

ESTADO DEL ARTE

DE LAS TECNOLOGÍAS AUDIOVISUALES

DE LA CAPTACIÓN DE
IMÁGENES AL USUARIO FINAL
ACTUALIZACIÓN 2013



Xpertia Soluciones
Integrales

ESTADO DEL ARTE

DE LAS TECNOLOGÍAS AUDIOVISUALES

**DE LA CAPTACIÓN DE
IMÁGENES AL USUARIO FINAL
ACTUALIZACIÓN 2013**

NOTA A LA ACTUALIZACIÓN 2013

Estimados lectores,

Tras dos años largos de vida del presente estudio, os presentamos esta nueva edición del **Estado del Arte de las Tecnologías Audiovisuales** en su versión de **2013**, que trae varios capítulos actualizados e incluye uno nuevo sobre "TV CONECTADA", con el que pretendemos ofrecer mayor conocimiento sobre esta nueva aplicación tecnológica.

La tecnología evoluciona y avanza y, por lo tanto, hay que actualizar su conocimiento. El presente estudio tiene este fin divulgativo y quiere servir para que todos los interesados en conocer las tecnologías audiovisuales aplicables hoy, tengan un fácil y ordenado acceso a las mismas.

En nuestra sociedad no surgen avances tecnológicos trascendentes con mucha frecuencia, sin embargo la popularidad y uso de estos avances se extiende, en determinados casos, a velocidades asombrosas. Si consideramos la gran cantidad de proyectos de desarrollo experimental que existen en comparación con la escasa cantidad de proyectos de investigación fundamental, aproximadamente un ratio de 10 a 1, podemos concluir que la investigación pura es parte de nuestra cultura, pero es difícil desarrollarla y solo en contadas

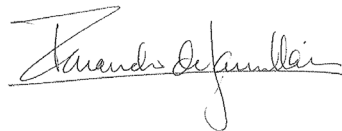
Un proyecto realizado por Xpertia Soluciones Integrales en colaboración con el Cluster ICT-Audiovisual de Madrid.



ocasiones se pueden obtener fondos para financiar este proceso creativo. Sin embargo, en el ámbito del desarrollo experimental, en el que utilizamos tecnologías conocidas y de uso accesible, es donde, interconectando estas tecnologías de forma novedosa e innovadora, tenemos mucho camino por recorrer y oportunidades de crear productos y servicios que generen grandes beneficios a la sociedad.

Deseamos sinceramente que esta tercera revisión del **Estado del Arte de las Tecnologías Audiovisuales** siga complaciendo a los miles de lectores que ya lo han consultado, que nos dan su opinión y apoyo desde todo el mundo (especialmente el latinoamericano), y que sirva para actualizar el conocimiento de todos los implicados en nuestro querido y cambiante sector audiovisual.

Sin más, os deseamos una buena y fructífera lectura.



FERNANDO DE GARCILLÁN PRIETO
Gerente del Cluster ICT-Audiovisual de Madrid y editor del informe



LUIS RODRÍGUEZ GARCÍA
Coordinador del informe

INTRODUCCIÓN GENERAL

El presente informe viene auspiciado por el interés del Cluster ICT-Audiovisual de Madrid de tener en un único documento un compendio de conocimientos relacionados con la cadena tecnológica del sector, y ponerlo a disposición de la comunidad de empresas y organismos y de sus propios socios.

Se ha escrito mucho sobre las tecnologías aplicables a este sector, se han escrito libros, informes, “white papers”, pero no existe actualmente ningún documento extenso que cubra las tecnologías aplicables en cada bloque de los sistemas utilizados, desde la captación de la imagen hasta la visualización por parte del usuario final. Esta es precisamente la motivación que hemos tenido al crear este documento-libro, que engloba la mayor parte de los campos de la tecnología actual.

Al crear esta documentación, ciertamente se ha pensado solo en los aspectos técnicos de la cadena de valor, sin importar las vinculaciones al negocio, es decir un documento aséptico a los fines de uso de la tecnología, actualizable en el futuro y pensado para englobar la mayor parte de las posibilidades técnicas que actualmente están disponibles.

¿Qué Pretende ser?

• Este informe PRETENDE SER:

- Un DOCUMENTO DE CONSULTA, que forme parte de la biblioteca más exigente, y que permita junto con sus actualizaciones futuras ser un referente de conocimiento.
- Un DOCUMENTO DE FORMACION, que permita adquirir información a los nuevos profesionales recién llegados a las empresas o a los que deseen reciclarse, de una manera eficaz y directa.
- Un DOCUMENTO TECNOLÓGICO DE ACTUALIDAD, que no pretende decir cual es el futuro sino el presente, lo disponible, para poder configurar un sistema o negocio nuevo.

• Este informe NO PRETENDE SER:

- Un LIBRO COMPLETO en que estén recogidos todos los aspectos posibles de cada tecnología, porque es inabordable desde el punto de vista de su extensión, y de su complejidad esquemática.
- Un MERO ESTUDIO obsoleto en el tiempo, y para ello se ha estructurado de forma que sea posible su ampliación, mejora y adaptación.
- Un INFORME MULTIDISCIPLINAR en el cual se aborden todos los posibles medios de transmisión y modelos, por ser inviable en extensión.

Como se puede observar por la extensión de este documento, aún sin haber acogido en su seno todos los posibles módulos y ramales conocidos (cine u otros), es inmensa la cantidad de información disponible así que se ha sido muy cuidadoso para la selección de la misma y evitar información desfasada o redundante.

— Estructura

La estructura del informe viene dada por la coherencia de los procesos que sigue una señal audiovisual desde que es captada hasta llegar al usuario, y es por ello por lo que se ha creado un esquema.

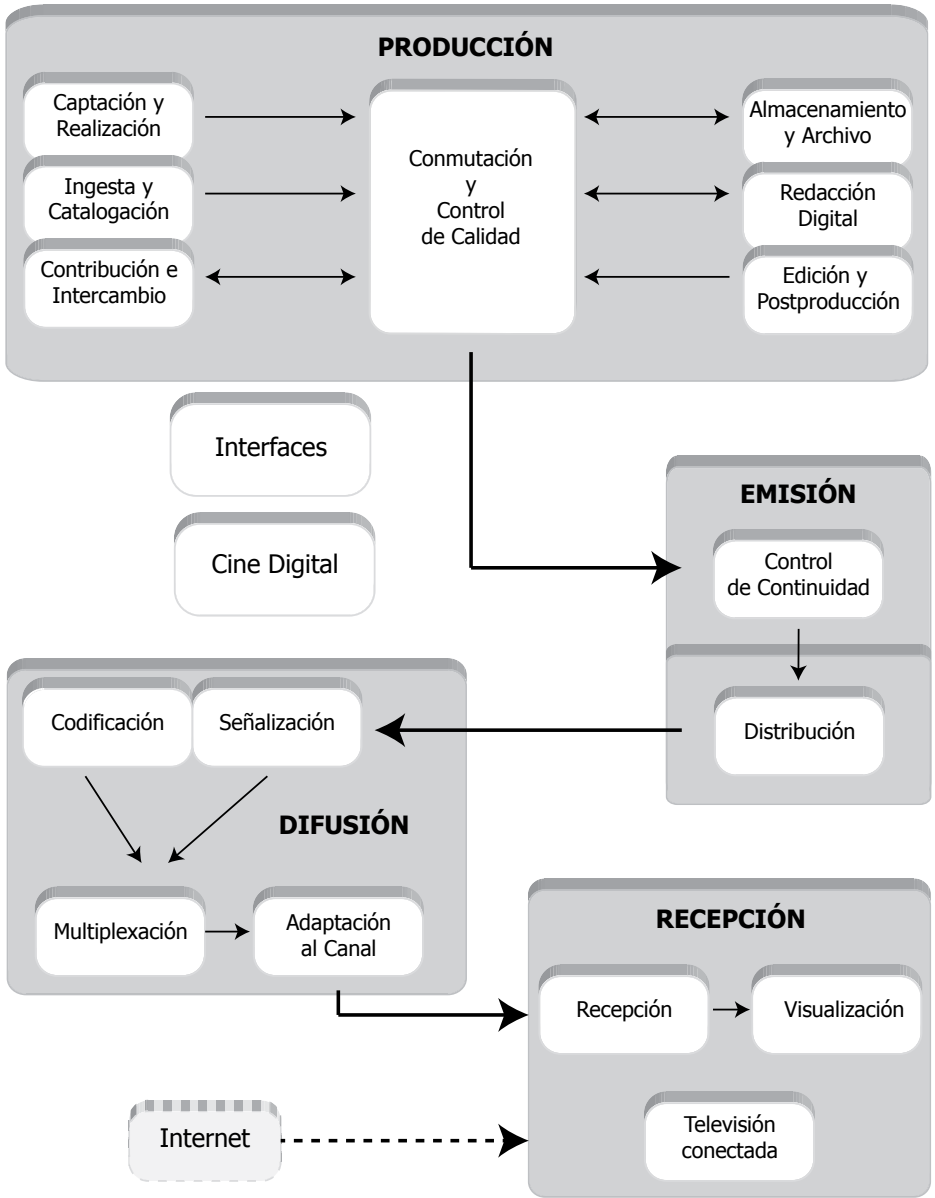
En dicho esquema, que será también el esquema de referencia en todo el informe, se han dividido por módulos las partes a analizar individualmente, tal que cada módulo será un capítulo del mismo. Esta división se ha seleccionado dado que la cadena de las tecnologías audiovisuales es bastante lineal, y da pie a un exhaustivo estudio de cada módulo.

El interés por describir las tecnologías ha llegado hasta donde se ha creído conveniente en términos de extensión, dado que cada punto tratado se describe en más detalle en sus correspondientes normativas y libros, tal como puede verse en la bibliografía.

Adicionalmente se ha tomado como hilo conductor donde ello ha hecho falta, el modelo audiovisual de la televisión por ondas hertzianas, dado que aplicar modelos diferentes a este en todos los módulos, como por ejemplo Cine, televisión en 3D o IPTV en distribución, harían que el informe fuera más completo pero inmanejable, y se ha considerado que estos medios pueden llegar a incluirse en versiones futuras y anexos.

Se ha cubierto extensamente en este informe el estado del arte tecnológico, evitando entrar en ningún tipo de estadísticas, resultados de consultorías, previsiones del mercado, etc, para poder concentrar todo el esfuerzo y los datos aportados dentro de la más estricta descripción de la técnica. Esto se ha reforzado con el hecho de que los autores del mismo son expertos en la materia desde hace más de 20 años, siguiendo todos los avances que han acaecido desde entonces.

Estructura del Informe.



Metodología de lectura y acceso a la información

Está el documento estructurado tanto para una lectura de consulta como para profundizar en el mismo, organizado por módulos auto-contenidos, por lo que no es necesario leer los anteriores para tener la información que se necesita.

Dicha lectura puede realizarse por capítulos de forma recomendada, ahondando en la parte de la cadena de valor que más interese.

Por otra parte, no cabe duda de su contenido altamente técnico, y hemos insistido en que la tipología de contenido textual así como de las imágenes sea lo suficientemente atractiva para todos los niveles de exigencia, desde técnicos sin experiencia hasta ingenieros muy cualificados. Claramente el contenido en ciertos capítulos es profundo y difícil de digerir sin ciertos conceptos previos, pero esto es normal en un informe de consulta como es este, dada la imposibilidad de empezar de cero en conocimientos dentro de este documento.

La información contenida en este informe es de vigente actualidad en la fecha de su publicación, pero la tecnología relacionada con este sector aludido está en constante evolución, incluso más que el resto de sectores más proclives a evitar cambios estructurales. Este hándicap se cubre con la posibilidad de ampliación de información en sucesivos anexos al mismo, gracias a la modularidad con la que ha sido concebido.

Sólo queda antes de entrar en los capítulos técnicos descriptivos, el agradecer a los más de 20 colaboradores que han participado en este informe, empresas que se han involucrado, y personal del Cluster ICT-Audiovisual de Madrid, su tiempo y experiencia puesta a disposición. Todos ellos han hecho posible un informe tecnológico de más de 400 páginas que esperamos sea un manual de consulta de referencia en las empresas y entidades de dentro y fuera del Cluster.

INDICE

1. CAPTACIÓN Y REALIZACIÓN

- 1.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS
- 1.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

2. INGESTA Y CATALOGACIÓN

- 2.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS
- 2.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

3. CONMUTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

- 3.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS
- 3.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

4. INTERFACES

- 4.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS
- 4.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

5. ALMACENAMIENTO Y ARCHIVO DIGITAL

- 5.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS
- 5.2. TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO

6. EDICIÓN Y POSTPRODUCCIÓN DIGITAL

- 6.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS
- 6.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

7. REDES DE COMUNICACIONES

- 7.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS
- 7.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

8. CONTROL DE CONTINUIDAD

- 8.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS
- 8.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

9. CODIFICACIÓN DE FUENTE

- 9.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS
- 9.2. TECNOLOGÍAS DE CODIFICACIÓN DE Vídeo
- 9.3. TECNOLOGÍAS DE CODIFICACIÓN DE AUDIO

10. MULTIPLEXACIÓN

- 10.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS
- 10.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

11. SEÑALIZACIÓN

11.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

11.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

12. ADAPTACIÓN AL CANAL

12.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

12.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

13. RECEPCIÓN

13.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

13.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

14. VISUALIZACIÓN

14.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

14.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

15. CINE DIGITAL

15.1. INTRODUCCIÓN

15.2. ESTANDARIZACIÓN DEL CICLO DE VIDA DEL CINE DIGITAL

15.3. ARQUITECTURA DEL CINE DIGITAL

15.4. DISTRIBUCIÓN

15.5. EXHIBICIÓN

15.6. TECNOLOGÍA DE PROYECCIÓN

16. TELEVISIÓN CONECTADA

16.1. TIPOLOGÍAS DE TELEVISIÓN CONECTADA

ANEXOS

I: GLOSARIO DE TÉRMINOS

II: BIBLIOGRAFÍA

1. CAPTACIÓN Y REALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

1.2.1 TECNOLOGÍAS DE CAPTACIÓN DE IMAGEN

1.2.2 FORMATOS DE TELEVISIÓN

1. CAPTACIÓN Y REALIZACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En este primer módulo analizado, se intenta dar una visión general de las tecnologías base que soportan la captación, así como de los formatos audiovisuales más habituales y estandarizados.

Al igual que en otras partes del sistema, las posibilidades de tecnologías ligadas a marcas concretas son amplias, pero no es el objetivo de este informe, puesto que ese estudio del estado del arte particular para soluciones privadas sería eterno. Es por ello que nos hemos propuesto analizar las dos tecnologías más extendidas de captación básica (CMOS y CCD) considerando el resto de aditivos a la captación como particulares de cada empresa (SONY, PANASONIC, REDONE, etc).

La evolución de los chips de captación y procesado ha ido orientada en los últimos años hacia la resolución efectiva, calidad de absorción de longitudes de onda, así como hacia la transformación de los "row data" en datos medianamente adaptados para su proceso, hecho este que simplifica el tratamiento mediante circuitos adicionales, siempre más costoso y voluminoso.

Adicionalmente se han querido introducir los estándares básicos de la señal de televisión, que son una de las bases por la que los sistemas de captación puedan tratar y configurar la señal captada en bruto según formatos aceptables.

Estos formatos básicos han evolucionado hacia los de carácter digital, de forma que los nuevos formatos de alta definición han sido adoptados de forma natural.

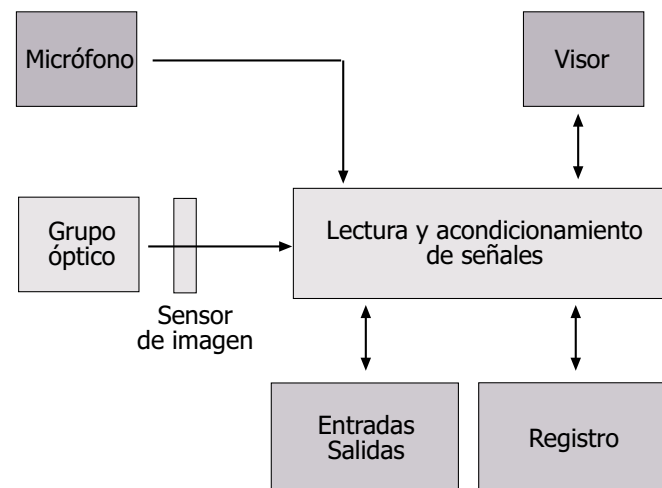
1.2 TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

1.2.1 Tecnologías de captación de imagen

1.2.1.1 Introducción a las cámaras de TV

La cámara es un elemento fundamental de un sistema de comunicación visual, ya que se encarga de convertir una escena tridimensional en una señal temporal analógica o digital, que permite su visualización sobre dispositivos 2D y 3D. Dicha señal puede ser almacenada o transmitida para su recepción y presentación

A continuación se muestran los bloques que componen una cámara de vídeo, dichos bloques dependen de la aplicación de la cámara.



- **Bloque Óptico:** El bloque óptico está formado por varias lentes que realizan las funciones de enfoque, zoom y control de la luminosidad que incide en sensor de la imagen. La variación de su distancia focal permite modificar el punto de enfoque, proyectando la escena sobre el dispositivo sensor de imagen CCD (Charge Coupled Device). De igual modo, permite regular la cantidad de luz incidente sobre el CCD mediante el

diafragma. Si la cámara dispone de la funcionalidad zoom, el grupo óptico puede modificar la posición relativa entre las lentes para modificar el ángulo de la escena que se proyecta al CCD.

- **Sensor de Imagen (CCD):** Este dispositivo se encarga de transformar la luz que incide en la lente en una señal eléctrica. Las cámaras adquieren la imagen en intervalos espaciales periódicos formados por líneas que forman la información de vídeo. La mayoría de los CCDs tienen la capacidad de ajustar la cantidad de luz que incide mediante el obturador electrónico. Las cámaras profesionales incluyen 3 CCDs, uno para cada componente de color, sin embargo las cámaras domésticas utilizan, por lo general, un único CCD para los 3 componentes de color.
- **Registro y acondicionamiento de señal:** se encargan de proporcionar las componentes de color que serán tratadas por unidades de control de cámaras externas. Para sistemas domésticos, este módulo se encarga del control del grupo óptico, el sensor y diversos parámetros como enfoque, ajuste del iris, velocidad de obturación etc.
- **Visor:** Muestra al operador de cámara la imagen que recibe el sensor. Se utiliza para realizar el control de enfoque y el encuadre artístico de la escena.
- **Registro:** Se utiliza para almacenar grabaciones. Sólo está presente en las unidades de cámara que incorporan un sistema de registro de vídeo en cinta, DVD, memoria flash etc. En el ámbito profesional se utilizan este tipo de cámaras para la realización de reportajes en directo.
- **Entradas y salidas.** Proporcionan las interfaces para las señales de vídeo y/o audio capturadas por la cámara.
- **Micrófono integrado:** Se usa para el registro de señal de audio en directo. Únicamente lo incorporan las cámaras domésticas

Diagrama de bloques de una cámara de vídeo.

y las profesionales para reportajes exteriores. En el registro y producción de vídeo en estudio se utilizan micrófonos y canales de audio independientes y sólo se mezclan con la señal de vídeo en la fase de producción.

1.2.1.2 Sensores CCD

Los CCD recogen la luz incidente y la transforman en impulsos eléctricos. Se basan en la tecnología MOSFET y básicamente están formados por cadenas de transistores MOSFET. El CCD en primer lugar registra los datos y seguidamente extrae la información de la señal analógica almacenada mediante diferentes técnicas.

— Registro de señal:

Existe un tiempo determinado para la adquisición de la imagen por parte del sensor, llamado tiempo de exposición, durante dicho tiempo la luz incidente se almacenará en la capa del contacto de polisilicio.

— Extracción de señal:

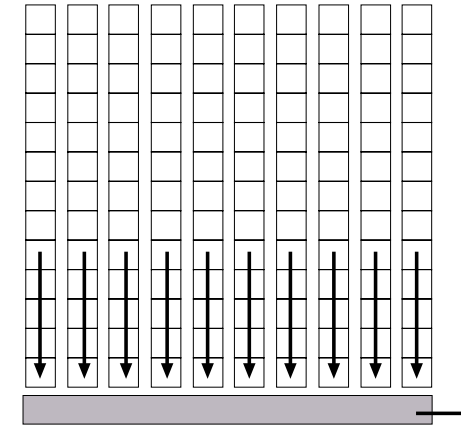
Una vez que se ha registrado la luz incidente bajo la estructura del CCD, se realizará el proceso de lectura y extracción de dicha señal. La extracción de dicha señal se puede realizar mediante diferentes técnicas que determinan las diferentes estructuras de sensor CCD existentes. El desplazamiento de la carga se obtiene mediante señales de reloj externas.

En general todas las estructuras de CCDs existentes en el mercado presentan una gran fiabilidad y robustez, además de su respuesta lineal. Por otro lado, no presentan distorsión geométrica, por todos estos motivos, su uso en el mercado para aplicaciones de vídeo está muy extendido.

Su principal problema es el efecto smear, que consiste en una línea saturada vertical que se produce al captar objetos muy luminosos, debido a la contaminación de cargas adyacentes en los CCD.

— Sensores CCD matriciales:

Un sensor matricial está formado por una agrupación de elementos CCD lineales en forma de matriz tal y como se aprecia en la siguiente figura:



Sensor CCD Matricial.

El grupo óptico dirige la imagen sobre la superficie del sensor para que sea adquirida de forma simultánea y una vez adquirida dicha imagen, se realiza la lectura de la información de cada CCD, y ésta se desplaza a la salida. La lectura de una línea se realiza en el tiempo de línea de la señal de vídeo y la adquisición de otra imagen se realizará en el tiempo de borrado de campo. Por tanto la lectura exige que el tiempo de exposición del CCD sea menor al tiempo total de borrado de campo.

Estos sensores deben de llevar un obturador mecánico que evite que la luz incidente altere la información de la imagen durante el tiempo de lectura.

— Sensores CCD de transferencia de cuadro (Frame Transfer CCD):

Los CCDs de transferencia de cuadro son muy habituales en cámaras de vídeo. La diferencia con los CCDs de transferencia matricial radica en que éstos sólo tienen la mitad de la superficie expuesta a la luz y la otra parte está protegida.

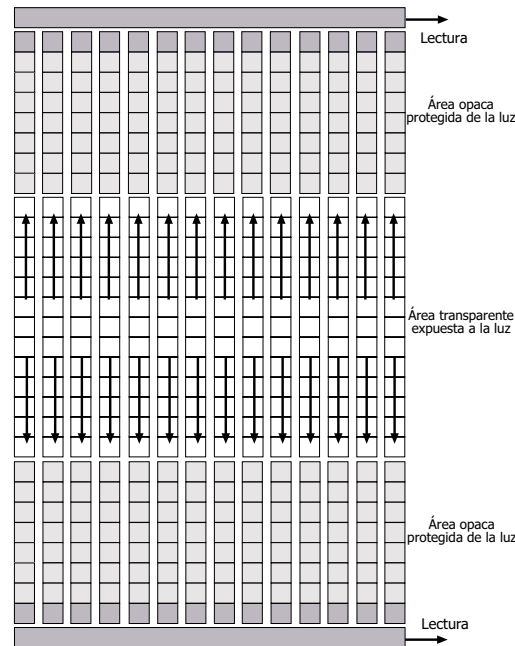
Básicamente consiste en adquirir la imagen usando la superficie sensible a la luz y seguidamente enviar las cargas a la zona protegida de la luz. De este modo es posible realizar los procesos de adquisición y lectura de los datos de forma independiente y simultánea. También

hay que añadir que el tiempo de exposición puede llegar a ser igual al periodo de campo.

Para este tipo de sensor CCD no es necesario utilizar un obturador mecánico, ya que la imagen adquirida está protegida de la luz cuando se convierte a señal de vídeo.

— Sensores CCD de transferencia de cuadro divididos:

Se trata de un sistema muy similar al de transferencia de cuadro. La zona central está expuesta a la luz incidente, está dividida en 2 zonas, la superior y la inferior. La transferencia de la carga de la zona superior se envía a una zona opaca situada encima de ella y la zona inferior envía la carga a una zona opaca inferior. El resultado se muestra en la siguiente figura.



Con este sistema de transferencia de carga, se reduce el smear, ya que el tiempo de desplazamiento se reduce a la mitad en comparación con el sistema de transferencia de cuadro.

Sensor CCD con transferencia de cuadro dividida.

— Sensores CCD de transferencia interlínea:

Este sensor está formado por estructuras CCD lineales en las que existen filas intercaladas expuestas a la luz y otras protegidas. Mediante este sistema la transferencia de la carga se realiza en un único paso, desapareciendo el efecto smear.

La problemática de este tipo de CCDs es que al intercalar filas opacas, existe una menor densidad de material sensible a la luz, lo que disminuye la resolución de la imagen.

1.2.1.3 Sensores CMOS

Los sensores de píxel activo (APS) permiten seleccionar los elementos que componen la imagen y no es necesario realizar una transferencia de cargas entre los sensores. Usan la tecnología CMOS que está formado por multitud de fotodiodos sensibles, (uno para cada píxel) que crean una corriente que cambia en función de la intensidad de luz incidente.

Sus características son:

- Alta velocidad de procesado.
- Acceso aleatorio.
- Evita el efecto smear.
- Bajo consumo.
- Facilidad de integración con procesadores.
- Coste reducido.

En cada fotodiodo sensible existe un amplificador que aumenta la señal de fotodiodo. Posteriormente esta señal se digitaliza mediante un conversor. Por lo tanto se puede leer directamente la señal de cada píxel sin necesidad de desplazamiento de cargas como sucedía en los sensores CCDs evitando el efecto smear. Por el contrario, el amplificador existente ocupa un espacio que no captura información, por lo que la resolución será menor en comparación con los sensores CCDs. Para evitar el problema anterior, se aumentó la densidad de integración de fotodiodos sensibles y la

inclusión de microlentes que concentran la luz en la zona sensible. A continuación se muestra una figura comparativa entre las dos tecnologías.

	CCD	CMOS
SENSITIVITY	EXCELLENT EFFICIENCY OF O-E CONVERSION	GOOD EFFICIENCY OF AMP GAIN
S/N	EXCELLENT FD AMP	POOR PERFORMANCE OF TRANSISTOR
DARK CURRENT	EXCELLENT EXCLUSIVE PROCESS	GOOD CMOS LSI PROCESS
SMEAR	GOOD FUNDAMENTAL PHENOMENON	NO SMEAR CAN BE IGNORED
D-RANGE	GOOD	GOOD DEPENDING ON PÍXEL Nº
POWER CONSUMPTION	GOOD	EXCELLENT

Una problemática asociada a los sensores CMOS es que tienen un elevado ruido de patrón fijo que no cambia con el tiempo y se puede llegar a apreciar en la imagen bajo ciertas condiciones, debido al amplificador existente en cada fotodiodo sensible.

1.2.2 Formatos de Televisión

1.2.2.1 Formatos de TV analógicos. PAL y NTSC

Sistema NTSC:

El sistema NTSC (National Television System Committee) estableció las bases de los sistemas de TV en color, se trata por tanto del primer sistema de televisión simultáneo ya que transmite las dos señales de color de forma simultánea, usando para ello las señales I y Q. El sistema NTSC permite la compatibilidad tanto directa como inversa con emisiones en blanco y negro.

Para transmitir las señales I y Q se utiliza la modulación en cuadratura de la subportadora de color. Con el objetivo de que el receptor pueda demodular los vectores de modo coherente, se transmite en el borrado de línea una muestra del oscilador local, denominado "salva de subportadora".

La matriz de transformación del espacio de color utilizada en el estándar NTSC es:

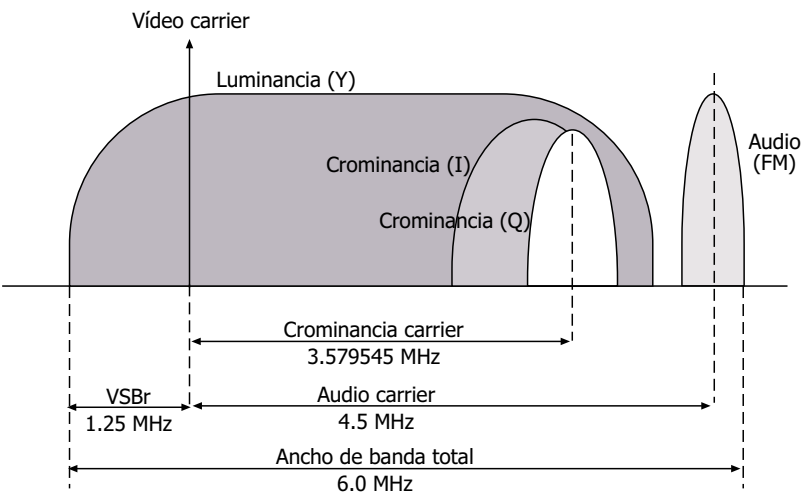
$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,299 & 0,587 & 0,114 \\ -0,14713 & -0,28886 & 0,36 \\ 0,615 & -0,51499 & -0,10001 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

Las componentes I y Q son filtradas con un BW de 1,3 MHz y 0,6 MHz, limitando considerablemente el ancho de banda (resolución espacial) de la información colorimétrica de la escena.

Se fundamenta en la sensibilidad del ojo a las variaciones de brillo y tiene en cuenta la falta de sensibilidad del ojo a las variaciones de tono. Por este motivo, en el sistema NTSC se desfasan 33º las componentes U y V que contienen la información de color, dando lugar a un nuevo sistema de representación basado en las componentes I y Q.

$$\begin{aligned} EI &= I \cos 33^\circ - Q \sin 33^\circ \\ EQ &= I \sin 33^\circ + Q \cos 33^\circ \end{aligned}$$

• Espectro de la señal de vídeo y audio: La señal de vídeo se limita a 4,2 MHz en el sistema NTSC, ubicando la portadora de sonido a 4,5 MHz, quedando ligeramente por encima del máximo ancho de banda de la señal de vídeo. La subportadora de color se sitúa en 3,58 MHz.



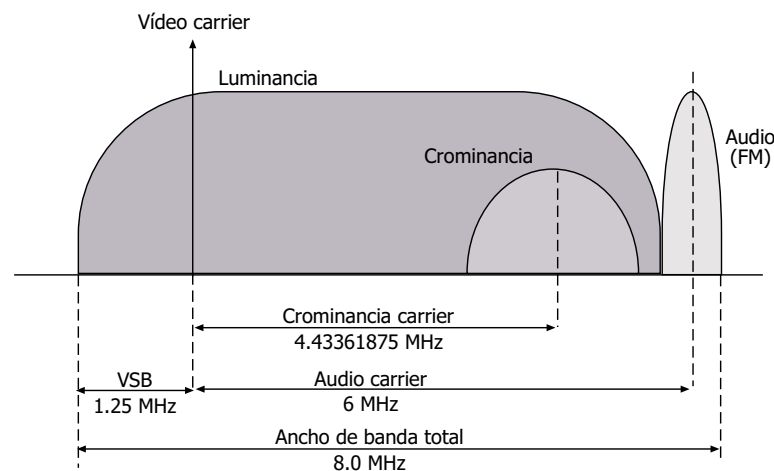
Espectro de la señal de vídeo NTSC.

Este sistema presenta dos debilidades frente a las distorsiones sufridas en el medio de transmisión:

- Los errores estáticos de fase: Ocurren cuando el oscilador del demodulador no se encuentra con la fase correcta, sino que se encuentra algo desplazado con respecto a la fase del oscilador del codificador. Para intentar corregir los efectos de dichos errores, los receptores NTSC suelen incorporar un control de tono (HUE).
- Los errores de fase diferencial: Suceden cuando la salva de subportadora y la señal de crominancia se desfasan un valor diferente, originando un valor de color distinto. No es posible corregir el efecto provocado por los errores de fase diferencial. Estos inconvenientes fueron resueltos por el sistema PAL desarrollado con posterioridad a este estándar.

Sistema PAL

El sistema PAL (Phase Alternation Line) es una mejora significativa del sistema NTSC, que se implantó en España en el año 1973. En concreto, el sistema PAL definido en la BT.470, adopta una solución basada en la modulación en cuadratura con portadora suprimida de las componentes de color B-Y y R-Y, ubicando las portadoras en la parte alta del espectro (4.43 Mhz) y tomando un múltiplo impar de la frecuencia de líneas (284) desplazado el valor -0.25 con el objetivo minimizar las intermodulaciones de ambas señales.



Espectro de la señal de vídeo PAL.

La frecuencia de subportadora en el sistema PAL tiene un valor de 4,43361875 MHz, tal y como se puede observar en la figura anterior.

El sistema PAL es un sistema de vídeo compuesto, ya que envía la señal de luminancia (Y) y las dos señales diferencia de color (de este modo mantenía la compatibilidad directa con los televisores B/N) para transportar la información de color de una imagen.

La luminancia tiene el siguiente valor:

$$Y = 0,3R + 0,59G + 0,11B$$

El sistema PAL utiliza una versión ponderada de las componentes B-Y y R-Y, denominadas U y V, para enviar la información del color con un BW de 1,3 MHz.

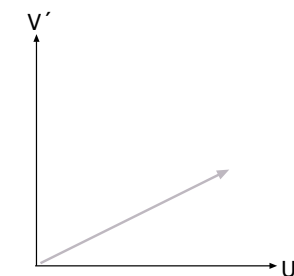
$$U = 0,493 (B-Y)$$

$$V = 0,877 (R-Y)$$

A partir de estas señales moduladas en cuadratura, es posible obtener la señal de crominancia:

$$|C| = \sqrt{(B-Y)^2 + (R-Y)^2}$$

En la siguiente figura se observa la representación vectorial de las señales U y V. La fase del vector resultante de las dos señales representa la información de color, mientras que la amplitud del vector de crominancia representa la información de saturación.



Con el objetivo de evitar los errores de fase diferencial que se producen en el canal de transmisión, el sistema PAL lleva a cabo una

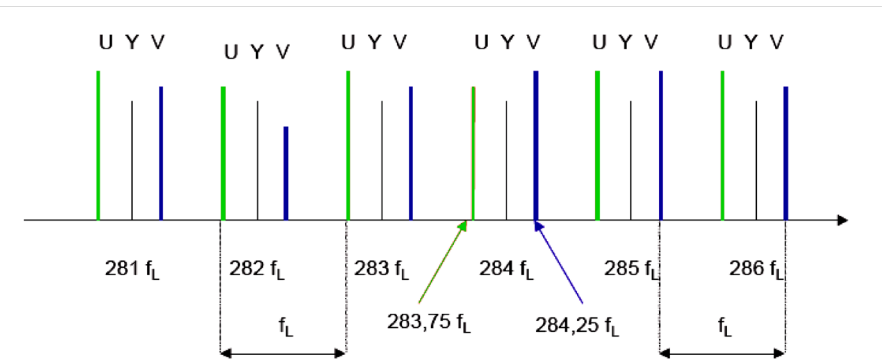
alternancia de 180° de la componente V. Esto significa que para enviar la señal de color en una línea se utilizarán los vectores U y V y en la siguiente línea se utilizarán los vectores U y -V. Este proceso permite reconstruir el vector de crominancia con la misma fase que se generó, manteniendo en todo momento el tono o color de la señal, con sólo una penalización en la saturación del color que se ve ligeramente mermada, cuando se produce este tipo de distorsión.

• Variedades del Sistema PAL:

- PAL-S: Es el tipo más simple de codificador PAL. Su desventaja es que es muy vulnerable a los errores de fase elevados. Para evitar este problema se desarrolló el sistema PAL-D.
- PAL-D: Emplea una línea de retardo para la señal de crominancia, realizando un promediado de los vectores de color de dos líneas consecutivas, disminuyendo el efecto negativo de los errores de fase a costa de disminuir la resolución vertical.

• Espectro de la señal PAL:

La señal PAL esta formada por el espectro de la señal de luminancia y el de la señal de crominancia (señales U y V) imbricada frecuencialmente con la luminancia, como se muestra en la siguiente figura:



Debido a la cercanía existente entre las componentes de luminancia (Y) y crominancia (U y V), la tarea de separación de ambos espectros resulta muy compleja, siendo inevitable que parte del espectro de la

Espectro de la señal PAL.

señal de crominancia se introduzca en el de la señal de luminancia y viceversa, afectando de manera significativa a la calidad del sistema PAL, y produciendo la distorsión conocida como cross-color.

Por tanto el sistema PAL es un buen sistema de difusión de televisión analógica (PAL-D), con un buen comportamiento ante los errores de fase pero con enormes limitaciones en entornos de producción debido a los deterioros que sufre la señal en el proceso de separación de luminancia y crominancia, requeridos en la mezcla de señales, así como en su procesado para la generación de distintos efectos. Otra problemática comentada es el bajo ancho de banda que tienen las señales de crominancia, ocasionando pérdidas apreciables de las componentes de color.

Sistema SECAM:

El sistema de televisión SECAM (Séquentiel Couleur À Mémoire) que alterna el envío de las señales diferencia de color (R-Y) y (B-Y) línea a línea. Para obtener la señal de color de una imagen es necesario tener las dos señales diferencia de color, por lo que se almacena el contenido de la línea anterior y se procesa a la llegada de la nueva línea.

Para la transmisión de las señales se utiliza una modulación en frecuencia, ya que es menos sensible a las interferencias que provocan los errores de fase.

En el sistema SECAM las dos señales diferencia de color deben tener la misma amplitud para que modulen con el mismo nivel a la portadora de frecuencia. En este sistema las señales ponderadas se conocen como DR y DB. Su coeficiente de ponderación se calcula en función del valor máximo de las señales (R-Y) y (B-Y).

$$\begin{aligned} DR &= -1,9 (R-Y) \\ DB &= +1,5 (B-Y) \end{aligned}$$

1.2.2.2 Formatos de TV digitales

En la actualidad la mayoría de los Estudios de TV están adaptados a la tecnología de vídeo digital. Es posible implementar un estudio completo de TV que trabaje totalmente en un entorno digital porque en el mercado existe equipamiento digital para toda la cadena, desde la generación/producción, tratamiento/postproducción, transmisión/recepción y decodificación/monitorización.

Todo este cambio viene impuesto por una serie de ventajas que conlleva la TV digital frente a los sistemas tradicionales PAL, NTSC, y SECAM.

Se puede resumir las ventajas de la TV digital en las siguientes:

- Unificación del tipo de señal: independiente del tipo de información que se está transmitiendo. Con ello se unifica el tipo de instalaciones, lo que simplifica y abarata las mismas.
- Regeneración de la señal: se tiene una mayor capacidad de regenerar la misma, manteniendo el nivel de calidad.
- Mejor adecuación al canal de transmisión: mediante el uso de técnicas de corrección de errores, al trabajar en un entorno digital, permite corregir los posibles errores en la transmisión de la señal. Mejorando la distribución de la señal al aplicar todas las tecnologías avanzadas de los sistemas de transmisión digital (xDSL, COFDM, etc.)
- Elimina la intermodulación luminancia/crominancia: al no imbricar la señal de crominancia sobre la señal de luminancia, como se hacía en los sistemas analógicos.
- Multigeneración: mejora la calidad en los procesos de reproducción y edición.
- Conectividad: al trabajar en un entorno digital normalizado, la interconexión entre equipos de generación de efectos y postproducción es mucho más sencilla.

Principalmente la TV digital se rige por una serie de normas, las principales se citan a continuación:

- Recomendación ITU-R BT.601, conocida como la Norma Digital de Estudio: define los parámetros de conversión analógica/digital para señales de vídeo en componentes (Y, CR, CB) en Estudios de TV.

- Recomendación ITU-RBT.-656: define los interfaces para las señales en componentes de vídeo digital en sistemas de 525 y 625 líneas. Básicamente lo que hace es definir el formato de los datos.

— Formatos en Definición Estándar:

La norma digital de TV se ha definido de manera que la mayoría de los parámetros sean comunes para los sistemas de 625 y 525 líneas, de este modo se consigue una mayor facilidad en los intercambios de material multimedia y la adaptación de los equipos entre ambos sistemas. En esta normativa desaparecen la mayor parte de las diferencias que hay entre los diferentes sistemas de TV actuales.

Las señales de componentes de color R, G, y B están normalizadas entre los valores de 0 y 1 voltio. Con esta normalización se asegura que la señal de luminancia esté dentro del rango 0 y 1 voltio, ya que, como se vio:

$$Y = 0,30 R + 0,59 G + 0,11 B$$

No obstante, con las señales diferencia de color no ocurre lo mismo, puesto que:

$$\begin{aligned} R - Y &= 0,70 R - 0,59 G - 0,11 B \\ B - Y &= 0,89 B - 0,30 R - 0,59 G \end{aligned}$$

Es decir que estas señales están entre:

$$\begin{aligned} -0,701 &< R - Y < 0,701 \\ -0,886 &< B - Y < 0,886 \end{aligned}$$

Para que el margen de estas señales sea el mismo que el de la señal de luminancia, tendrán que estar en el rango de 0 y 1 voltio, o -0,5 y +0,5, y por lo tanto hay que atenuarlas. De esta forma se obtienen las señales diferencia de color normalizadas, que se definen de la forma siguiente:

$$\begin{aligned} CR &= 0,713 (R - Y) \\ CB &= 0,564 (B - Y) \end{aligned}$$

Por tanto, las señales con las que se trabajará en un sistema de TV digital serán las siguientes:

Y, CR, CB

Donde las tres señales están normalizadas, con una amplitud máxima de 1 voltio.

◦ Recomendación ITU-R BT-.601

La recomendación BT.601 describe los parámetros normalizados de la señal de vídeo digital con calidad de estudio de TV. Se publicó en 1982, y es el principal acuerdo internacional sobre un estándar de TV digital al que se ha llegado hasta ahora.

Los parámetros principales a los que se refiere esta recomendación son los siguientes:

PARÁMETRO	RECOMEDACIÓN BT.601
SEÑALES CODIFICADAS	Y, CR (R-Y), CB (B-Y)
FRECUENCIA DE MUESTREO	13,5 MHZ PARA Y 6,75 MHZ PARA CR, CB
PERIODO DE MUESTREO	74 NS
ESTRUCTURA DE MUESTREO	ORTOGONAL
MUESTRAS POR LÍNEA:	EN SISTEMAS DE 625 LÍNEAS: LUMINANCIA - 864 EN SISTEMAS DE 525 LÍNEAS: LUMINANCIA - 864 CROMINANCIA- 532 LUMINANCIA - 858
MUESTRAS ACTIVAS	LUMINANCIA: 720 CROMINANCIA: 360
CODIFICACIÓN	SISTEMA PCM DE 8 BITS (10 BITS OPCIONALES) POR MUESTRA CON CUANTIFICACIÓN LINEAL
NIVELES DE CUANTIFICACIÓN	RESERVADOS DEL 0 AL 16 Y DEL 235 AL 255 LUMINANCIA (UNIPOLAR): DESDE 16, NIVEL DE NEGRO HASTA 235, NIVEL DE BLANCO CROMINANCIA (BIPOLAR) EN 128 EL NIVEL CERO DE CROMINANCIA

Los niveles 0 y 255 se reservan para referencia de tiempo y sincronismo.

Parámetros de recomendación principales.

Posteriormente, se revisó la recomendación BT.601 y se pasó de trabajar con 8 bits por muestra a un valor de 10 bits, porque con los 8 bits en los equipos de postproducción (edición y efectos, principalmente) se producían errores de cálculo que se van acumulando con cada iteración. Con 10 bits por muestra estos errores se minimizan de modo significativo.

◦ Frecuencia de muestreo

De las tres señales que hay que digitalizar (Y, CR, CB) la que tiene un mayor ancho de banda es la señal de luminancia que puede llegar hasta los 5.5 MHz. Según el teorema de Nyquist la frecuencia de muestreo debe ser como mínimo doble de la frecuencia máxima de la propia señal a digitalizar. La frecuencia de muestreo que se ha elegido para este sistema tiene que ser un múltiplo exacto de la frecuencia de línea, tanto para los sistemas de 525 como para los de 625 líneas.

El único valor que cumple estas condiciones es la frecuencia de 13,5 MHz. Que corresponde a un periodo de muestreo de 74 ns. De acuerdo a este valor se ha escogido como frecuencias de muestreo las siguientes:

- Para la señal de luminancia: 13,5 MHz.
- Para las señales de diferencia de color: 6,75 MHz.

El hecho de muestrear la señal de crominancia con una frecuencia de 6,75 MHz, siendo filtrados a 2.75 MHz cada uno. Esto significa un aumento considerable respecto a los sistemas PAL, NTSC y SECAM, que solamente utilizaban anchos de banda hasta 1,3 MHz.

La forma en la que se muestrea la señal de TV se conoce como "norma 4:2:2", (en este caso los números representan la relación entre las frecuencias de muestreo de la señal de luminancia y la frecuencia de muestreo de las señales diferencia de color). Existen otras normas, por ejemplo: en los Estudios de Producción y Postproducción se suele usar un muestreo completo para las tres señales R, G, y B, a esta norma se la denomina: norma 4:4:4. Sin embargo, para la emisión (sistemas Broadcast) de la señal de TV digital se usa la norma 4:2:0, que descarta (en realidad hace la media) una de cada dos muestras de crominancia.

- Línea Activa Digital

La duración de una línea de vídeo en los sistemas NTSC y PAL es de:

- 525 líneas: $TL = 1/f_L = 286 / 4.500.000 = 63,55 \mu s$
- 625 líneas: $TL = 1/f_L = 1 / 15.625 = 64 \mu s$

En la recomendación 656 se establece que en la digitalización de la señal de vídeo se realicen 720 muestras de cada una de las líneas, por tanto, la duración de una línea será como mínimo de:

$$N^{\circ} \text{ de muestras} * 1 / f \text{ muestreo} = 720 * 1 / 13,5 \text{ MHz} = 53,33 \mu s$$

La duración de una "línea digital activa" de vídeo (LAD) es, por tanto, de 53,3 μs , y este valor es válido tanto para los sistemas de 625 líneas como para los de 525.

La duración de periodo de borrado es de 144 muestras en el sistema PAL, y de 138 muestras en el sistema NTSC. En la práctica estas muestras se utilizan para transmitir otra información (sonido).

El número total de muestras que se generan en cada línea es de 1.440. De las cuales (en la norma 4:2:2) 720 son de la señal de luminancia y las otras 360 de cada una de las señales diferencia de color.

Ejemplo sistema PAL, con la señal Y: 720 muestras (LAD) + 132 + 12 = 864 (601).

La elección de esta línea digital, como se vio, obedece a razones de compatibilidad entre los sistemas de 525 y 625 líneas. Al ser la LAD igual para ambos sistemas se puede hacer que los equipos trabajen fácilmente con ambos.

La única diferencia entre los dos sistemas está en la forma de supresión de la línea y la trama, que se hace en la salida de los equipos, en la conversión de digital a analógica. En los sistemas de 625 líneas hay 25 líneas por cada campo que no contienen información, y que por tanto no sería necesario digitalizarlas. En estos sistemas se eliminan las líneas:

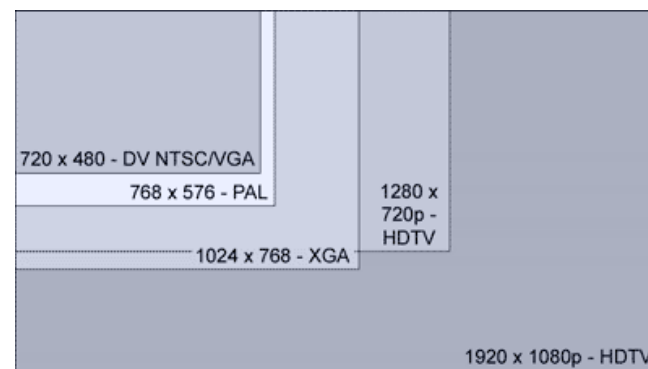
- Campo 1 (trama 1): desde la línea 624 hasta la línea 23
- Campo 2 (trama 2): desde la línea 311 hasta la línea 336

Por tanto, el número de líneas activas en cada imagen es de 575 líneas, y en los sistemas de 525, el número de líneas activas es de 507, puesto que en este caso se eliminan 9 en cada campo.

Formatos en Alta Definición:

- Percepción visual

Con la llegada de la televisión de Alta Definición han sido muchos los cambios sobre la imagen que suponen mejoras en la percepción visual, como el formato de imagen, colorimetría, relación de aspecto, distancia y ángulo de observación etc. Otro factor ha sido la mejora de la resolución, que en definición estándar era de 720x576 píxeles y en alta definición puede llegar a 1920x1080 píxeles.



Distintas resoluciones.

La relación de aspecto es el cociente entre la anchura y altura de un monitor. La televisión de definición estándar tenía una relación de aspecto de 4/3, pero poco a poco la relación de aspecto está cambiando a 16/9 (impulsada de algún modo con la llegada de la televisión en Alta Definición) debido a que las personas están más acostumbradas a que las escenas se desarrollen en el plano horizontal que en el plano vertical.

- Distancia de observación

La distancia de observación en los sistemas de televisión se calcula:

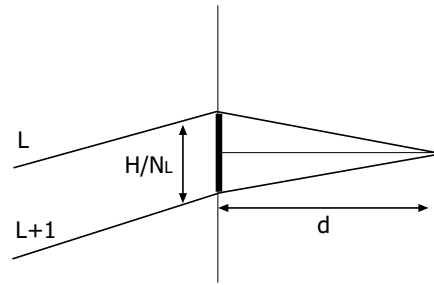
$$d = \frac{H}{\operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = 3437 \left(\frac{H}{NL} \right)$$

Precisión visual de $1/60^\circ$ ($\alpha = 1'$ minuto de arco).

NL = Número líneas horizontales.

d = Distancia de observación ideal

H = altura del display



Si se aplica esta ecuación para SD (estándar definition) y HD, se obtiene que la distancia de observación de la imagen se reduzca tres veces en HD.



d= 6H



d= 3H

Por tanto se duplica el ángulo de visión vertical y se triplica el ángulo de visión horizontal con respecto a la televisión de definición estándar. Otro factor de suma importancia es el ángulo de visión central que en televisión SD es de 10° , mientras que para HD es de 30° , mejorando de forma muy notoria respecto a la televisión SD.

Un factor importante es el sistema de representación en color (Colorimetría), ya que éste determina la calidad de del sistema de televisión. Éste utiliza para los formatos 1080 y 720 de HD la norma ITU-R

BT.709, mientras que para televisión estándar utiliza ITU-R BT.601 y 470-6 y Tech 3213. Las características del nuevo sistema son:

- Nuevos valores para los colores y para el blanco de referencia que aumentan el número de colores a representar.
- Transferencia opto-electrónica.
- Triángulo de representación colorimétrica.

Las ecuaciones de transformación de los sistemas de HD son:

$$Y = 0.2126R' + 0.7152G' + 0.0722B'$$

$$Pb = (B' - Y') / 1.8556$$

$$Pr = (R' - Y') / 1.5748$$

Por último existe un cambio en la relación de aspecto de píxel, que en la televisión de definición estándar tiene una relación de aspecto de píxel rectangular mientras que para televisión en Alta Definición presenta una forma cuadrada, que permite la convergencia con los gráficos PC sin tener que efectuar un proceso de renderizado.

Formatos de Alta Definición entrelazados:

• 1080i

El formato 1080i surge en el estándar ITU-R BT.709 Parte 2 del consenso a nivel mundial en la definición de un único formato de alta definición denominado CIF (Common Image Format), con una resolución vertical de la imagen de 1080 líneas visibles, para obtener un único formato común eliminando las diferencias existentes en la TV de definición estándar (625 líneas y 525 líneas).

El formato 1080i duplica la resolución horizontal de la televisión con definición estándar y modifica la relación de aspecto del valor 4/3 de la televisión en definición estándar al valor 16/9, obteniéndose por consiguiente 1920 píxeles/línea, con una relación de aspecto de píxel cuadrada.

El formato habitual en Europa es el denominado 1080i25, de tipo entrelazado con 25 cuadros por segundo que tiene una tasa de transmisión de 1,5 Gbps.

Distancia de observación de la imagen.

— **Formatos de Alta Definición progresivos:**

Los formatos progresivos surgen debido a las distorsiones visibles de los formatos entrelazados en las escenas con gran resolución temporal.

◦ **720p**

Es un formato progresivo definido en el estándar SMPTE 296M. Proporciona 720 líneas activas y 1280 muestras por línea. La relación de aspecto es 16:9 con píxeles cuadrados.

El formato 720p50 aparece en Europa como una mejora de la resolución temporal de los formatos de 25 cuadros, ya que duplica la resolución temporal usando 50 cuadros por segundo en barrido progresivo, adaptándose de este modo a escenas con gran cantidad de movimiento.

Este formato supone una mejora significativa de la resolución espacial con respecto a la televisión con definición estándar, obteniendo una resolución horizontal de 1280 píxeles por línea.

◦ **1080p**

El formato 1080p es un formato de escaneo progresivo con una resolución de 1920x1080 a 50 cuadros por segundo que mantiene un alto nivel de calidad espacial y temporal que tiene unas pérdidas mínimas en la etapa de producción.

Se trata de la evolución natural de la televisión de Alta Definición. Está estandarizado en la BT.709 P2 y SMPTE 274M y tiene una gran convergencia con la industria cinematográfica.

Este formato requiere una tasa de transmisión de 3 Gbps, por lo que presenta ciertas limitaciones en la utilización de cables coaxiales como medio físico de interconexión. La ITU-R ha aprobado una versión del HD-SDI (BT.1120-5) que facilita el transporte en modo single-link sobre cable coaxial de los formatos 1080p50 y 1080p60.

— **Futuros formatos de TV. UHDTV, 2K y 4K:**

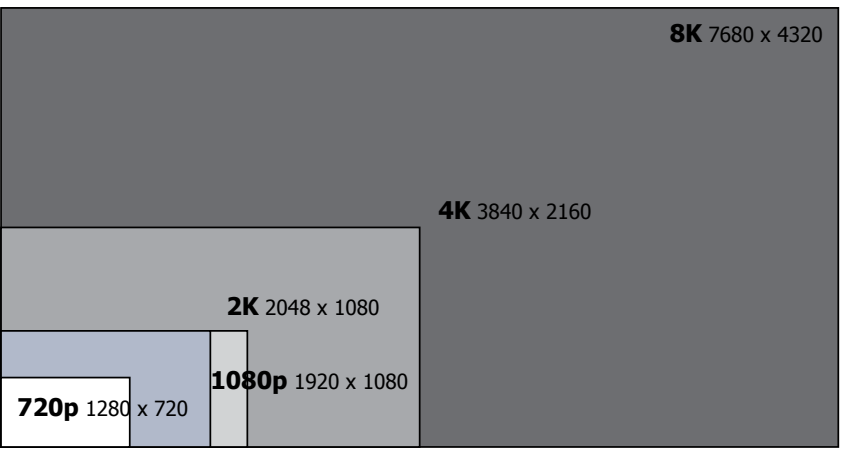
◦ **Super Hi-Vision**

En el año 2000 la empresa NHK finalizó el desarrollo del formato de alta definición Super Hi-Vision. Este formato tiene una resolución máxima de 7680 horizontal x 4320 vertical, con aproximadamente 33 millones de píxeles, esto supone un incremento de

resolución de 16 veces con respecto al formato de alta definición de 1080 líneas. A partir de ahí, la ITU-R llevó a cabo distintos estudios científicos que condujeron a la definición de los formatos denominados LSDI (large-screen digital imagery) y EHRI (extremely high-resolution imagery), que supusieron el impulso definitivo para la estandarización de la Ultra Alta definición para TV.

En agosto de 2012 la ITU aprobó la recomendación ITU-R BT.2020, que especifica los parámetros del nuevo formato de vídeo UHDTV (Ultra High Definition Television) para la producción y el intercambio de programas. Esta recomendación es un primer paso para el desarrollo por parte de los fabricantes de nuevos productos que soporten el estándar UHDTV. El formato de la imagen de UHDTV está en consonancia con los estándares LSDI y EHRI, en particular con la recomendación ITU-R BT.1769, que está basada en el resultado I+D de Super Hi-Vision.

UDHTV se perfila como el sucesor de HDTV, compuesto por dos formatos, el formato 4K (resolución 3840 × 2160) y el formato 8K (7680 × 4320), ambos utilizan un modo de presentación progresivo, proporcionando a los espectadores una alta calidad de visualización de los contenidos, soportando las frecuencias de refresco de imagen 120Hz, 60Hz, 50Hz, 30Hz, 25Hz y 24Hz, incrementándose la profundidad de píxel a 10-bits y 12-bits. En la siguiente figura, se muestra la evolución de la resolución en función de su densidad de píxeles, desde el formato de HD de 720p líneas, hasta el formato de 8K.

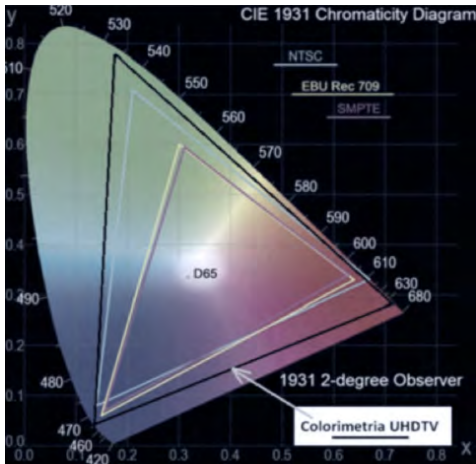


Comparativa de formatos de vídeo según resolución.

La siguiente tabla muestra un resumen de los parámetros más relevantes que definen el nuevo formato de UHD TV.

PARÁMETRO	VALORES	
FORMATO DE IMAGEN	16:9	
RESOLUCIÓN	7 680 × 4 320	3 840 × 2 160
MUESTREO RETICULAR	ORTOGONAL	
FORMATO DE IMAGEN DE PÍXEL	1:1 (PÍXELES CUADRADOS)	
FRAMES POR SEGUNDO (HZ)	120, 60, 60/1,001, 50, 30, 30/1,001, 25, 24, 24/1,001	
ESTRUCTURA DE LA IMAGEN	PROGRESIVA	
PROFUNDIDAD DE BITS	10, 12	
CANALES DE AUDIO	22.2	
PROFUNDIDAD DE PÍXEL	10 BITS Y 12 BITS	

Una de las principales mejoras que introduce la recomendación ITU-R 2020, es la definición del espacio de color CIE 1931, que permite reproducir una gama ampliada de colores con respecto a la que permite reproducir el estándar de alta definición ITU-R BT.709 (HDTV). La siguiente figura muestra una comparativa de cromaticidad de los distintos estándares, donde se puede comprobar cómo se amplía su respuesta en sus tres vértices.



Si bien el incremento de la colorimetría y el aumento de la profundidad de píxel permiten diferenciar al formato de UHD TV de su predecesor de HDTV, el gran salto diferencial en la mejora perceptual de este sistema se encuentra en el aumento del campo de visión horizontal y vertical, acompañado de una menor distancia de visualización óptima.

En la siguiente tabla se muestra como la distancia óptima de visualización para una pantalla de HD, se sitúa aproximadamente a 3 veces la altura de la pantalla (H), lo que le dota de un campo de visión horizontal de 31°. Podemos apreciar como para el formato de 4K su distancia de visualización se reduce prácticamente a la mitad, mientras que su ángulo de visión de duplica (58°).

Sin lugar a dudas, la sensación de realismo ofrecido por una pantalla de 8K es muy superior al resto de formatos, ofreciendo un ángulo de visión próximo a los 100°, lo cual permite una distancia de visualización inferior a la altura de la pantalla (0.75 H).

FORMATO	RESOLUCIÓN	RELACIÓN DE ASPECTO	DISTANCIA VISUALIZACIÓN	ÁNGULO DE VISIÓN HORIZONTAL
HD	1920 × 1080	16:9	3.1 H	31°
UHD TV-1	3840 × 2160	16:9	1.5 H	58°
UHD TV-2	7680 × 4320	16:9	0.75 H	96°

– Dispositivos comerciales de captación de vídeo

2013, se puede considerar el año el cual el mercado ha proporcionado soluciones completas de Workflow para producción en UHD TV. En cuanto a dispositivos de captación, Sony dispone de su modelo F65 con un sensor de 8k con filtro de Bayer que ofrece una resolución real de 4k, con 16 bits de profundidad de píxel en RGB y hasta 120fps.

Sony F-65.



Blackmagic comercializa su modelo BMCC de 4k con sensor Super 16 y rango dinámico de 13 stops, permitiendo la grabación en formato raw sin pérdidas perceptuales. Canon también comercializa su modelo EOS C500 con resolución de 4K, con soporte de grabación raw en 10 bits.

Blackmagic BMCC y Canon EOS C500.



Otros fabricantes como ARRI con su Alexa XT, Red One con Red Epic o FOR-A con su FT-ONE, son ejemplos de la proliferación de dispositivos de captación en 4K, disponibles comercialmente.



FOA-A FT-ONE.

– Primeros trials en UHDTV

Sin lugar a dudas, el evento que ha marcado el primer hito para la producción y radiodifusión en UHDTV con resolución de 8k, ha sido el celebrado en los Juegos Olímpicos de Londres del 2012, donde las televisiones públicas británicas y japonesas, BBC y NHK, en colaboración con OBS (Olympic Broadcasting Service), llevaron a cabo distintas transmisiones desde tres sedes a distintos puntos de Estados Unidos y Japón, utilizando redes de transporte IP, con unos anchos de banda de 280Mbps.



Los Juegos Olímpicos del 2012 realizaron las primeras retransmisiones en UHDTV.

Formatos DCI 2K y 4K

Los formatos de cine digital (DCI) surgen en 2005 por la unión de los principales estudios de Hollywood, que deciden definir formatos de alta definición aplicados al cine y los estándares que debe cumplir el equipamiento de los cines para la migración digital.

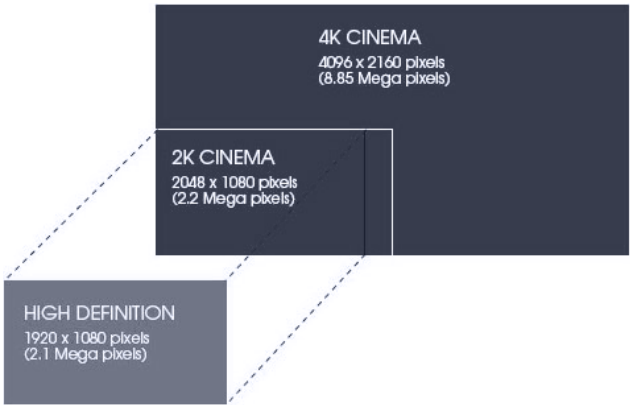
La especificación de cine digital define dos formatos de imagen: 2K y 4K. El formato 2K lleva varios años en uso, sin embargo el formato 4K está empezando a utilizarse en postproducción de películas de alta gama.

El DCI se puede almacenar en servidores 4K (4096x2160) o en servidores 2K (2048x1080). La siguiente tabla muestra las características de los formatos DCI utilizados:

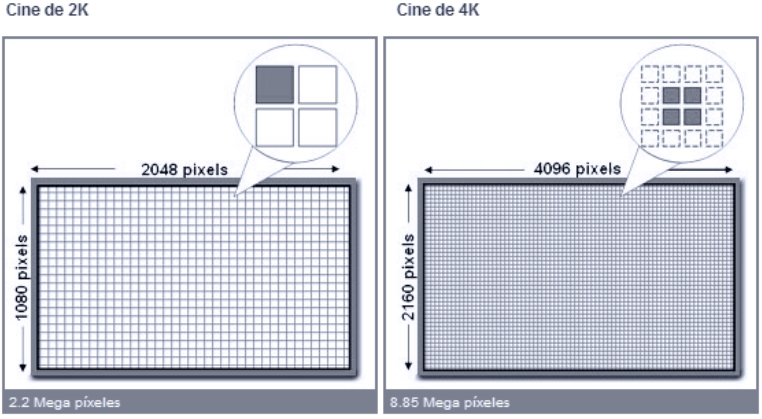
NIVELES	Nº PIX HORIZONTALES	Nº PIX VERTICALES	REL. ASPECTO	REL. ASPECTO PÍXEL
1	4096	1714	2:39	1:1
2	3996	2160	1:85	1:1
1	2048	858	2.39	1:1
2	1998	1080	1:85	1:1

El estándar 4K para la proyección de cine es de 4096 x 2160 píxeles, representa 4 veces la resolución del cine digital de 2K y las imágenes de Alta Definición.

Características de los formatos DCI utilizados.



La ventaja adicional de la gran resolución de los sistemas 4K es que su tamaño de píxel en pantalla es muy pequeño, aproximadamente un cuarto del tamaño de los píxeles que aparecen en proyectores 2K HD equivalentes. El tamaño de los píxeles resulta importante para los espectadores sentados en las primeras filas.



Resolución formatos HDTV, 2K y 4K.

Tamaño de píxel en 2K y 4K.

1.2.2.3 Formatos de TV estereoscópicos

El formato actual de captura de contenidos en 3D es el plano estereoscópico que consiste en el uso de dos cámaras alineadas en el plano horizontal separadas a una distancia aproximada de 6,5 cm,

que se corresponde con la distancia media interocular, de manera que simula el sistema de percepción visual humano.

De este modo se dispone de las vistas L y R con igual perspectiva a la que se percibe en una escena de forma natural.



Grid de cámaras pareadas.

Las cámaras involucradas en el proceso de captura de vídeo deben estar calibradas de forma extremadamente precisa, no sólo en su paralelaje, sino también en lo que respecta al zoom, diafragma y foco, lo cual no siempre es posible debido a la existencia de tolerancias de los dispositivos mecánicos. Es por ello que en muchas ocasiones se requiere de una fuerte postproducción donde se llevan a cabo todo este tipo de correcciones.



Cámara con doble bloque óptico.

Para evitar estos problemas han aparecido soluciones comerciales que consisten en un único cuerpo de cámara con doble bloque óptico que comparten las funciones.

La profundidad percibida de la escena "P" es inversamente proporcional a dicha distancia entre los ejes horizontales de las cámaras "d" y directamente proporcional a la distancia de observación "Z". Como se muestra en la siguiente fórmula, donde "e" indica la distancia media interocular humana:

$$P = \frac{Z}{\left(\frac{d}{e} - 1\right)}$$

En consecuencia, la percepción de la profundidad de una escena depende en gran medida de la separación o disparidad entre ellas, por ello para obtener una buena percepción en 3D, generalmente se trabaja con formatos HD o incluso con resoluciones superiores a ésta. En definitiva, durante el proceso de producción en 3D, es necesario duplicar los recursos existentes, al requerir de 2 señales con idénticos formatos y en perfecta sincronización temporal a nivel de frame.

Hasta el momento no se ha definido ningún estándar como interfaz de producción para TV en 3D. En lo que respecta al sistema de almacenamiento, actualmente no existe ningún estándar, por lo que el proceso de trabajo de este tipo de formatos es idéntico al de los formatos 2D con la diferencia que se realiza por duplicado y de manera sincronizada.

Hasta el momento no se ha definido ningún estándar de almacenamiento e interfaz de comunicaciones, para la producción de TV en 3D. Por ello, el actual flujo de trabajo para este tipo de producciones es idéntico al de una producción monoscópica, pero duplicando los recursos técnicos para cada una de las vistas que se producen de modo simultáneo y sincronizado.

1.2.2.4 Formatos Y estándares de difusión 3D

En la actualidad las técnicas para la producción de contenidos en 3D están bien establecidas, sin embargo, en lo que respecta a los procesos de codificación y transmisión de estas señales quedan innumerables mejoras y nuevos desafíos.

Son varios los organismos de estandarización que están trabajando en la publicación de un estándar de formatos de difusión 3D, como DVB, ISO/MPEG, SMPTE, ITU, etc. A continuación se mostrará información sobre los estándares para difusión de vídeo HD 3D.

— Multiplexación de color 3D:

Es un formato basado en la multiplexación sobre el color que necesita de gafas bicolor en la que cada lente realiza un filtrado de color. Los colores habituales son rojo y azul, aunque también suele ser común el cyan.

Su uso principal es el ámbito doméstico en DVD o Blu-ray. El 3D basado en multiplexación de color necesita sólo una señal de color que se puede enviar en la infraestructura de difusión HDTV existente. Por tanto se ha demostrado que es una técnica viable en eventos en directo, totalmente compatible con la infraestructura existente 2D.

Sin embargo este formato no convence debido a las carencias existentes en la limitación de color, resolución y su pobre experiencia visual que hacen que este formato no se use para servicios de difusión.

— Simulcast 3D:

Este formato es un avance en la difusión de vídeo 3D, donde los vídeos pertenecientes a las vistas izquierda y derecha han de estar sincronizadas y se codifican de forma independiente. Para ello utilizan una codificación H.264/AVC, obteniendo dos transport streams independientes. Esta solución tiene una baja complejidad, con bajo retardo.

Este estándar utiliza los principios de estimación/compensación de movimiento como método de predicción, usando algoritmos procedentes del estándar MPEG-2 MV Profile 1996) que tienen ganancia limitada y usan predicción temporal. (Significant gain only for I frames)

Después de la transmisión, los dos streams se decodifican independientemente, requiriendo un cuidadoso proceso de desincronización de los dos streams de vídeo.

Para visualizar el contenido en 3D se necesita un Set top box dual HD, actualmente es necesario que los receptores puedan decodificar 1080p H.264/AVC, por lo que sería necesario realizar una actualización de software al parque de receptores existentes que sólo aceptan 720p/1080i HDTV.

Con una señal 1080p full HD, la calidad para cada ojo percibida en una experiencia 3DTV en el hogar es más que aceptable. A efectos prácticos, las señales 720p HD simulcast sobre una codificación SVC pueden proporcionar compatibilidad con los sistemas 720p/1080i.

La redundancia entre las vistas L y R no está muy aprovechada, el principal problema de este formato es que la eficiencia de codificación no es está maximizada y además el bitrate necesario es dos veces el de una señal HDTV.

— Multiplexación temporal 3D:

Este formato es una alternativa a la difusión simulcast para la codificación y multiplexación de vídeo 3D para imágenes L y R.

La señal 3D se muestra como una señal 2D pero con un frame rate de 120 Hz. Se puede codificar como MPEG transport stream, similar a un stream 2D con correlación predictiva entre las imágenes L y R. Todo ello supone un incremento de bitrate del 90% respecto a las imágenes en 2D. Para permitir este incremento de bitrate, es necesario actualizar las infraestructuras.

Para Full HD 3DTV a 1080p60 por ojo, un decodificador de video escalable opera a 120 Hz y permite mostrar el vídeo 3D con un frame rate de 120Hz utilizando unas gafas de obturación activas.

Para 2DHD con compatibilidad, H.264/SVC se puede utilizar para codificar las imágenes L o R como imagen base

Si no es necesario una resolución 1080P60, una opción sería utilizar 720p50 progresivo para la difusión time multiplexed utilizando frames sincronizados con gafas activas. La otra opción es utilizar

1080i50 en formato entrelazado. En la segunda opción cada ojo verá 540 líneas en formato progresivo, pero sin pérdidas de resolución en sentido horizontal.

Estas dos opciones permiten entregar vídeo 3D HD utilizando el formato de multiplexación de tiempo utilizando las infraestructuras actuales de difusión de televisión, pero con una menor resolución y sin posibilidad de compatibilidad con los receptores o set top box de los usuarios.

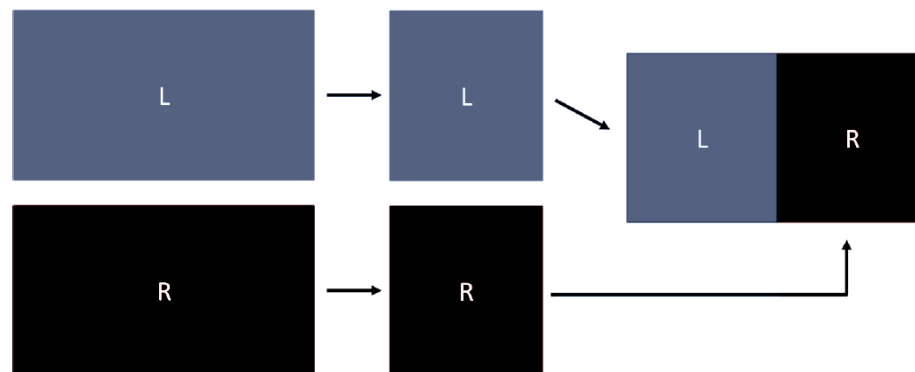
— Multiplexación espacial 3D:

Se trata del método más sencillo de transmisión de TV3D utilizando las infraestructuras de difusión actuales haciendo uso de una codificación espacial.

Existen diferentes formatos que permiten el envío de las imágenes L y R comprimidas y submuestreadas en un frame 2D. Todos estos formatos no necesitan más ancho de banda que el necesario para enviar un vídeo 2D HD sobre las infraestructuras actuales.

◦ Half side-by-side

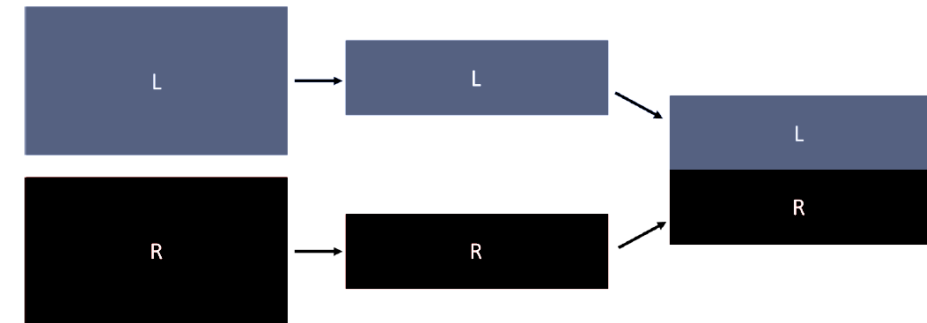
Realiza una reducción de la resolución horizontal, manteniendo la resolución vertical obteniendo un único frame con el mismo píxel-rate que cada cámara. La resolución utilizada es de 960x1080 en el estándar 1080p.



Side by Side.

◦ Top over bottom

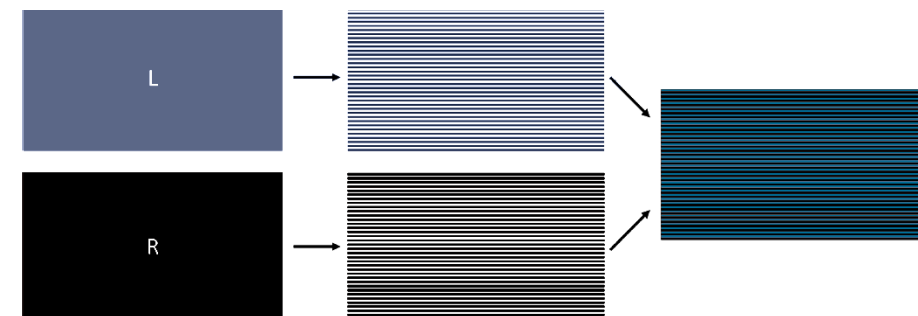
Este formato codifica la imagen para cada ojo a la mitad de la resolución vertical. La imagen perteneciente al ojo izquierdo, se almacena en la mitad superior del frame, y la imagen perteneciente a la vista derecha lo hace en la mitad inferior del frame. La resolución de este formato es de 1920x540 píxeles. Realiza una reducción de la resolución vertical y no modifica la resolución horizontal.



Top over bottom.

◦ Interleaved

Se crea una composición única con las imágenes de la cámara derecha y de la cámara izquierda entrelazadas en grupos de líneas. Las líneas pares se presentan para un ojo, mientras que las líneas impares se muestran para el otro ojo. Este formato reduce la resolución vertical a la mitad y manteniendo la resolución horizontal (1920x540 en 1080p).

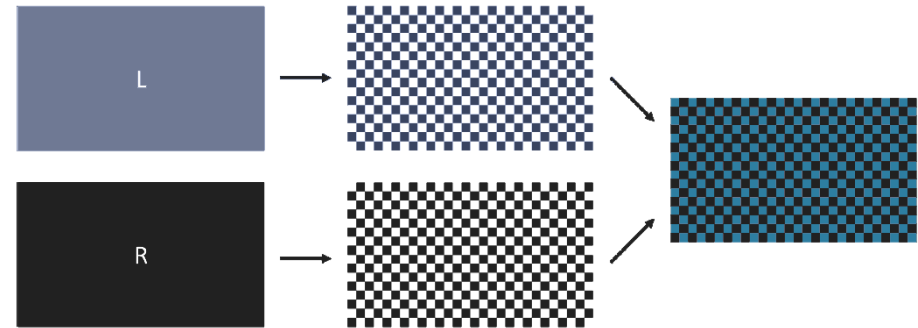


Interleaved.

Este tipo de formato es muy utilizado por pantallas basadas en la tecnología de plasma.

◦ Quincunx (chekerboard)

Realiza una reducción de la resolución diagonal que se obtiene combinando pequeños bloques de tamaño 16x16 o múltiplos de las 2 imágenes para que coincidan con el tamaño de macro-bloque de la codificación MPEG. Este formato reduce la resolución horizontal y vertical.



Quincunx.

Los sistemas de proyección DLP utilizan este formato como principal modo de presentación de la imagen 3D, aunque también es común en algunos paneles de plasma.

— **2D plus depth map:**

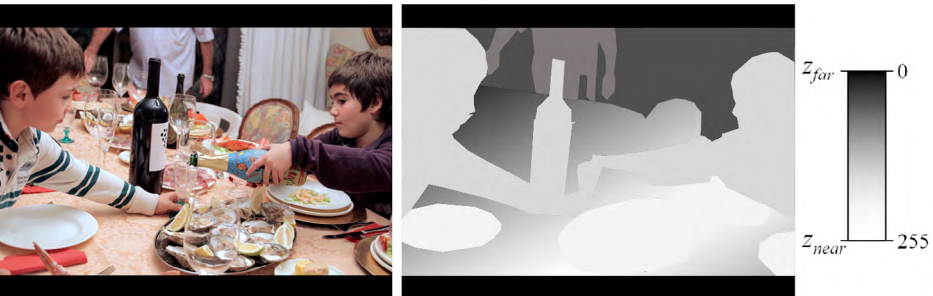
Es una alternativa al sistema Conventional Stereo Video, donde las imágenes estéreo se generan por interpolación de un vídeo y muestras de datos de profundidad de la imagen.

Este formato obtiene una mejor eficiencia en la compresión. El rango de profundidad se restringe a un rango entre dos puntos Z_{near} y Z_{far} indicando la máxima y mínima distancia de un punto 3D a la cámara. El rango de profundidad se cuantifica de forma lineal con 8 bits, p. e. los puntos más cercanos se le dá el valor 255 y los más lejanos el valor 0, obteniendo un mapa de profundidad representado por una escala de grises.



Profundidad
estimada de una
imagen.

De este modo se consigue una compresión eficiente de los datos de profundidad de la imagen de aproximadamente un 10-20% del bitrate necesario para codificar la información de color del vídeo a una buena calidad que dependerá de la precisión y resolución del depth map.



Codificación de
una imagen en
2D+Depth.

Se basa en una codificación 2D MPEG2, que puede ser procesada en cualquier decodificador manteniendo la compatibilidad.

El bitstream contiene de forma adicional los datos correspondientes a la información de profundidad (depth) por tanto es necesario un sistema que acceda al depth stream y genere la imagen estéreo usando un método de interpolación. Este concepto es muy interesante ya que mantiene la compatibilidad, usa una compresión eficiente y mejora funcionalidades.

H.264 contiene una opción para hacer llegar la información de profundidad de las imágenes utilizando auxiliary Picture syntax. El codec de vídeo para la señal de color de vídeo asociada a la señal de profundidad se codifica en H.264/AVC.

Una ventaja de este formato es la capacidad de ajustar el grado de percepción depth para ajustar las imágenes 3D, reduciendo de este modo la fatiga visual. Esta funcionalidad implica un aumento de la complejidad de rendering de las imágenes de salida realizada en los receptores.

Las limitaciones del formato 2D plus depth map son:

- * Sólo permite trabajar con virtual view cercanas.
- * No soporta un amplio rango de pantallas multiview 3D.
- * Tiene limitaciones en el modo viewpoint (utilizado para visualizar distintas vistas preestablecidas), ya que solo permite un vídeo + depth.
- * Problemas para crear el mapa de profundidad con precisión en tiempo real.

Existe una extensión del formato 2D plus depth map conocido como 2D plus DOT que incluye información adicional de oclusión y transparencia que permite mostrar mayor calidad en 3D multi-view video.

FORMATO	MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
MULTIPLEXACIÓN DE COLOR	UTILIZA CODIFICACIÓN DE COLOR PARA LAS VISTA IZQUIERDA Y DERECHA	SE PUEDE UTILIZAR EN CUALQUIER MONITOR COLOR 2D	BAJA CALIDAD DE VÍDEO Y EXPERIENCIA 3D
MULTIPLEXACIÓN ESPACIAL	SUBMUESTREO Y COMPRESIÓN DE LAS VISTAS IZQUIERDA Y DERECHA EN UN FRAME 2D	SE AJUSTAN A LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE SIN INCREMENTAR EL BW	BAJA RESOLUCIÓN
MULTIPLEXACIÓN TEMPORAL	MULTIPLEXACIÓN EN EL TIEMPO DE LAS VISTAS IZQUIERDA Y DERECHA INCREMENTANDO EL BITRATE	MANTIENE LA RESOLUCIÓN DE VÍDEO ORIGINAL	AUMENTO DEL BW POR UN FACTOR ENTRE 1.2 Y 1.7
2D + DEPTH	USA UNA IMAGEN 2D CON INFORMACIÓN ASOCIADA DEL MAPA DE PROFUNDIDAD	COMPATIBILIDAD ENTRE DISPOSITIVOS 2D (MONITORES Y STB) Y CÓDEC (MPEG-2 Y AVC)	GRAN COMPLEJIDAD Y ALTA TASA DE ERRORES

2. INGESTA Y CATALOGACIÓN

2.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

- 2.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES
 - 2.2.1 ARQUITECTURA DE MODELOS MAM
 - 2.2.2 FLUJOS DE ESENCIA + METADATA
 - 2.2.3 FORMATOS DE ENCAPSULADORES DE MEDIA
 - 2.2.4 TECNOLOGÍAS DE TRANSFERENCIA DE FICHEROS

2. INGESTA Y CATALOGACIÓN

2.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Cuando nos movemos en un entorno IT, que es a lo que se tiende dentro del flujo de información audiovisual, es importante crear una arquitectura de servidores basada en MAM como se explica en el cuerpo del contenido de este módulo.

Estas arquitecturas permiten el uso simultáneo del material audiovisual, altas velocidades, gran calidad en visualización, ingentes posibilidades en almacenamiento y, en general, un flujo de información más continuo y disponible para diferentes perfiles de profesionales. La llegada de los servidores de vídeo ha facilitado la rápida penetración de las arquitecturas MAM en todo el proceso de producción audiovisual.

La ingesta y catalogación inteligente de información audiovisual permite su gestión, corrección y extracción de manera óptima, pero sobretodo permite tener todo el contenido perfectamente ubicado para una búsqueda posterior.

En la actualidad, con la gran demanda existente de horas de producción audiovisual debido a la multiplicación de canales en emisión y número de películas cinematográficas, es importante la catalogación, donde cualquier propietario de contenidos puede “tirar de archivo” para crear una continuidad de 24 horas sin problemas. Los metadatos cobran importancia, y los formatos como el AAF o MXF son cada vez más comunes en nuestro lenguaje diario para

poder encapsular y señalar esos datos que se aportan adicionales así como la posibilidad de visualización en cualquier parte del mundo de un contenido gracias a las técnicas de streaming.

La gestión de los contenidos es un apasionante reto tan importante como el contenido en sí mismo.

2.2 TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

Hoy en día, la tecnología digital implantada en entornos IT proporciona innumerables ventajas en la gestión de los archivos de televisión con una buena gestión de los flujos de producción audiovisual.

Los sistemas de automatización también conocidos como Media Asset Management (MAM), están integrados plenamente en el área de producción, proporcionando funcionalidades de Ingesta, Redacción digital, Edición no Lineal y Emisión. La ingesta es la conversión de las fuentes audiovisuales al formato de trabajo.

A continuación se indican algunas ventajas que proporciona la digitalización de los contenidos en los procesos de producción, en lo referente a la sustitución de las cintas de vídeo por ficheros.

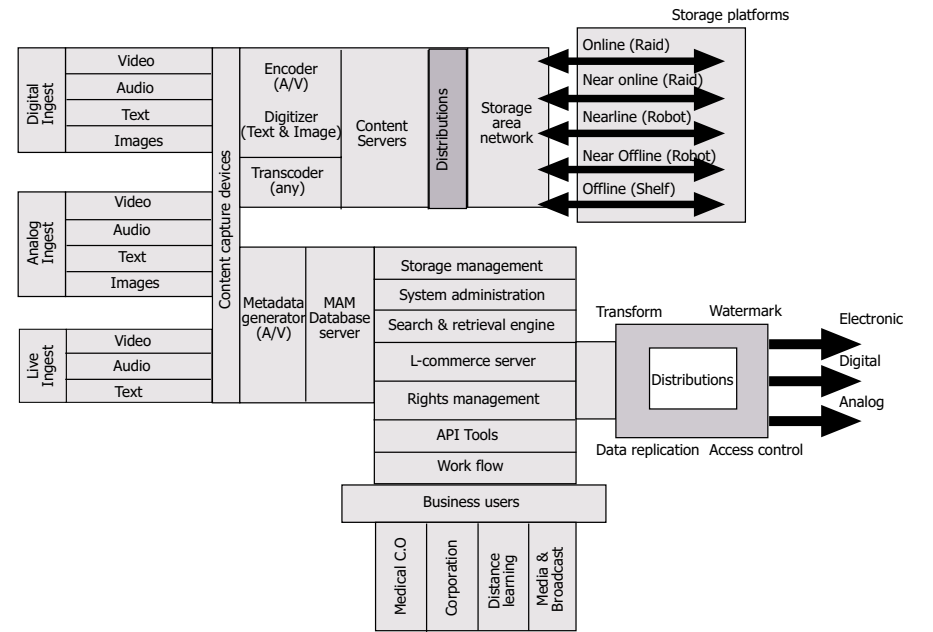
- Uso simultáneo de varios usuarios del mismo material audiovisual almacenado.
- Transferencia de ficheros entre dispositivos a gran velocidad.
- Visualización rápida de la información.
- Almacenamiento de grandes volúmenes de información.
- Mejora de los procesos de edición y postproducción.
- Multigeneración sin pérdidas.
- Funciones de automatización más sencillas.

2.2.1 Arquitectura de modelos MAM.

La llegada de los servidores de vídeo ha facilitado la rápida penetración de las arquitecturas MAM en todo el proceso de producción audiovisual. Anteriormente el vídeo se almacenaba en cintas, la información se podía controlar mediante un software de documentación, que utilizaba códigos de barras para hacer check-in/check-out. Cuando los servidores se adoptaron para fines de producción y transmisión, el media asset pasó a ser un fichero, que no podía ser gestionado del mismo modo que se hacía con los archivos de cintas, lo que exigía cambios profundos en el workflow de producción.

Originalmente los servidores de vídeo tenían una capacidad restringida, exigiendo una rotación de contenidos, permaneciendo los más recientes, y transfiriendo los contenidos seleccionados como durerados al sistema de archivo profundo. Los sistemas MAM incorporan una gestión jerárquica de almacenamiento (HSM2) para controlar los contenidos innecesarios y la restauración del material buscado.

Los sistemas MAM proveen mejoras sustanciales en los procesos de captura, digitalización, indexación y catalogación, acceso, y distribución.



Arquitectura de modelos MAM.

En la anterior gráfica se muestran los componentes y arquitectura de un sistema MAM estructurados en sus unidades funcionales de captura, codificación, generador de metadata, servidores y plataforma de almacenamiento distribuido.

La catalogación es el proceso de clasificación de la información audiovisual de manera que permita su extracción de una manera precisa y con baja latencia. Existen varios tipos y niveles de catalogación: catalogación manual, catalogación automática, catalogación básica y catalogación avanzada.

La catalogación básica consiste en añadir información muy básica para el almacenamiento de los contenidos, como por ejemplo el Título, Resumen, Información Técnica, Storyboard, información administrativa, etc. A partir de la catalogación básica es posible definir una serie de jerarquías de modo que se obtenga la máxima información que facilitará las funciones de búsqueda y recuperación del material.

La catalogación avanzada consiste en la adición de información básica y otra serie de atributos definibles que permitan consultas basadas en metadatos, atributos específicos y selección de fragmentos determinados, de modo que suponga una optimización del tiempo y de los recursos asociados. En la actualidad existen numerosas herramientas que permiten catalogación avanzada basadas principalmente en:

- Índices visuales. Realizan un resumen de lo sucedido en un vídeo, basándose en la detección de los efectos del vídeo (cortes, transiciones etc.)
- Formas textura y color: Realizan un seguimiento de objetos.
- Eventos: Se introduce la información asociada a un evento.

2.2.2 Flujos de Esencia + Metadata

A continuación se comentarán aspectos básicos de los sistemas de encapsulación de la esencia y los metadatos, de modo que los lectores de este informe obtengan una visión global de sus funcionalidades y clasificaciones en la cadena audiovisual.

“Flujo de Esencia” o “Esencia” es el término utilizado para des-

cribir materiales audiovisuales digitales, como vídeo, audio, imágenes, texto etc. Se trata del contenido sin datos.

“Metadatos” es un término que se refiere a datos sobre los propios datos, que proveen enlaces críticos hacia otras formas de contenido. Ofrecen información acerca de la naturaleza del contenido, reuniendo por lo general una gran cantidad de información necesaria para la descripción de un programa. Esta información es generada, consultada, manipulada y distribuida por una red de datos.

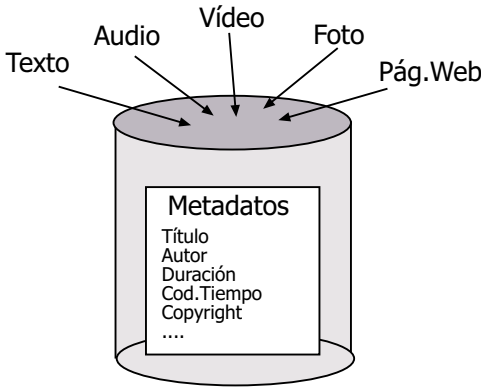
Los metadatos se usan para describir y representar los contenidos. Cubren el flujo de trabajo completo desde la preproducción hasta el archivo, satisfaciendo a distintos grupos de usuarios, y son necesarios para describir, buscar y recuperar la esencia. Además deben garantizar la compatibilidad e interoperabilidad de los ficheros existentes y las bases de datos para la organización de los mismos. Sin esta condición no sería posible la implantación de los sistemas basados en metadatos en los centros de producción audiovisual.

Existen distintos tipos de metadatos según la parte del objeto o media que quiera describir. Los metadatos se crean en la fase de preproducción y deben acompañar al objeto durante toda su vida útil, mejorándose y complementándose con nuevos metadatos. Se pueden clasificar en:

- Metadatos relacionados con la adquisición: Indican el tipo de formato de vídeo y audio con sus correspondientes formatos de compresión, parámetros de ajuste de cámara, fecha, hora y localización.
- Metadatos relacionados con el género del contenido: Indican el tipo de producción, título, origen, descripción del contenido, marcas de entrada y salida.
- Metadatos necesarios para la postproducción: Indican el comienzo y fin de la contribución, código de tiempos, subtítulos, aceptación, nombre del personal involucrado en el proceso.
- Metadatos necesarios para la distribución: hora y fecha de la transmisión, información estadística de audiencia, nombre de los canales.

- Metadatos necesarios para el archivo: Descripción del programa, afiliación del programa, clasificación telemática, fecha de catalogación y tipo de catalogador utilizado.
- Metadatos relacionados con los derechos de propiedad: Indican restricciones territoriales, métodos de transmisión o distribución, período de transmisión o distribución, período de uso, número de transmisiones o visionados, precio, etc.

Metadatos y datos que describen.



o Almacenamiento de metadatos

Cuando se combina todos los bits de los metadatos y los bits correspondientes a la esencia, (audio, vídeo y datos) el resultado es el contenido. Este contenido se aloja en Wrappers (formato de fichero o contenedor) que puede enviarse y almacenarse en el sistema.

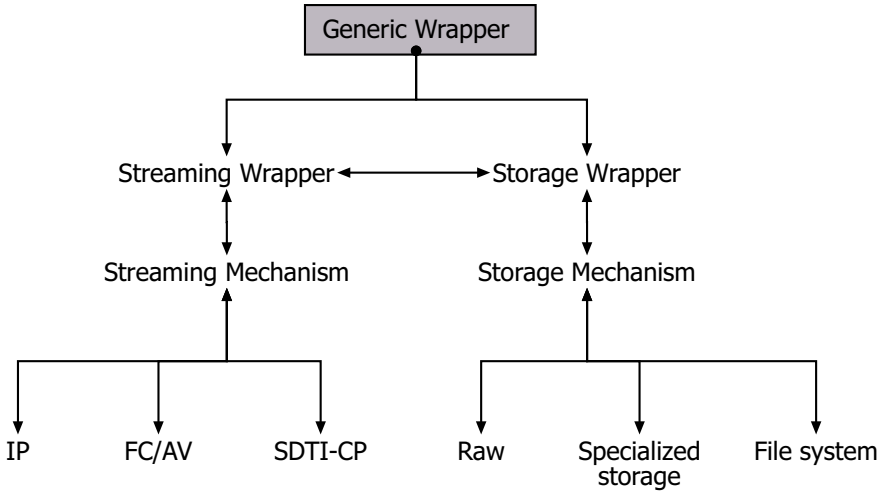
Wrappers son elementos que establecen cómo organizar/almacenar las esencias. Para la interconexión de estos elementos entre equipos se define un modelo jerárquico con capas, planos y actividades.

Las funciones de los wrapper son: Contener y enlazar esencias y metadatos en el dominio lógico y físico. El contenido permanece organizado en la carga del wrapper de modo que pueda ser reproducido, permitiendo además otras funciones como manipulación o almacenamiento.

Existen dos tipos de Wrappers:

- Wrapper de grabación; Tienen un régimen binario alto, utilizan acceso aleatorio y se adaptan al formateo y sectorización del soporte.
- Wrapper de transferencia: Se adaptan a los protocolos FTP. Permiten la extracción de contenidos incluso antes de transferir totalmente el wrapper (partial retrieving).

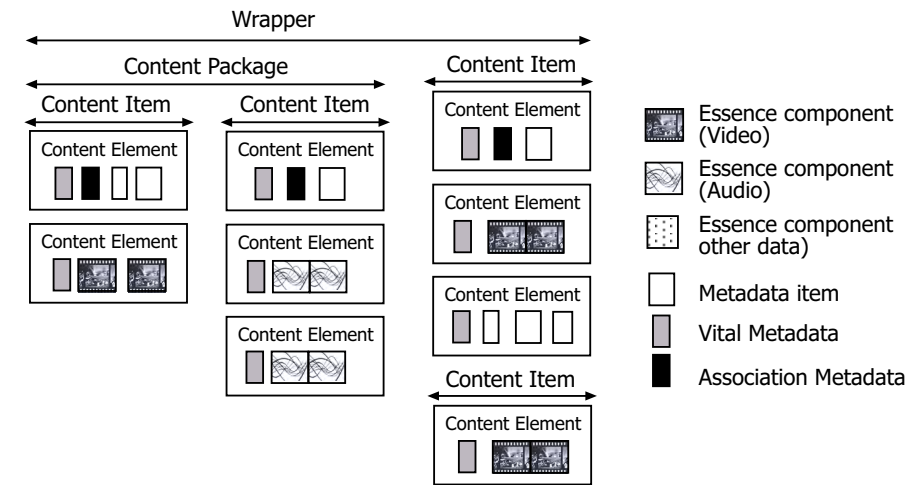
Algunos de los Wrappers más utilizados en los entornos audiovisuales son: AAF, BXF, GXF, MXF etc. La siguiente figura ofrece una visión de un wrapper genérico orientado a streaming, y almacenamiento.



Ejemplos de un Wrapper genérico.

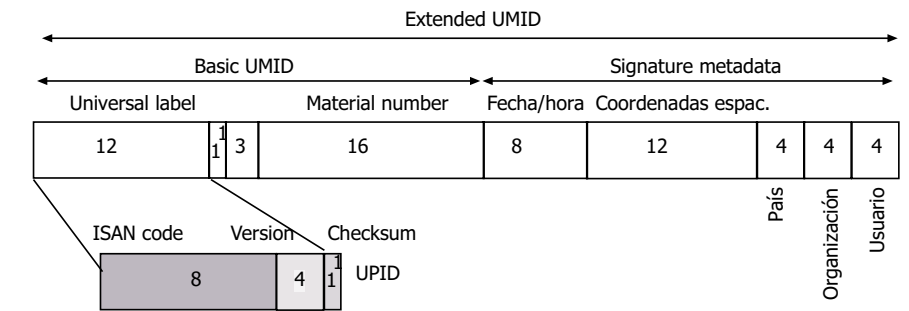
Un Wrapper puede almacenar diferentes paquetes de contenido (Content Package) y contenidos simples (audio, vídeo, datos, metadatos, etc.), tal y como se muestra en la siguiente figura.

Ejemplos de almacenamiento de contenidos en un Wrapper.



En los entornos IT es necesario un identificador que enlace los metadatos con la esencia. Actualmente existen muchos formatos de identificadores en el entorno audiovisual, uno de los más extendidos son los UIMD3.

El UMID es un identificador único del contenido dentro de un entorno local, regulado por la normativa SMPTE 330. Permite la identificación de vídeo, audio, frames, imágenes y programas que se genera y se asocia a cada grabación de forma automática. Está formado por una parte básica de 32 bytes y una parte opcional de 32 bytes.



Se almacena usando un identificador con un rango amplio de valores y generando un identificador del elemento basado en la fecha, hora, fuente y números aleatorios.

UNIQUE PROGRAM IDENTIFIER (UPID): Es el código que identifica un producto comercial. Los primeros 8 octetos corresponden al código ISAN, que es el registrador de los números únicos. De éstos, parte corresponden al producto completo y parte identifican al episodio. Los siguientes 4 octetos son opcionales y corresponden a la versión. El último octeto es un byte de checksum.

Una información detallada de la semántica de cada uno de los campos del UPID, se muestra en la siguiente figura:

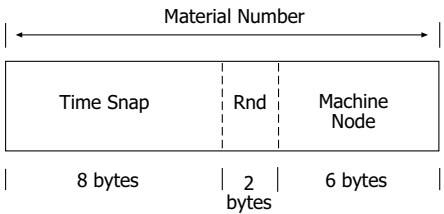
BYTE Nº	DESCRIPTION	VALUE (HEX)
1	OBJET IDENTIFIER	06h
2	LABEL SIZE	0Ah
3	DESIGNATION: ISO	2Bh
4	DESIGNATION: SMPTE	34h
5	REGISTRY CATEGORIES: DICTIONARIES	01h
6	SPECIFIC CATEGORY: METADATA DICTIONARIES	01h
7	STRUCTURE: DICTIONARY STANDARD	01h
8	VERSION NUMBER	01h
9	IDENTIFIERS AND LOCATORS	01h
10	GLOBALLY UNIQUE IDENTIFIERS	01h
11	UMID (PICTURE, AUDIO, DATA, OTHER)	01, 02, 03, 04h
12	NUMBER CREATION METHOD	XXh (see text)

INSTANCE NUMBER: Estos 3 bytes pueden generarse de dos modos distintos, "Local Registration" o "24-bits seeded PRS generator", descritos en detalle en el Anexo B de la normativa SMPTE.

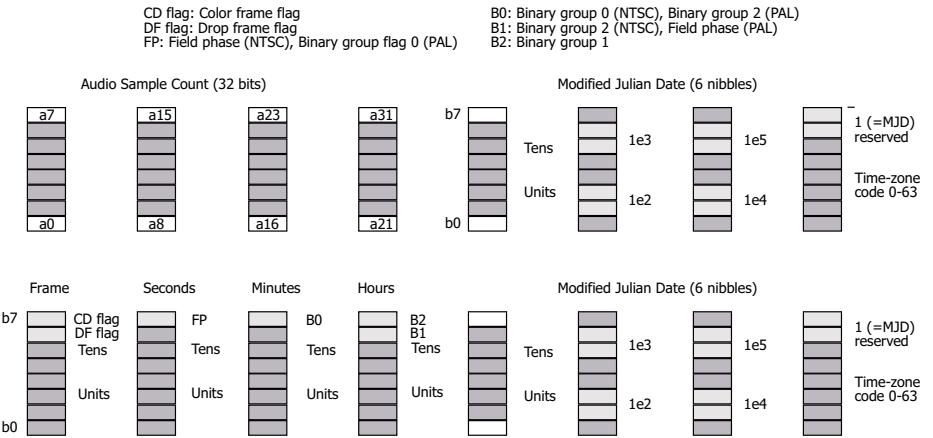
VALUE	METHOD
0	NO DEFINED METHOD
1	LOCAL REGISTRATION
2	24-BIT SEEDDED PRS GENERATOR
3-15	RESERVED BUT NOT DEFINED

MATERIAL NUMBER: Puede ser de dos tipos, SMPTE o ISO/IEC 11578, como se presenta en la siguiente tabla. El modelo más extendido es el basado en el tipo SMPTE que se divide en tres campos como se muestra en la siguiente gráfica:

VALUE	METHOD
0	NO DEFINED METHOD
1	SMPTE METHOD
2	AS PER ISO/IEC 11578 ANNEX A
3-15	RESERVED BUT NOT DEFINED



— **FECHA/HORA:** Este campo conocido como “time/data stamp”, sigue el formato definido en el estándar SMPTE 309M, incluido el calendario Juliano modificado. En las siguientes gráficas se muestran los formatos para el audio y vídeo respectivamente, donde el significado de los Flags mostrados, son los siguientes.



— **COORDENADAS ESPACIALES:** define la longitud, latitud y altitud en base al WGS (World Geodetic System) ampliamente extendido en entornos de localización GPS.

— **PAÍS:** utiliza una cadena alfanumérica de 4 bytes definidos en el diccionario del ISO 3166-1 para identificar el país de origen.

— **ORGANIZACIÓN:** utiliza una cadena alfanumérica de 4 bytes utilizando el alfabeto definido en el ISO/IEC 8859-1 para identificar la organización propietaria del contenido.

— **USUARIO:** sigue el mismo modelo que el definido para el campo “Organización”.

2.2.3 Formatos de encapsuladores de media

En la actualidad existen dos formatos encapsuladores muy extendidos; AAF (Advanced Authoring Format) que se describe a continuación y MXF (Material eXchange Format) que se describirá en profundidad en el capítulo de Almacenamiento y Archivo.

2.2.3.1 AAF

El Advanced Authoring Format (AAF), es un formato de archivo multimedia que permite intercambiar medios digitales y metadatos entre distintas plataformas, sistemas y aplicaciones.

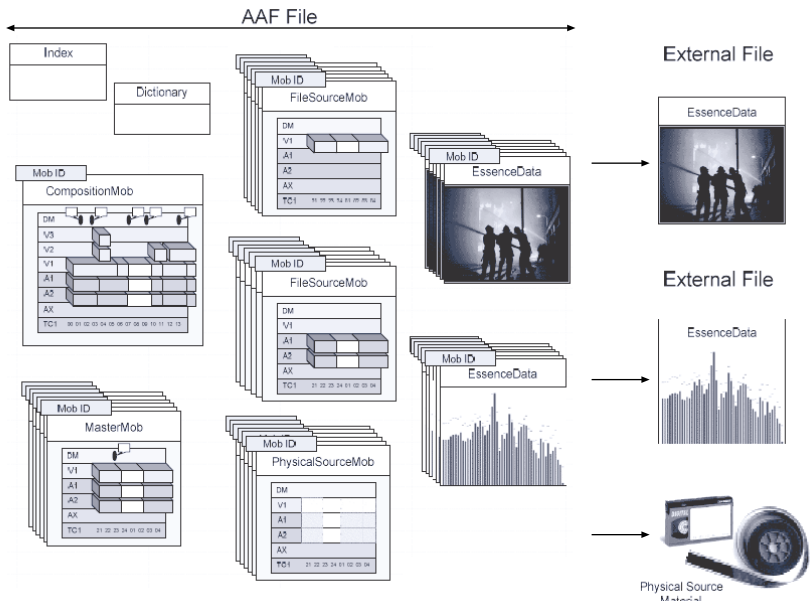
AAF es un formato de metadatos diseñado para postproducción de contenidos de audio y vídeo. Las operaciones habituales con AAF son: Edición de vídeo, composición, animación, mezcla de audio, efectos de audio y vídeo, inserción de rótulos etc.

AAF especifica:

- Protocolo de edición
- Objetos
- Formato de almacenamiento
- Contenedores de bajo nivel

Definición de Time/Data Stamp.

La siguiente figura muestra el contenido de un fichero AAF.

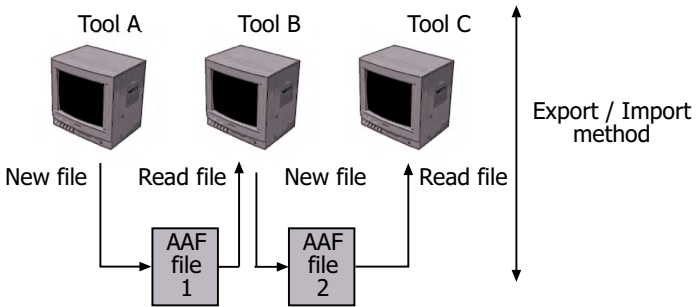


Contenido de un fichero AAF.

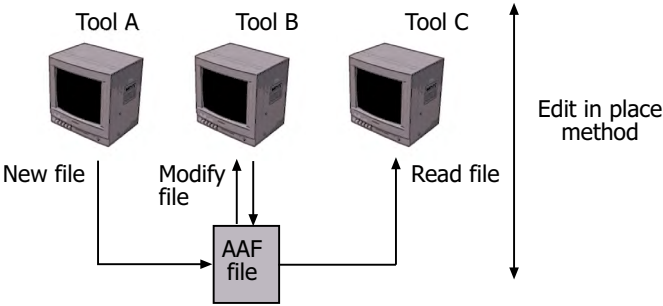
Fuente: Broadcastpapers.

• Métodos de intercambio de ficheros.

AAF permite 2 métodos de intercambio de información entre herramientas. Estos son la importación/exportación y el modelo Edit-in-place. La siguiente figura muestra los métodos:



Método de intercambio de importación / exportación.



Método de intercambio Edit-in-place.

• Importación/Exportación:

Con el método de exportación/importación, la herramienta A crea un nuevo fichero AAF, que se leerá en la herramienta B. La herramienta B crea otro nuevo fichero que se leerá en la herramienta C. La transferencia de cualquier dato desde la herramienta A hasta la C depende de la importación de la herramienta B y su posterior reexportación. Si la herramienta B tiene un tipo de autorización diferente a las otras herramientas, entonces esta transferencia puede que no sea fiable. El método de importación/exportación es apropiado para intercambios simples entre dos herramientas pero se trata de un método limitado para el intercambio de datos entre múltiples herramientas.

• Edit-in-Place:

En el método Edit-in-Place la herramienta A crea un nuevo fichero AAF, el cual es modificado por la herramienta B antes de ser leído por la herramienta C. Ningún dato enviado por la herramienta A hacia la herramienta C puede ser ignorado por la herramienta B. El método Edit-in-Place permite que los datos pasen a través de los diferentes tipos de herramientas de autor sin ser necesario leer y escribir las estructuras de datos externas al ámbito de la aplicación.

Las referencias a objetos son parte de los metadatos que enlazan los metadatos con la esencia. Son elementos de gran importancia en los metadatos. Existen muchos formatos de identificadores en el entorno audiovisual. AAF asigna un identificador único para la esencia de los metadatos, usando UMID.

El fichero AAF está definido por tres especificaciones organizadas en capas. La siguiente tabla muestra cada una de las capas existentes:

ESPECIFICACIÓN AAF	FUNCIONALIDAD
AAF OBJECT SPECIFICATION	DEFINE UNA ESTRUCTURA DE DATOS QUE PUEDA SER INTERCAMBIADA POR AAF EN LOS TÉRMINOS CORRESPONDIENTES DEL DOMINIO DE AUTOR. LAS ESTRUCTURAS DE DATOS SE DEFINEN POR UN MODELO DE CLASES.
AAF STORED FORMAT SPECIFICATION	DEFINE UN MAPPING DE OBJETOS EN UN CONTENEDOR DE BAJO NIVEL
AAF LOW-LEVEL CONTAINER SPECIFICATION	DEFINE UN MAPPING DE OBJETOS EN UN FICHERO DE BAJO NIVEL

2.2.3.2 MXF

MXF (Material eXchange Format) es un formato de ficheros estandarizado en toda su extensión por el SMPTE y la EBU, diseñado para el intercambio de contenidos multimedia entre servidores o archivos digitales.

Los metadatos contienen información de la estructura del fichero y definen las prestaciones relevantes en broadcast, subtítulos, teletexto, localización, fecha, tiempo, versión etc. Se trata de un estándar abierto e independiente del formato de compresión. Está integrado con otros estándares como MPEG, SDI, SDTI, AAF, DV, etc.

Básicamente es un formato de fichero versátil, que permite el almacenamiento de compilaciones, streaming, empaquetado de la información de sincronización, en forma comprimida y descomprimida, e inclusión de información de niveles más altos para edición.

En el capítulo de Almacenamiento y Archivo se profundizará en el formato MXF. La siguiente tabla muestra la comparación entre AAF Y MXF.

AAF	MXF
DISEÑADO PARA INTERCAMBIO AUTORIZADO	DISEÑADO PARA ALMACENAMIENTO, INTERCAMBIO BROADCAST
PERMITE REFERENCIAS EXTERNAS	NO PERMITE REFERENCIAS EXTERNAS
CAPACIDAD DE PROCESADO DOWNSTREAM	SIN CAPACIDAD DE PROCESADO DOWNSTREAM
PUEDEN INCLUIR PROGRAMAS COMPLETOS Y/O CLIPS PARCIALES	HABITUALMENTE CONTIENE UNA SECUENCIA DE MATERIAL COMPLETO

2.2.4 Tecnologías de transferencias de ficheros

Una de las tecnologías más extendidas en la transferencia de ficheros multimedia es el streaming. El streaming permite monitorizar el audio y vídeo de un fichero de forma directa, sin la necesidad de una descarga previa. La información se descarga en un buffer para poder visionar o escuchar el contenido. Por ejemplo, para reproducir contenido multimedia en Internet era necesario una descarga del fichero en un disco duro local lo que suponía un tiempo de espera elevado. Sin embargo gracias a la tecnología streaming es posible la visualización de forma casi instantánea. Los protocolos de streaming más utilizados son UDP y RTP.

El protocolo TCP:

El Transport Control Protocol (TCP) es un protocolo de transmisión, orientado a conexión, que proporciona gran fiabilidad a los servicios de comunicación de datos.

TCP está orientado a conexión, ya que necesita una conexión establecida entre el emisor y el receptor de dicha información antes del inicio de la transmisión. Tanto el emisor como el receptor no podrán iniciar la conexión a no ser que se envíen mensajes de aceptación mutuamente. El estándar TCP ha definido una secuencia de confirmación para el proceso de aceptación.

El protocolo TCP tiene la capacidad de gestionar los errores de transmisión, en especial los paquetes perdidos, ya que hace un seguimiento de cada byte de información que fluye a través de la conexión, mediante el uso del campo sequence identifier, que identifica el número de secuencia en el primer byte de cada paquete.

Si un paquete se pierde, el sequence identifier del siguiente paquete no será válido en el receptor, respecto a los bytes recibidos anteriormente. Mediante un sistema de etiquetas de control y un campo en la cabecera TCP el receptor informa al emisor que se ha perdido información y se debe transmitir de nuevo. Mediante este sistema se asegura que el receptor recibe todos los bytes que transmite el emisor.

Desafortunadamente el sistema de control que tiene TCP puede interferir en la transmisión de vídeo ya que es crucial que la información llegue en un instante determinado, y un sistema que vuelva a transmitir paquetes perdidos puede afectar de la siguiente forma:

Si un paquete llega demasiado tarde para su reproducción puede bloquear al receptor mientras se examina y se descarta. Además TCP dispone de un mecanismo que reduce automáticamente la velocidad de transmisión, lo que supone que se puede dar la situación que la velocidad de transmisión sea inferior a la velocidad mínima necesaria para el flujo de vídeo y audio, lo que ocasionaría graves problemas en la transmisión de vídeo en tiempo real.

Cuando se retransmiten los paquetes, éstos pueden ocupar un ancho de banda de red necesario para enviar información nueva.

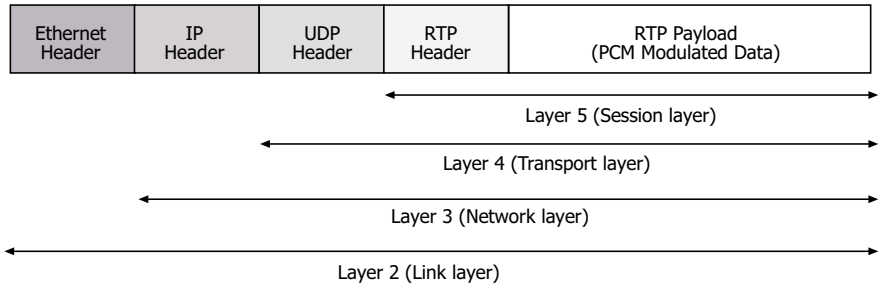
— **El protocolo UDP:**

UDP es un protocolo de transporte no orientado a conexión utilizado en streaming, que permite el transporte de información de vídeo y audio a gran velocidad, aunque también se utiliza para el transporte de datos.

UDP no está orientado a conexión, lo que supone que no dispone de mecanismos para el control de la conexión entre un emisor y un receptor. El emisor se encarga básicamente de enviar los datagramas con una dirección IP y un puerto, lo que significa que no existe coordinación entre el emisor de la información UDP y el receptor de dicha información.

— **Protocolo RTP:**

Se trata de un protocolo especialmente diseñado para aplicaciones multimedia de tiempo real. Utiliza UDP como mecanismo de transporte de paquetes y añade una cabecera a cada paquete. Como se sabe, para este tipo de aplicaciones es indispensable la entrega del contenido a tiempo y en la que se permite ligeras pérdida de paquetes.



RTP soporta unicast y multicast y está diseñado para proporcionar una serie de funcionalidades útiles para el transporte de vídeo y audio en tiempo real, en la que los errores ocasionales de paquetes perdidos no se retransmiten automáticamente. Además RTP no intenta controlar la velocidad binaria del emisor, ya que no dispone de funcionalidades de reducción de velocidad binaria de transmisión, tal y como sucedía con el protocolo TCP.

A continuación se detallan las ventajas que ofrece RTP:

- Soporta diferentes formatos de vídeo y audio estándar.
- Permite la sincronización entre diferentes tipos de medios como audio y vídeo, ya que dispone de información temporal que sincronizan los diferentes streams de audio y vídeo.
- Ofrece información de calidad de recepción a los emisores.
- Muestra información de los participantes en la sesión RTP, aprovechando la identificación de cada receptor que realiza de forma periódica.
- Soporta múltiples velocidades binarias, lo que permite a los receptores descodificar determinadas partes del programa total.

En general RTP añade funcionalidades a UDP y su uso está extendido en IPTV.

— **RTCP:**

Es un protocolo de control que se emplea de forma conjunta con RTP, proporcionando información de control asociada con un flujo de datos para una aplicación multimedia.

Características:

- Trabaja de forma conjunta con RTP en el transporte y empaquetado de datos multimedia, pero no transporta ningún dato por sí mismo.

- Se encapsula sobre UDP.
- Se emplea para monitorizar la calidad de servicio.

La función principal de RTCP es informar de la calidad de servicio proporcionada por RTP. Este protocolo recoge estadísticas de la conexión y también información como por ejemplo bytes enviados, paquetes enviados, paquetes perdidos o jitter entre otros. Una aplicación puede usar esta información para incrementar la calidad de servicio (QoS), ya sea limitando el flujo o usando un códec de compresión más baja.

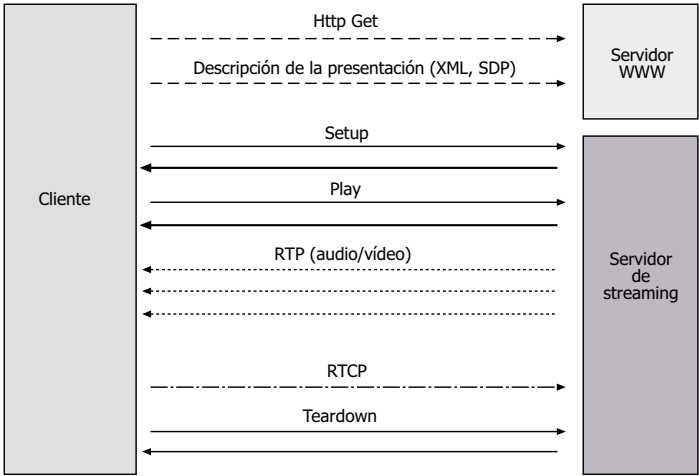
RTSP:
El protocolo de transmisión en tiempo real (RTSP) tiene como misión entregar contenidos como secuencia unicast. Se creó específicamente para controlar la entrega de datos en tiempo real, como por ejemplo contenido de audio y vídeo. Se implementa a través de un protocolo de transporte orientado a la corrección. RTSP es un protocolo de control que funciona conjuntamente con el Protocolo en Tiempo Real (RTP) de entrega de datos para proporcionar contenido a los clientes.

- Características:
- Permite cualquier descripción de sesión.
 - Controla pistas de audio y presentaciones de vídeo.
 - Permite la edición digital remota del contenido.

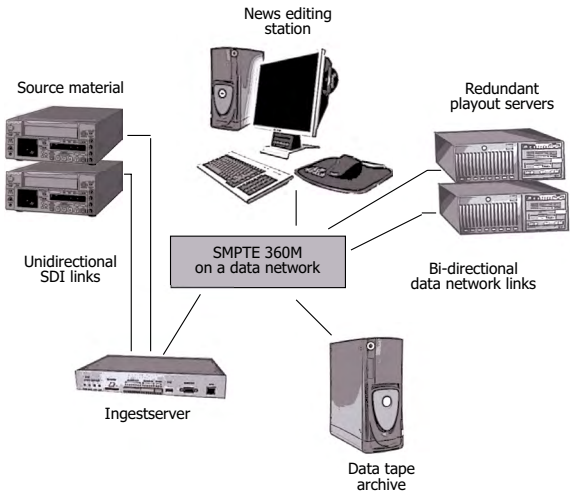
Su funcionamiento se basa en mensajes de texto. Los mensajes principales de solicitud que se pueden mandar pueden ser del tipo:

- SETUP: El servidor asigna recursos y establece una sesión RTSP.
- PLAY: Empieza la transmisión de datos.
- PAUSE: Detiene temporalmente la transmisión.
- TEARDOWN: Libera los recursos y termina la sesión RTSP.

La siguiente figura muestra un ejemplo de funcionamiento del RTSP:



GXF (SMPTE 360M):
General eXchange Format (GXF) fue desarrollado por Grass Valley para el transporte de vídeo comprimido sobre canales de fibra en redes LAN para almacenamiento sobre cinta. Está estandarizado como SMPTE 360M. Para la transferencia de los datos usa el protocolo FTP, garantizando un intercambio perfecto del material.



Funcionamiento del protocolo RTSP.

Protocolo GXF.

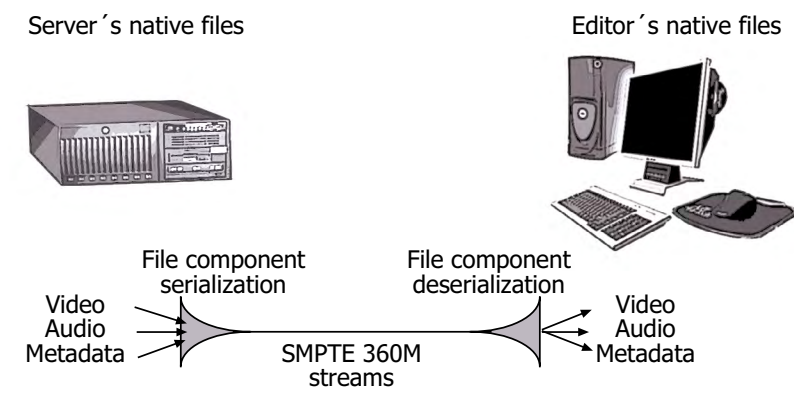
Fuente: EBU.

Permite el transporte de paquetes Elementary Stream de vídeo MPEG con GOP largo o codificación en modo Intra frame, vídeo en formato DV, audio comprimido etc. Además permite incluir información adicional como EDL (Edit Decision List). Las aplicaciones del GXF son sistemas de noticias on-air, distribución de spot, conversión stream/ficheros, etc.

Sus ventajas son:

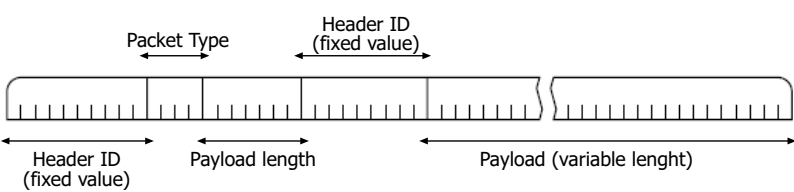
- Transferencias en tiempo real.
- Multigeneración sin pérdidas en los ciclos de compresión-descompresión.

Fue diseñado como un formato de intercambio en redes de datos de archivo. El servidor que envía el contenido monta el fichero GXF durante el proceso de transferencia. El servidor que recibe el fichero GXF lo convierte al formato de almacenamiento interno.



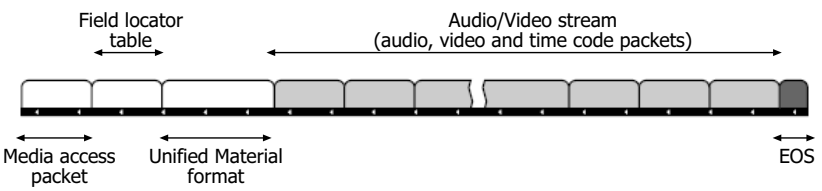
Un fichero GXF está compuesto por un conjunto de paquetes ordenados que contienen y describen el conjunto de metadatos de audio, vídeo, time code, etc. Todos los paquetes comienzan con un formato de cabecera fija, que identifica el tipo de paquete, y el tamaño de la carga con tamaño variable.

Los paquetes que contienen el vídeo, audio o time code también tienen una extensión de cabecera que contiene los metadatos identificativos de la pista y la localización del material en la pista, como se muestra en la siguiente figura.



La cabecera comenzará con 4 bytes, limitado con una ráfaga de 40 bit (los 39 primeros a cero y el siguiente a 1). Los dos últimos bits de la cabecera tendrán valores fijos.

Un fichero GXF puede contener varios streams de audio y vídeo o un stream de vídeo y varios de audio, según se haya especificado por el sistema. No es por tanto objetivo de GXF restringir el uso de las pistas, esta función corresponderá al diseñador del sistema que aplicará las recomendaciones prácticas de SMPTE.



Una necesidad básica de cualquier formato de ficheros es la sincronización de los contenidos de audio y vídeo. La sincronización de la información en ficheros GXF depende del modelo de timeline. En cada pista se establece una línea de tiempos virtual. Una pista es un conjunto ordenado de muestras grabadas de forma fija. El decodificador coloca las muestras en la línea de tiempos para realizar la reproducción de forma correcta.

3. CONMUTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

3.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

3.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

3.1.1 ARQUITECTURA DEL CONTROL CENTRAL

3.1.2 TECNOLOGÍAS DE CONMUTACIÓN DE VÍDEO

3.1.3 CONTROL DE CALIDAD

3. CONMUTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

3.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En cualquier centro audiovisual, y preferentemente en las televisiones, uno de los puntos más importantes (y vistosos por qué no decirlo) es el Control Central, donde se realizan las labores de vigilancia y conmutación de todas las señales.

Este hecho que parece simple, es complicado y fundamental pues en el control central se realiza la visualización (a nivel de señal técnica, con histogramas, visualizado de líneas, medidas de color, y a nivel de visualización en pantalla), es decir se confirma que todas las señales son correctas, tienen las componentes y medidas que deben tener, y además conservan en un entorno de valores admisible los parámetros cruciales de la misma.

Por otra parte, el encaminamiento de las señales desde los diferentes estudios, hacia las continuidades correspondientes se realiza mediante avanzadas matrices de conmutación, normalmente automatizadas, en las que se programan según el momento los enrutamientos necesarios.

¿Qué ha variado en los últimos años en un Control Central? Pues no han variado las labores realizadas, pero sí cómo realizarlas, es decir actualmente los monitores de forma de onda y vectorscopio pueden ser principalmente SW, las matrices son más eficaces y con sincronización interna, la automatización es total, e incluso la visualización de las imágenes en pantalla es más elegante con sistemas de paneles continuos y no con X monitores como era hasta ahora el caso.

Este proceso ha introducido novedades en los recursos humanos dedicados a estas labores, dado que ahora la automatización ha permitido

que una sola persona realice todo el control, e incluso sea en ocasiones un mero espectador, frente a las 2 a 3 personas que en años atrás tenían que estar dedicados al control de las señales y matriz. Realmente ha llevado una vida paralela a la del Control de Continuidad, que se ha convertido igualmente en una tarea 80% automática.

3.2 TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

El control central es el núcleo de un Centro de Producción Audiovisual. Permite realizar la compartición de recursos limitados del Centro de Producción Audiovisual, de elevado coste por lo general, como son los conversores de normas y formatos, los procesadores, y todo los elementos involucrados en la comunicación del centro de producción con el exterior para el intercambio de material audiovisual.

La funciones principales del Control Central:

- Encaminamiento de todas las señales de audio y vídeo existentes hacia las diferentes áreas del Centro de Producción Audiovisual.
- Genera el plano de sincronización de todos los recursos técnicos disponibles en el centro de producción.
- El análisis y control de calidad de las señales de audio y vídeo, antes de ser emitidas.

Debido a la gran cantidad de señales de audio y vídeo existentes en los centros de producción, es necesario un reencaminamiento de éstas hacia las diferentes salas. Por tanto sería impensable que este proceso se realizara de forma manual, por lo que estas funciones se llevan a cabo con las denominadas matrices de conmutación, similares en cuanto a funcionalidad a las matrices de conmutación de las centrales de redes de datos conmutadas.

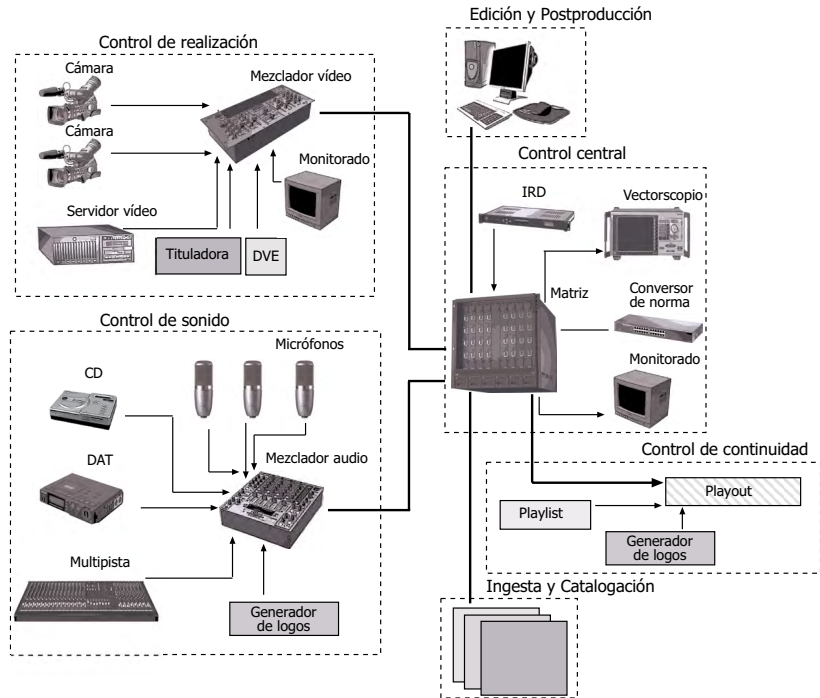
Otra función del Control Central es la de sincronizar todos los equipos existentes en el centro de Producción Audiovisual. De no ser así, cada equipo tendría su propio plano de sincronismos y no sería posible una mezcla de señales en los equipos de mezcla y efectos. Por lo tanto es indispensable que todos los equipos existentes en el Centro de Producción Audiovisual tengan un patrón común de sincronismo. Esta

señal se conoce como Black-Burst (señal analógica de vídeo compuesto que contiene un negro de luminancia). Recientemente han aparecido equipos que permiten ser sincronizados con su equivalente en digital, SDI de sincronismo. Para entornos de Alta Definición también existen los denominados sincronismos trinivel o TLS (Tri-Level Sync).

Por último, en el Control Central se supervisa la calidad del conjunto de señales que circulan por el centro de producción, con el objetivo de que se ajusten a los parámetros técnicos especificados por las diferentes normativas, de modo que asegure el funcionamiento óptimo de elementos sensibles, como pueden ser los grabadores, compresores o transmisores.

3.2.1 Arquitectura del control central

En la siguiente figura se muestra la arquitectura de un centro de producción donde se especifica el equipamiento que compone el Control Central:



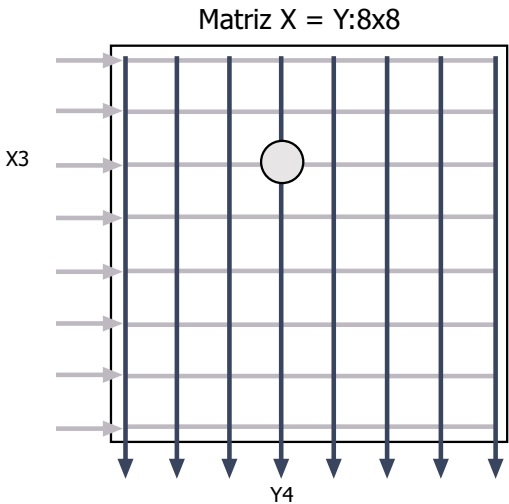
Arquitectura de un centro de producción.

Los elementos que componen el Control Central son:

- Matriz de conmutación
- Monitorado de calidad
- Procesadores y conversores de normas
- Terminales de red.

— **Matriz de Conmutación:**

Es el elemento principal del Control Central. Permite realizar la conexión entre sus “N” entradas con sus “M” salidas, que se asignarán a otras áreas del Centro de Producción audiovisual. La conmutación de señales se lleva a cabo por medio del panel denominado Control X-Y, que realiza la asignación a una determinada salida “M”, de cualquiera de las “N” posibles entradas.



A nivel operativo, el Control Central establecerá por ejemplo la conexión entre la salida de los Controles de Realización y Sonido, con el Control de Continuidad para la emisión en Directo de un programa. A su vez se le proporcionará a dicho Estudio de las señales exteriores

Matriz de conmutación.

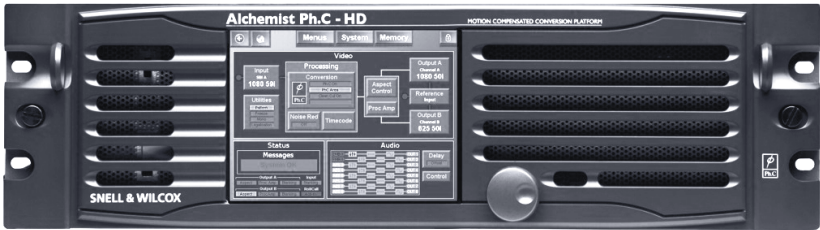
necesarias, provenientes de redes de contribución. De igual modo, el Control Central puede llevar a cabo la conexión entre el equipamiento dedicado a la Ingesta y los equipos de Edición y Post-Producción, con el objetivo de compartir ciertos materiales ingestados para su elaboración en un determinado programa.

— **Monitorado de calidad:**

El monitorado de calidad básico está formado por un Monitor Forma de Onda y un Vectorscopio, que permiten verificar la conformidad de las señales generadas por los distintos bloques, para su correcto intercambio, realizando un control de las señales y evitando los errores que se describirán más adelante en el apartado de medidas.

— **Procesadores y conversores de normas:**

Estos módulos llevan a cabo etapas de procesamiento digital tales como conversión de señales de formatos europeos de 50Hz a formatos americanos de 60Hz, así como la conversión de formato entre normas de definición estándar y de alta definición que requieren de una conversión en el número de líneas y de píxeles por línea.



Procesador.

Fuente: Snell & Wilcox.

También se incluye en este campo los ARC (Aspect Ratio Converter) que permiten acomodar contenidos de 4:3 y 16:9, así como procesadores de señal que implementan filtrados de ruido o restauradores de señal avanzados.

— **Terminales de red:**

Estos bloques incluyen los equipos receptores que permiten comunicar el centro de producción con el exterior por medio de su red

de contribución, típicamente se compone de receptores satelitales o de terminales adaptadores de fibra óptica redes de comunicaciones de alta velocidad (E3), así como los dispositivos de codificación para su transmisión por dichas redes. Estos módulos permiten configurar funcionalidades básicas como bitrate, transpondedor o el número de circuito lógico.

3.2.2 Tecnologías de conmutación de vídeo

En las matrices de conmutación existen diferentes tipos de control:

- Control X-Y: es el control total de la Matriz, con él se pueden controlar todas las entradas y todas las salidas, tanto de audio como de vídeo y en todos los niveles.
- Control Multibus: con él se controla una determinada zona de la Matriz, que previamente hayamos definido por software.
- Single Bus: es el sistema más básico, que controlaría M entradas a una sola salida, también en todos los niveles.

En cada matriz de conmutación existen diferentes señales sobre las que se puede actuar (audio, vídeo, datos, etc) al realizar un punto de cruce. Por lo tanto existirán diferentes tráficos de señales que circulan por la matriz, por ello han de definirse previamente los denominados “Niveles”.

En la actualidad, las matrices soportan los niveles de vídeo analógico, vídeo digital serie SDI, vídeo alta definición HD-SDI, audio analógico, audio digital AES-EBU, señales de datos, Intercom, etc.

La conmutación de señales de vídeo exige que todas las señales estén sincronizadas tanto a nivel de línea y campo, como a nivel horizontal de línea, con precisión próxima a la de píxel. De este modo es posible una conmutación en la que no se note ningún tipo de error o distorsión. Para ello, las matrices disponen de una entrada de sincronismo que permita realizar la conmutación en el intervalo de borrado vertical, de modo que el campo activo se muestra en su totalidad.

El SMPTE RP168 recomienda que dicha conmutación se efectúe en la línea 6 o la línea 319 del borrado vertical, y entre los 25 y 35 us después del punto de conmutación.

280 palabras		Línea 622 (y 320)
280 palabras		Línea 623
280 palabras	1440 palabras	Línea 311
280 palabras	1440 palabras	Línea 624 (y 312)
	1440 palabras	Línea 625 (y 313)
		Línea 1 (y 314)
		Línea 2 (y 315)
		Línea 3 (y 316)
EHD		Línea 4 (y 317)
		Línea 5 (y 318)
Recup. C.	565 - Clocks: -835	Línea 6 (y 319)
Opc. Audio C.		Línea 7 (y 320)
		Línea 8 (y321)
		Línea 9 (y 322)
		Línea para el Digital Vertical Interval Timecode (DVITC) Línea 10 (y 323)
		Línea 11 (y 324)
		Línea 12 a 20 (y 325 a 333)
		Línea 21 (y 334)
	1440 palabras	Línea 22 (y 335)
		Línea 23 (y 336)
		Línea 24 (y 337)

Intervalo de conmutación

Intervalo de conmutación de señales.

Para señales digitales SDI es posible realizar conmutaciones en control central mediante dos métodos: Conmutación serie de forma directa y conversión una vez deserializada la señal en formato paralelo.

— **Conmutación SDI directa:**
Para su funcionamiento óptimo, este tipo de conmutación requiere que las fuentes de señal estén sincronizadas, con la misma fase vertical y que el proceso de conmutación se realice dentro del intervalo de borrado vertical. De este modo se producen 10 bits erróneos correspondientes a la información almacenada en los registros de desplazamiento. Todo este proceso no afecta a la señal de sincronismo, y tampoco a las señales de audio y vídeo. Esta tecnología de conmutación es utilizada en matrices.

— Conversión a formato paralelo:

Otro método más sencillo de conmutación de señales SDI es en paralelo, y es el utilizado en los mezcladores de vídeo. Mediante este método se realizan conmutaciones sin errores. La gran desventaja de este método es que el coste del hardware es más elevado.

3.2.3 Control de calidad

Las medidas de calidad basadas en interfaces SDI, suponen una fuerte ruptura con los sistemas de medidas analógicos tradicionales de vídeo compuesto. Desaparecen las medidas de parámetros de distorsión como el retardo de grupo, el retardo luminancia-crominancia, la fase y ganancia diferencial, la intermodulación luminancia-crominancia, desfase de SCH o la relación S/N.

Aparecen medidas intrínsecas de los sistemas de transmisión digital como son las medidas de jitter, la apertura del diagrama de ojos, la tasa de error y la comprobación de los CRC. Pero debido a la fuerte inercia de los sistemas de medida utilizados con los sistemas de vídeo analógico, se siguen manteniendo representaciones de la señal en modo "Forma de onda" y modo "Fasorial", que son acompañadas con nuevo conjunto de métricas y análisis específicos a los entornos de vídeo en componentes como son el modo de análisis "Lightning", "Punta de flecha" y "Diamante".

Se clasifican en dos grandes grupos:

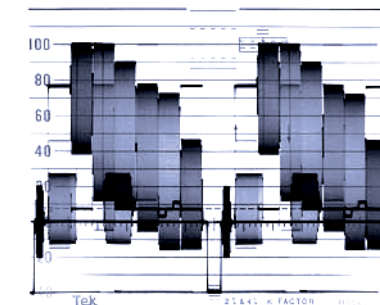
- Medidas del contenido visual: Están destinadas a la comprobación del rango de colores, y de las diferencias de ganancia y retardo inter-componentes. Incluye los siguientes modos "Forma de onda", "Vectorscopio", "Lightning", "Punta de flecha" y "Diamante".
- Medidas de los parámetros de transmisión: Evalúan la calidad del enlace digital por medio de parámetros como la tasa de errores, la apertura del diagrama de ojos y el análisis de los paquetes de EDH (Error Detection and Handling).

3.2.3.1 Medidas de contenido visual

La migración a la tecnología digital en los Centros de Producción Audiovisual, ha exigido un cambio a la hora de realizar medidas de calidad. Actualmente, se ha pasado a enviar mediante los interfaces digitales, un stream de bits representados eléctricamente mediante dos niveles de tensión.

— Monitor Forma de Onda:

Al igual que en los entornos de vídeo compuesto, el módulo de Forma de Onda es el encargado de verificar los niveles nominales de cada una de las tres componentes que conforman la señal de vídeo, ofreciendo una representación amplitud-tiempo de las componentes de la señal de vídeo. También muestra la diferencia temporal entre una señal y el plano de referencia (Black-burst) con el objetivo de conocer la sincronización de la señal con precisión.



Monitor Forma de Onda.

Fuente: Tektronix.

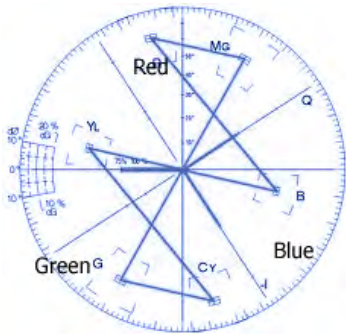
— Vectorscopio:

El Vectorscopio analiza la colorimetría de la señal de modo fasorial con el objetivo de evaluar posibles errores de tono y saturación.

Este equipo realiza una representación X-Y de las señales diferencia de color, B-Y y R-Y. Como señal de prueba se debe utilizar con las Barras de Color al 75% o al 100%. En este display pueden evaluarse, la fase relativa y la saturación del vector de crominancia, de forma similar a como se realiza con la señal compuesta.

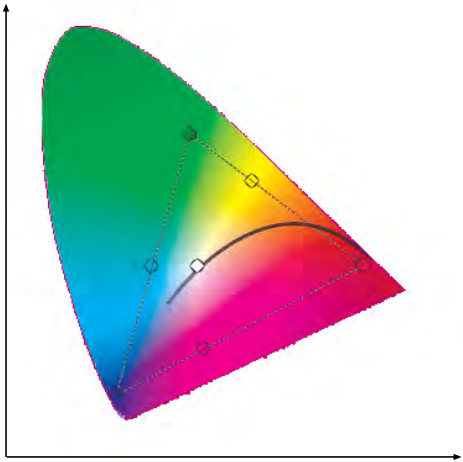
Sus características son:

- Ofrece una representación fasorial del equivalente analógico del vector de crominancia.
- Permite medir la saturación de la señal, así como su tono o color, por medio de la fase relativa de la señal. No aporta información espacial de la medida.
- Para su representación realiza una conversión de componentes Y, Cb, Cr a los vectores U, V.
- Es sustituido en cierta medida por el modo "Lightning".



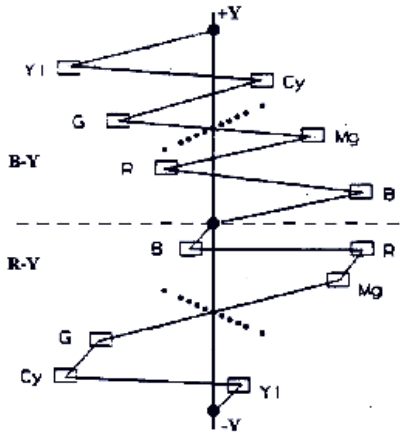
Vectorscopio.
Fuente: Ocwus.

El monitor Forma de Onda y el Vectorscopio, no aportan información de las diferencias temporales inter-componentes, ni de la posible violación colorimétrica, provocando colores ilegales. Por ello existe otro modo de análisis en los entornos digitales denominado análisis de errores de Gamut, que evalúa otros aspectos de la señal como son la generación de valores de RGB no válidos, que pueden aparecer en la conversión final de espacio de color que implementan las pantallas de visualización.



Analizador de Gamut.

Medida Lightning:
Lightning es una medida que se realiza sobre las señales R-Y y B-Y en la que se determina la existencia de retados y ganancia diferencial entre las componentes R-Y y B-Y. Estas distorsiones se traducen como un cambio en el tono o color de la imagen, por lo que es especialmente relevante su control en los puntos de edición, captura y postproducción.



Medida Lightning.

- Permite medir la ganancia y retardo diferencias entre los pares de componentes Y-Cb, Y-Cr.
- La desviación de cada punto con la retícula con su color aporta información de la diferencia de ganancias de cada componente.
- El cruce del haz con el eje vertical informa del retardo de cada componente.

La carátula "lightning" se muestra en la anterior figura. Las cajas indican la posición de cada uno de los colores de las barras de color. Los puntos equiespaciados situados en la confluencia de los flancos verde a magenta con la luminancia de cada una de las señales diferencia de color, indican un retardo de 40ns entre cada punto.

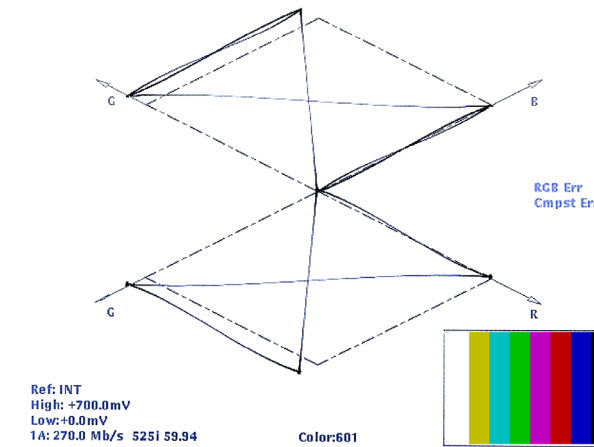
Medida Diamond:

Este tipo de medidas se realiza para prevenir los colores ilegales en el espacio RGB, denominado "Color Gamut". Debe ser utilizada en entornos de generación de gráficos computerizados y de ajustes de cámaras. Permite un ajuste muy preciso del balance de negros realizados en los controles de cámaras.

Básicamente indica la correspondencia existente entre las señales R, G, B. El analizador convierte las señales en componentes Y, B-Y y R-Y, de la trama SDI a las señales R, G y B, para formar el display tipo diamante del siguiente modo:

- Eje vertical: B+G en el diamante superior, R+G inferior.
- Eje horizontal: B-G en el diamante superior, R-G inferior.
- Las áreas que superan los límites del diamante generan colores ilegales cuyo efecto visual no es previsible.
- Permite la localización espacial de los errores marcándolos en modo OSD sobre la pantalla del analizador.

- No es necesario ningún tipo de señal especial para realizar la prueba, pudiéndose utilizar con el canal en servicio.



Los valores de las componentes de vídeo R, G y B estarán entre 0 mV (valor de negro) y 700 mV (pico de blanco), de este modo las señales tienen un rango de color válido, cuyos vectores permanecerán en el interior de los diamantes. Si un vector sobresale de un diamante, significará que dispone de colores no válidos y la dirección del vector mostrará qué señal o señales disponen de un valor en exceso. En el display las señales monocromas se mostrarán en vertical y los errores de color verde afectan a los dos diamantes.

Medida Arrowhead:

La medida de Arrowhead muestra una representación de las señales R-Y B-Y moduladas y la señal Y, de este modo es posible saber se obtendrán unos valores adecuados en el caso de una modulación PAL.

Es posible pensar que la señal de vídeo compuesto no sea una señal adecuada para los centros de producción audiovisual, pero en gran parte de ellos, la señal de televisión se convierte a una señal de vídeo compuesto para transmitirla utilizando los diferentes métodos de propagación analógicos. En el caso de que la difusión se realice utilizando redes digitales, la mayoría de los receptores digitales uti-

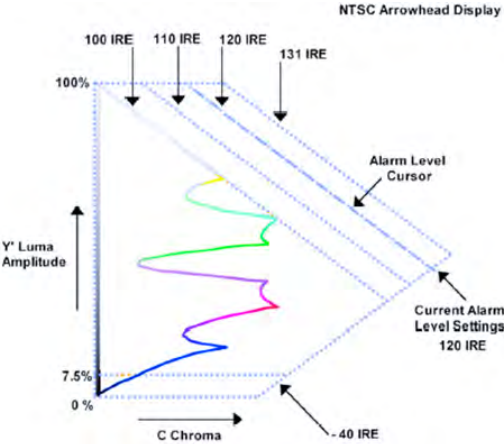
Medida
Diamond.

lizados por los usuarios, (DVB-T, DVB-S etc) realizan la conversión a señales de vídeo compuesto. También hay que añadir que gran parte de las contribuciones que se realizan entre estudios utilizan señales de vídeo compuesto.

El método de representación de punta de flecha asegura que una señal de vídeo en componentes tendrá valores adecuados después del proceso de codificación PAL o NTSC.

Es el equivalente al modo diamante para la señal de vídeo compuesta.

- Eje Vertical: Y
- Eje Horizontal: módulo del vector crominancia.
- Debe ser verificado si en algún momento de la cadena de producción se transcodifica la señal SDI a vídeo compuesto.



Medida Arrowhead.

3.2.3.2 Medidas de Parámetros de Transmisión

Diagrama de ojos:

Una de las medidas más importantes de la señal digital es el "diagrama de ojo". Esta medida se realiza en un monitor forma de onda, de manera que en el eje de abscisas se representa el tiempo y en el eje de ordenadas se representa el valor eléctrico de la señal eléctrica SDI.

El diagrama de ojos es consecuencia de las diferentes transiciones de la señal digital. En el centro de cada ojo es donde el receptor mirará si la señal es un valor alto o bajo para asignarle un bit (0 o 1). El interfaz digital serie no incluye redundancia para la protección contra errores con lo que se necesita en recepción un ojo relativamente despejado. Es decir, que la tasa de error sea muy baja. En la figura de diagrama de ojo se puede ver la amplitud, que determina la máxima distancia de transmisión y el jitter (inestabilidad en el reloj de transmisión).

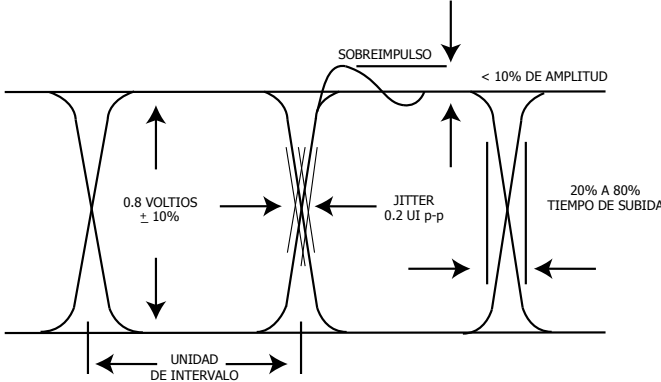


Diagrama de Ojo.

Un error se define como cualquier cambio que altere el valor de un dato entre el transmisor y el receptor. Se puede medir mediante el BER (Bit Error Rate). Es la relación entre la frecuencia con la que se producen bits erróneos y la tasa total de bits.

Medida de Jitter:

Se trata de una medida automática basada en la SMPTE RP 184 que convierte la modulación de fase debida a la inestabilidad temporal en un valor DC, en función del tiempo. Se realizan medidas sobre

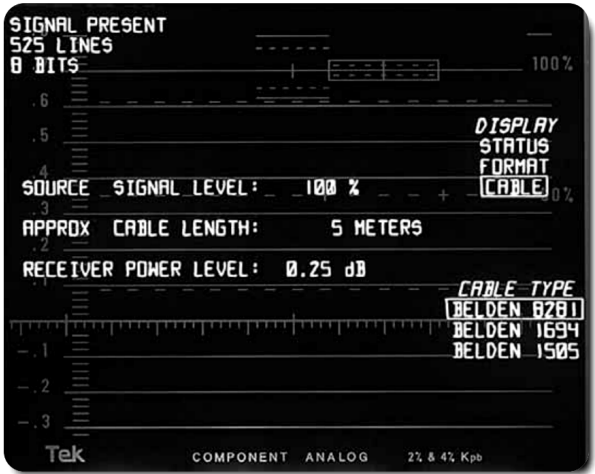
distintos filtros HPF para determinar el tipo inestabilidad. Para SD se define:

$$\text{Jitter} < 0.2 \text{ UI (UI = 3.7ns)}$$

— **Medidas de tasa de error:**

Esta medida automática está basada en la SMPTE RP 165, conocida como EDH (Error Detection and Handling).

La señal SDI puede incluir un paquete de datos auxiliares sobre las líneas 5 y 318, que permite detectar si se ha producido algún error que altere el contenido de los píxel en su transmisión. Es muy útil para evaluar si se produce algún error en la línea de transmisión que a diferencia de otros entornos, en los enlaces de vídeo debe presentar cero errores, en una ventana de tiempo de observación suficientemente larga (varias horas).



Medida de Tasa de Error.

Fuente: Tektronix.

El EDH incluye un CRC del campo completo y del campo activo. También se incluyen una serie de flags de control de errores que se envían con los demás datos a través de canal de transmisión.

3.2.3.3 Medidas de Audio

En Control Central además de las señales de vídeo se manipulan y conmutan las señales de audio, con el objetivo de garantizar unos determinados márgenes de calidad, evitando de este modo que las señales de audio provoquen algún tipo de distorsión percibida en el final de la cadena por los usuarios.

En Control Central, se realizan medidas de nivel de las señales de audio que son necesarias para visualizar el clipping sobre las grabaciones, las líneas de transmisión o señales procesadas. Al mismo tiempo los medidores de nivel indican el rango dinámico entre el ruido de fondo y el nivel de clipping. El nivel se mide en dBFS (decibels relative to full scale). También se realizan medidas de pico usando dBFS en modo escalado para niveles de pico (PPM). El margen superior asignado corresponde con 0 dBFS (decibels full scale). Se trata de una abreviatura para los niveles de amplitud de decibelios en sistemas digitales.

o Equipamiento de medida de audio

El equipamiento de medida de audio utilizando en control central está formado por el Vúmetro, Picómetro y Medidas de Loudness.

— **Vúmetro:**

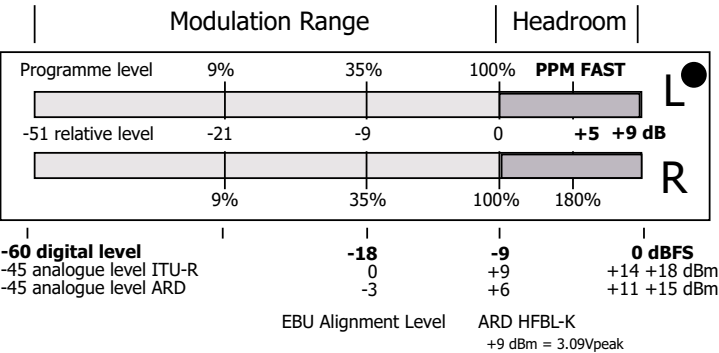
Es un medidor que muestra información del nivel de presión sonora que se obtiene en el sistema. Es muy lento, ya que realiza un promediado de corta duración entre los niveles máximo y mínimo de las señales de audio.

— **Picómetro (Peak Programme Meter):**

El PPM es un medidor mucho más rápido que el Vúmetro. Tiene la capacidad de detectar picos instantáneos en la señal que el Vúmetro no puede detectar, y que podrían producir distorsiones en la señal de audio.

Las señales de audio que provienen de diferentes fuentes suelen tener cambios drásticos en los niveles de audio, que resultaban muy molestos en la conmutación de una fuente a otra, afectando a los niveles de pico y a los niveles medios de sonoridad o Loudness. Este problema lo han sufrido diferentes usuarios de la cadena de transmi-

sión-recepción (producción, emisión, recepción). Por ejemplo en los cambios existentes en la publicidad y los programas. Anteriormente se utilizaban indicadores de nivel y Vúmetros, pero estos equipos no indicaban los cambios de Loudness (sonoridad).

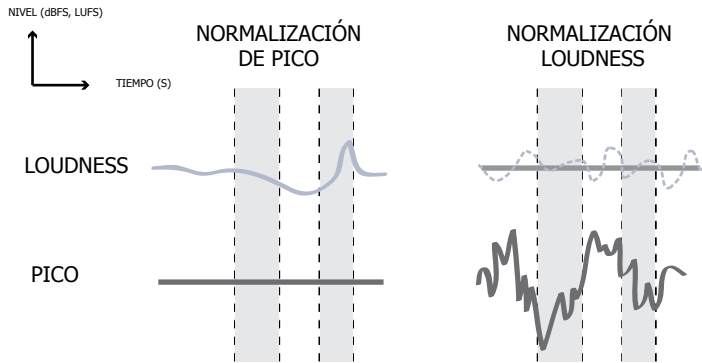


Medidor de picos.

Fuente: IRT

Sonoridad:

Un problema común en la actualidad son los diferentes niveles de audio percibidos al cambiar entre los diferentes servicios de Tv Digital, radio, cambios de programa o cambios a publicidad. Todo ello produce una gran molestia a los espectadores, que reclaman una normalización de los niveles percibidos en vez de ejecutar una normalización de los niveles de pico, resultando una normalización global de los niveles de audio percibidos de forma general.

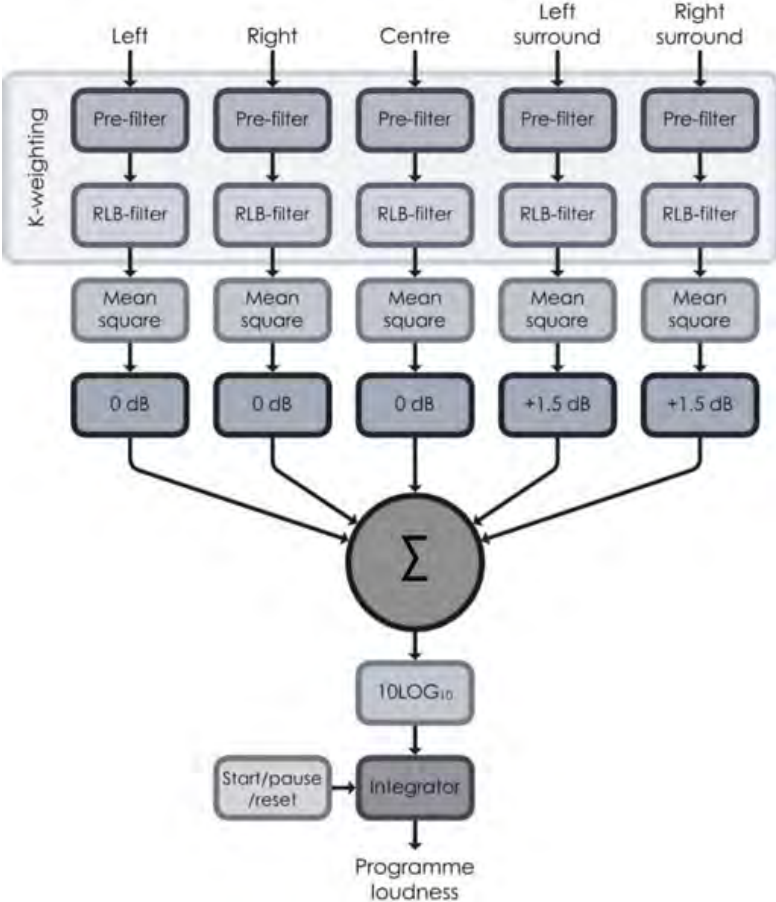


Normalización de pico y normalización de Loudness.

Los medidores de audio existentes están basados en PPMs, que tienen un tiempo de ataque alrededor de 10ms, lo que propicia que los picos de la señal de audio cuya duración sea inferior a ésta no se medirán adecuadamente, por lo que se estableció un determinado margen de seguridad de -9 dBFS, para evitar los efectos de estos picos de la señal de audio.

Estándares ITU-R BS.1770 y EBU R-128

Para solucionar este problema apareció el estándar ITU-R BS.1770 que publicó el algoritmo para medida de la sonoridad y los picos de la señal de audio. La siguiente figura muestra el procesamiento según la ITU-R BS.1770 en un sistema multicanal.

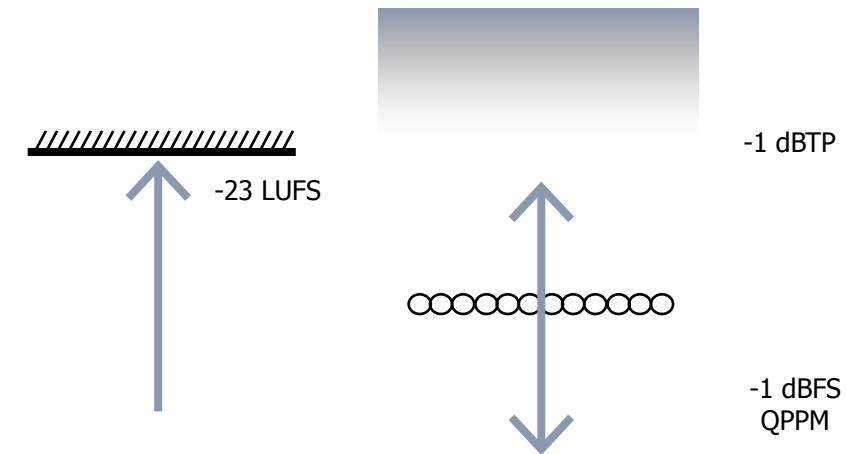


Procesado de canal y suma según la ITU-R BS.1770.

Fuente EBU

El organismo de normalización EBU ha publicado la recomendación R-128 para la normalización de la sonoridad en entornos de radiodifusión, que establece las premisas para medir los niveles de sonoridad en los diferentes programas, abarcando toda la cadena de transmisión-recepción. Como medida de sonoridad se utiliza el LU (Loudness Unit), LUFS (Loudness Unit Full Scale) que equivale a LKFS (Loudness, K-weighted, relative to Full Scale). Este organismo acordó normalizar a un nivel de sonoridad de -23 dBFS con una desviación ± 1 LU, incluyendo los descriptores Programme Loudness, Loudness Range y Maximum True Peak Level.

- Programme Loudness: Este descriptor indica de forma integrada, la sonoridad durante la duración de programa, incluyendo las pausas publicitarias. Básicamente muestra un valor numérico en LUFS que indica un promediado de la sonoridad del programa realizada con un medidor ITU-R BS. 1770 con funcionalidad gating que detiene la medida de sonoridad cuando la señal está debajo de un determinado umbral.
- Loudness Range (LRA): Este descriptor muestra la variación de los valores de sonoridad durante un programa determinado sin contar el comienzo y fin del mismo. La recomendación EBU R-128 no especifica el valor del rango máximo de sonoridad, pero aconseja su uso para poder realizar una corrección de los niveles de un modo adecuado.
- Maximum True Peak Level: Este descriptor indica el valor de pico máximo verdadero de una señal de audio. El valor máximo que recomienda EBU es -1 dBTP para un picómetro con sobre muestreo según la norma BS-1770.



Los profesionales de audio están modificando sus métodos de normalización de pico por una normalización de sonoridad, que implica un primer paso de normalización usando vúmetros y picómetros para posteriormente usar realizar un ajuste con la ayuda de un medidor de sonoridad, o trabajar directamente con una normalización de sonoridad, que en cuyo caso no precisaría de ningún tipo de ajuste. Un gran número de fabricantes están diseñando su equipamiento según el documento 3341 de la recomendación EBU, con los siguientes modos:

- Momentary Loudness: Se realiza sobre un tiempo de medida de 400ms.
- Short-term Loudness: Se realiza sobre un tiempo de medida de 3s.
- Integrated Loudness: Se realiza sobre un tiempo indeterminado, donde el operador indicará el comienzo y fin de la misma con las funciones Start y Stop.

Por tanto, la modificación del equipamiento de medida de audio tradicional formado por vúmetros y PPMs a medidores de sonoridad, mejora notablemente los resultados de la mezcla global de audio, ya que este proceso realiza la medida de forma similar a la que ejecuta el oído humano.

4. INTERFACES

4.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

4.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

4.2.1 INTERFACES DE VÍDEO ANALÓGICO

4.2.2 INTERFACES DE VÍDEO DIGITAL

4.2.3 INTERFACES PARA VÍDEO COMPRIMIDO

4.2.4 IT (INFORMATION TECHNOLOGIES)

4. INTERFACES

4.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En todo sistema, no hay posibilidad de intercambio de información efectiva si no existen unos estándares que se deban seguir.

En este módulo se analizan los estándares de interfaz entre sistemas relacionados con el Audiovisual, que sin ser todos los posibles, si que son los más utilizados y en los que se basa la información de una señal de vídeo y audio.

La llegada de la digitalización no cambió realmente el concepto y estructura de una señal de vídeo, ya sea en vídeo compuesto, componentes, u otros formatos, porque el proceso de digitalización realizado descompone la señal analógica en el proceso de cuantificación para tener muestras transmisibles en un entorno ya digital, y es ahí donde entran los interfaces digitales SDI, IEEE1394 y otros.

Hay dos datos clave al hablar de interfaces y no son otros que su lenta evolución dificultada por la difícil implantación en el mercado, así como el coste de los mismos.

La evolución de las interfaces lleva un lento paso dado que la estandarización de los mismos es crucial para poder ser comercialmente admitidos, solo fijémonos al pensar en este tema, como sustituir todos los interfaces ASI que existen a nivel mundial por otros más baratos y efectivos, es algo que no se puede hacer de la noche a la mañana, por lo que toda implantación de un nuevo estándar en este tema lleva su largo proceso, incluyendo el de su definición.

Por otra parte tenemos el tema del coste de los interfaces, donde los precios de conectores por ejemplo son altos habitualmente (SDI, ASI, ...) y nicho en donde la transmisión IP ha entrado con fuerza por precio y prestaciones incluso. Por este motivo entre algunos otros, las comunicaciones IP se van introduciendo con fuerza, a pesar de no haber sido definidas en un principio para aportar valor al mundo audiovisual.

4.2 TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

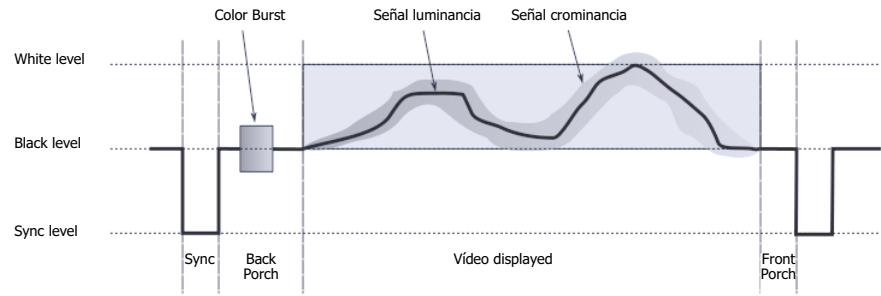
4.2.1 Interfaces de vídeo analógico

4.2.1.1 Vídeo Compuesto

La señal de vídeo compuesto es el interfaz que permite la interconexión de dispositivos que soportan los formatos PAL y NTSC. Está formada por toda la información a transmitir de la imagen, es decir la luminancia y la crominancia de cada una de las líneas activas, junto con todos los impulsos de borrado y sincronismo.

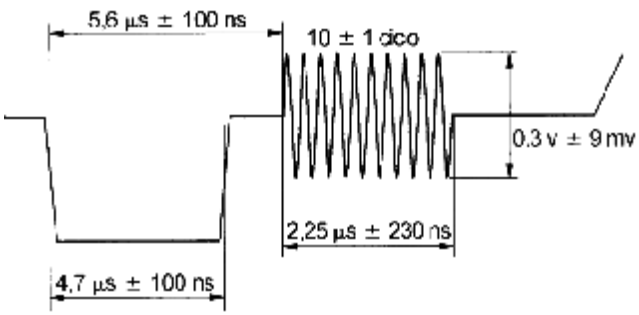
La señal de crominancia, como ya se ha descrito, consta de una señal portadora (la subportadora de color) modulada por las señales diferencia de color, que es sumada directamente a la señal de luminancia, formando una señal denominada vídeo compuesto.

Como se puede apreciar en la siguiente gráfica, la señal de vídeo compuesto esta formada por una zona de borrado horizontal, y una porción de vídeo activo, donde se suman linealmente la señal de luminancia y crominancia.



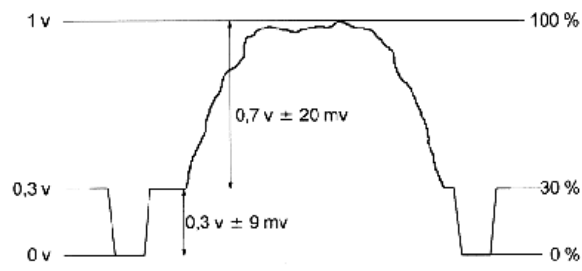
Señal de Vídeo Compuesto.

La señal de sincronismo debe tener una amplitud constante de -0.3v, con respecto al nivel de negros de la señal de luminancia. Detrás de este sincronismo, en el denominado pórto posterior, se sitúa la salva de burst, que contiene 10 ciclos de la portadora de color que permite demodular de modo coherente la información de color. Esta señal de Burst debe tener igualmente 0.3v de amplitud, pero en este caso balanceados sobre el nivel de negros, como se aprecia en la gráfica.



Aspecto de la señal de Burst.

La señal de luminancia está normalizada de tal modo que el nivel de blancos nunca debe superar los 0.7v, y el nivel de negros se corresponda con el nivel de 0v, como se aprecia en la siguiente figura.

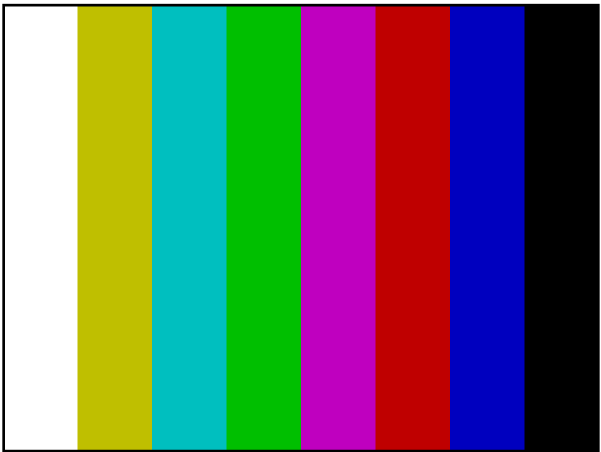


Normalización de la señal de vídeo.

Con el objetivo de analizar el comportamiento de los interfaces de vídeo compuesto, se han definido una serie de señales Test, que permiten comprobar la respuesta de los canales de transmisión. Las

señales más utilizadas son las denominadas “Barras de color”, que difieren ligeramente en función del organismo de estandarización.

Por lo general, esta señal está formada por seis barras verticales con los colores primarios y sus complementarios más el blanco y el negro, situados por orden decreciente de luminancia. En la parte izquierda se encuentra la barra de Blanco, por ser la de mayor luminancia, a continuación el Amarillo, después el Cian, luego el Verde, el Magenta, el Rojo, el Azul, y por último el Negro.



Señal de barras de color.

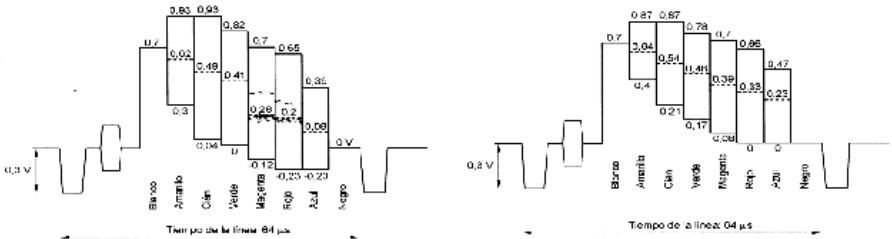
Para identificar cualquier carta de barras de color, el ITU en su recomendación BT.471 ha establecido una nomenclatura con cuatro valores numéricos que las identifica.

- La primera cifra indica la amplitud de la barra blanca. Generalmente esta barra suele estar al 100%, es decir 0,7 voltios.
- La segunda cifra muestra la amplitud de la barra negra (que no tiene por qué ser completamente negro, sino que puede ser un nivel de gris).
- La tercera cifra indica la amplitud de las barras de color. Es decir, la amplitud de la señal de crominancia insertada sobre la señal de luminancia correspondiente. Se reduce a veces la amplitud

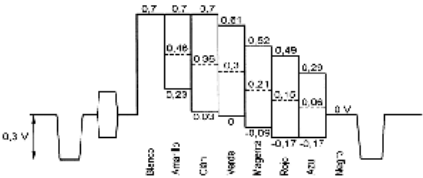
de la crominancia para evitar que, sumada a la luminancia, de origen a sobremodulaciones que sobrepasen el nivel máximo de blanco.

- La cuarta cifra indica el blanco de fondo que tienen las barras de color. Para evitar también sobremodulaciones y que, en este caso, la señal sobrepase el nivel de negro se le puede añadir una componente constante a todos los colores. Si esta cifra es cero, la saturación es del 100%.

En la siguiente gráfica se muestran 3 barras con distinta amplitud:



Señal de barras de color 95% (100/0/100/25) Señal de barras de color 75% (100/0/75/0)



Señales de color de barras recomendadas.

4.2.1.2 Vídeo en componentes EBU N-10

Para eliminar los problemas existentes en los sistemas de vídeo compuesto se optó por la elección de los sistemas de vídeo en componentes para los entornos de producción. En estos sistemas, las señales de luminancia y de diferencia de color se procesan de forma separada, y se mantienen con un ancho de banda muy superior al de la señal de

vídeo compuesto, mejorando notablemente su resolución. La ausencia de imbricación entre componentes de luminancia y cromaticancia, permiten su multigeneración sin pérdida apreciable de calidad.

Existen dos tipos de señales de vídeo por componentes para aplicaciones de estudio:

— **RGB (Red Green Blue):**

Está formado por los tres colores primarios (rojo, verde y azul) y como mínimo un componente de sincronismo. Estas señales se transmiten de manera independiente, evitando que existan pérdidas en el tratamiento de la imagen, ya que los colores primarios no varían. La problemática de este sistema es que los colores primarios constituyen una base colorimétrica no-perceptual, lo que dificulta enormemente su análisis y manipulación en tareas de evaluación, monitorado y manipulación. La visualización de cualquiera de las componentes por ejemplo, no aporta información del brillo de la escena, o ni siquiera del tono de la imagen.

Otro de los problemas que presenta es la alta redundancia de información inter-componentes, que dificulta la compresión de la información.

— **Componentes (Y', Pb, Pr):**

Surge para corregir los problemas de redundancia y de no-perceptualidad de las componentes RGB, como se ha descrito. Está formado por tres señales Y', Pb y Pr.

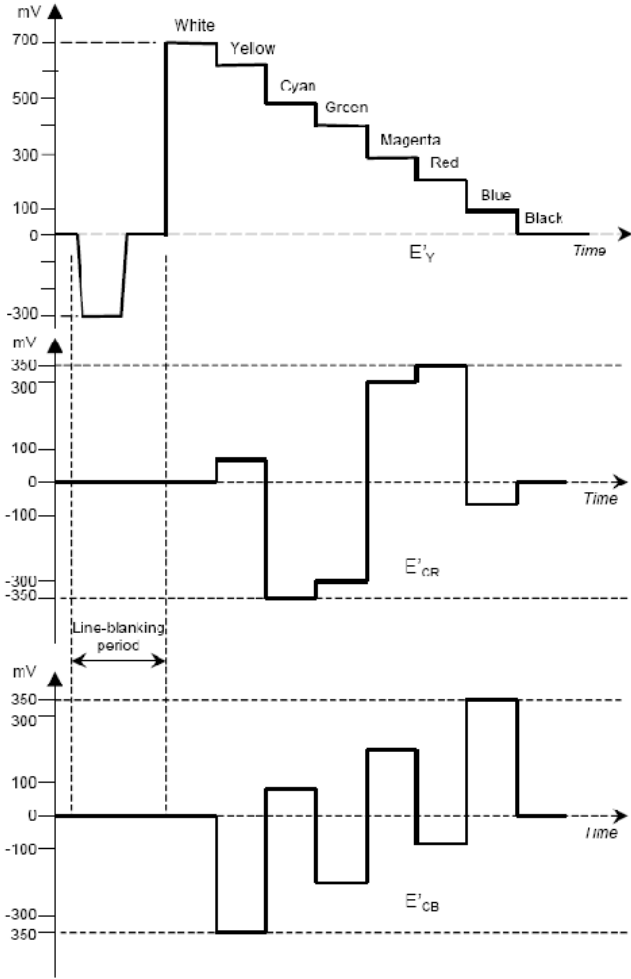
- Luminancia (Y'): Es el componente de brillo de la imagen, o dicho de otra forma, la cantidad de blanco y negro de la misma.
- Diferencia de color azul (Pb): Es el componente resultante de restar las componentes de luminancia a la señal azul, aplicando unos coeficientes de ponderación.
- Diferencia de color rojo (Pr): Es el componente resultante de restar las componentes de luminancia a la señal rojo, aplicando unos coeficientes de ponderación.

La componente de diferencia de color verde se puede obtener a partir de la información del resto de señales. La selección de las

señales diferencia de color Pb y Pr es debido a que el ancho de banda de estas señales es menor ya que el ojo humano es más sensible al color verde.

A partir de las señales RGB es posible obtener las componentes Y, Pb y Pr y, usando la siguiente matriz:

$$\begin{aligned} Y' &= 0.299 \cdot R' + 0.587 \cdot G' + 0.114 \cdot B' \\ P_B &= -0.168736 \cdot R' - 0.331264 \cdot G' + 0.5 \cdot B' \\ P_R &= 0.5 \cdot R' - 0.418688 \cdot G' - 0.081312 \cdot B' \end{aligned}$$



Señales de vídeo para barras de color 100/0/100/0.

Las mejoras que introduce la separación de vídeo en componentes son notables respecto al vídeo compuesto, pero siguen existiendo numerosos factores que afectan negativamente a la señal de vídeo analógico como son:

- Intercambio de material de vídeo entre diferentes sistemas de televisión (PAL, NTSC y SECAM).
- Alta degradación de la señal en función de la longitud.
- Baja inmunidad a los ruidos.
- Problemas de sincronización.

Por todos estos factores, fue necesaria una migración a sistemas de vídeo digital ya que ofrecen grandes mejoras a los problemas de sincronización, intercambio e inmunidad frente a los ruidos. El formato adoptado fue el SDI (Serial Digital Interface).

4.2.2 Interfaces de vídeo digital

4.2.2.1 Interfaz SDI

SDI (serial digital interface) es una interfaz de alta capacidad para trabajar con las citadas componentes Y, Pb y Pr, pero digitalizadas con 8 ó 10 bits/muestra, sin ningún tipo de compresión y en tiempo real. Este estándar para SD describe una interfaz de comunicación digital serie, para equipamiento de televisión estándar (525/60 y 625/50 líneas), operando con señales por componentes 4:2:2 o señales de vídeo compuesto 4fsc todo ello estandarizado por SMPTE como 259M, y por el ITU como BT.656-5.

A las componentes digitalizadas anteriormente mencionadas, se les aplica un proceso de multiplexación temporal, serialización y posterior codificación para ser transportadas como una trama digital serie por un único medio físico, por lo general cable coaxial.

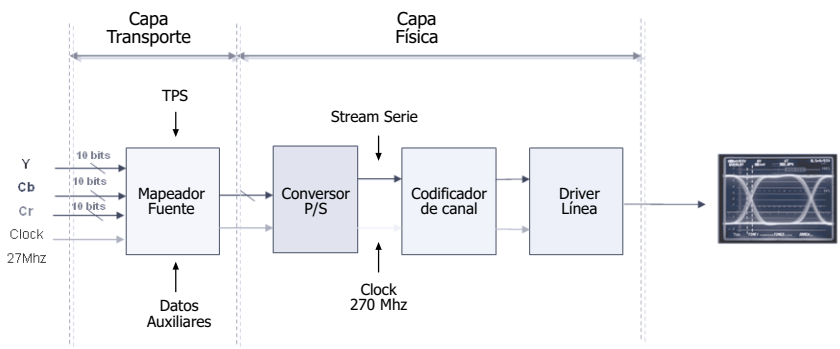
SMPTE 259M normaliza varios tipos de interfaces:

- Vídeo compuesto NTSC 4fsc NTSC vídeo, a 143 Mb/s.

- Vídeo compuesto PAL 4fsc, a 177 Mb/s.
- Rec. 601 4:2:2 vídeo por componentes a 270 Mb/s (esta interfaz está estandarizada en Rec. 656).
- Rec. 601 4:2:2 Vídeo por componentes muestreado a 18 MHz hasta conseguir una relación de aspecto 16:9 a 360 Mb/s.

Los formatos A y B se consideran obsoletos y están en desuso desde hace casi dos décadas. Este estándar tiene su principal aplicación en estudios de televisión sobre cable coaxial, donde las pérdidas de señal están en rangos de 20-30 dB.

La arquitectura genérica de una interfaz SDI se muestra en la siguiente figura, donde se aprecian los distintos bloques funcionales que la componen. La capa de transporte está implementada por el mapeador de fuente que define la estructura de la trama. La capa física realiza las funciones de conversión Paralelo-Serie, la codificación de canal y la adaptación al medio físico.

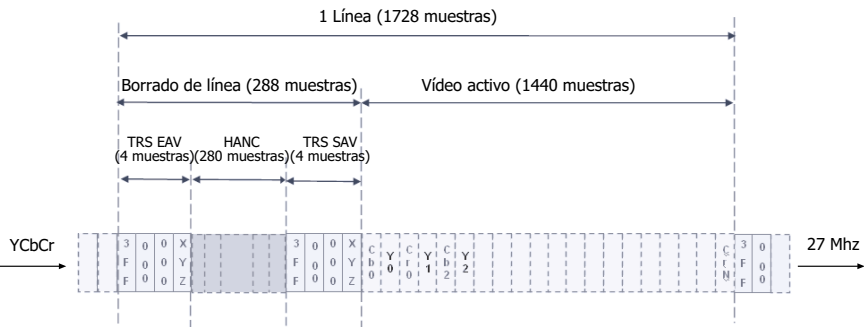


— Mapeador Fuente:

El mapeador de fuente recibe dos streams con la información codificada de las componentes de luminancia Y y de color Cb/Cr (submuestreo 4:2:2) y los encapsula en el área de vídeo activo del stream. Así mismo, genera los paquetes de sincronismos TRS (Timing Reference Sequences) que inserta al final y comienzo del vídeo activo (EAV y SAV), así como datos auxiliares que se embeben en el área de borrado (Blanking) horizontal HANC.

Arquitectura del interfaz digital serie.

La siguiente figura muestra la estructura de la trama de una línea de vídeo correspondiente a los dos streams a la salida del mapeador de fuente, donde se aprecian los 3 intervalos de datos bien diferenciados, sincronismo TRS, borrado de línea horizontal y vídeo activo.



Sincronismos TRS:

El paquete de EAV (End Active vídeo) define el final del vídeo activo y el comienzo de una nueva línea. El SAV (Start Active vídeo) define el comienzo del vídeo activo de la actual línea. Ambos paquetes están formados por 4 palabras, las tres primeras son 3FFh, 000h, 000h, y la cuarta denominada XYZ que incluye los bits F, V, H, P0, P1, P2 y P3.

- F: es 1 cuando la actual línea pertenece al campo 1 y 0 en caso contrario.
- V: se activa a 1 cuando la línea pertenece al conjunto de líneas de borrado vertical y es 0 cuando la línea transporta vídeo activo.
- H: se activa a 1 si el sincronismo se corresponde con un EAV y a 0 en caso de pertenecer a un SAV.

P0, P1, P2 y P3: son los bits de protección de los bits F, V y H de la palabra XYZ. Proporcionan una función de DEDSEC (Double Error Detection – Single Error Correction) para la corrección de 1 bit erróneo y la detección de 2 bits erróneos.

Borrado de línea:

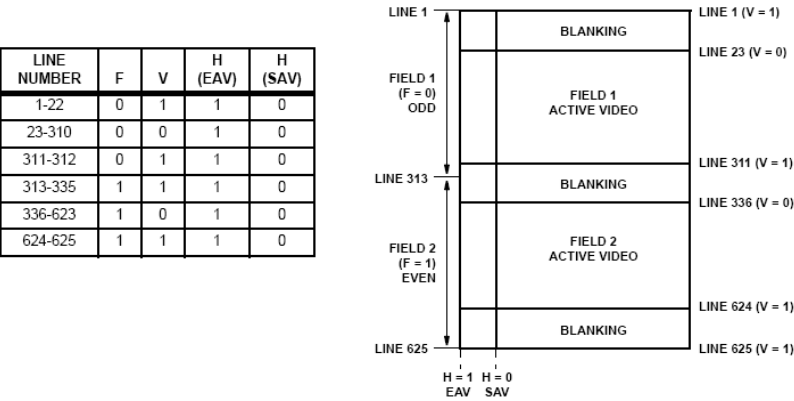
El área de borrado de línea horizontal se destina a la inserción opcional de datos auxiliares denominados HANC, como son el código de

tiempos, canales de AES/EBU y Metadatos entre otros. En caso de no insertar datos auxiliares en esta zona se debe fijar a 64 (16), para el stream de luminancia Y, y a 512 (128) para el stream de Cb Cr.

Vídeo Activo:

El área de vídeo activo está destinada a la inserción del contenido de una línea de la imagen en la trama. La interfaz define más líneas que las requeridas por el formato concreto, las líneas excedentes se utilizan para la inserción de datos auxiliares VANC. El orden de multiplexación será:

Cb0 – Y0 – Cr0 – Y1 – Cb2 – Y2 – Cr2 – Y3 – Cb4 – Y4 – Cr4 ...

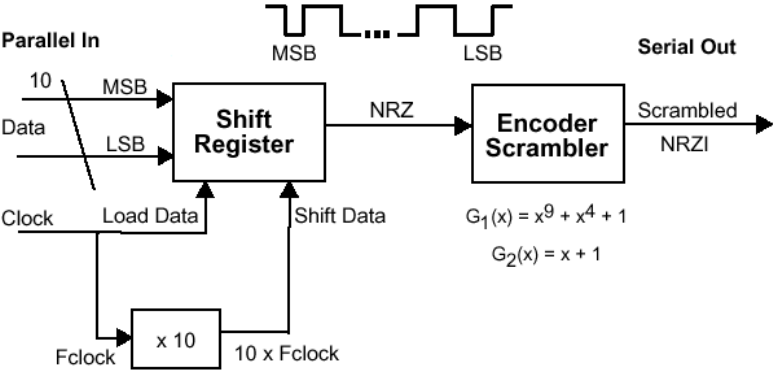


Codificador de canal:

La codificación de fuente se implementa en dos fases.

- Aleatorizador: permite minimizar la DC del stream. Utiliza el polinomio generador.
 $G1(x) = X^9 + X^4 + 1$
- Codificador NRZI: (Non Return to Zero Inverted) proporciona un código de canal independiente de su polaridad. Utiliza el polinomio generador $G2(x) = X + 1$.

Codificador NRZI.



El efecto de la aplicación del polinomio $G_2(x)$ es un stream de datos serie muy robusto al ruido, al independizarlo del nivel. La información de 1 ó 0 se codifica como transición o no transición, y no en un nivel eléctrico determinado.

El stream de salida presenta una continua próxima a cero y es autosincronizable.

4.2.2.2 Interfaz HD-SDI. SMPTE 292M

La interfaz digital serie para TVAD (TV Alta Definición) presenta muchas similitudes con su equivalente en definición estándar SDI, tanto en la sintaxis de su trama como en los parámetros eléctricos que lo definen. Sus parámetros están definidos por igual en la ITU-R BT.1120-4 P2 y la SMPTE 292M.

Reference SMPTE standard	260M		295M	274M								296M	
Format	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Lines per frame	1125	1125	1250	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	750	750
Words per active line (each channel Y C _B /C _R)	1920	1920	1920	1920	1920	1920	1920	1920	1920	1920	1920	1280	1280
Total active lines	1035	1035	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	720	720
Words per total line (each channel Y C _B /C _R)	2200	2200	2376	2200	2200	2640	2200	2200	2640	2750	2750	1650	1650
Frame rate (Hz)	30	30/M	25	30	30/M	25	30	30/M	25	24	24/M	60	60/M
Fields per frame	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Data rate divisor (see 4.5)	1	M	1	1	M	1	1	M	1	1	M	1	M

Formatos fuente para HD-SDI.

A diferencia de lo ocurrido en SD donde sólo existe un formato con una resolución, en Alta Definición se definen dos posibles resoluciones 1080 líneas y 720 líneas, con una gran variedad de formatos temporales, entrelazados y progresivos. Dichos formatos son recogidos en la SMPTE 274M y la SMPTE 296M.

En HDTV se tiene el muestreo uniforme de 74,25 MHz, que es 5,5 veces superior al utilizado en definición estándar por la interfaz SDI.

4.2.2.3 Interfaz Dual-Link. SMPTE 372M

SMPTE 372M está definido como dos interfaces serie 292M que se pueden combinar para transportar señales que excedan la capacidad de un HD-SDI comentado anteriormente.

Su principal campo de aplicación es el poder utilizar señales con muestreo de muy alta calidad 4:4:4, para entornos de postproducción, en dos coaxiales separados con una tasa de 1,485 Gbps cada uno, obteniendo una tasa total de 2,970 Gbps. Su estructura le permite trabajar con componentes RGB de 10 y 12 bits, así como con un canal "alpha". Cuando el canal "alpha" está activo, la estructura de muestreo está asociada como un 4:4:4 SMPTE 372M extendido a dos canales para distribuir la carga.

Aplicaciones como el cine digital necesitan enviar contenidos sin comprimir con una estructura de muestreo de 12 bits 4:4:4. De este modo cada canal tiene un ancho de banda completo (RGB o componentes) con una profundidad de hasta 12 bits por color. A continuación se muestra una tabla con las múltiples combinaciones y formatos permitidos.

SIGNAL FORMAT SAMPLING STRUCTURE/ PÍXEL DEPTH	FRAME/FIELD RATES
4:2:2 (Y' C'B C'R)/10 BIT	60, 60/1.001 AND 50 PROGRESSIVE
4:4:4 (R'G'B'), 4:4:4:4 (R'G'B'+A)/10 BIT	30, 30/1.001, 25, 24 AND 24/1001 PROGRESSIVE, PSF 60, 60/1.001, AND 50 FIELDS INTERLACED
4:4:4 (R'G'B')/12 BIT	
4:4:4 (Y'C'BC'R), 4:4:4:4 (Y'C'BC'R+A) 10 BIT	
4:4:4 (Y'C'BC'R)/12 BIT	
4:2:2 (Y'C'BC'R)/12 BIT	

Formatos permitidos en la interfaz Dual-Link SMPTE 372M.

4.2.2.4 Nuevas interfaces de FO para el transporte de UHDTV

La estandarización de nuevos formatos de captura que proporcionan un incremento en la resolución de la imagen, vienen indudablemente acompañados de la necesidad de ofrecer unos nuevos estándares de transmisión sobre interfaces físicos bien sea sobre cable coaxial o fibra óptica.

La aparición de los formatos de HD motivaron la estandarización por parte del SMPTE de las recomendaciones SMPTE 292 y SMPTE 242 con capacidades de 1.5Gbps y 3Gbps, que permitían el transporte de formatos de 1080 líneas y 1920 píxeles por línea, con frame rates de hasta 60 cuadros progresivos. La aprobación por parte del ITU-R de la BT.2020 con la definición de los dos nuevos formatos de UHDTV de 4K y 8K, implican un salto cualitativo en lo referente al volumen de información que es necesario acomodar en la capa física, debido a su elevada resolución, frame rate y profundidad de píxel. En la siguiente tabla se muestra el volumen máximo de información requerido tan solo para el transporte del vídeo activo.

FORMATO	RESOLUCIÓN	MÁXIMO FRAME RATE (HZ)	MÁXIMA PROFUNDIDAD DE PÍXEL	BIT/FRAME (4:4:4) (MB/FRAME)	MÁXIMO ANCHO DE BANDA (GBPS)
4K	3840 × 2160	120	12	298,598	35,831
8K	7680 × 4320	120	12	1.194,393	143,327

Con el objetivo de dar soporte a dichos formatos, el SMPTE ha estandarizado el interfaz físico denominados 10G-SDI (SMPTE 435), y el SMPTE ST 20-36-3:2012, que define el mapeo de los formatos de UHDTV sobre múltiples interfaces 10G-SDI.

— Interfaz 10G-SDI:

En su parte uno (SMPTE 435-1) el estándar define su interfaz óptico para el transporte una tasa de 10.692Gbps, que permite el uso de FO mono-modo con unas distancias de hasta 2Km. En su segunda parte (SMPTE 435-2) el estándar define el mapeo de distintos formatos de HD y UHDTV sobre el interfaz 10G-SDI. Como se puede apreciar en la siguiente figura, una imagen de 8K (UHDTV2), es particionada en cuatro subimágenes que se corresponde al formato 4k, y a su vez cada uno de estos streams de resolución 4K (UHDTV1), es particionado en cuatro nuevos streams para su transporte sobre el canal físico.

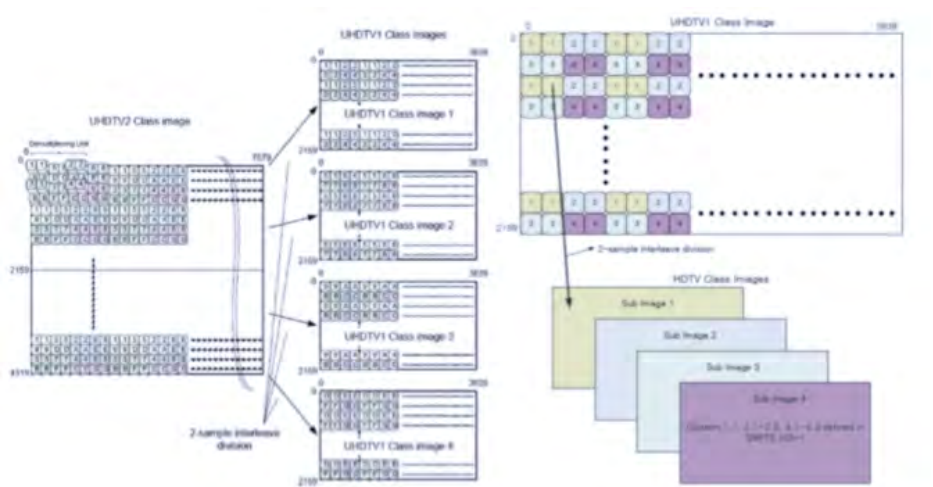


Imagen en 8K.

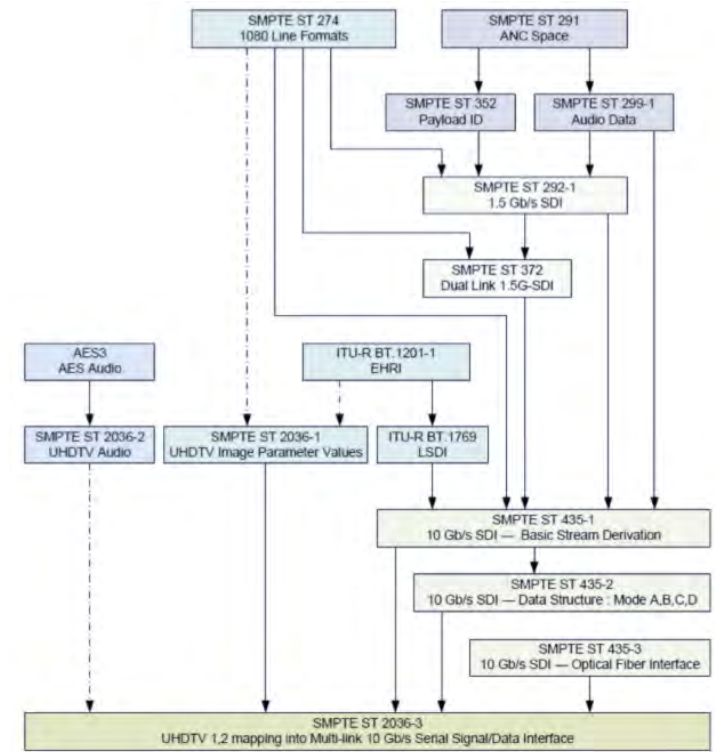
— Mapeo de UHDTV sobre múltiples interfaces 10G-SDI:

La SMPTE ST 2036 comprende todo un conjunto de documentos que abordan el mapeo de los distintos formatos de HD y UHDTV.

- En su parte 1, se define la familia de formatos de UHDTV con una estructura progresiva de 16:9 y con relación espacial jerárquica con respecto a su antecesor HDTV, de reso-

lución 1920 x 1080. El SMPTE denomina a los dos formatos de 4K y 8K como UHD TV1 (3840 x 2160) y UHD TV2 (7680 x 4320).

- La parte 2 de la SMPTE ST 2036, especifica las características del audio digital para la producción y distribución de UHD TV, estableciendo el mapeo y etiquetado del sistema multicanal 22.2.
- Por último, en su tercera parte la SMPTE ST 2036 define el mapeo de los formatos UHD TV1 y UDHTV2 sobre múltiples interfaces 10G-SDI (SMPTE ST 435-2). En la siguiente figura se muestra como las distintas fuentes de audio y video, son inicialmente encapsuladas en sus distintos estándares interfaces, mapeándose finalmente sobre múltiples enlaces 3G-SDI.



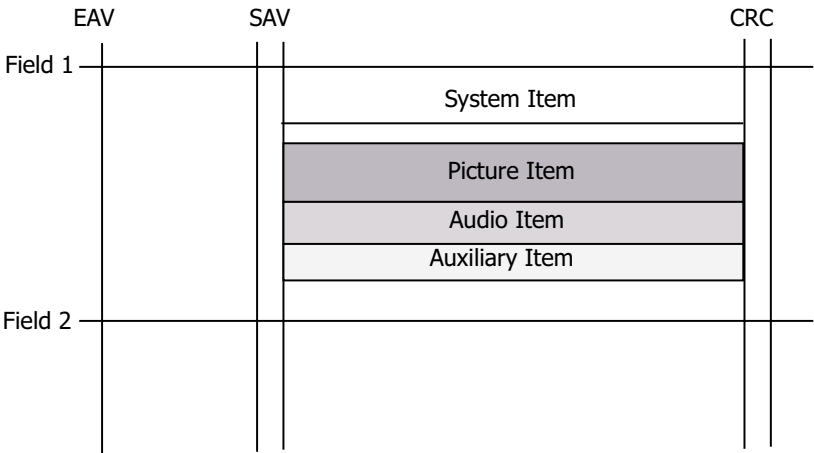
Mapeo de UHD TV.

4.2.3 Interfaces para vídeo comprimido

Con la aparición de los distintos formatos de compresión de vídeo en definición estándar para su almacenamiento con las distintas familias tales como DVCPRO, DVCPRO 50, Betacam SX, Digital-S, DVCAM, y BETACAM IMX, surgió la necesidad de adaptar los interfaces ampliamente extendidos SDI con 270Mbps de tasa binaria total, para el transporte de dichos formatos de modo nativo, sin necesidad de llevar a cabo los procesos de decodificación/codificación de la señal de vídeo, provocando las correspondientes pérdidas de calidad. Este tipo de transferencias cobra una especial importancia en las etapas de post-producción, al permitir mantener la calidad en las transferencias entre dispositivos lineales basados en cinta magnética.

4.2.3.1 SDTI. SMPTE 305.2M

El estándar SMPTE 305.2M, conocido como SDTI (Serial Digital Transport Interface) especifica el mecanismo de encapsulado de los paquetes de las tramas de audio y vídeo comprimido en la parte de vídeo activo de la trama SDI, definida en la normativa SDI (SMPTE 259M), para el transporte punto a punto de contenidos. En la siguiente figura se muestra la estructura componentes de audio y vídeo en la trama SDI para los formatos de 525 y 625 líneas.



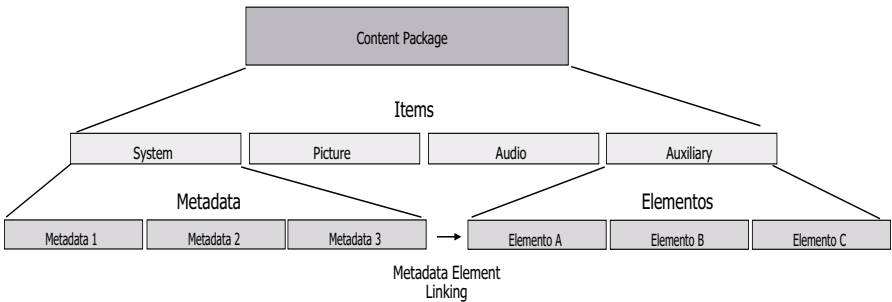
Estructura componentes de audio y vídeo en la trama SDI.

La normativa SDTI se complementa con otra serie de recomendaciones que definen características particulares aplicadas a las componentes encapsuladas, entre las que cabe destacar las siguientes:

- SMPTE 326M: SDTI –CP (Content Packet)
- SMPTE 331M: Metadatos y Elements para SDTI-CP
- SMPTE 298M : Etiquetas universales definidas por SMPTE
- SMPTE RP 204: Decoder Templates para SDTI-CP con MPEG
- SMPTE 328M : MPEG-2 Video ES Editing Information
- SMPTE RP 186: Video Index Information Coding

Al igual que los entornos de definición estándar, también para los interfaces de Alta Definición se ha normalizado una interfaz de comunicaciones que permite encapsular señales de vídeo comprimido sobre la trama HD-SDI (1.485Gbps), denominado HD-SDTI (High Definition Serial Digital Transport Interface), siendo aprobado por el ITU como ITU-R BT.1577, y SMPTE 348M por el SMPTE. Este facilita el transporte de stream de audio y vídeo comprimidos en los formatos HD-D5, HDCAM, MPEG-2 PS y DVCPRO-HD, entre otros.

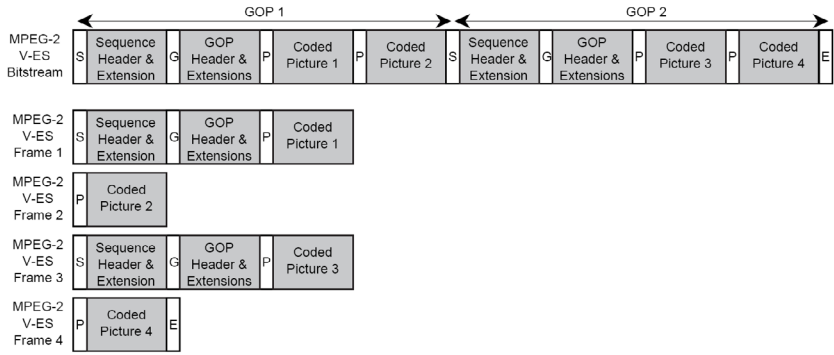
Los distintos paquetes de audio, vídeo y datos encapsulados en la trama SDTI y HD-SDTI, son anidados en una estructura jerárquica compuesta por los Content Package, Items, Metadata y Elements, como se muestra en la siguiente figura:



Debido a la importante penetración del estándar MPEG-2 con estructura de GOP, en la siguiente figura se muestra el encapsulado

Encapsulación de paquetes en SDI y HDSDTI.

de una trama de Elementary Stream de MPEG-2 en la estructura de "Elements Frame", definida en el SDTI-CP.

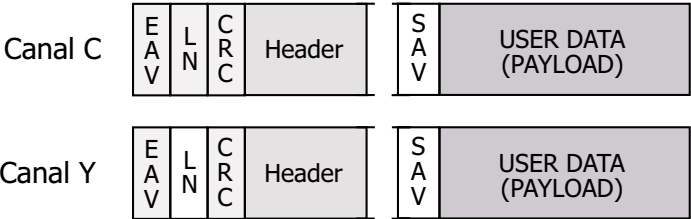


Encapsulado de una trama de Elementary Stream de MPEG-2.

4.2.3.2 HD-SDTI. SMPTE 348M

High Data-Rate Serial Data Transport Interface (HD-SDTI) es una interfaz de contribución de uso extendido, que comprime la señal y está estandarizada en el SMPTE 384M. Se basa en la SMPTE 305M, con capa física y trama de SMPTE 292M.

La capa física usa HD-SDI a 1,485 Gbps conforme al SMPTE 292M, acomodando el stream de audio y vídeo comprimido en el área de vídeo activo. Una 49-word se inserta inmediatamente después de los datos CRC, especificando la fuente, el destino y el formato de datos.



Canales de Crominancia y Luminancia en HD-SDTI.

Dispone de capacidad para transportar o encapsular tramas MPEG-2 PS, MPEG-2 TS y DV entre otras, acomodándolo en palabras

de 8 bits más los bits de paridad ó palabras de 9 bits más D8.
El valor de los 4 bits codificados especifica el tamaño del payload contenido entre las secuencias SAV y EAV.

4.2.3.3 IEEE 1394 (FireWire, i.LINK)

Al igual que los interfaces SDTI, el IEEE1394 es una interfaz para la transferencia de formatos comprimidos, pero restringido a entornos principalmente de edición y post-producción, debido a sus limitaciones de distancia entre dispositivos.

Su arquitectura está basada en un bus que permite la conexión tanto de dispositivos digitales multimedia de altas prestaciones y equipos de consumo, como grabadoras de vídeo, televisores, equipos de música, consolas de mezclas etc. A diferencia de otros buses donde la comunicación depende de un control centralizado (por ejemplo, en un PC), IEEE 1394 soporta un modelo peer-to-peer, en la que cualquier dispositivo puede comunicarse directamente con cualquier otro, siempre que utilicen los mismos protocolos.

Fue desarrollado por Apple Computer a mediados de los 90, para luego convertirse en el estándar multiplataforma IEEE 1394. A principios del 2000 fue adoptado por los fabricantes de periféricos digitales hasta convertirse en un estándar, con amplia implantación en entornos domésticos de bajo coste, pero también adoptado en aplicaciones de edición profesional bajo Macintosh y PC.

El IEC ha estandarizado la transmisión de vídeo para el formato DV25. Para HDTV se utiliza una tasa de 100 Mb/s.

También el IEEE 1394 permite la transmisión de transport stream MPEG-2, para D7 (DVCPRO 50) y D9 (Digital S), con una tasa aunque su despliegue es lento debido a la protección anticopia.

Existen dos versiones de la interfaz IEEE 1394:

- IEEE 1394-1995.
 - Bus serie de alta velocidad que permite hasta 63 dispositivos en una red en árbol punto a punto.
 - Tasa de transmisión de datos hasta 400 Mb/s.
 - Distancia máxima entre dos dispositivos es de 4,5 metros o 72 metros con regeneradores de señal.
 - Permite la transmisión síncrona y asíncrona.
 - Comunicación peer-to-peer.

- IEEE 1394B (Gigabit 1394).
 - Soporta nuevas tasas de transmisión 800 Mb/s, 1,6 Gbps y 3,2 Gbps.
 - Se puede enviar por diferentes medios como fibra óptica POF (100 Mb/s), coaxial CAT5 (100 Mb/s), fibra óptica multimodo (3,2 Gbps).

4.2.3.4 USB

El USB es muy conocido en el mercado doméstico para conectar dispositivos de audio y vídeo al PC. Mientras que la versión 2.0 opera a 480 Mbps y soporta transmisión asíncrona, la 3.0 opera a 5.0 Gbps, permite tráfico bidireccional y soporta transmisión asincrónica. Se trata de una forma de transferir audio y vídeo comprimido en tiempo real procedente de diferentes fuentes tales como DVD, STB al PC y permite el uso del sistema de protección HDPC.

La versión 3.0 (SuperSpeed) al contrario que la versión 2.0 (HighSpeed), utiliza un protocolo basado en interrupciones, que mejora la transferencia de datos, enrutando hacia el periférico correcto la información. También gestiona mejor la energía transmitida y asegura la compatibilidad con versiones anteriores.

VERSIÓN	USB 1.0	USB 1.1	USB 2.0	USB 3.0
FECHA	1996/01	1998/09	2000/04	2008/11
VELOCIDAD	1.5 MBITS/S	12 MBITS/S	80 MBITS/S	5 GBITS/S

Evolución de la interfaz USB.

Actualmente la interfaz USB 3.0 no acaba de despegar entre los usuarios profesionales y domésticos, ya que demandan una mayor velocidad y una tecnología que permita transmitir tanto datos como vídeo en el mismo canal de transmisión.

4.2.3.5 Display Port

DisplayPort es una interfaz para dispositivos de visualización digital aparecida en 2006 que presentó la Asociación de Estándares Elec-

trónicos de Video (VESA). Se trata de una interfaz de interconexión de audio y vídeo digital libre de licencias y cánones. Su aplicación principal es la interconexión entre PCs y monitores o sistemas de cine domésticos.

4.2.3.6 Thunderbolt

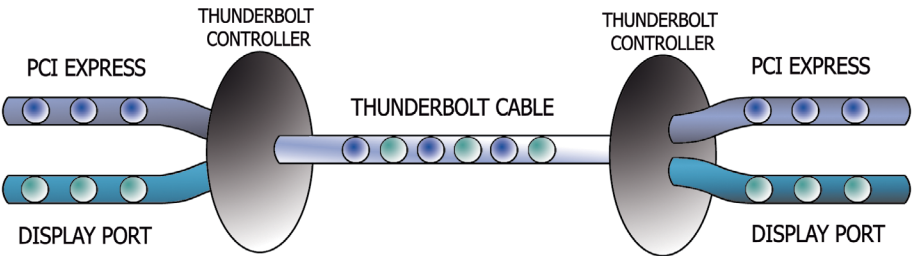
La tecnología Thunderbolt (antes conocida como LightPeak) ha surgido recientemente de la investigación conjunta de Apple e Intel para la creación de una interfaz que permite la interconexión bidireccional de dispositivos con una alta tasa de transmisión. Hasta el momento sólo disponen de esta interfaz PCs con S.O. Mac, pero en un futuro muy próximo se integrarán en PCs con S.O. Windows.



Interfaz Thunderbolt.

Se basa en las tecnologías PCI-express y DisplayPort. Su principal diferencia con otras tecnologías como PCI-express radica en que la comunicación se realiza de forma óptica (aunque también es posible mediante pulsos eléctricos), de este modo aumenta el ancho de banda, disminuyen las pérdidas de transmisión. Se utiliza tanto para datos como para vídeo, usando para los datos la tecnología PCI Express y para el vídeo la tecnología Displayport.

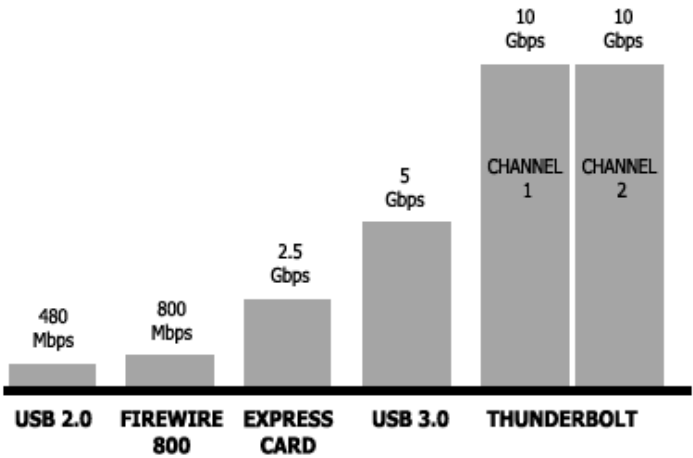
En un principio esta tecnología estaba pensada para aplicaciones de edición de audio y vídeo, debido principalmente al gran volumen de información que pueden mover, sin embargo, el principal uso será la transferencia de datos, sobre todo a nivel doméstico.



Principio de funcionamiento de la tecnología Thunderbolt.

Esta tecnología dispone de un ancho de banda teórico de 10 Gbps en cada dirección, muy superior a otros estándares como USB 3.0 o Firewire. Otras ventajas adicionales del Thunderbolt son que permiten la transmisión de datos y vídeo, siendo posible encadenar hasta seis dispositivos, lo que simplifica de manera notable la conexión entre dispositivos. Implementa QoS, que permite priorizar el tráfico enviando los flujos de mayor importancia en primer lugar, de modo que se realiza una correcta gestión del tráfico.

La siguiente gráfica muestra una comparativa del rendimiento de E/S entre diferentes tecnologías de interfaces de comunicación.



Comparativa de velocidad entre diferentes interfaces.

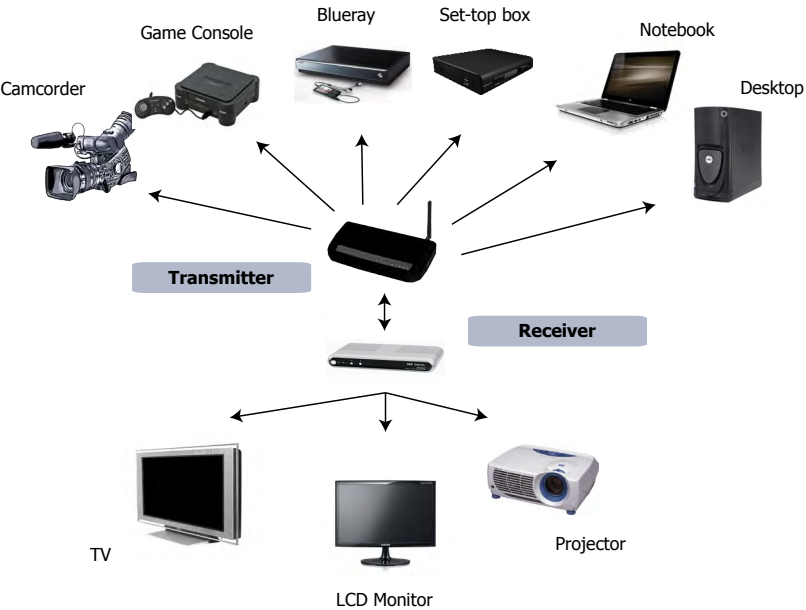
El objetivo de los fabricantes de esta tecnología es reemplazar a las tecnologías Firewire, USB o HDMI a medio plazo.

Hay que aclarar que Thunderbolt es diferente a tecnologías como USB 3.0 o HDMI, ya que estas tecnologías se basan en la transmisión de datos o vídeo respectivamente, mientras que Thunderbolt permite transmitir datos y vídeo de forma conjunta.

4.2.4 Nuevas interfaces de transmisión de vídeo inalámbrico

4.2.4.1 WHDI

Wireless Home Digital Interface (WHDI) es un estándar de transmisión de vídeo HDTV inalámbrico para uso doméstico. Este estándar fue impulsado por un consorcio de varios fabricantes como Amimon, Hitachi, LG, Samsung, Motorola, Sharp y Sony, habiéndose publicado la versión 1.0 a finales de 2009. Posteriormente se añadieron actualizaciones que dan soporte a los formatos de vídeo 3D plano/estereoscópicos y la compatibilidad con el estándar HDMI 1.4. WHDI permite la transmisión de vídeo de alta calidad con bajo retardo desde cualquier dispositivo multimedia como Smartphone, portátiles, Blu-ray, etc, a cualquier receptor compatible WHDI.



Transmisión WHDI .

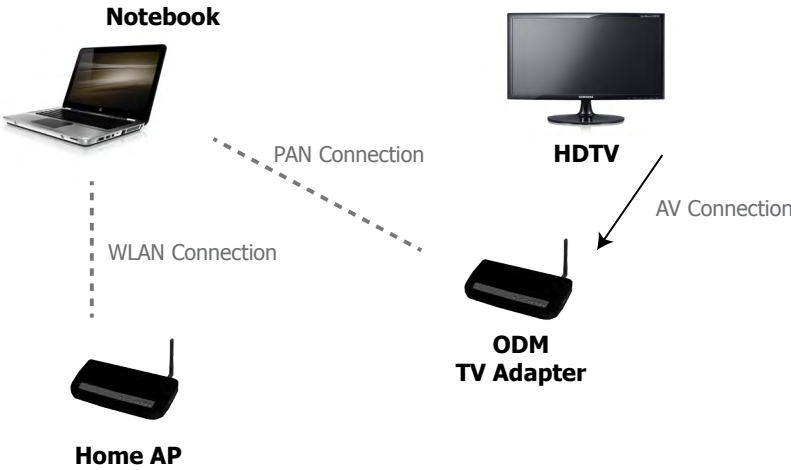
Esta versión de WHDI admite velocidades de transmisión de datos de 3Gb/s para formatos 1920x1080 @ 60 Hz en un canal de 40MHz y hasta 1,5Gb/s para formatos 1280x720 @ 60 Hz o de 1920x1080 @ 30 Hz en un canal de 20MHz en la banda de 5GHz. La distancia máxima de transmisión es de 30 metros con una latencia inferior a 1ms.

A mediados de 2011 apareció la versión 2.0 donde se añadían actualizaciones que dan soporte a los formatos 3D y aseguraban la compatibilidad con el estándar HDMI 1.4. Además esta nueva versión mejoraba notablemente el ancho de banda, permitiendo transmitir 3D dual 1080p60 y soportando resoluciones 2K y 4K.

4.2.4.2 WiDI

Intel Wireless Display, es un protocolo desarrollado por Intel de reciente aparición para transmitir contenido audiovisual desde cualquier PC que posea un procesador Intel Core de 3ª generación. Transmite a una pantalla compatible vídeo en 1080p y con audio multicanal 5.1 en la banda de 60GHz, permitiendo alcances máximos de 10 metros. Además es compatible con HDCP 2.0, permitiendo realizar streaming desde dispositivos Blu-ray o DVD.

Se requiere de un dispositivo receptor WiDI que se conecta a la pantalla por medio de un interfaz HDMI. Con respecto al audio, permite la transmisión de hasta 6 canales LPCM (16bits/48Khz).



Transmisión WiDI.

4.2.5 IT (Information Technologies)

4.2.5.1 Ethernet

Es una interfaz para redes de área local (LAN) basada en tramas de datos. Usa cableado UTP con categoría 5 o 6. Las interfaces UTP más comunes son:

- 10BaseT: Con una velocidad de transmisión de 10 Mbps.
- 100BaseT: Con una velocidad de transmisión de 100 Mbps.
- 1000BaseT: También conocido como Gigabit Ethernet con una velocidad de transmisión de 1000 Mbps.

Su uso está muy extendido pero tiene grandes problemas en transferencia de contenido audiovisual en tiempo real.

Sus limitaciones son:

- * Bajo ancho de banda efectivo.
- * Pérdida de paquetes.
- * Jitter.
- * No implementa QoS.

Por todo ello se implementó MPLS (Multi-Protocol Label Switching) que ha sido desarrollado para mejorar el tratamiento de fuentes IP y eliminar los problemas que ocasionan los protocolos de routing que no tienen en cuenta la congestión del tráfico, el jitter, retardo etc.

5. ALMACENAMIENTO Y ARCHIVO DIGITAL

5.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

5.2 TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO

5.2.1 FORMATOS DE ALMACENAMIENTO EN CINTA MAGNÉTICA

5.2.2 FORMATOS DE ALMACENAMIENTO EN FICHEROS

5.2.3 ENCAPSULADOR UNIVERSAL MXF

5.2.4 TECNOLOGÍAS DE ARCHIVOS

5. ALMACENAMIENTO Y ARCHIVO DIGITAL

5.1 DEFINICIÓN Y OBJETIVOS

Como se menciona en otros apartados, al variar el proceso de la información audiovisual intercambiada, también se necesitan novedades en el almacenamiento de la misma, principalmente en tres componentes del trabajo con son la velocidad de acceso, tamaño de los discos y memorias así como su capacidad. Los tres puntos son igualmente importantes, y podríamos describir dichas necesidades de la siguiente forma:

- Las calidades de la información audiovisual aumentan día a día y por tanto su procesamiento en tiempo real precisa de unas velocidades de proceso enormes, dependientes del HW que las maneja, pero también del acceso a las memorias o discos en uso. Este flujo de información entre dispositivos hace que sea un tema fundamental la velocidad de acceso y transferencia.
- Siguiendo la tendencia de todos los dispositivos existentes, la reducción de tamaño de los dispositivos y micros es notable para poder llegar a una portabilidad de equipos, y en el caso del audiovisual es importante tanto a nivel profesional como doméstico (recordemos la evolución de Super8, MiniDV y ahora memoria sólida y disco).
- La capacidad es una de las claves para no poder cambiar de formato de grabación de forma inmediata en algunos casos, dado que los sistemas de estado sólido aún carecen de la capacidad enorme de los sistemas de grabación en cinta, pero poco a poco, y no sin un

coste adicional obviamente se tiende a los primeros por motivos tecnológicos y de prestaciones.

En el entorno doméstico también se ha producido un cambio enorme en este sentido dado que los sistemas cada día tienen más posibilidades en estos tres aspectos mencionados, por lo que el usuario puede tener un verdadero (no profesional) estudio audiovisual en casa. Asimismo, uniendo algunos de los procesos comentados en este informe, se ha creado una nueva labor en las empresas del audiovisual que es la de digitalización, no sólo de los contenidos actuales sino de los pasados, y como ejemplo todas las televisiones nacionales y regionales ya pusieron en marcha dicho proceso, arduo y costoso como el de RTVE.

5.2 TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO

5.2.1 Formatos de almacenamiento en cinta magnética

La cinta magnética ha sido hasta hace pocos años el medio físico de almacenamiento de vídeo por excelencia. Durante muchos años ha sido el medio físico más fiable y económico para almacenar los contenidos audiovisuales, debido a su bajo coste, en particular para equipos de registro portátiles. El principio de funcionamiento está basado en la alineación de partículas ferromagnéticas cuando se le aplica un campo electromagnético. Dichas partículas almacenan el campo electro-magnético durante decenas de años.

Con la llegada de las nuevas técnicas de compresión digital de vídeo, se pudo comprobar que dicha información almacenada era más propensa a los agentes atmosféricos, llegándose a deteriorar con facilidad. A pesar de todo la cinta sigue siendo el soporte más utilizado debido a su excelente relación capacidad-coste. A continuación se describen los formatos más utilizados de almacenamiento en cinta magnética.

5.2.1.1 Formatos de almacenamiento en Definición Estándar

— Betacam SP:

El formato de almacenamiento Betacam SP (Superior Performance) apareció en el año 1986. Se convirtió en el estándar de almacenamiento de vídeo para la producción de televisión hasta la aparición de los formatos digitales, a partir de la mitad de la década de los 90.

Toda la gama Betacam fue diseñada para ser compatible entre sí, pero sólo con versión anterior y generalmente en lectura. Esto significa que un equipo Betacam SP podrá leer cintas Betacam, pero no podrá grabar con ellas. Sony ha ido incorporando nuevos formatos con el sistema Betacam, manteniendo esta compatibilidad.



Muestra de cintas Betacam SP.

— Betacam Digital :

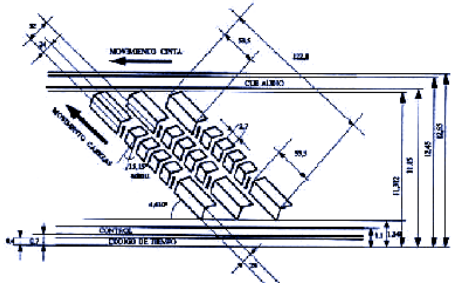
El Betacam Digital fue creado por Sony en 1993 y sustituye al Betacam SP existente. Este formato fue la gran apuesta de Sony por los formatos digitales, ya que ofrece una gran calidad a un precio razonable. Las cintas S llegan a los 40 minutos y las L hasta 124 minutos de duración.



Magnetoscopio Sony Betacam Digital.

Betacam Digital almacena una señal de vídeo por componentes comprimida con el algoritmo DCT con una relación de compresión aproximada de 2:1. Su profundidad de color es de 10 bit y su patrón de muestreo es 4:2:2, con el resultado de un bitrate de vídeo de 90 Mb/s. Además proporciona 4 canales de audio PCM a 48 KHz y 20 bits. Incluye dos pistas lon-

gitudinales para control track y código de tiempo. Las cintas S tienen una duración de 40 minutos y las cintas L 124 minutos.



El formato Betacam digital usa compresión con un factor de 2,3:1, apto para multigeneración. Este método se basa en una compresión intracuadro que se realiza por campos que evita las perturbaciones en zonas de movimiento, aplicando la DCT a bloques de tamaño 8x8 de cada campo. El flujo binario es grabado en pistas helicoidales de 26 micras de anchura con un azimut de +/- 15º evitando el efecto de diafonía entre pistas. La cinta también incluye pistas longitudinales que tienen los datos de control, códigos de tiempos y la señal CUE.

SISTEMA	DIGITAL SD. POR COMPONENTES
PATRÓN DE MUESTREO	4:2:2
ALGORITMO	DCT INTRAFRAME
RATIO DE COMPRESIÓN	2:1
BITRATE	90 MB/S
PROFUNDIDAD DE COLOR	10 BITS
ANCHO DE CINTA	1/2"
CANALES DE AUDIO	4 CANALES PCM
MUESTREO DE AUDIO	48 KHZ / 20 BITS

El Betacam Digital incorpora un sistema de autotracking de grabación que usando unas señales piloto ajusta la cabeza grabadora en el centro de la pista cuando comienza el proceso de grabación. Tam-

bién incluye un sistema de corrección de errores de ráfaga que permite la cancelación de errores mediante interpolación. El formato Betacam Digital es considerado el mejor formato de vídeo digital de resolución estándar (SD), y por ello se utiliza para almacenamiento de vídeo en alta calidad, como los entornos de publicidad y masters de programas. Otro factor clave es la incorporación en los magnetoscopios del interfaz digital SDI.

Betacam SX:

El formato digital Betacam SX se introdujo en 1996 como sucesor al Betacam SP y como alternativa más barata al Betacam digital. Fue diseñado como estándar de producción de noticias. Hace uso de la tecnología de compresión estándar MPEG 4:2:2 Profile@Main I con un GOP de 2, formados por imágenes I y B que ofrece calidad broadcast muy superior al Betacam SP. Tiene 4 canales de audio PCM a 48 KHz y 16 bits, y permite almacenar hasta 64 minutos en tamaño de cinta S y hasta 194m para tamaño L, ambas de 1/2 pulgada.

Al crear el formato, Sony ideó una serie de camcorders híbridos, que permitían grabar tanto en cinta como en disco duro, así como un repicado a alta velocidad. Así se ahorra desgaste de los cabezales de vídeo y se aceleraba la captura de cara a la edición no lineal. También incorporó el good shot mark, que permitía incorporar marcas en la cinta. El equipo podía acceder más rápidamente a estas marcas y reproducirla.

SISTEMA	DIGITAL SD. POR COMPONENTES
PATRÓN DE MUESTREO	4.2.2
ALGORITMO	MPEG-2 4:2:2P@ML INTERFRAME
RATIO DE COMPRESIÓN	10:1
BITRATE	18 MB/S
PROFUNDIDAD DE COLOR	8 BITS
ANCHO DE CINTA	1/2" / DISCO DURO
CANALES DE AUDIO	4 CANALES PCM
MUESTREO DE AUDIO	48 KHZ

MPEG IMX:

MPEG IMX es una variante del Betacam lanzado en 2001 que utiliza, una compresión MPEG, pero con un bitrate superior, y con capacidad de hasta ocho canales de audio y una pista de código de tiempo. Carece de una pista analógica de control track como el Betacam Digital, pero puede usar la pista 7 de audio para este cometido.

Es un sistema de vídeo por componentes comprimido en MPEG-2 4:2:2P@ML. Permite tres niveles de bitrate distintos: 30 Mb/s (compresión 6:1), 40 Mb/s (compresión 4:1) y 50 Mb/s (compresión 3,3:1).

Con los magnetoscopios IMX, Sony introdujo dos nuevas tecnologías: SDTI y e-VTR. SDTI permite que el vídeo comprimido, audio, TC y control remoto viajen por un sólo cable coaxial. El e-VTR hace que los mismos datos puedan ser transmitidos por IP a través de una conexión Ethernet. También incluye la función good shot mark de Beta SX. Las cintas de tamaño S graban hasta 60 minutos y las de tamaño L, hasta 184 minutos.

SISTEMA	DIGITAL SD. POR COMPONENTES
PATRÓN DE MUESTREO	4:2:2
ALGORITMO	MPEG-2 4:2:2P@ML INTERFRAME
RATIO DE COMPRESIÓN	3,3:1 / 4:1 / 6:1
BITRATE	50 MB/S / 40 MB/S / 30MB/S
PROFUNDIDAD DE COLOR	8 BITS
ANCHO DE CINTA	1/2" / PROFESSIONAL DISC
CANALES DE AUDIO	8-4 CANALES PCM
MUESTREO DE AUDIO	48 KHZ / 16-24 BITS

DV (Digital Video)

Creado en 1996, DV (IEC 61834) define tanto el códec (sistema de compresión de vídeo) como el formato de cinta, siendo este el primer sistema de grabación SD en cinta digital para el mercado

Características técnicas de MPEG IMX.

de consumidores y profesionales. Las funciones de este formato incluyen compresión intra-frame para permitir una edición fácil, una interfaz IEEE 1394 para la transferencia a sistemas de edición no lineales y una buena calidad de vídeo en comparación con los formatos analógicos de consumo.

Se trata de un sistema basado en la compresión DCT que aplica compresión intracuadro, que realiza un barajado de bloques antes de realizar la compresión, ofreciendo una mejora de la calidad mediante la obtención de segmentos (385 bytes cada uno) de 5 macrobloques, seleccionados de diferentes partes de la imagen de forma que la compresión se mantiene más estable en el conjunto global de la imagen.

SISTEMA	DIGITAL SD. POR COMPONENTES
PATRÓN DE MUESTREO	4:2:0 (PAL) / 4:1:1 (NTSC)
ALGORITMO	DCT INTRAFRAME
RATIO DE COMPRESIÓN	5:1
BITRATE	25 MB/S
PROFUNDIDAD DE COLOR	8 BITS
SOPORTE	CINTA 1/4"
ANCHO DE PISTAS	10 □M
CANALES DE AUDIO	2 CANALES PCM / 4 CANALES PCM
MUESTREO DE AUDIO	48 KHZ (16 BIT) / 32 KHZ (12 BIT)

Características técnicas de Mini DV.

DVCAM:

El formato DVCAM fue lanzado por Sony, siendo una variante propia del DV. Está basado en la grabación digital en componentes de 8 bits con una compresión 5:1 y un muestreo de 4:2:0, óptimo para señales PAL, con un ancho de banda de 2MHz (frente a 1.3 MHz del muestreo 4:1:1). Proporciona una alta calidad de imagen libre de ruidos y en un buen comportamiento en multigeneración.

Características fundamentales del formato DVCAM son:

- Mayor capacidad y seguridad en la edición.
- Reproducción de todos los formatos DV (25Mbps).
- Versatilidad de interfaces.
- Sistema ClipLink.

El formato DVCAM emplea un ancho de pista de 15 micras, aumentan la velocidad de la cinta un 50%, que garantiza la fiabilidad necesaria en entornos profesionales ya que la fiabilidad de la edición está relacionada con el ancho de pista. Generalmente, un mayor ancho supone mayor fiabilidad.

SISTEMA	DIGITAL SD. POR COMPONENTES
PATRÓN DE MUESTREO	4:2:0 (PAL) / 4:1:1 (NTSC)
ALGORITMO	DCT INTRAFRAME
RATIO DE COMPRESIÓN	5:1
BITRATE	25 MB/S
PROFUNDIDAD DE COLOR	8 BITS
SOPORTE	CINTA 1/4"
ANCHO DE PISTAS	15 □M
CANALES DE AUDIO	2 CANALES PCM / 4 CANALES PCM
MUESTREO DE AUDIO	48 KHZ (16 BIT) / 32 KHZ (12 BIT)

Una característica del DVCAM es que emplea un modo de grabación de audio sincronizado para que proporcione un comportamiento óptimo en la edición y la calidad de audio. Este modo de grabación garantiza que la secuencia de datos de audio mantiene

el sincronismo con los cuadros de vídeo. Gracias a ello el formato DVCAM permite que las transiciones de audio en los puntos de edición sean suaves y precisas.



Magnetoscopio
Sony DVCAM.

DVCAM integra la Tecnología ITI que se trata de un sistema de seguimiento de pista, basada en una información incluida en la propia pista. Los beneficios fundamentales que reporta son los siguientes:

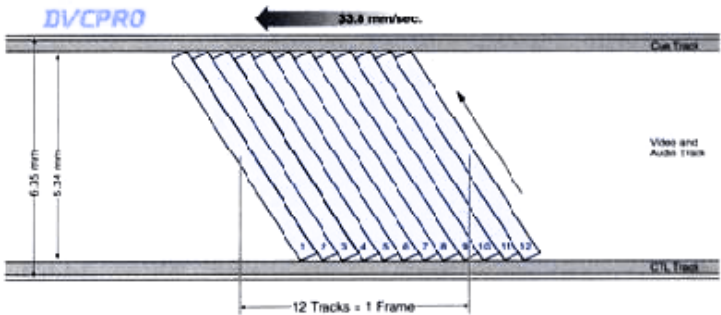
- Optimización para cintas de ¼"
- Evita errores mecánicos de ajuste entre cabezas
- Evita problemas de ajustes de tracking

Los magnetoscopios DVCAM reproducen cintas grabadas en DV sin necesidad de adaptador mecánico ni activación por menú. Permite la grabación de hasta 3 horas con cintas tamaño estándar y de 40 minutos en cintas Mini.

— DVCPRO:

El formato DVCPRO es una variante del sistema DV diseñada por Panasonic, que ofrece compatibilidad con todos los formatos de grabación DV, pudiendo reproducir también DVCAM y DVCPRO50.

La diferencia fundamental con el sistema DV es que dobla la velocidad de la cinta, lo que permite una mayor tolerancia a los “drops”. Realiza un muestreo de señal 4:1:1 de bits, tanto para sistemas NTSC como PAL, obteniendo, en el caso del PAL, una calidad subjetiva algo menor que en el sistema DVCAM. Para el almacenamiento del vídeo se utiliza compresión intracuadro por cuadros, y no por campos, pudiendo obtener un factor de compresión de 5:1 mediante algoritmo DCT.



Huella sistema DVCPRO.

Realiza un barajado de los bloques mezclando aquellos que tienen mucho detalle con otros que no tienen tanto de manera que se consiga un flujo de datos constante.

Características técnicas de DVC-Pro.

SISTEMA	DIGITAL SD. POR COMPONENTES
PATRÓN DE MUESTREO	4:1:1
ALGORITMO	DCT INTRAFRAME
RATIO DE COMPRESIÓN	5:1
BITRATE	25 MB/S
PROFUNDIDAD DE COLOR	8 BITS
SOPORTE	CINTA 1/4"
CANALES DE AUDIO	2 CANALES PCM
MUESTREO DE AUDIO	48 KHZ (16 BIT)

Este sistema almacena dos canales de audio digitales de 16 bits de resolución a una frecuencia de muestreo de 48 KHz. Además se incluye una pista analógica de audio CUE longitudinal, que permite incorporar un tercer canal de audio de referencia y facilita la selección de los puntos de entrada y salida para editar. Dispone de otras pistas longitudinales como son la pista de código de tiempo y la pista de control que mejora la respuesta de los servosistemas.

Con esta información se requiere un flujo binario de 25 Mb/s, que se guarda en pistas de 18 micras de ancho, con una inclinación respecto del borde de la cinta de 20,03º. La velocidad de la cinta es de 33,85 mm/s; y esto permite unos tiempos de grabación de 63 minutos para cinta pequeña de cámara, y 123 minutos para cinta grande en magnetoscopios de estudio.

Estos equipos también son capaces de leer a velocidad 4x respecto del play, lo que significa una aceleración en el paso de información a estaciones no lineales. El sistema también dispone de mecanismo autotracking.

DVCPRO50:

El DVCPRO 50 fue desarrollado por Panasonic, como mejora del formato DVCPRO.

SISTEMA	DIGITAL SD. POR COMPONENTES
PATRÓN DE MUESTREO	4:2:2
ALGORITMO	DCT INTRAFRAME
RATIO DE COMPRESIÓN	3,3:1
BITRATE	50 MB/S
PROFUNDIDAD DE COLOR	8 BITS
SOPORTE	CINTA 1/4"
CANALES DE AUDIO	4 CANALES PCM
MUESTREO DE AUDIO	48 KHZ / 16 BIT

Características técnicas de DVC-Pro50.

A diferencia de su predecesor, este formato utiliza submuestreo de crominancia de alta calidad 4:2:2 y aumenta el flujo binario a 50 Mbp/s, paliando los efectos negativos existentes en el DVCPRO como la pérdida de calidad de la imagen si ésta es muy compleja. El factor de compresión utilizado es 3:3:1. Otra de las mejoras que incluye este formato respecto al DVCPRO, es la inclusión de 4 canales de audio PCM.

5.2.1.2 Formatos de almacenamiento en Alta Definición

HDCAM:
Este formato fue creado por Sony en 1997. Básicamente es una versión de alta definición de la familia Betacam, con un tamaño de cinta de media pulgada. Este formato es idóneo para la producción de series, documentales, programas de televisión y anuncios.

SISTEMA	DIGITAL HD. POR COMPONENTES
PATRÓN DE MUESTREO	3:1:1
ALGORITMO	DCT INTRAFRAME
EXPLORACIÓN	PROGRESIVA / ENTRELAZADA
BITRATE	144 MB/S
PROFUNDIDAD DE COLOR	8 BITS
SOPORTE	1/2"
CANALES DE AUDIO	4 CANALES PCM
MUESTREO DE AUDIO	48 KHZ / 20 BITS

Usa muestreo 4:2:2 con 8 bits de profundidad de píxel. Permite las resoluciones de 1080 líneas a 50i, 60i 25p, 29,97p y 24p. La tasa de bitrate obtenida es de 144 Mb/s con una relación de compresión aproximada a 4,4:1. Además permite almacenar 4 canales de audio AES/EBU muestreados a 48 KHz y 20 bits.

Características técnicas de HDCAM.

DVCPRO-HD:
El formato DVCPRO-HD fue desarrollado por Panasonic en 1998, para televisión de alta definición de Estados Unidos, con formatos de 1080 líneas, y una frecuencia de campos de 59,94 Hz.



SISTEMA	DIGITAL HD. POR COMPONENTES
PATRÓN DE MUESTREO	3:1:1
ALGORITMO	DCT INTRAFRAME
EXPLORACIÓN	PROGRESIVA / ENTRELAZADA
BITRATE	144 MB/S
PROFUNDIDAD DE COLOR	8 BITS
SOPORTE	1/2"
CANALES DE AUDIO	4 CANALES PCM
MUESTREO DE AUDIO	48 KHZ / 20 BITS

Utiliza un muestreo del tipo 4:2:2 con resolución de 8 bits. Este sistema utiliza un método de compresión intracadro basado en la DCT de bloques 8x8, con un factor de compresión de 6,7:1. Almacena 4 canales de audio digitales con resolución de 16 bits a 48 KHz de frecuencia de muestreo, y una pista analógica CUE. Obtiene un flujo

Cintas sistema de almacenamiento DVCPRO HD.

Características técnicas de DVCPRO HD

binario de 100 Mb/s, la velocidad de la cinta es de 135,28 mm/s con un tiempo de grabación de hasta 46 minutos.

HDCAM-SR:

Se trata de una variación del formato HDCAM creada en 2003 por Sony. Usa una cinta con alta densidad de partículas que permite el almacenamiento de una señal con un bitrate de 440 Mb/s (Modo SQ). Con respecto al audio, permite almacenar hasta 12 canales de audio.

Este formato usa una compresión MPEG 4 Studio Profile de alta calidad sin uso de GOP, evitando los típicos problemas en la edición de vídeo no lineal con el formato MPEG. Usa compresión intraframe progresiva con compresión intraframe en entrelazado.

Existen también algunos modelos de magnetoscopios que permiten el almacenamiento de vídeo con una tasa de 880 Mb/s (Modo HQ), lo que permite un flujo de vídeo con submuestreo 4:4:4 o dos flujos de vídeo simultáneos con submuestreo 4:2:2.

SISTEMA	DIGITAL HD. RGB / POR COMPONENTES
PATRÓN DE MUESTREO	4:4:4 / 4:2:2
ALGORITMO	MPEG-4SP INTRAFRAME / INTRACAMPO
EXPLORACIÓN	PROGRESIVA / ENTRELAZADA
BITRATE	440 MB/S
PROFUNDIDAD DE COLOR	12 / 10 BITS
SOPORTE	1/2"
CANALES DE AUDIO	12 CANALES PCM

La duración de las cintas es de 40 minutos para el tamaño S y 124 minutos para el tamaño L, sin embargo para la versión de 24 frames su duración es de 50 minutos para el tamaño S y 155 para el tamaño L.

Características técnicas de HDCAM SR.

5.2.2 Formatos de almacenamiento en ficheros

5.2.2.1 Soportes físicos No-Lineales

En la actualidad se está produciendo un cambio significativo en los sistemas de almacenamiento de noticias con la aparición de nuevos productos como son el Professional Disc de Sony o el Professional Plug-In, también llamado P2 de Panasonic, todo ello bajo el sistema de postproducción MXF (Multimedia eXchange Files).

Sony Professional Disc:

Sony Professional Disc lanzó su primera versión en 2003. Se trata de un disco óptico encapsulado que permite mediante dos cabezales ópticos grabar hasta 144 Mbit/s sobre un disco de 23 Gb, basado en laser azul, con duraciones de hasta 60 minutos.



Este formato da soporte a la familia XDCAM que dispone de distintos formatos de definición estándar y alta definición, con encapsulamiento MXF.

Soporte de almacenamiento Sony Professional Disc.

Características técnicas de Sony Professional Disc.

EMPRESA	SONY
PRODUCTO	PROFESSIONAL DISC
SOPORTE	PFD 23
TIPO DE SOPORTE	DISCO AZUL ENCAPSULADO
CAPACIDAD	23 GB
TIEMPO DE GRABACIÓN	60 MINUTOS (XDCAM HD HQ)
TASA DE TRANSFERENCIA	38 MBIT/SEG (XDCAM HD HQ)
TASA DE TRANSFERENCIA MÁXIMA	144 MBPS (DOBLE CABEZAL)
SISTEMA DE ARCHIVOS	UDF (PARTICIÓN FÍSICA)
ARCHIVOS	MXF

SxS:
El sistema SxS de Sony es el nuevo sistema de grabación basado en memoria flash para vídeo en alta definición para la familia de equipamiento XDCAM EX.



Dispone de una alta tasa de transferencia de datos, dado que es compatible con los estándares Express Card/34, PCI Express. A diferencia de las memorias P2 que utilizan una interfaz de datos paralelo, esta tecnología utiliza una interfaz de datos serie.

Características técnicas SxS.

EMPRESA	SONY
PRODUCTO	SXS-1
SOPORTE	SXS PRO
TIPO DE SOPORTE	MEMORIA DE ESTADO SÓLIDO
CAPACIDAD	64 GB
TIEMPO DE GRABACIÓN	200 MINUTOS (MODO HQ 35MBPS)
TASA DE TRANSFERENCIA	800 MBPS
TASA DE TRANSFERENCIA MÁXIMA	1.2 GBPS
SISTEMA DE ARCHIVOS	UDF/FAT
ARCHIVOS	MXF

Panasonic P2:
Panasonic P2 es un sistema de grabación formado por memorias de estado sólido que no requiere ningún sistema óptico, ni magnético como soporte de dichos datos. Cuenta con los distintos formatos de memoria existentes.



Da soporte tanto a los formatos DVCPRO como al nuevo AVC-I, con encapsulamiento MXF.

Soporte de almacenamiento P2.

Características técnicas de Panasonic P2.

EMPRESA	PANASONIC
PRODUCTO	PROFESSIONAL PLUG-IN
SOPORTE	P2
TIPO DE SOPORTE	MEMORIA DE ESTADO SÓLIDO
CAPACIDAD	8 GB
TIEMPO DE GRABACIÓN	8 MINUTOS (DVCPRO HD)
TASA DE TRANSFERENCIA	100 MBIT/SEG (DVCPRO HD)
TASA DE TRANSFERENCIA MÁXIMA	640 MBIT/SEG
SISTEMA DE ARCHIVOS	UDF (PARTICIÓN FÍSICA)
ARCHIVOS	MXF

5.2.2.1 Formatos de almacenamiento en Alta Definición de nueva generación

XDCAM 422:

Se trata de la 3ª generación del formato XDCAM. Usa un formato con un muestreo 4:2:2 con un códec MPEG-2 de longitud 12, y resolución nativa tanto para el formato 1080 como 720p, con 8 bits de resolución.

Características técnicas XDCAM 422.

Fuente: EBU

BITRATE	50 MBIT/S
PROFUNDIDAD VÍDEO	8 BITS
SUBSAMPLING	NO
COMPRESIÓN	MPEG-2 GOP L=12 M=3
FORMATO	1080I/25 1080P/25 720P/50
SMPTE STANDARD	-

Debido a la mejora en el muestreo de crominancia de sus predecesores, el bitrate máximo soportado se ha incrementado a 50 Mbit/s. La siguiente figura muestra un resumen de las características del formato de almacenamiento XDCAM 422.

AVC-I Class 50 y 100:

El AVC-Intra es un formato basado en los nuevos perfiles INTRA del estándar MPEG-4 AVC/H.264. La gran novedad de este formato reside en que permite codificar con 10 bits de profundidad, para ambos formatos, 1080i y 720p.

BITRATE	54.272	54.067
PROFUNDIDAD VÍDEO	10	10
SUBSAMPLING	1440 Y 720 C _B /C _R 4:2:0	960Y 48D C _B /C _R 4:2:0
COMPRESIÓN	AVC (INTRA)	AVC (INTRA)
FORMATO	1080I/25 1080P/25	720P/50
SMPTE STANDARD	HIGH 10 INTRA PROFILE	HIGH 10 INTRA PROFILE

BITRATE	111.820	111.616
PROFUNDIDAD VÍDEO	10	10
SUBSAMPLING	NO	NO
COMPRESIÓN	AVC (INTRA)	AVC (INTRA)
FORMATO	1080I/25 1080P/25	720P/50
SMPTE STANDARD	HIGH 4.2:2 INTRA PROFILE	HIGH 4.2:2 INTRA PROFILE

Dispone de 2 formatos denominados “Class 50” y “Class 100”, que dan solución a distintas necesidades de calidad y prestaciones.

- El formato “Class 50” utiliza un submuestreo 4:2:0 con escalado horizontal y 10bits/muestra, para aplicaciones de News.
- El formato AVC-I Class 100, se basa en el Perfil High 422 Intra, con submuestreo 4:2:2, 10 bits/muestra y una tasa binaria de 100 Mbps. Este formato no aplica ningún tipo de submuestreo a las componentes de luminancia y crominancia, trabajando a resolución completa en cualquiera de los formatos 1080 y 720 soportados.

El soporte físico utiliza memorias de estado sólido P2, mediante encapsulación universal MXF (OP-Atom y OP-1a) conforme a la SMPTE RP 2008.

— **JPEG2000:**

El formato JPEG2000 fue aprobado por el ISO en el año 2000 como ISO/IEC 15441-1. Se diferencia de los estándares MPEG-2 y MPEG-4 AVC/H.264 en el uso de una codificación transformacional global basada en wavelets, sustituyendo la transformada DCT, que opera de modo local en áreas no solapadas de reducidas dimensiones.

El estándar JPEG2000 fue diseñado para aplicaciones informáticas, pero se ha aplicado al entorno de vídeo profesional de alta calidad ya que ha sido adoptado por la industria cinematográfica para la distribución de cine digital.

Las principales ventajas del formato JPEG 2000 son:

- Permite comprimir imágenes un 30% más que JPEG.
- Es capaz de mostrar imágenes en diferentes resoluciones y tamaños.
- Tiene mayor robustez a la hora de evitar errores.

Este es el formato adoptado por Thomson-Grass Valley en su gama de productos de adquisición y edición, denominado Infinity.

5.2.3 Encapsulador universal MXF

MXF (Material Exchange Format) es un formato desarrollado para el intercambio de contenidos multimedia entre una fuente y uno o varios receptores en un entorno de producción profesional. Puede contener distintos formatos de compresión y descompresión. Sus ventajas son:

- Protección de los contenidos en todo el ciclo de vida de producción.
- Gran flexibilidad.
- Capacidad de integración con todos los formatos de alta definición.

El MXF puede contener simultáneamente varias pistas de audio, vídeo y metadatos. Está estandarizado por SMPTE, asegurando cohesión entre las áreas que componen el Centro de Producción Audiovisual.

• Estándares y Formatos

Los siguientes estándares definen la codificación y estructura de los ficheros y de los metadatos:

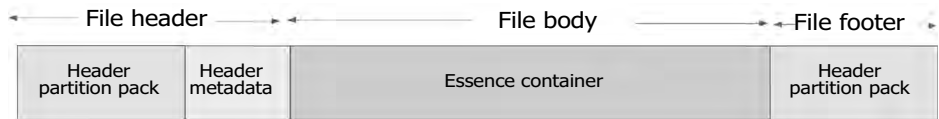
- SMPTE 434M: “XML Encoding for Metadata and File Structure Information”.
- SMPTE 429M-6: “MXF Track File Essence Encryption”.
- SMPTE 410M: “Generis Stream Partition”.
- SMPTE 380M: “MXF Descriptive Metadata Écheme-1 (DSM-1)”.
- SMPTE 377M: “MXF File Format Specification”.

Tal y como se ha comentado anteriormente, es posible encapsular multitud de formatos, algunos de ellos y su correspondiente estándar se indican a continuación:

- JPEG2000 (SMPTE 422M)
- HDCAM (SMPTE 384)
- XDCAM HD, MPEG-2 y AVCHD (SMPTE 381)
- AVC-I

• Estructura de ficheros MXF

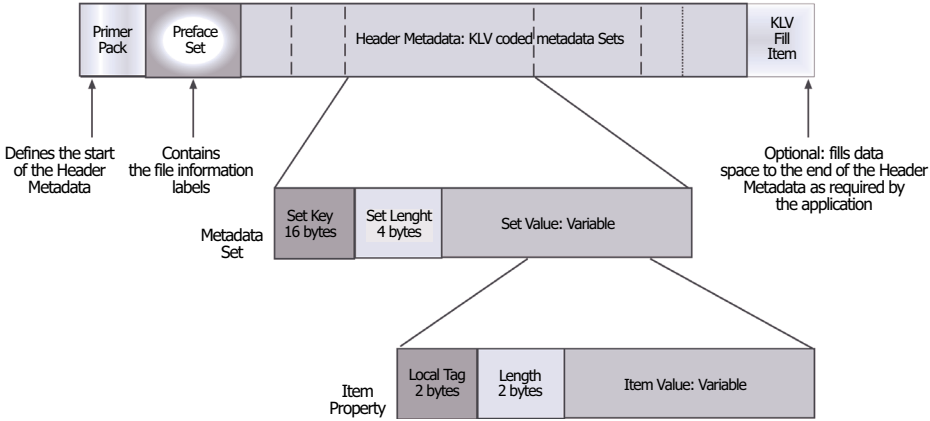
La siguiente figura muestra la estructura de un fichero MXF, donde se identifica la metadata Header incluida en la cabecera general y el contenedor que contiene el audio y vídeo.



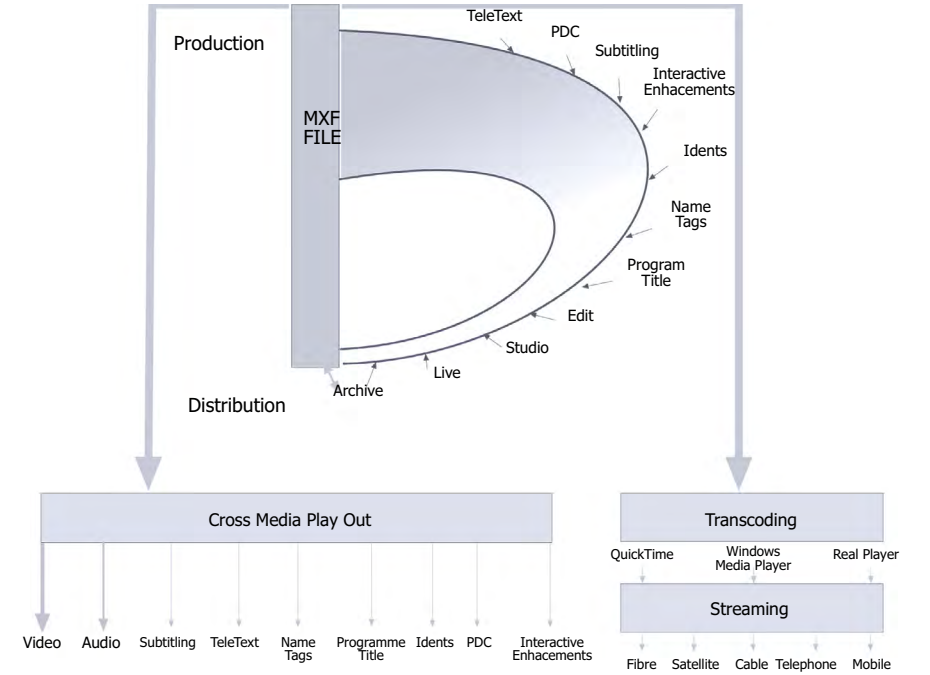
Cada elemento que compone el fichero MXF se codifica por 3 factores que son: Key, Length y Value.

Esta codificación permite identificar cualquier elemento dentro del mismo fichero según sus códigos Key y Length. Por último la componente Value realizará el procesamiento del metadato o lo descartará dependiendo de las necesidades del sistema.

La mayoría de los formatos de compresión usados en producción se pueden encapsular en MXF, para ello hay que indicar en el Essence container el tipo de contenido que se desea encapsular.



En la figura anterior se muestra la división de un fichero MXF. En dicho fichero, es posible incluir información de datos de cualquier tipo como subtítulos, teletexto, guías de programación. También es posible añadir información de catalogación del material, de este modo facilitaría las labores de búsqueda del material almacenado.



División fichero MXF.

Metadatos con arquitecturas MXF.

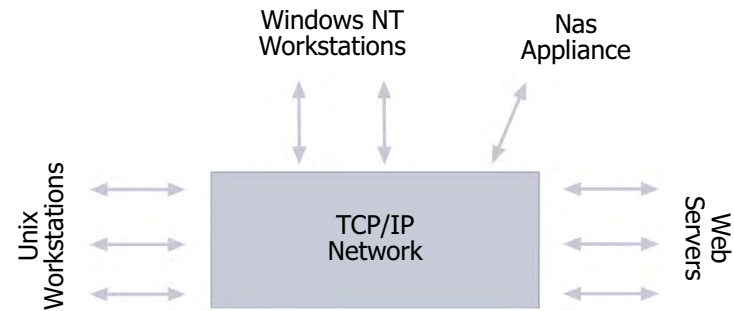
5.2.4 Tecnologías de archivos

La información digital es un componente crítico de las actuales empresas. El volumen de información que se necesita recopilar y gestionar aumenta a diario y, a menudo, estos datos deben estar disponibles las veinticuatro horas del día. Este crecimiento se ve impulsado por la gran variedad de información de la que deben hacerse cargo hoy día sus sistemas de TI.

Las redes SAN constituyen una excelente solución para aplicaciones de vídeo. En los Centros de Producción audiovisuales existían desde hace varios años estaciones de trabajo digitales con array de discos SCSI, que constituyen pequeñas islas de información. Con anterioridad a la aparición de la tecnología NAS y SAN no existía ningún medio eficiente de acceso global y competente a la información.

5.2.4.1 Tecnología NAS (Network Attached Storage)

NAS es una arquitectura que permite el acceso desde los PC o servidores a discos externos del mismo modo que si estuvieran conectados directamente, con la ventaja de la compartición de la información.



Habitualmente, los sistemas NAS son dispositivos de almacenamiento específicos a los que se accede desde los equipos a través de protocolos de red (normalmente TCP/IP).

El opuesto a NAS es la conexión DAS (Direct Attached Storage) mediante conexiones SCSI o la conexión SAN (Storage Area Network)

Esquema tecnología NAS.

por canal de fibra, en ambos casos con tarjetas de conexión específicas de acceso al almacenamiento. Estas conexiones directas (DAS) son por lo habitual dedicadas.

NAS proporciona un recurso de almacenamiento más flexible, inteligente y fácil de gestionar que no sólo hace frente a los desafíos actuales de las empresas sino que también se adapta a medida que evolucionan sus necesidades y requisitos.

Las ventajas del NAS son:

- Reducción del tiempo empleado en gestionar y asignar el espacio en disco.
- Permite compartir los recursos de almacenamiento entre estaciones de trabajo que ejecutan sistemas operativos de distintos proveedores.
- Capacidad de compartir las unidadesn a un menor coste.

Sin embargo, NAS tiene un menor rendimiento y menos fiabilidad por el uso compartido de las comunicaciones.

Los protocolos de comunicaciones NAS están basados en ficheros por lo que el cliente solicita el fichero completo al servidor y lo maneja localmente, están por ello orientados a información almacenada en ficheros de pequeño tamaño y gran cantidad. Los protocolos usados son protocolos de comparación de ficheros como NFS, Samba o Microsoft Common Internet File System (CIFS). Los sistemas NAS son en realidad un pequeño servidor con un sistema operativo integrado.

5.2.4.1 Tecnología SAN (Storage Area Networks)

Las redes SAN aparecieron con la idea de satisfacer los requerimientos de quienes manejan altos volúmenes de información como los de sistemas de edición de vídeo.

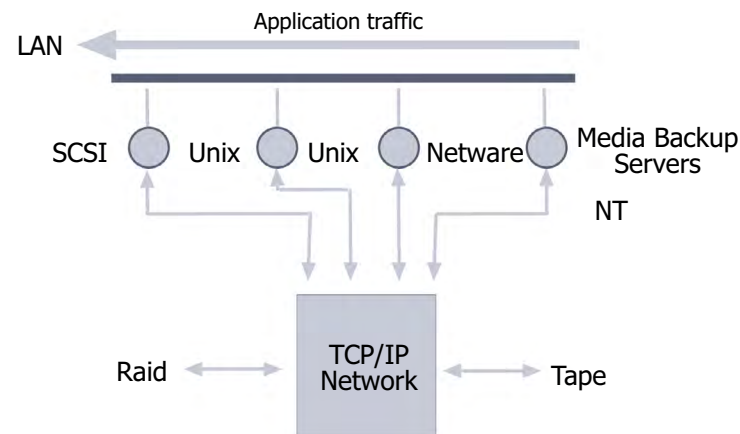
Estas redes se basan en la tecnología Fibre Channel, que nació bajo la perspectiva de I/O y LAN, combinando en un solo enlace las capacidades de estas tecnologías.

La gran capacidad y facilidad de uso de una red SAN en una

aplicación de edición de vídeo han permitido un ahorro considerable de cintas y horas de trabajo.

Las características de escalabilidad, velocidad de transmisión y la opción de seguir usando las unidades de almacenamiento ya existentes convierten a las SAN y la tecnología Fibre Channel en una solución esperada en el área de las comunicaciones.

Las redes SAN conectan servidores con elementos de almacenaje de gran capacidad con el fin de compartir estos recursos. Las SAN proporcionan excelentes características de escalabilidad, facilidad de administración de un gran número de discos y servidores a grandes distancias.



Una estructura básica de SAN.

Una SAN (Storage Area Network) es la aplicación de la tecnología Fibre Channel que permite transmisiones en serie a velocidades de 1 Gbps o más, tanto sobre cable de cobre como sobre fibra óptica para crear una red local dedicada exclusivamente a dispositivos de almacenamiento.

Una implementación SAN permite compartir recursos de elevado costo, como puede ser un sistema RAID o una librería para copia de seguridad, a alta velocidad entre varios usuarios sin ningún impacto en la LAN (red de área local), o bien un sistema dedicado y centralizado de edición de vídeo.

Las ventajas de las redes SAN son:

- Ancho de banda elevado: El estándar actual permite un ancho de banda de 1 Gbps a 4 Gbps.
- Centralización de backup: Permite backup online sin afectar al trabajo de los usuarios.
- Conectividad modular: Permite el crecimiento de dispositivos a partir del hardware existente.
- Alta escalabilidad: Dependiendo de la topología SAN utilizada se pueden interconectar hasta 16 millones de nodos a distancias hasta 10 Km, alcanzando capacidades de cientos de Terabytes.
- Alta disponibilidad: La tecnología Fibre Channel permite conexión dual loop, proporcionando un camino alternativo en caso de fallo.
- Gestión centralizada: Permite la gestión global de todos los dispositivos de almacenamiento que forman parte de la red.

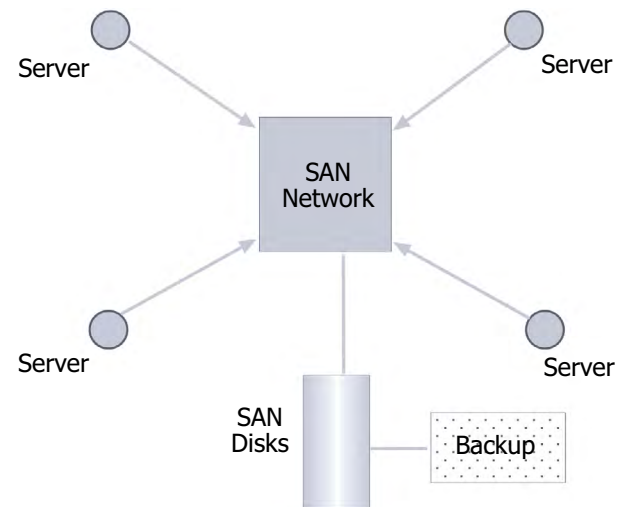
Topología SAN:

Existen varias topologías de redes SAN. Se puede considerar una SAN a partir de un servidor que incorpora un adaptador interno Fibre Channel conectado a un RAID de discos en Fibre Channel, constituyendo así el caso más sencillo con una topología punto a punto.

La topología Arbitrated Loop incorpora un hub o un switch loop en Fibre Channel, que permite conectar hasta 126 dispositivos, los cuales pueden ser servidores, estaciones críticas de trabajo, sistemas de almacenamiento (RAID, JBOD, etc) y sistemas de backup como librerías de cintas (DAT, DLT, 8mm, LTO, DVD etc).

Una solución más compleja, orientada a grandes instalaciones, se basa en una topología Fabric, con capacidad de conectar más de 16 millones de dispositivos como los anteriormente comentados, con la posibilidad de incluir arbitrated loops.

Estructura de tecnología SAN.



— Fibre Channel:

Fibre Channel es un estándar de conexión de alto rendimiento diseñado para realizar comunicaciones bidireccionales de datos en serie entre servidores, subsistemas de almacenamiento masivo y periféricos, a través de concentradores, conmutadores y conexiones punto a punto.

Proporciona conectividad de larga distancia y el ancho de banda necesario para transferir de forma eficaz grandes archivos de datos entre el servidor y los sistemas de almacenamiento. Desaparecen las limitaciones de SCSI. Resulta ideal para redes SAN, grupos de computadores y otras configuraciones informáticas en las que existe un flujo de datos intensivo. El Fibre Channel admite redes de cable de cobre como en fibra óptica.

— Multimedia CLOUD:

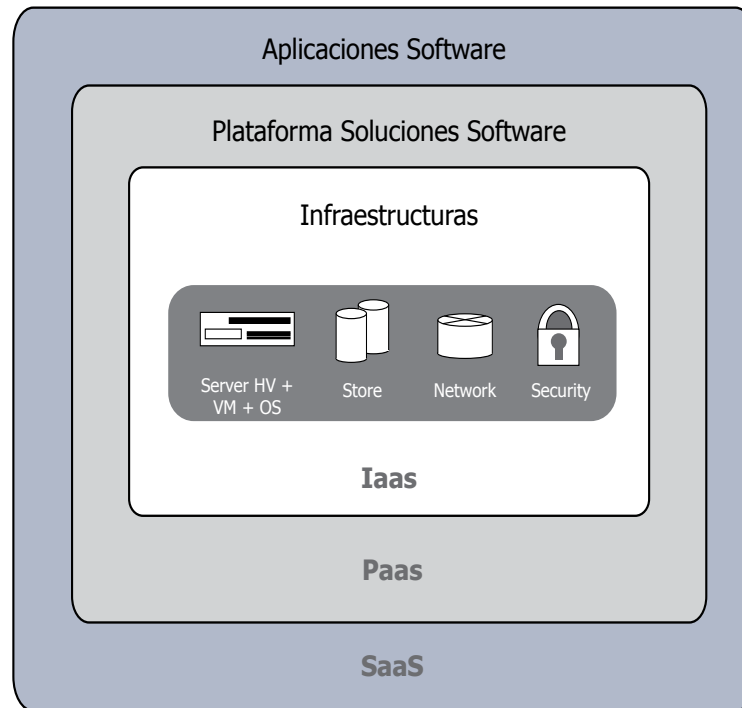
Las nuevas tecnologías del “cloud computing” también han encontrado su campo de aplicación en la industria profesional audiovisual, en la que pueden ofrecer nuevos servicios para tareas de edición, procesado, codificación y distribución de contenidos, reduciendo sus costes operativos y sus infraestructuras, modificando su política de inversiones en costosas plataformas hardware y software bajo modelo de licencias, por un modelo de alquiler de servicios.

Su implantación de modo masivo en el entorno broadcast, requiere de la optimización de ciertos aspectos técnicos intrínsecos a las particularidades de los sistemas de Broadcast, como la elevada latencia, la necesidad de redes de comunicaciones de muy alto ancho de banda entre la plataforma y los usuarios, así como la protección de los contenidos sobre la plataforma remota.

La nube puede ser vista como una estructura de tres capas jerárquicas, que cubren los servicios en la nube desde la perspectiva de las infraestructuras, la plataforma y el software:

- IaaS: Infrastructure-as-a-Service. Conjunto de recursos que proporciona servicios de procesado, almacenamiento, y cualquier otro tipo de cómputo que permite al usuario ejecutar software de modo genérico.
- PaaS: Platform-as-a-Service. Es el modelo usado por los desarrolladores para crear aplicaciones o servicios. Se compone del conjunto de herramientas de desarrollo para los productos finales.
- SaaS: Software-as-a-Service. Es el conjunto de servicios que ejecutan las aplicaciones sobre las infraestructuras de cloud. EL modo de acceder a dichas aplicaciones es a través de una simple interfaz de usuario del tipo Web browser, o player de aplicaciones como Adobe Flash.

Estructura de la nube.



Las plataformas de cloud se apoyan en los estándares tradicionales de TCP/IP y HTTP, así como en los estándares abiertos para la red mantenidos por el IETF (Internet Engineering Task Force), y el WC3 (World Wide Web Consortium). Utilizando dichos estándares como pilares, en la actualidad se han desarrollado ciertas APIs y OS específicos para la nube de especial relevancia:

- **AWS**: Amazon Web Services. Compuesta por una API desarrollada por Eucalyptus Systems, y que permite ejecutar aplicaciones en nubes privadas compatibles con AWS.
- **CloudStack**: es un open source desarrollado en java, que permite la gestión de un elevado número de máquinas virtuales como una plataforma escalable de cloud computing, siendo compatible con AWS.

- **OpenStack**: es un sistema operativo open source para la nube, desarrollado por la comunidad de programadores, y fundado inicialmente por Rackspace hosting y la NASA, al que dan soporte HP, IBM y AT&T.

• Ingesta en la nube

La ingesta de media basada en ficheros, es una de las primeras aplicaciones diseñadas para la nube, donde el contenido es almacenado de modo distribuido en lugar de requerir de grandes volúmenes de almacenamiento local. Los factores más críticos son la latencia y el elevado ancho de banda requerido por ciertos formatos profesionales de captura, que por lo general oscilar entre los 25Mbps (DV) para SD, a los 100Mbps para HD (AVC-I, HDCAM), o incluso los 400MBps (HDCAM-SR) para producciones más exigentes.

En lo relativo a las contribuciones desde localizaciones remotas, es muy común el que las estaciones de DSNG dispongan de conectividad IP para la distribución de sus contenidos, permitiendo su total integración en el Workflow del cloud computing.

• Automatización y gestor de media en la nube

En la actualidad existen diversas soluciones de SaaS que proporcionan servicios de MAM (Media Asset Management) para ser ejecutados sobre plataformas de cloud, en el que el usuario realiza la ingesta por medio de un cliente web que incorpora una interfaz e-VTR. Estas SaaS permiten de igual modo la catalogación del contenido ingestado, así como una edición ligera en la nube por medio de un sencillo interfaz Web Browser. La migración de los sistemas de automatización a plataformas de cloud requieren de un modelo híbrido, en el que la aplicación de gestión de la automatización se ejecuta en la nube, y desde la nube se controla remotamente el conjunto de elementos hardware de emisión local compuesto por matrices, generadores de caracteres y servidores de vídeo.

• Virtualización de renderizado gráfico

Debido a la naturaleza de pipeline de las arquitecturas multicore, la virtualización de GPUs para su utilización distribuida en tareas de renderizado intensivo de gráficos, era un hecho que se consideraba

hasta hace poco tiempo como inalcanzable. En 2012 Nvidia desarrollo su tecnología denominada Virtual Graphics (VGX), que trabaja con 1536 cores Kepler GPU, dando cabida cada uno de ellos a 256 GPUs virtuales.

Esta elevada capacidad de cómputo, permite procesamiento gráfico de alta eficiencia en la nube, abriendo nuevos servicios y aplicaciones para procesamiento y modelado de vídeo, con velocidades de por encima de los 100Gbps.

6. EDICIÓN Y POSTPRODUCCIÓN DIGITAL

6.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

6.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

6.2.1 EDICIÓN LINEAL

6.2.2 EDICIÓN NO-LINEAL

6.2.3 SISTEMAS DE POST-PRODUCCIÓN

6. EDICIÓN Y POSTPRODUCCIÓN DIGITAL

6.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

¿Qué sería de las películas y contenidos actuales sin una excelente posproducción? Cada día más exigentes en los efectos transicionales, efectos de croma y mundos virtuales, las películas o contenidos necesitan introducir una gran parte del presupuesto de la producción tras la grabación en bruto. Se pasó de la edición lineal a la no lineal, con la mejora en posibilidades y ahorro de tiempo que ello produjo, pero este paso y cambio no habría sido posible de no ser por el avance de varias tecnologías, como son la de almacenamiento, comunicaciones y proceso.

La ingente cantidad de datos que atesoran actualmente los contenidos audiovisuales (rodados mínimo en alta definición y últimamente en 3D) necesita de estos tres procesos en su máxima expresión, por lo que ha habido que esperar a que dichas tecnologías relacionadas estuvieran lo suficientemente desarrolladas.

Almacenamiento en estado sólido para un más rápido acceso, con Terabytes de capacidad, ha sido necesario y lo es para una mínima producción de contenidos hoy en día.

El uso de la infraestructura de Gigabit Ethernet es fundamental en este caso. Asimismo, el procesamiento de la señal para crear desde las más simples transiciones hasta los efectos de mundos virtuales debe tener a su disposición las más modernas tecnologías.

Actualmente, una tercera parte de la producción cinematográfica se basa en las posibilidades de la posproducción, y como ejemplo la película Alicia en el País de las Maravillas de Tim Burton, ha necesitado únicamente 40 días de rodaje, y más de un año de posproducción de

contenidos. Los contenidos para el cine, la televisión o cualquier otro medio (incluso Internet) están abocados a tener más virtualización y efectos, por lo que una buena edición es fundamental.

También como en otras áreas, la posproducción ha evolucionado hacia software más sencillo de trabajar y ha llegado al usuario final, que actualmente posee la posibilidad de editar vídeos en alta definición con un PC estándar y un programa de edición de no más de 50 euros. Estas soluciones, que obviamente no son ideales para un contenido de cine o de difusión nacional, sí son soluciones más que aceptables y necesarias para la producción de contenidos locales.

6.2 TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

La edición, es el proceso de ordenación de un material con el fin de obtener un programa continuado, sin imágenes, sonidos inútiles o mal colocados. El montaje en soporte electromagnético, óptico o HDD característico de la televisión suele denominarse con el nombre de edición. En la actualidad existen dos tipos de edición: Edición Lineal y Edición No Lineal.

6.2.1 Edición Lineal

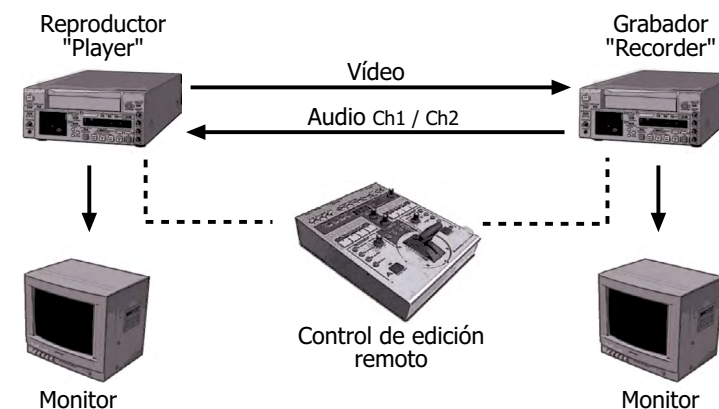
La Edición Lineal es el proceso audiovisual que consiste en la creación de un master a partir de vídeos de diferentes fuentes almacenados todos ellos sobre una cinta magnética. El acceso secuencial a la información (plano requerido para la edición), es el origen de la terminología "Lineal".

6.2.1.1 Edición al corte

Es el tipo de edición más básico. Permite unir dos vídeos sin ningún tipo de transición. Para realizar este tipo de edición se utilizan al menos 2 magnetoscopios, uno de ellos para reproducir y otro hace funciones de grabador. En el magnetoscopio reproductor se inserta la cinta máster que contiene los brutos de información y en el grabador se inserta la cinta donde se grabará el montaje realizado.

En el proceso de edición se establecen los puntos de comienzo y final de cada plano, obtenidos de los brutos, a estos puntos se los conoce como puntos de edición. Cuando en el proceso de edición se usan magnetoscopios

para la edición de vídeo, ambos deben estar sincronizados a la hora de efectuar la edición, para ello usan la técnica de pre-roll, que consiste en un proceso de retroceso de las cabezas de los magnetoscopios para realizar un ajuste preciso obteniendo una sincronización en los puntos de edición.



Equipamiento de una sala de edición por corte.

Para el control de los magnetoscopios se usa la mesa de edición denominada "editora". Desde la editora, y con la ayuda de una mesa de mezclas, es posible realizar edición de vídeo con efectos de mayor calidad y precisión. Si se dispone de 2 o más magnetoscopios reproductores y un grabador, es posible realizar encadenados y transiciones por cortinillas u otro tipo de efectos. Esta tipología de salas aumentan notablemente las posibilidades de edición de vídeo y se las conoce como A-B Roll.

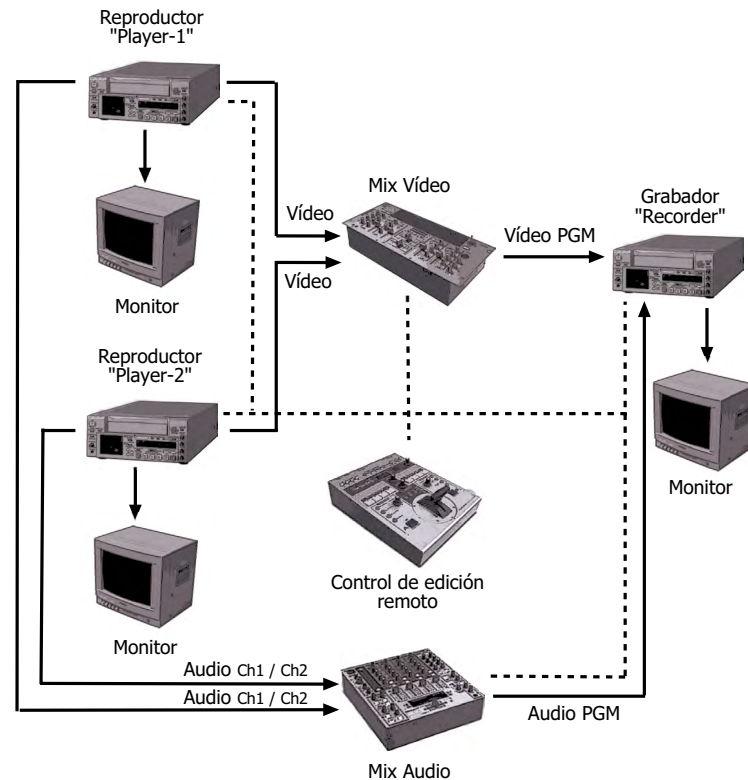
6.2.1.2 Edición A/B Roll

La edición A/B Roll permite realizar transiciones entre las diferentes tomas de vídeo existentes. Para poder realizar una transición entre dos brutos, es necesario el siguiente equipamiento:

- Dos reproductores de vídeo.
- Un grabador/editor de vídeo.
- Un controlador de edición o editora.
- Un mezclador de vídeo o generador de transiciones.

- Un mezclador de sonido.
- Tres monitores de vídeo.

La siguiente figura muestra el equipamiento de una sala A/B Roll.



En el proceso de edición lineal es necesaria la identificación de los frames de vídeo para obtener un acceso preciso en los diferentes modos de edición. Esta señal conocida como Código de Tiempo, se utiliza para indicar los puntos de edición y permite localizar de forma exacta cualquier punto de la cinta.

6.2.1.3 El Código de Tiempo (Time Code)

Consiste en la asignación de un número a cada frame durante el proceso de grabación basados en el estándar SMPTE-12M.

Su formato en Europa es el siguiente:

Horas; Minutos: [0-59]; Segundos: [0-59]; Frames: [0-24]

Existen dos tipos de Código de Tiempos; Lineal Time Code (LTC) y Vertical Interval Time Code (VITC).

— Linear Time Code (LTC):

Se graba en la cinta de forma longitudinal a -3 dB sobre una pista de audio y puede ser tratado como cualquier otra señal de audio, con una modulación bifase.

Desventajas del LTC:

- Puede causar diafonía con las señales de audio adyacentes.
- A muy bajas velocidades de arrastre, la corriente inducida en las cabezas de audio es insuficiente para identificar el código.
- Ocupa una pista de audio de la cinta, que podría ser usada para otros fines.
- La pista de Código de Tiempo sufre degradación con el uso.

— Vertical Interval Time Code (VITC):

Es una modificación del LTC para corregir las deficiencias de éste. Se graba de forma conjunta con la señal de vídeo en el intervalo de borrado vertical usando una modulación binaria.

El VITC se localiza en las líneas de borrado vertical, fuera del área de imagen. Se suele grabar por duplicado en 2 líneas no adyacentes de cada campo, con el objetivo de reducir la posibilidad de error por "Drop-out" (en las líneas 19 y 21 del campo impar y las líneas 332 y 334 del campo par). Se puede leer a cualquier velocidad, siempre que haya imagen.

Desventajas del VITC:

- Utiliza un espacio en la cinta que normalmente se destina a señales de test.

Equipamiento de una sala A/B Roll.

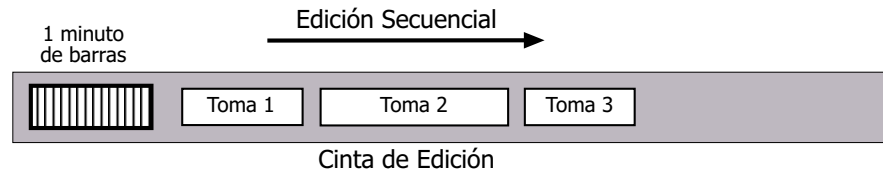
- Al formar parte de la propia señal de vídeo, es difícil añadir el código a imagen ya grabada.

6.2.1.4 Modos de grabación

Se utilizan dos métodos de grabación en vídeo:

— Método de grabación por Assemble:

El modo de edición Assemble se basa en la inserción de tomas de vídeo de forma consecutiva, impidiendo corregir el contenido editado, y teniendo que realizar previamente el montaje secuencial de todos los contenidos.



Este método elimina el contenido de la cinta desde el comienzo de ésta, reemplazándolo con los nuevos contenidos de audio, vídeo y la pista de control. No permite una selección de la pista que se desea grabar.

Por otro lado, la grabación por Assemble es un método eficaz de realizar copias directas de otra cinta, o como preparación para el modo de grabación por Insert. Habitualmente cuando se realiza una grabación por el método Assemble, se graba al comienzo de la cinta un minuto de barras.

— Método de grabación Insert:

La edición por Insert consiste en la sustitución del contenido existente por otro contenido. Este método permite la inserción de contenidos de forma separada, cualquier canal de audio o vídeo sin que existan perturbaciones sobre la pista de control, por lo tanto es un método de grabación que ofrece más posibilidades que el método Assemble.

Para la realización de este tipo de grabación, es necesario tener grabado en la cinta la información del código de tiempo de forma continua (Control Track y Time Code) y a continuación se insertarán el contenido de vídeo y audio de forma separada. Una grabación por

Insert en una cinta de vídeo virgen no podrá efectuarse ya que el magnetoscopio no dispone de referencia. Del mismo modo, si la cinta tiene cortes en su referencia temporal no se efectuará la grabación de forma correcta.

- o Tipos de transiciones:

— Corte:

Consiste en la unión directa de dos secuencias distintas. El corte directo es la transición más sencilla e imprime un carácter dinámico en la asociación de dos situaciones.

— Encadenado:

Es el proceso de sustitución de una imagen por otra de forma gradual, hay un momento en que ambas imágenes tienen un mismo valor hasta que la permanencia definitiva de la segunda imagen se mantiene.

— Fundido a negro:

Es un proceso que suele utilizarse para iniciar o concluir una secuencia. Existen dos tipos de fundido: El fundido de entrada o apertura en negro (fade in) se lleva a cabo cuando de la pantalla absolutamente en negro va apareciendo gradual y progresivamente una imagen cada vez más luminosa hasta llegar a la normalidad. El proceso inverso se conoce como fundido de salida o fundido en negro: El plano se oscurece hasta que la pantalla queda totalmente en negro.

— Cortinilla:

Es un efecto electrónico que consiste en la utilización de formas geométricas para dar paso a la siguiente imagen. Puede tener formas muy variadas: horizontal, vertical, oblicua, o cualquier otro patrón definido.

6.2.2 Edición No-Lineal

La Edición No-Lineal es un tipo de edición con el cual se editan vídeos sin una estructura de tiempo lineal determinada. A diferencia de la Edición Lineal, la Edición No-Lineal permite un acceso instantáneo al material grabado, sin necesidad de recorrer de modo secuencial todo el bruto.

hasta llegar al punto de interés. Es necesario un software de edición que organizará la información en escenas. Además el programa editado puede mejorarse añadiendo efectos a posteriori de modo muy sencillo. Las transiciones pueden ser mucho más vistosas que los simples fundidos y cortinillas. La edición No-Lineal ha surgido en los últimos años gracias a los grandes avances en la compresión de vídeo digital y en los sistemas computacionales. Se basa en la grabación en disco duro que ha resultado ser otro factor clave en la aparición de estos sistemas, proporcionando tiempos de escritura y lectura muy reducidos.

Ventajas de la Edición No-Lineal:

- Reducción de coste de equipamiento HW al estar soportados, por lo general, por PC de altas prestaciones.
- Reducción de costes de almacenamiento, al estar soportados en medios físicos de acceso aleatorio, como los discos duros y los soportes ópticos.
- Ordenación del material. Permite la organización de las escenas de forma sencilla.
- Compartición de información. Es posible un acceso multiusuario a los brutos de información.
- Reducción de tiempos. La Edición No-Lineal reduce el tiempo de acceso a la información almacenada, mientras que con la Edición Lineal los tiempos de replicado de los brutos eran altos.
- Inserción de innumerables efectos en cualquier punto de la información.
- Agiliza el flujo de trabajo.
- Aumento de la producción broadcast.
- Permite la evolución modular y escalable.

6.2.2.1 Requisitos del sistema

El Hardware que compone un sistema de Edición No-Lineal debe ser de alta capacidad, ya que esta requiere de CPU's con un alto nivel de procesamiento de datos, debido al gran volumen que manipula, y al trabajar habitualmente con formatos de audio y vídeo a los que hay que aplicar procesos de compresión-descompresión de alta carga computacional.

A continuación se describirán los requisitos de los sistemas de Edición No Lineal profundizando en aspectos fundamentales de la tecnología de los sistemas de Edición No Lineal como son:

- Tarjetas gráficas.
- Tipos de buses para periféricos de captura y visualización.
- Tipos de buses para sistemas de almacenamiento.

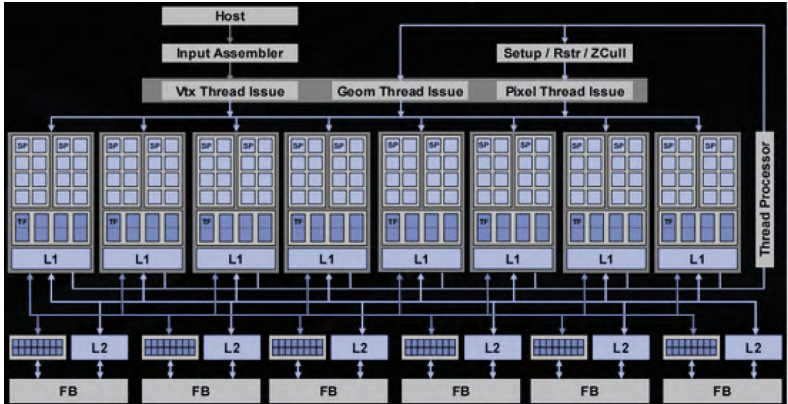
— Tarjetas Gráficas:

La incorporación en las tarjetas gráficas de potentes motores de procesamiento denominados GPU (Graphics Processing Unit), especializados para renderizados 3D, ha convertido a las tarjetas gráficas en elementos determinantes para las estaciones de edición. Los parámetros indicativos de las prestaciones de una GPU son los siguientes:

- El número de procesadores que incorpora, con capacidad multithreading. En la actualidad existen tarjetas que incorporan hasta 16 unidades.
- El tamaño y tecnología de la memoria no-compartida, con acceso de alta velocidad desde los procesadores. Se pueden encontrar tarjetas con 1 GByte de memoria local.
- El ancho de banda entre la memoria no-compartida y el host principal, que en la actualidad se aproxima a los 4 GB/s.

En la siguiente figura se muestra la arquitectura de una tarjeta de la serie 8 de Nvidia, que incorpora 8 procesadores para multithreading.

Arquitectura
Serie 8 Nvidia



Otros factores de gran importancia en el sistema de edición son los buses de datos. Éstos se encargan del transporte de la información, dependiendo de la finalidad del flujo E/S de los datos, los periféricos E/S pueden ser periféricos de captura y visualización, o periféricos de almacenamiento.

— **Tipos de buses para periféricos de captura y visualización:** Este tipo de buses se emplea para la comunicación con componentes o con otros equipos. Existen multitud de buses para periféricos de captura y visualización.



A continuación se detallan los más usuales:

— **PCI.** El bus PCI tiene 32 bits de comunicaciones que trabajan a una frecuencia de 33 MHz, por lo tanto la tasa de transferencias teórica es de 133 MB/s. Velocidad de transferencia más que suficiente para cualquier tarjeta gráfica 2D. Existen varios tipos de PCI, dependiendo de los requisitos electrónicos se pueden dividir en:

- PCI de 5 voltios.
 - PCI de 3.3 voltios, más usados en ordenadores portátiles.
 - Universales, seleccionan el voltaje automáticamente.
- También existen distintas ranuras de acuerdo con los bits que se puedan transportar.
- Ranuras de 32 bits: son las más normales y extendidas.
 - Ranuras de 64 bits: agregan 32 conectores más.

— **AGP.** Bus para conectar periféricos a la placa base del equipo. Los buses AGP trabajan a distintas frecuencias y voltajes, hay más diferencias entre ellos que en el caso de las PCI. Este tipo de bus está en desuso actualmente. La última versión de este bus es AGP 8X, tiene una frecuencia de 533 MHz y tasa de transferencia de 2 GB/s con un voltaje de 0,7 o 1,5 V.

— **PCI-Express.** Es mucho más veloz que los dos buses anteriores, convirtiéndose en el sustituto natural de los dos. Dependiendo del dispositivo existen PCI-Express de distintas frecuencias de reloj. Pero en el caso de tarjetas gráficas se utiliza PCI-Express 16x de 2128MHz, aunque existen más variaciones. Se ha convertido en el sustituto de AGP por velocidad de transferencia y al ser la evolución del PCI se ha afianzado en el mercado. En la siguiente gráfica se muestran los tres tipos de transferencia soportados por esta tecnología.

BUS	ANCHO DE BANDA	DATA RATE	TIPO	TOPOLOGÍA
PCI	33/66MHZ	133 MB/S / 266 MB/S	32/64 BITS	CARD EDGE
PCI-X	533MHZ	266 MB/S	32/64 BITS	CARD EDGE
AGP	66MHZ	264 MB/S	8/16/32 BIT	PUNTO A PUNTO
AGP 2X	133MHZ	528 MB/S	8/16/32 BIT	PUNTO A PUNTO
AGP 4X	266MHZ	1 GB/S	8/16/32 BIT	PUNTO A PUNTO
AGP 8X	533MHZ	2 GB/S	8/16/32 BIT	PUNTO A PUNTO
PCI EXPRESS	2128MHZ	2,5 GB/S	HASTA 32 BITS	PUNTO A PUNTO

Transferencias
soportadas.

Tipos de buses para sistemas de almacenamiento:

Este tipo de buses se emplean en los sistemas de Edición No-Lineal para el almacenamiento de información en discos duros u otros periféricos de almacenamiento. Seguidamente se detallan los tipos de buses para este tipo de aplicaciones:

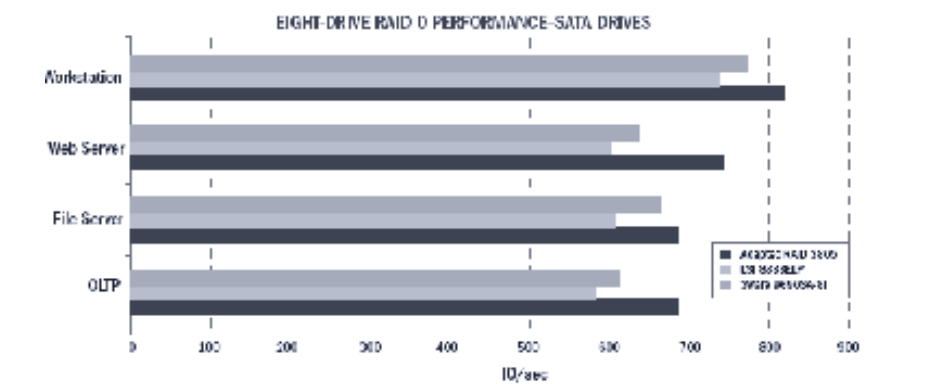
- IDE: Se utiliza para la conexión con dispositivos de almacenamiento, como discos duros, DVDs, CD-ROM etc. El controlador de disco está instalado en el propio dispositivo y la placa base implementa un circuito puente para pasar la información del bus IDE al bus local. Su última versión es ATA-7 que proporciona 133 MB/s con conexión de 40 líneas.
- SCSI: Se introdujo para conectar múltiples periféricos de carácter heterogéneo: discos duros, escáner, impresoras etc. Utiliza un protocolo inteligente entre dispositivos que evita tener la mediación de la CPU. Está orientado a entornos profesionales (servidores, RAID) y las mejoras con respecto al bus IDE son:
 - Mejor ancho de banda
 - Gestión de comandos
 - Transferencia inteligente entre dispositivosLa ultima especificación disponible es el estándar SCSI-3 que permite entregar una tasa de datos de 320MB/s con un ancho de banda de 2x80MHz con 16 bits.
- Serial ATA (SATA): Bus serie que permite la conexión punto a punto de discos duros que no comparten bus. La versión SATA III proporciona 600MB/s con un ancho de banda de bus de 3000MHz.
- SAS (Serial Attached SCSI): Aglutina las ventajas de las tecnologías actuales, como la robustez de los dispositivos SCSI, la alta capacidad y el bajo coste de la tecnología SATA y la alta velocidad de la fibra óptica, todo ello con altos niveles de exigencia en velocidad y fiabilidad: servidores, RAID, etc. Utiliza dos canales independientes de entrada/salida, y es compatible con SATA. Las especificaciones existentes son:
 - SAS 300: 300 MB/s
 - SAS 600: 600 MB/s
 - SAS1200: 1200 MB/s

A continuación se muestra una tabla resumen con las características de los distintos buses comentados:

BUS	DATA RATE	TOPOLOGÍA
IDE	133 MB/S	BUS
SCSI	320 MB/S	BUS
SATA	600 MB/S	PUNTO A PUNTO
SAS	1200 MB/S	BIDIRECCIONAL

Por último el soporte de almacenamiento juega un papel muy importante en la edición de vídeo. Éste debe tener una alta capacidad y gran velocidad de lectura/escritura. Por tanto estos sistemas deben tener velocidades de lectura/escritura superiores a la tasa máxima de los formatos de compresión de vídeo utilizados en los entornos profesionales, descritos en capítulos anteriores. La gran dificultad reside en que esta transferencia debe ser sostenida sin ningún tipo de interrupción, ya que los flujos de vídeo en la ingesta o reproducción se realizan a un bitrate constante. Estas tasas van desde los pocos MBytes/s para formatos ligeros, hasta los 100MB/s para estaciones de altas prestaciones que permitan la edición en formatos sin compresión en alta definición.

En la actualidad se opta por las tecnologías SATA y SAS. Todo ello si se complementa con una configuración de almacenamiento en discos RAID 0, se asegura una velocidad de lectura/escritura adecuada a los entornos de Producción de los Centros de Producción Audiovisuales.



Características de buses para sistemas de almacenamiento.

Fuente: EBU

6.2.2.2 Las listas de edición (EDL)

EDL (Edit Decision Lists) es un sistema cuya función es indicar todas las operaciones existentes en el proceso de edición: tomas, tipos de efectos usados, etc. En la actualidad se suele seguir la especificación SMPTE 258M, que define un formato EDL común para cualquier sistema.

En EDL las operaciones se identifican usando un número secuencial que puede llegar a contener varias líneas, dependiendo del número de elementos que intervengan. Los elementos que compone la edición llevan asociado un identificador. La siguiente figura muestra un ejemplo de EDL.

Edit Nº	ID	Mode	Effect	Source		Sync	
				Entry	Exit	Entry	Exit
01	CBARS	V	C	00:00:00	01:00:00	00:00:00	01:00:00
02	BLACK	V	C	00:00:00	00:20:00	01:00:00	01:20:00
03 03	BLACK T. 1	V B	D 120 D 120	00:20:00 04:20:12	00:30:00 04:30:12	01:20:00 01:20:00	01:30:00 01:30:00
04	T. 1	B	C	04:30:12	06:30:12	01:30:00	03:30:00
05 05	T. 1 T. 2	B B	W23 200 W23 200	06:30:12 00:30:00	06:40:12 00:40:00	03:30:00 03:30:00	03:40:00 03:40:00
06	T. 2	B	C	00:45:00	03:45:00	03:40:00	06:40:00
07	BLACK	V	C	00:00:00	02:00:00	06:40:00	08:40:00

El modo indica si la operación se realiza sobre fuentes de audio (A), vídeo (V), o sobre ambos (B).

La columna de efectos indica el tipo de transición utilizada: Ej C para cortes abruptos, D para fundidos (Dissolve), W para efectos más elaborados, en este caso W23 indica el efecto Wipe – número 23.

El número que sigue al tipo de efecto indica el número de cuadros involucrados.

Las columnas (Source) indican el punto de entrada (Entry) y final (Exit) del código de tiempo.

Las dos columnas finales (Sync) indican la evolución del producto resultante de la edición.

Ejemplo de EDL.

6.2.3 Sistemas de Post-producción

En el proceso de postproducción se realizan modificaciones sobre la información ya editada aplicando los efectos necesarios que enriquecen los contenidos audiovisuales, haciéndolos más atractivos.

La importancia de la posproducción ha aumentado muchísimo con la llegada de los sistemas digitales con gran capacidad de procesamiento. Ésta ha ido ganando terreno y posicionándose en la industria, alcanzando un gran nivel de desarrollo y especialización. Son muy numerosas las aplicaciones existentes en el mercado que permiten la inserción de efectos y trabajo multicapa como After Effects.

Son muchos los efectos realizados en la etapa de postproducción sobre la señal de vídeo. A continuación se describirán algunos efectos realizados en el proceso de postproducción dividiéndose en dos tipos dependiendo de la complejidad del proceso:

- Efectos básicos de postproducción: keying, histograma.
- Efectos avanzados de postproducción: Motion Blur, Grading, Etalonaje digital, Rotaciones.

6.2.3.1 Efectos básicos de postproducción

—Keying:

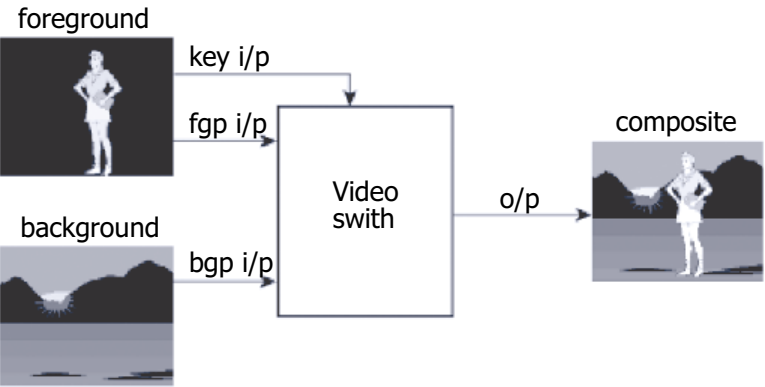
El Keyer es el módulo encargado de realizar la incrustación de una porción de una imagen sobre otra, en aquellas áreas indicadas por una señal de “Key” también denominada canal “Alpha”.

Existen dos tipos de Keying en función de la naturaleza de la señal de recorte:

- Luma keying
- Chroma keying

Los efectos basados en keying permiten componer imágenes de varias “capas”, donde cada capa es un vídeo (o una imagen estática) que ocupa un plano de la pantalla. Por ejemplo: cuando se inserta un logotipo distintivo de una emisora, una capa es el vídeo de la transmisión y otra capa es el logo.

La imagen que ocupa el plano mas próximo al espectador se conoce como Foreground, la que ocupa la última posición (la más alejada del espectador) se llama Background.



Esquema de keying.

◦ El Key de Luminancia.

Se realiza teniendo como referencia la luminancia del vídeo que actúa como fuente de key. Una vez determinada la imagen que será fuente de key, se efectúa un ajuste de recorte mediante controles que normalmente vienen incluidos en los mezcladores de efectos: el ajuste del key de luminancia tiene un control llamado "Slice" que permite seleccionar un determinado nivel a partir del cual se efectuará el recorte. Esto quiere decir, determina cuales serán las partes de la imagen que desaparecerán para dejar ver la imagen base y cuales quedarán como foreground.



Ejemplo de key de luminancia.

Existen dos tipos de Key de Luminancia:

- El key aditivo es un método de keying en el que la señal de vídeo que se incrusta como foreground, ha sido premultiplicada o

shaped por la señal de key, para ser posteriormente sumada al background, creando una imagen compuesta.

- El key multiplicativo que es un método de keying que utiliza un multiplicador controlado por una señal key para hacer el key de una señal de vídeo de relleno hacia una señal de vídeo de background. La señal key forma el relleno y el background en formas complementarias que concuerdan para crear una imagen compuesta.

◦ Key de Crominancia:

Se trata de una técnica ampliamente establecida utilizada en producciones de vídeo, televisión y cine. El principio básico del funcionamiento del chroma key es el siguiente: Se filma un actor o un objeto delante de un fondo liso con un color altamente saturado, que permita fácilmente su detección. Utilizando el proceso 'keying', este fondo de color será reemplazado por un fondo alternativo.

Es posible seleccionar el color que se elimina usando el control Hue. Existe otro control conocido como Slice, que permite seleccionar el nivel de saturación sobre el color.

Es posible seleccionar cualquier color para realizar el Key de cualquier color, pero habitualmente se utiliza los colores verde o azul ya que en la piel humana no existen pigmentos de dichos colores, facilitando el ajuste.



Ejemplo de key de crominancia.

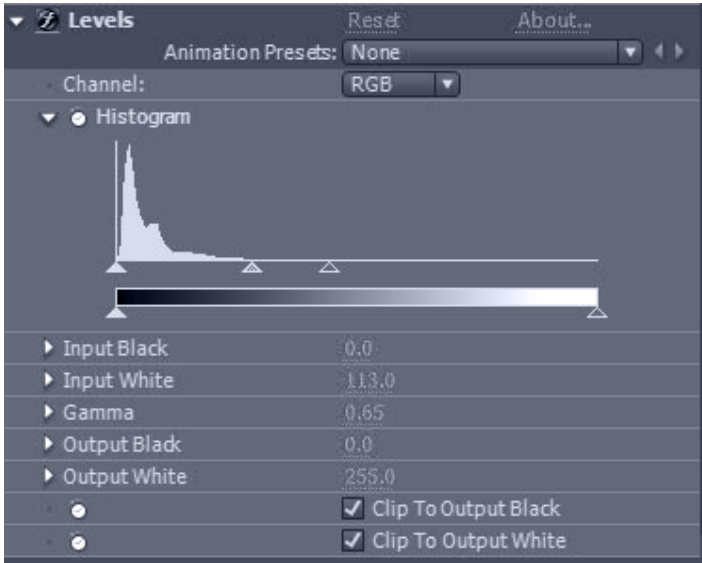
Cualquier imagen se puede usar como fuente Key, pero habitualmente la imagen debe tener una serie de características para realizar de forma correcta el recorte. Estas características se describen a continuación.

- Las áreas opacas deben tener el mayor tamaño posible.

- Debe existir una marcada diferencia entre la parte opaca y lo que se quiere como transparente.
- Es preferible que el color a recortar tenga una alta saturación, preferentemente azul o verde.
- Buena resolución de la cámara que realiza la toma y una adecuada iluminación.
- En lo posible, utilizar colores en la zona opaca que difieran en gran medida del color seleccionado para el recorte.
La zona que finalmente quedará transparente debe ser de un color que tenga un matiz y una saturación lo más uniformes posible dentro de la zona de recorte.

Histograma:

Es un gráfico que muestra la representación del número de píxeles relativos por cada nivel de intensidad de color, ofreciendo una visión genérica de los tonos existentes en la imagen. Permite corregir la imagen aumentando el contraste y ajustando los niveles de sombra y luces usando aplicaciones SW.



Histograma de una imagen.

Fuente: Adobe.

En la zona izquierda muestra los tonos oscuros de la imagen, en la zona centro muestra los tonos medios y la zona derecha indica los tonos claros que componen la imagen. De este modo es posible saber si los frames están subexpuestos o sobreexpuestos a determinados tonos.

6.2.3.2 Efectos avanzados de Postproducción

En ocasiones pueden aparecer efectos negativos en la imagen como niebla, planos quemados o planos con diferentes niveles de color. Es habitual realizar procesos de retoque sobre las imágenes para limpiarlas, eliminando el daño producido en la fase de captura. Este tipo de efectos requieren de un procesamiento avanzado de la señal.

Motion Blur:

Cualquier punto que pueda ser reconocido en la imagen puede ser fijado sobre ella. Mediante diferentes procesos es posible eliminar el movimiento producido por los operadores de cámara durante una toma, eliminando ese efecto no deseado.

Motion Blur es un efecto causado por la existencia de movimiento de un punto a otro en el periodo de captura de un frame. En la imagen el movimiento se muestra causando un efecto borroso. Durante la captura, se puede controlar el Motion Blur modificando la apertura del obturador. Si el obturador está abierto mucho tiempo, se grabará más movimiento, sin embargo sucede lo contrario cuando el obturador permanece abierto un periodo de tiempo menor.



Ejemplo de Motion Blur.

Un exceso de Motion Blur puede causar una captura demasiado suavizada, mientras que si es demasiado pequeño, el movimiento tendrá un aspecto estocástico. Este efecto se suele utilizar para mejoras de estilo, pero en ocasiones pueden aparecer capturas que tienen mayor Motion Blur al deseado y muestren un aspecto borroso.

Rotaciones:

Esta opción permite configurar la rotación de la imagen en torno al eje central horizontal (x), al eje central vertical (y) y al eje perpendicular al punto central de la sección de la imagen (z).



Ejemplo de rotaciones.

Corrección de color:

El proceso de corrección de color consiste en una modificación de valores de crominancia y luminancia de la imagen. Se utiliza para la creación de efectos especiales, como la alteración de los valores de luminancia, niveles de saturación e iluminación de la escena. También se utiliza para un ajuste entre escenas, creando un aspecto más comercial en la imagen.

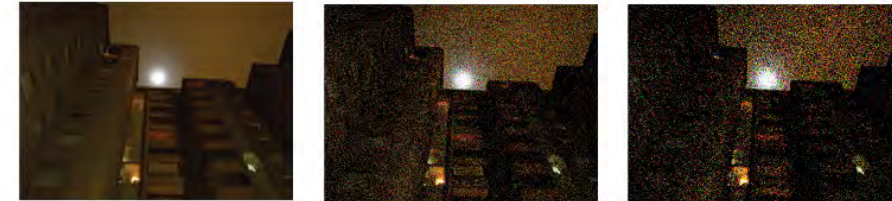
Etalonaje digital:

El etalonaje es un proceso de ajuste de color sobre la información grabada. Se realiza para que todos los planos tengan el mismo aspecto ya que aparecen situaciones en las que existen diferencias de iluminación en escenas consecutivas. Habitualmente se aplica una corrección primaria a todos los fotogramas. Posteriormente se realiza la corrección secundaria que consiste en ajustar el color de un área específica de una imagen, como modificar el color de un objeto o de un rango específico de colores.

Degrain/Regrain:

Los vídeos digitalizados que provienen de películas tienen un ruido conocido como ruido de grano. Este tipo de ruido hace que el vídeo digital sea menos vistoso perjudicando la calidad subjetiva. Degrain es el proceso mediante el cual se elimina el ruido de grano mejorando la calidad subjetiva del vídeo digitalizado.

Por otro lado, existe el proceso inverso conocido como Regrain. Este proceso añade ruido de grano al vídeo, obteniéndose imperfecciones en la compresión menos perceptibles y pudiendo mejorar la calidad visual del vídeo.



Ejemplo de degrain/regrain.

Color Grading:

Es un proceso que realiza una corrección de color en la fase final de un proyecto de vídeo. Este proceso consiste en un ajuste de color en las diferentes escenas, proporcionando una continuidad de color escena a escena, ajustando la iluminación y los colores.

7. REDES DE COMUNICACIONES

7.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

7.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

7.2.1 REDES SATELITALES

7.2.2 RADIOENLACES

7.2.3 REDES DE DATOS CONMUTADAS

7.2.4 REDES IP PARA WAN

7. REDES DE COMUNICACIONES

7.1 INTRODUCCIÓN

Las redes de comunicaciones son un tema tan amplio como se quiera abarcar dado que los entornos son muy variados, pudiendo hablar de comunicaciones intra-estudio, inter-estudios o salas de postproducción, o bien enlaces entre centros de producción y distribución, sin dejar de lado los estándares usados para la difusión de las señales.

Es por ello que en este pequeño resumen se han intentado tocar someramente los más utilizados y por ello importantes en la modesta opinión de los autores de este estudio, abarcando tecnologías tradicionales, tecnologías basadas en IP, más “cost-effective” para ciertas tareas.

Realmente, al trazar el esquema de cadena de valor de la tecnología audiovisual, observamos que las redes de comunicaciones están presentes en casi todos los apartados obviamente, en mayor o menor medida.

7.2 TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

En la actualidad las tecnologías para el transporte de vídeo están en continua evolución gracias al impulso que ofrecen los diferentes tipos de redes, soportados por los estándares de nueva generación en sus distintas vertientes (DVB-S2, DVB-T2, DVB-C2), y en especial a las redes de datos basadas en tecnologías IP. Cada vez más son los envíos que se realizan por este medio.

La función principal de una red digital de banda ancha es ofrecer servicios de transporte para diferentes tipos de tráfico a diferentes velocidades usando, como soporte, un limitado número de enlaces de comunicaciones de elevado ancho de banda.

7.2.1 Redes satelitales

Los satélites de comunicaciones se han utilizado de forma tradicional, para el transporte de circuitos telefónicos y señal de televisión punto a punto. En la actualidad debido a los avances tecnológicos aparecidos, y el uso de frecuencias disponibles, han posibilitado el acceso de los usuarios a las redes de satélite. También se usan para comunicar corporaciones, usando antenas con tamaño reducido que permiten la comunicación bidireccional a través de las redes satelitales.

Los satélites están compuestos por varios transpondedores, cada uno recibe la señal que es transmitida por un enlace ascendente (uplink), la procesa y la envía a usando un enlace descendente (downlink). Cada transpondedor puede incluir un elevado número de canales de televisión, con un ancho de banda entre 23 a 72 MHz, dependiendo de la tecnología utilizada.

Para el envío de señales se utilizan diferentes estándares de codificación de canal como puede ser DVB-S, y DVB-S2. Estos estándares serán analizados en profundidad en el capítulo de "Adaptación al canal". El ancho de banda del estándar DVB-S se muestra en la siguiente tabla:

Channel width (MHz)	Maximum symbol rate (MHz)	Maximum useful bit-rate (Mb/s)				
		$R_c = 1/2$	$R_c = 2/3$	$R_c = 3/4$	$R_c = 5/6$	$R_c = 7/8$
54	42.2	38.9	51.8	58.3	64.8	68.0
46	35.9	33.1	44.2	49.7	55.2	58.0
40	31.2	28.8	38.4	43.2	48.0	50.4
36	28.1	25.9	34.6	38.9	43.2	45.4
33	25.8	23.8	31.7	35.6	39.6	41.6
30	23.4	21.6	28.8	32.4	36.0	37.8
27	21.1	19.4	25.0	29.2	32.4	34.0
26	20.3	18.7	25.0	28.1	31.2	32.8

Bitrate disponible
Estándar DVB-S.

Fuente: DVB

Para la difusión de señal de televisión en Europa se utilizan satélites diseñados específicamente conocidos como DBS (Direct Broadcast Satellite). Éstos emiten en la banda KU que comprende el rango de frecuencias que va desde 10.900 MHz a 12.750 MHz.

Para las retransmisiones por satélite y en particular para las eventuales (también llamadas ocasionales, y referidas a un evento deportivo, una noticia en particular, un enlace de tiempo limitado, etc), hay procedimientos ya establecidos de coordinación de acciones desde décadas atrás, estando esta operativa muy asegurada en ambos lados del enlace (uplink y downlink) con el objeto de no llegar a emitir en una frecuencia ya ocupada con la consecuente interferencia y problema en recepción.

Para ello los procedimientos consisten básicamente en una secuencia de acciones entre la base emisora de la señal y la receptora objetivo (evidentemente suele tratarse de enlaces punto a punto). La base receptora puede ser o bien el punto de bajada de la señal, o bien la base de operaciones del operador de satélite.

La coordinación se realiza bajo el permiso de dicha base de operaciones que es la responsable de la "buena salud" de los transpondedores del satélite que no deben saturarse o recibir una señal fuera de las normativas. Para lo cual, se coordina dentro de este conjunto de acciones con la base de subida una progresiva adaptación de la señal, comenzando por la portadora en baja potencia, luego se sube en potencia, para posteriormente modular la señal y tener la transmisión de la información deseada.

7.2.2 Radioenlaces

Los radioenlaces realizan la interconexión mediante ondas electromagnéticas entre dos puntos, por ejemplo entre un terminal y un centro de comunicación. Existen dos tipos de radioenlaces, fijos y móviles.

Se pueden definir los radioenlaces fijos como los sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas.

Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz. Los radioenlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la transmisión y otra para la recepción. Al par de frecuencias asignadas para la transmisión y recepción de las señales, se denomina radio canal.

Anteriormente los radioenlaces transmitían una señal analógica (NTSC, PAL, SECAM), y varios canales de audio moduladas en frecuencia y multiplexadas en canales con un ancho de banda de 17 MHz hasta 25 MHz. Con la llegada de la televisión digital, los difusores tenían nuevas necesidades. Para la interconexión STL (Studio to Transmitter Link) se usan los transmisores digitales. Éstos transmiten las señales usando un canal UHF. Permiten transportar una tasa de datos de hasta 32 Mbps usando microondas con un ancho de banda de canal de 25 MHz.

Este tipo de enlaces se usa como sistemas de contribución ENG para la conexión en directo con los estudios de producción. Todo ello permite el envío de un transport stream en cada sentido del enlace, modulado por lo general según DVB-T o DVB-S. Las transmisiones por radioenlaces digitales utilizan técnicas de FEC para la protección de los datos reduciendo los efectos negativos de la señal en sistemas multiportadora.

7.2.3 Redes de datos conmutadas

La evolución de las aplicaciones que requieren transporte digital muestra, desde hace tiempo, un claro cambio de rumbo de entornos punto a punto a entornos punto a multipunto. Aplicaciones como videoconferencias, tráfico LAN, broadcasting de vídeo, etc. requieren de soporte Broadcast en la capa de transporte.

7.2.3.1 PDH

Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH), es una tecnología que permite enviar varios canales de datos sobre un medio (cable coaxial, microondas, fibra óptica) usando técnicas de multiplexación por división de tiempo. Por ejemplo, es posible combinar 30 canales de 64 Kbps con los canales adicionales para el control de información,

generando una señal de 2.048 Mbps. Este sistema se adoptó en Europa y sucesivamente en muchas otras partes del mundo como el sistema básico de transmisión en las redes digitales plesiócronas y se le conoce como sistema E1.

A medida que las necesidades de tráfico se fueron incrementando, se incorporaron nuevos niveles de multiplexación, creándose estándares para 34 Mbps, 140 Mbps, y 565 Mbps dando lugar a toda una jerarquía de velocidades de transmisión digital.

Desventajas:

- Algunas redes PDH actuales presentan cierta flexibilidad, pero no son compatibles con la tecnología SDH (Synchronous Digital Hierarchy).
- Requiere de sincronismo entre los nodos de la red y que todos los servicios trabajen bajo una misma referencia de temporización.
- El principio de compatibilidad ha estado por encima de la optimización de ancho de banda. El número de Bytes destinados a la cabecera de sección es demasiado elevado, convirtiendo a esta tecnología en poco eficiente.

7.2.3.2 SDH

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) es un protocolo de transporte con una sincronización común, que multiplexa diferentes señales dentro de una jerarquía común flexible, y gestiona su transmisión de forma eficiente a través de fibra óptica, con mecanismos internos de protección. Utiliza como referencia el modelo de capa física OSI, actuando como el portador físico de aplicaciones de nivel 2 a 4.

SDH permite el transporte de tráfico IP, vídeo, voz, multimedia, etc, y gestiona la utilización de la infraestructura de fibra. Esto significa gestionar el ancho de banda eficientemente mientras porta varios tipos de tráfico, detectar fallos y recuperar de ellos la transmisión de forma transparente para las capas superiores.

Las redes de transporte SDH mejoran las capacidades de los sistemas asíncronos ya que proporcionan una gran estabilidad debi-

do a la referencia temporal común. Por último señalar que permite la convergencia de vídeo, imágenes y datos utilizando los diferentes sistemas de transmisión y conmutación, lo que facilita un transporte de datos a gran velocidad usando el modo de transferencia Asíncrona (ATM).

Las capacidades de las diferentes Jerarquías Digitales SONET/SDH se muestran en la siguiente tabla:

SONET	BIT RATE	SDH	CAPACIDAD SONET	CAPACIDAD SDH
STS-1, OC-1	51.84 MBPS	STM-0	28 DS1 O 1 DS3	21 E1
STS-3, OC-3	155.52 MBPS	STM-1	84 DS1 O 3 DS3	63 E1 O 1 E4
STS-12, OC-12	622.08 MBPS	STM-4	336 DS1 O 12 DS3	252 E1 O 4 E4
STS-48, OC-48	2488.32 MBPS	STM-16	1344 DS1 O 48 DS3	1008 E1 O 16 E4
STS-192, OC-192	9953.28 MBPS	STM-64	5376 DS1 O 192 DS3	4032 E1 O 64 E4
STS-768, OC-768	39813.12 MBPS	STM-256	21504 DS1 O 768 DS3	16128 E1 O 256 E4

ATM:
ATM (Asynchronous Transfer Mode), es una tecnología de conmutación/transmisión de datos para transporte digital de banda ancha. Permite el transporte de datos sobre backbone de alta velocidad en redes LAN y la integración de servicios en redes corporativas sobre enlaces de baja velocidad.

Esta tecnología permite aprovechar las capacidades de los sistemas de transmisión. La información se transmite en paquetes o celdas de longitud constante que se enrutan individualmente usando canales virtuales. ATM utiliza celdas de 53 bytes (5 + 48) que conmutan muy rápido, por hardware, favorecido por su tamaño fijo, y que se transmiten a alta velocidad.

ATM a nivel físico, es una línea punto a punto desde la ubicación del usuario hasta el primer nodo de la red de transmisión de datos y después la información pasa por los nodos de la operadora hasta el

tramo final, del último nodo a la ubicación del usuario final. Como protocolo se sitúa en el nivel dos, enlace, del modelo OSI (Open System Interconnection).

ATM se diseñó como una red “inteligente”. El objetivo era que los nodos que componían la red fueran capaces de descubrir la topología (nodos y enlaces) que les rodeaba y crearse una imagen propia de como estaba formada la red. Además, este procedimiento debía ser dinámico para que la inserción de nuevos nodos o enlaces en la red fueran detectados y asimilados automáticamente por los otros nodos.

ATM realiza una gestión del ancho de banda, ya que dispone de mecanismos de control dinámico del ancho de banda, de modo que facilita la liberación de una fuente cuando ésta deja de emitir permitiendo la liberación del canal que se reasignará a otra fuente.

Otra característica importante de ATM es que soporta tráfico Broadcast ya que contempla el uso de circuitos punto-multipunto que ofrecen funciones de broadcasting de información. Por lo tanto, los datos se replican en el interior de la red, donde se divide el circuito punto-multipunto. Esta aproximación minimiza el ancho de banda asociado a tráfico Broadcast y permite la extensión y crecimiento de estos servicios hasta niveles muy elevados.

Calidad de servicio (QoS):
A la hora de acceder a la red ATM el DTE (Data Terminal Equipment) caracteriza el tráfico que va a enviar por el circuito mediante el uso cuatro parámetros (PCR1, SCR2, MCR3 y MBS4).

- PCR, límite superior de tráfico que puede presentarse en una conexión ATM.
- SCR, límite superior que puede tener la velocidad media de una conexión ATM.
- MCR, especifica la velocidad mínima a la que pueden ser transmitidas las celdas en una conexión.
- MBS, este parámetro describe el tamaño máximo que puede tener una ráfaga de celdas.

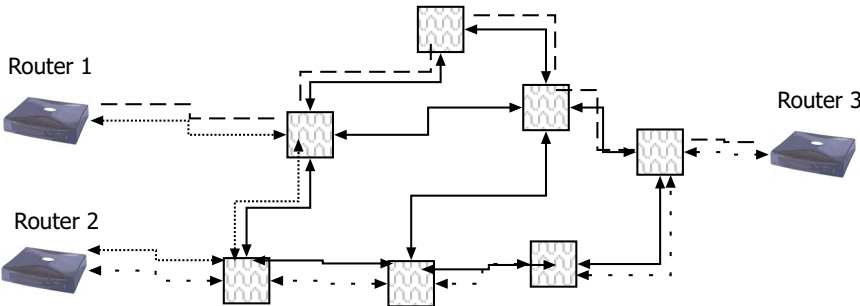
Capacidades SDH/SONET.

La red envía esa petición internamente hasta su destino y valida si los requerimientos exigidos se van a poder cumplir. Si es posible cumplir dichos requerimientos, la red acepta el circuito y, a partir de ese momento, garantiza que el tráfico se va a tratar acorde a las condiciones negociadas en el establecimiento. Para ello, los conmutadores ATM ejecutan un algoritmo llamado “dual leaky buckets” que garantiza, celda a celda, que se está ofreciendo la calidad de servicio requerida.

Se definen cuatro categorías de tráfico básicas: CBR (Constant Bit Rate), VBR (Variable Bit Rate), UBR (Undefined Bit Rate) y AVR (Available Bit Rate).

— **Topología ATM:**

Con tecnología ATM se consigue crear una red de transporte de banda ancha de topología variable. Es decir, en función de las necesidades y enlaces disponibles, el administrador de la red puede optar por una topología en estrella, malla, árbol, etc, con una configuración libre de enlaces (E1, E3, OC-3, etc).



Topología de red ATM.

— **Funciones de adaptación específica:**

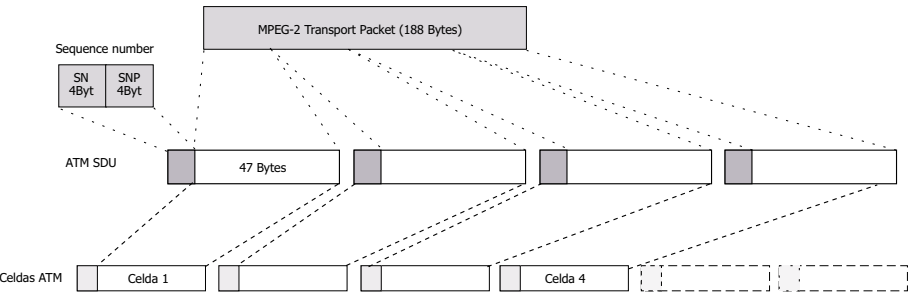
AAL (ATM Adaptation Layers) es un mecanismo de la ATM que permite adaptar el formato de celdas de la capa de enlace de datos a los niveles superiores de otras arquitecturas como el modelo OSI o TCP/IP. Está definido por la ITU y existen varios tipos de funciones de adaptación:

En el mercado actual existen dos soluciones de encapsulado MPEG-2 sobre ATM. El uso de una u otra dependerá de las necesi-

dades de control y corrección de errores sobre las SDU5 ATM. Las aplicaciones de televisión digital y Broadcasting con capacidad MPEG-2 usan habitualmente funciones de adaptación AAL1, y AAL5 para el transporte de paquetes IP multicast.

La función de adaptación AAL1 es empleada por aplicaciones con fuertes requerimientos de sincronismo que además se caracterizan por generar un caudal constante de información. AAL1 añade información en la parte de datos de la celda para conseguir:

- Recuperación del reloj propio de la información transportada.
- Compensar el retardo inducido por la red.
- Gestionar la pérdida o inserción accidental de celdas.
- Estructuración de la información en bloques para, en caso de ser necesario, gestionar el tratamiento de errores.



MPEG2 sobre ATM AAL1.

Fuente: Nética.

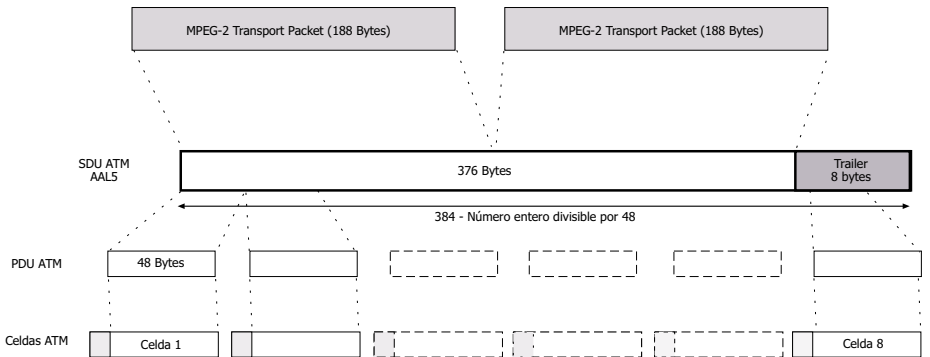
La función de adaptación AAL2 es similar a AAL1 y esta orientada a manipular tráfico que precisa mantener la sincronización entre origen y destino pero el caudal de datos es variable. Habitualmente hace uso de esta función el tráfico de voz y vídeo que se encuentra comprimido, es por ello que resulta necesario identificar el comienzo y fin de cada transmisión de celdas.

Las funciones AAL3 y AAL4 están orientadas a la conexión tienen dos modos de operación: Asegurado y no asegurado. El modo Asegurado efectúa las operaciones de detección y tratamiento de errores,

control de flujo y retransmisión de tramas. El modo no asegurado efectúa el control de errores y comunica éstos a los niveles superiores (aplicación) para efectuar allí el tratamiento pertinente. Durante el proceso de adaptación se generan dos formatos de unidades de información:

- Service Data Unit (SDU) en subnivel CPCS6.
- Protocol Data Unit (PDU) en subnivel SAR7.

AAL5 fue seleccionada por el ATM Forum y el ITU para transferir mensajes de señalización, empleados para establecer, mantener y terminar conexiones conmutadas. Los codificadores M-JPEG y MPEG-2 4:2:0 utilizan funciones de adaptación AAL5.



En la función de adaptación AAL5, la trama de datos generada por el usuario es completada con bits de relleno hasta conseguir una longitud divisible por 48, siendo los últimos 8 Bytes destinados a indicar la longitud y CRC de la trama. AAL5 ofrece servicio a fuentes de tráfico variable.

AAL5 no corrige errores, sólo permite la detección de errores a nivel SDU, pero no los detecta a nivel de celda, por lo tanto los errores en una única celda, así como su pérdida provocan el descarte de todo el SDU AAL5. Tampoco permite multiplexación, añadiendo un Jitter de empaquetado si la primera trama MPEG-2 cuenta con una marca de sincronismo.

7.2.4 Redes IP para WAN

Debido a los problemas existentes en la transferencia de contenido audiovisual con un gran ancho de banda en las redes IP, (como jitter, pérdida de paquetes, etc, comentados anteriormente y que se describirán en profundidad en el capítulo de Adaptación al Canal) se han desarrollado mejoras en la manipulación de las fuentes de redes IP. Éstas simplifican las funciones de los router de alta velocidad, asistiendo a los múltiples niveles de prioridad para el tráfico de información.

7.2.4.1 MPLS

Multi-Protocol Label Switching (MPLS) ha sido desarrollado para mejorar el tratamiento de fuentes IP y eliminar los problemas que ocasionan los protocolos de routing que no tienen en cuenta la congestión del tráfico, el jitter, retardo, etc. Tiene la capacidad de soportar cualquier tipo de tráfico en una red IP sin tener que supeditar el diseño de la red a las limitaciones de los diferentes protocolos de routing, capas de transporte y esquemas de direcciones.

MPLS se caracteriza por:

- Especificar un conjunto de mecanismos necesarios para la gestión de flujos de tráfico de diferentes tipos.
- No está vinculado a ningún protocolo de la capa de enlace y la capa de red.
Soporta protocolos de la capa de enlace de IP, ATM y Frame Relay.
- Ofrece interfaces para diferentes protocolos de routing y señalización.
- Dispone de medios para traducir las direcciones IP en etiquetas simples de longitud fija utilizadas en diferentes tecnologías de envío y conmutación de paquetes.

En MPLS la transmisión circula en caminos de etiquetas conmutadas (LSP- Label Switched Path), que son secuencias de etiquetas en cada nodo del camino desde el emisor al receptor.

Existen dos métodos para requerir los LSPs:

- Antes de la transmisión de datos.
- Una vez detectado un cierto flujo de datos.

Las etiquetas se distribuyen utilizando un protocolo de señalización como LDP (Label Distribution Protocol) o RSVP (Resource Reservation Protocol), o también, añadidas a protocolos de routing como BGP u OSPF. Éstas se insertan al comienzo del paquete en la entrada de la red MPLS. En cada salto, el paquete es encaminado según el valor de la etiqueta y sale por la interfaz correspondiente con otra etiqueta. Se obtiene una gran rapidez en la conmutación gracias a que las etiquetas son insertadas al principio del paquete y son de longitud fija, lo que hace que pueda hacerse una conmutación vía hardware.

Dichas etiquetas identifican el camino que un paquete puede atravesar, por lo tanto, la etiqueta se encapsula en la cabecera de la capa de enlace. Una vez el paquete ha sido etiquetado viajará a través del backbone mediante conmutación de etiquetas, es decir, cada router examinará la etiqueta, consultará en sus tablas de envío para saber con qué etiquetas y por qué interfaz debe salir, intercambiará las etiquetas y lo enviará por el interfaz correspondiente.

Las decisiones de asignación de etiquetas pueden estar basadas en criterios de envío como encaminamiento unicast, multicast, ingeniería de tráfico, VPN (Virtual Private Network) y QoS (Quality of Service). MPLS tiene su propio protocolo LDP para señalización y gestión del espacio de etiquetas, a éste se le han añadido extensiones para soportar, también, requerimientos de QoS.

7.2.4.2 GbE

Gigabit Ethernet (GbE) es una evolución acorde con las nuevas necesidades del mercado y que garantiza una plena compatibilidad y escalabilidad. GbE permite eliminar los cuellos de botella proporcionando capacidades de gestión y ofreciendo funciones de QoS. Para ello es indispensable asegurar que los equipos que componen la red están optimizados para el manejo de datos con un ancho de banda de 1 Gbps.

El estándar Gigabit Ethernet (GbE) surge como una extensión de Ethernet 100 Mbps y de la inclusión de ATM en el mercado LAN con un ancho de banda de 1 Gbps en modo dúplex y semi-dúplex. GbE soporta diferentes medios físicos y no existe limitación en el número de nodos.

El IEEE ha identificado tres objetivos específicos de distancia de conexión:

- Conexión de fibra óptica multimodo con una longitud máxima de 550m.
- Conexión de fibra óptica monomodo con una longitud máxima de 3Km.
- Conexión basada en cobre con una longitud máxima 25m. Se está trabajando para soportar distancias de 100m en cableado UTP de categoría 5.

Los protocolos existentes de Gigabit Ethernet están recogidos en las familias IEEE 802.3z y 802.3ab, el primero de ellos para transmisión a través de fibra óptica y el segundo a través de cobre.

La arquitectura Gigabit Ethernet tiene cuatro tecnologías físicas distintas:

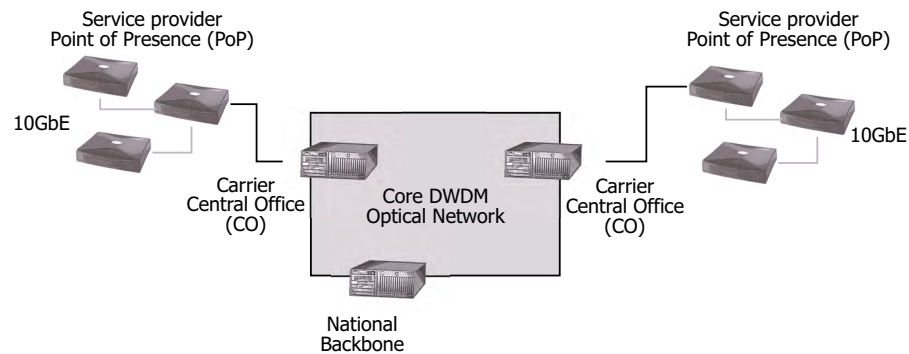
- 1000Base-LX, 1000Base-SX, 1000Base-CX y 1000Base-T.
- 1000 Base LX (long-wavelength): Trabaja en segunda ventana óptica o 1300 nm, y puede operar sobre fibra multimodo o monomodo. Si se usa fibra multimodo se podrán alcanzar distancias máximas de 550 metros, mientras que con fibra monomodo se podrá llegar hasta los 3 Km.
- 1000 Base SX (short-wavelength): Trabaja en primera ventana óptica o 850 nm y podrá operar tan sólo sobre fibras multimodo, pudiendo alcanzar los 275 metros (62,5/125 μ) / 550 metros (50/125 μ m).
- 1000 Base CX: Específica para cables de cobre apantallados de 150 μ de impedancia, pudiendo alcanzar una distancia máxima de 25 metros.

- 1000Base-T: Opera sobre cable de cobre de 4 pares Cat5e o superior, pudiendo alcanzar distancias máximas de 100 metros. Este protocolo funciona en modo full-dúplex.

Para garantizar la transmisión de contenidos multimedia con mucho ancho de banda, no basta con aumentar la velocidad de transmisión con la implantación de GbE. Es necesario incluir niveles de inteligencia a la infraestructura de red poder tener un control del tráfico de red.

Es posible mezclar datos y vídeo sobre Ethernet a través de la combinación de aumentos del ancho de banda proporcionados por Gigabit Ethernet y reforzados por el diseño de LAN conmutadas. La aparición de nuevos protocolos, como RSVP, 802.1Q y 802.1p, proporciona una reserva del ancho de banda, VLAN, y la información de prioridad explícita para los paquetes en la red, respectivamente, así como el uso extendido de compresión de vídeo avanzada, como H.264. Estas tecnologías y protocolos se combinan para hacer a Gigabit Ethernet una solución muy atractiva para la entrega de vídeo y tráfico multimedia.

Debido a su escalabilidad y compatibilidad es posible la implantación de GbE de un modo paulatino e incremental, reemplazando los conmutadores centrales pero manteniendo la compatibilidad Fast Ethernet en los extremos de la red.



El nuevo estándar 10 Gigabit Ethernet permite trabajar con la tradicional Ethernet a la enorme velocidad de 10 Gbps. La nueva norma no sólo dotará a esta tecnología de una capacidad diez veces

superior a su máximo actual, sino que también le abrirá las puertas a otras áreas de aplicación diferentes de las LAN, como las MAN y las WAN, al cubrir distancias de hasta 40 kilómetros. En efecto, un nuevo método de transportar tramas Ethernet nativas sobre redes de área metropolitana (MAN) y redes de área amplia (WAN) permitirá trabajar con aplicaciones con las que hasta ahora no era rentable, porque resultan muy caras de desplegar en entornos convencionales y por el alto consumo de ancho de banda.

La tendencia del mercado es, por una parte, migrar absolutamente hacia una infraestructura de red multiservicio que integre QoS y, por otra, aumentar la velocidad de la conectividad de la troncal corporativa. Es más, la demanda de 10 Gbps ya es una realidad, sobre todo por la necesidad de comunicar adecuadamente los Centros de Producción Audiovisual y los Centros de Difusión.

Figura Wide Area Networks.

8. CONTROL DE CONTINUIDAD

8.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

8.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

8.2.1 ARQUITECTURA SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN

8.2.2 TECNOLOGÍAS DE VÍDEO SERVIDORES

8.2.3 EDICIÓN PLAYLIST

8.2.3 PROTOCOLOS DE CONTROL DE LA AUTOMATIZACIÓN

8. CONTROL DE CONTINUIDAD

8.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En este apartado, se ha tratado el control de continuidad por estar presente en la mayor parte de las emisiones referidas al sector audiovisual y es un proceso que ha evolucionado desde un comienzo donde el recurso humano hacía la mayor parte del trabajo, hasta una automatización al 90% de la operativa.

La evolución de las máquinas que soportan los procesos de adquisición, grabación y reproducción de contenidos ha llevado a una automatización, dado que hemos pasado de la inserción de cintas a la transferencia de ficheros, y de la mecánica de los robots a un software de playout que encadena y corrige desviaciones para establecer un 24*7 a la salida de la señal.

La industria que representa estos nuevos sistemas se ha nutrido eficazmente de novedades y hay actualmente numerosos participantes en la lucha de la venta de gestores de contenidos y almacenamiento. También el mundo de la publicidad se ha beneficiado de la automatización pues tienen posibilidad de una forma mucho más simple de programar sus cápsulas publicitarias e incluso sincronizarlas, algo que está en los últimos meses llevando a aprovechar estos mecanismos para asegurar una cierta visibilidad a los contenidos de promoción y venta.

8.2 TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

Las técnicas de automatización tienen una larga historia en los Centros de Producción Audiovisual. Surgieron para reemplazar la presencia de operadores humanos mediante máquinas que realizaran la misma función. Inicialmente se introdujeron para definir con precisión los controles básicos de las cintas de vídeo (Record, Play, Shuttle). Sin embargo en la actualidad pueden controlar todos los aspectos más complejos relacionados con la emisión de programas.

Muchos broadcasters, disponen de un software de automatización que realiza todas las operaciones técnicas requeridas para llevar a cabo la emisión con una intervención humana mínima.

El proceso de automatización facilita el control de fuentes A/V de forma precisa, la inserción de gráficos y rotulación, el enrutado de señales, la transferencia de ficheros, etc.

La automatización de la emisión es un proceso muy extendido entre los broadcasters. Prácticamente todos los aspectos funcionales de la lista de tareas de automatización puede ser aplicados utilizando los servidores basados en IT, redes y almacenamiento.

8.1.2 Arquitectura sistemas de automatización

Los sistemas de automatización se componen de diferentes elementos, como servidores de vídeo, magnetoscopios, mesa de mezclas de vídeo, matriz de conmutación, red de media, etc.

La siguiente figura muestra el contenido de un sistema de automatización.

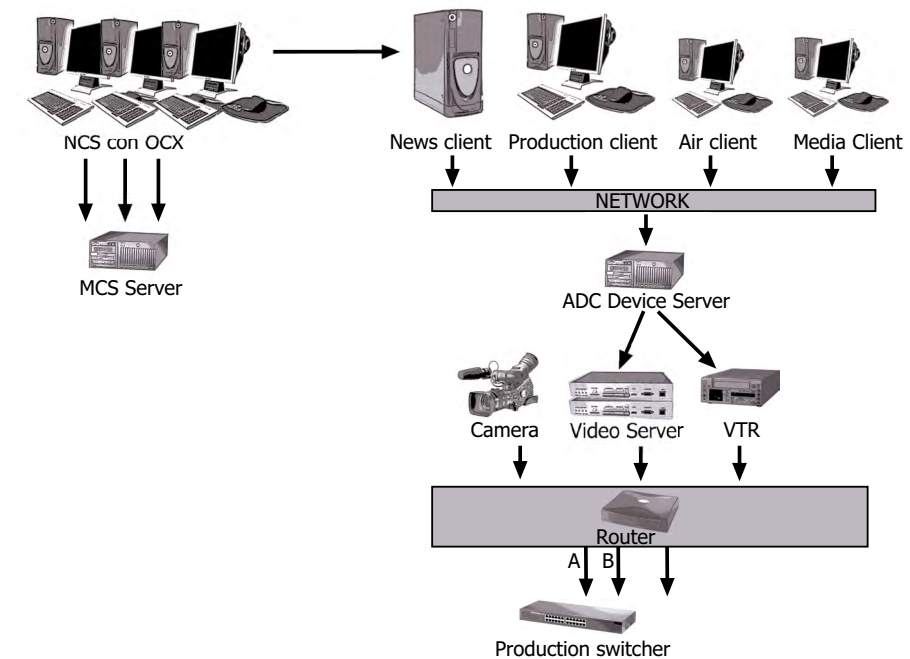


Diagrama de un sistema de automatización.

— Servidor de vídeo:

Es un dispositivo informático que provee información de vídeo, audio y metadatos. Su principal componente es la aplicación que corre en el Host, encargada de ejecutar la lista de emisión denominada "Playlist", generando los correspondientes canales de salida con precisión de frame. Tradicionalmente el principal problema ha sido la interoperabilidad entre los dispositivos tan diversos que componen un sistema de emisiones, integrados de modo ineludible por diferentes fabricantes.

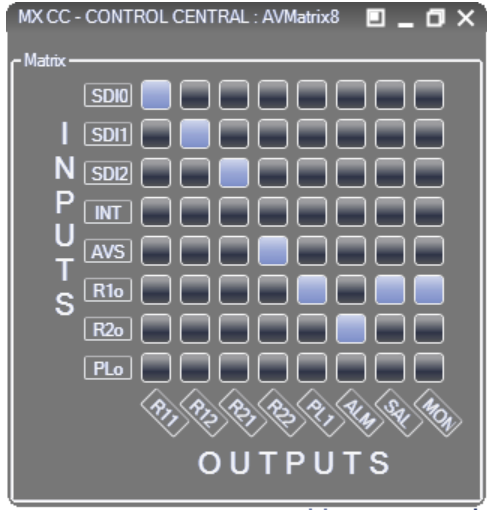
En los servidores de vídeo se implementan una serie de funcionalidades aplicadas a la continuidad como son:

- Control de dispositivos remotos mediante diferentes protocolos.
- Elevada fiabilidad para asegurar la ausencia de incidencias en la emisión.

- Redundancia de dispositivos críticos como es el sistema de almacenamiento o los puestos de entrada/salida.
- Gestión de otros componentes auxiliares como son los subtítulos y los audios adicionales.

— **Matriz de Conmutación:**

Facilita el poder disponer en el sistema de emisiones de un gran número de recursos técnicos como fuentes de señal, principalmente de magnetoscopios y de señales internas o externas del propio centro de producción, tanto grabadas como en directo. Dichas señales son conmutadas a las entradas del mezclador, con el objetivo de estar disponibles en el slot de tiempo adecuado para la emisión programada en la escaleta.



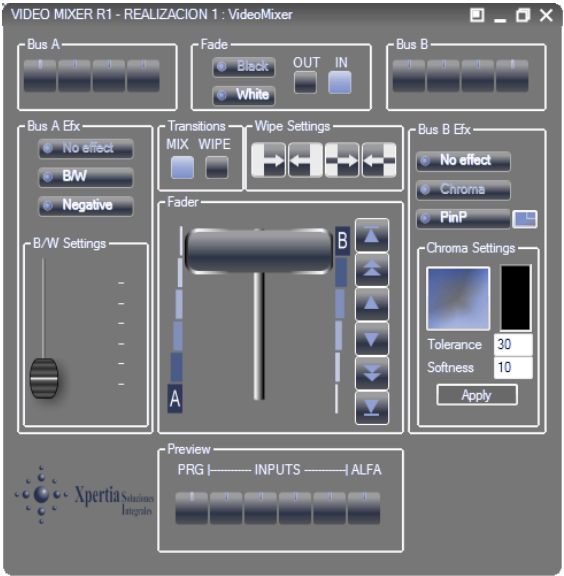
Matriz de conmutación.

Fuente: Xpertia SI

— **Mesa de mezclas de vídeo:**

Es el elemento clave que facilita la transición entre las distintas fuentes para la generación del “Programa”, así como la gestión automática de los distintos elementos artísticos e informativos que se insertan en la programación, como son los logotipos del canal, logotipos del programa o banners informativos.

Su sincronización con la aplicación de emisión debe ser perfecta, existiendo en la actualidad multitud de protocolos de comunicaciones, tanto IP como protocolos tradicionales serie, como se describen más adelante.



Mesa de mezclas de vídeo.

Fuente: Xpertia SI

— **Red de media:**

Para la gestión eficiente de contenidos en red, el sistema de automatización de la emisión está integrado en la red de alta velocidad compartida por los distintos elementos que integran los recursos de emisión. Dispondrá entre otros de acceso a los servidores de emisión, archivo de ingesta, así como a dispositivos auxiliares como servidores de clips o tituladoras.

8.2.2 Tecnologías de vídeo-servidores

Los vídeo-servidores son los elementos fundamentales del control de continuidad, ya que se les exige una fuerte componente de fiabilidad. El formato de almacenamiento de vídeo será un elemento clave en la calidad de la señal emitida que condiciona de igual modo la capacidad de almacenamiento de los sistemas. En la actualidad la tecnología más extendida de almacenamiento y distribución de la información es la denominada RAID1.

8.2.2.1 Tecnologías de almacenamiento en RAID

Matriz redundante de discos independientes (RAID) es un método de combinación de dos o más discos duros para crear una unidad lógica en la que se almacenan los datos de forma redundante, de modo que para el sistema operativo aparentan ser un solo disco duro.

La tecnología RAID, exceptuando el nivel 0, protege los datos con distintas alternativas de redundancia, contra el fallo de alguno de sus discos. En el supuesto de que esto ocurra, el sistema de RAID mantiene el servidor activo y en funcionamiento hasta que se sustituye la unidad defectuosa.

Los sistemas RAID suponen una pérdida de parte de capacidad de almacenamiento de los discos para obtener la redundancia deseada.

• Ventajas de la tecnología RAID:

- Aumenta el tiempo de funcionamiento y la disponibilidad de la red.
- Protege contra la pérdida de datos, proporcionando una recuperación de datos en tiempo real con acceso ininterrumpido en caso de que falle un disco.
- Mejora el rendimiento y la velocidad al permitir trabajar en paralelo varias unidades aumentando el ancho de banda de modo proporcional al número de dispositivos paralelizados. (Excepto para RAID1).
- Aumenta la flexibilidad y la fiabilidad con la redundancia en los datos y la información de paridad.

• Niveles RAID:

Existen varias opciones o niveles RAID que proporcionan soluciones ante la tolerancia a fallos, rendimiento y costes que satisfacen las necesidades de almacenamiento de los usuarios.

Cada nivel RAID ofrece ventajas para determinadas aplicaciones y suele ser habitual usar diferentes tipos de RAID para distintas aplicaciones en el mismo servidor. Existen siete niveles diferentes de RAID.

La siguiente tabla muestra las combinaciones habituales.

NIVEL RAID	Nº MÍNIMO DE DISCOS	DESCRIPCIÓN	USO RECOMENDADO	VENTAJAS E INCONVENIENTES
RAID 0	2	PARTICIÓN DE DATOS SIN REDUNDANCIA	TRATAMIENTO DE VÍDEO, AUDIO O IMAGEN. ALMACENAMIENTO A GRAN VELOCIDAD QUE NO REQUIERA TOLERANCIA A FALLOS	GRAN VELOCIDAD EN LAS OPERACIONES DE LECTURA Y ESCRITURA. LA VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA DE DATOS AUMENTA SEGÚN EL NÚMERO DE DISCOS. NO EXISTE PROTECCIÓN DE DATOS; SI FALLA UN DISCO SE PIERDE TODA LA INFORMACIÓN
RAID 1	2	SE DUPLICAN TODOS LOS DATOS DE UNA UNIDAD EN OTRA	APLICACIONES QUE REQUIEREN REDUNDANCIA	PRESTACIONES MUY ALTAS. PROTECCIÓN MUY ALTA. COSTE DUPLICADO DE DISCOS
RAID 5	3	ACCESO INDEPENDIENTE CON PARIDAD DISTRIBUIDA	APLICACIONES DE SERVIDOR, ESPECIALMENTE INDICADO PARA SISTEMAS OPERATIVOS MULTIUSUARIO	MUY ALTAS PRESTACIONES. MUY ALTA PROTECCIÓN. SOPORTA MÚLTIPLES ACCESOS DE LECTURA Y ESCRITURA. PRESTACIONES DE ESCRITURA INTERIORES A RAID 0 Y RAID 1
RAID COMBINADO 0+1	4	COMBINACIÓN DE RAID 0 Y RAID 1	SERVIDORES DE APLICACIONES QUE NO REQUIERAN GRAN CAPACIDAD	PRESTACIONES MUY ALTAS. PROTECCIÓN MUY ALTA. COSTE DUPLICADO DE DISCOS

8.2.2.2 Formatos de almacenamiento:

Los formatos de mayor implantación en los servidores de vídeo son los basados en los estándares MPEG-2, M-JPEG y DV, como se describe a continuación:

— MPEG-2:

En el capítulo de Codificación se describirá en profundidad el estándar de codificación MPEG-2. Tan sólo reseñar el que en los entornos de producción, se utiliza ampliamente este estándar en su perfil 4:2:2 con unas tasas binarias próximas a los 20 Mbps para vídeo de definición estándar y de 50 Mbps para alta definición.

— M-JPEG:

El estándar M-JPEG (Motion JPEG) realiza un tratamiento de cada frame como un elemento independiente dentro de la secuencia de vídeo, no aplicándole por consiguiente ningún tipo de predicción temporal. Este tipo de codificación es muy utilizado debido a su bajo coste de integración, pero su utilización se limita a los formatos de defini-

Combinaciones habituales de RAID.

ción estándar, ya que su eficiencia en HD está ampliamente superada por otros formatos como el JPEG2000, o el MPEG-4 AVC.

El Motion JPEG usa codificación intracuadro, tecnología muy similar a la codificación en modo I-frame de los estándares de codificación MPEG-1 y MPEG-2, sin emplear la predicción temporal intercuadro. La ausencia del uso de la predicción intercuadro conlleva a una pérdida en la eficiencia de compresión, pero facilita la edición de vídeo, dado que se pueden realizar la reproducción o edición con precisión de frame, sin necesidad de comprimir/descomprimir todos los frames incluidos en un GOP. Existen dos tipos de MJPEG, MJPEG A y MJPEG B.

DV:
El estándar DV (Digital Vídeo) está muy extendido en los entornos de producción debido a su tasa binaria constante de 25 MBps. En el capítulo de Codificación, se comentará en profundidad este estándar de codificación.

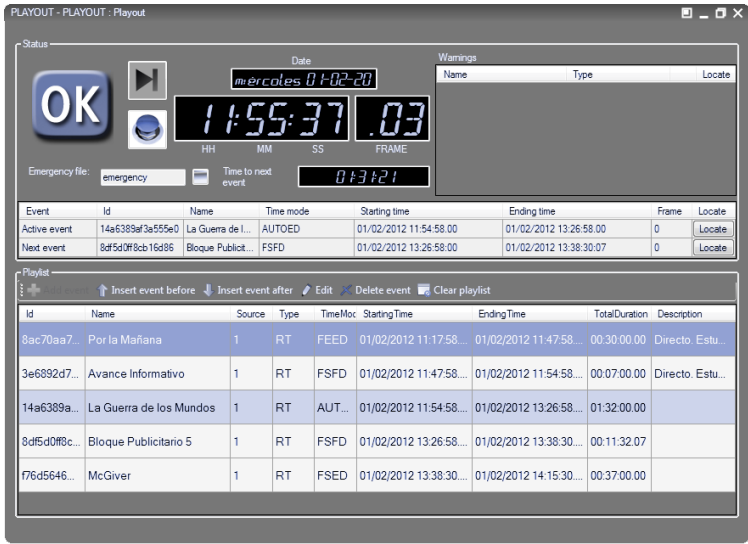
8.2.3 Edición Playlist

Una Playlist es la aplicación que contiene el listado de eventos que tienen asociados unos atributos que definen cómo y cuando se reproducirán los contenidos que componen la programación de un canal. Por otra parte, los operadores del control de continuidad pueden configurar los diferentes atributos que componen los archivos de media, por ejemplo especificando el tiempo de reproducción, tipo de transición, o número de canales de audio asociados.

Los atributos que de modo genérico componen la Playlist son los siguientes:

- ID: Identificador o nombre del evento.
- Status: Indica el estado de un evento. Existen varios tipos de Status; Play, Stop, Cued.
- Thumbnail: Se trata de una captura de baja resolución de un evento, que aporta información visual del mismo.

- Transition: Este atributo indica el tipo de transición realizada a la entrada del evento (CUT, MIX, WAPE, FADE).
- TC: número de frame inicial y final del clip.
- Fuente: Indica donde se encuentra la señal, si está almacenada en un servidor o por el contrario proviene de una fuente externa en tiempo real.
- Logo: Indica si el evento tiene asociado un logo.
- Tipo de evento: Indica el modo de inserción del evento, manual, automática, on time, automático+key, etc.
- Duración: Indica la duración del evento.
- Comienzo: Indica el punto de comienzo del evento.
- Canal: Canal asignado al evento.



Aplicación de continuidad.

Fuente: Xpertia SI

8.2.4 Protocolos de control de la automatización

Existen multitud de sistemas de control de los servidores de vídeo. Por lo general, cada fabricante ha integrado el suyo propio con un protocolo de comunicación totalmente propietario. A continuación se describen algunos de los más implantados en la actualidad:

- RS-422 Sony BVW: Estándar de comunicación para dispositivos broadcast como magnetoscopios, con funciones de Play, Pause, Stop, etc.
- Vdcp: Desarrollado por Louth es un estándar de comunicación de los servidores de vídeo con funciones de control basado en Sony RS-422 BVW.
- Ndcp: Protocolo de control IP desarrollado por Harris basado en XML como sustituto de Vdcp.
- Odetics Protocol: Protocolo basado en el protocolo Sony RS-422 BVW para el control de servidores que soporta nuevas funcionalidades como el manejo de listas, clips, etc.
- AMP GrassValley: Protocolo desarrollado por GrassValley que permite el control por IP y por RS-422.
- Thomson XtenDD-35: Protocolo de control de dispositivos de transporte basado en Sony-422 BVW, con funciones extendidas en el manejo de clips.
- Control-L LANC: Se trata de un bus de control bidireccional desarrollado por Sony para sincronizar cámaras con dispositivos externos.
- Control M: Desarrollado por Panasonic utilizado para el control de dispositivos externos y enfocados a la edición entre magnetoscopios.
- Chyron: Es un protocolo de control de dispositivos generadores de caracteres. Se trata de un estándar utilizado por las tituladoras

broadcast, con funciones de manejo de servidores de vídeo.

- MOS: Protocolo de comunicación usado en la intercomunicación entre plataformas distintas que usa comandos de arrastre y control de dispositivos.

Debido a los problemas existentes en la comunicación de los equipos broadcast, y más en concreto en los sistemas de automatización y tráfico, surge un lenguaje estándar para la comunicación de los diferentes equipos conocido como Broadcast eXchange Format (BXF).

8.2.4.1 BXF

Broadcast eXchange Format es un lenguaje estándar de metadatos de comunicación dinámica existente entre los sistemas de automatización y el tráfico de datos lanzado en 2008 como SMPTE Standard 2021. Este estándar permite la compartición de datos en tiempo real mejorando la eficiencia de los procesos de automatización y las operaciones de emisión. Especifica 3 áreas:

- Instrucciones de transferencia de contenidos
- Contenidos de metadatos
- Schedule

El formato surge debido a los problemas existentes en los sistemas de automatización y tráfico que estaban basados en protocolos cerrados para el intercambio de información. Los fabricantes escribían los códigos y los publicaban para que otros sistemas interactuaran con ellos. Es un método simple de intercambio de datos entre los dominios de gestión de programas, tráfico, automatización y distribuidor de contenidos basado en XML.

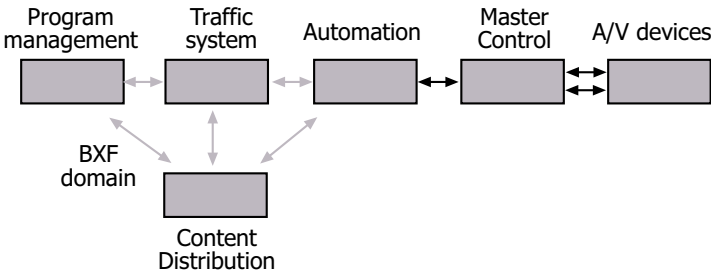
Sus características son:

- Reemplaza las interfaces propietarias.
- Soporta diferentes fabricantes.

- Crea interfaces extensibles.
- Se basa en IP con ficheros de tiempo real.
- Usa XML.
- Fácil integración con MXF.

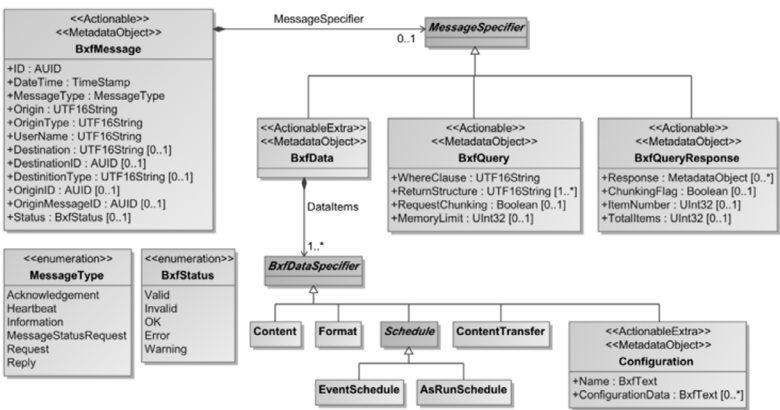
Este sistema realiza una optimización del flujo de trabajo, minimizando las tareas realizadas por los operadores, reduciendo de este modo las posibilidades de error, detectando con anterioridad discrepancias entre los sistemas, además de conseguir una reducción de coste al necesitar menor personal para realizar las operaciones.

El proceso de comunicación mediante mensajes BXF se muestra en la siguiente figura:



Proceso de comunicación mediante mensajes BXF.

La siguiente figura muestra la notación UML2 de los mensajes BXF.



Notación UML2 de los mensajes BFX.

Fuente: Richard Catwright.

9. CODIFICACIÓN DE FUENTE

9.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

9.2. TECNOLOGÍAS DE CODIFICACIÓN DE VÍDEO

9.2.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS ESTÁNDARES DE CODIFICACIÓN

9.2.2 INTRODUCCIÓN A LA COMPRESIÓN DE VÍDEO

9.2.3 ESTÁNDAR DE CODIFICACIÓN DE VÍDEO MPEG-2

9.2.4 EL NUEVO ESTÁNDAR MPEG-4 AVC/H.264

9.2.5 MIGRACIÓN MPEG2 A H.264

9.2.6 H.265/HEVC

9.3. TECNOLOGÍAS DE CODIFICACIÓN DE AUDIO

9.3.1 ESTÁNDARES DE CODIFICACIÓN EN SUBBANDAS MPEG-1 LAYER I Y II

9.3.2 CODIFICACIÓN AAC Y HE-AAC

9. CODIFICACIÓN DE FUENTE

9.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En el presente módulo nos hemos centrado en la evolución de los estándares de compresión hacia los actuales más utilizados y mundialmente reconocidos, obviando muchos sistemas alternativos, que por supuesto están muy extendidos pero que no aseguran la transmisión profesional de los contenidos con calidad y adaptados a los sistemas de producción.

Los sistemas de codificación resolvieron desde hace décadas la problemática de enviar mucha información a la velocidad necesaria para sistemas de tiempo real o casi real, así como para el almacenamiento, pero en el campo audiovisual no fue hasta la década de los 90 cuando tuvieron su gran explosión, en la que se abrieron varias líneas tanto por iniciativa privada (Quicktime, WM, etc) como estandarizadas (MPEG por ejemplo). Estas líneas han tenido una gran repercusión en los contenidos, que se han podido multiplicar y convertir en multiformato con facilidad. En la línea de sistemas privados creados por compañías como Apple o Microsoft, aún cuando se ha evolucionado hacia elevados anchos de banda soportados, siguen estando restringidos para comunicaciones relacionadas con Internet.

Para los sistemas y transmisiones audiovisuales profesionales se ha adoptado en general por los estándares MPEG derivados del estático JPEG y los H.26X, puesto que han probado su robustez y fiabilidad para operación 24x7x365, y con una asimetría en la cadena de TX/RX interesante de cara al consumidor. Se ha logrado que los receptores o descodificadores en este caso sean de un precio más que razonable, motivo por el cual los servicios que implican a una gran masa social pueden verse bien situados en ventas e introducción en el mercado.

Ahora que los contenidos migran hacia 3D, es decir dos imágenes correspondientes a cada ojo, se está buscando la estandarización de sistemas similares al MVC para el óptimo tratamiento y compresión de las imágenes, que asimismo sean fácilmente tratadas en recepción con el fin de no encarecer enormemente los sistemas de usuario. De momento se está tratando la codificación en 3D integrada en una señal de alta definición (Side by Side) para poder tener emisiones reales y activas en estos momentos, en los que las tecnologías para la transmisión de señales audiovisuales a usuario final (exceptuando la parte de producción cinematográfica) aún están en debate en los laboratorios y centros de investigación.

9.2 TECNOLOGÍAS DE CODIFICACIÓN DE VÍDEO

9.2.1 Evolución histórica de los estándares de codificación

9.2.1.1 H.261

El estándar H.261 es parte del grupo de estándares H.320 para comunicaciones audiovisuales. Fue diseñado para una tasa de datos múltiplo de 64 Kbit/s, lo cual coincide con las tasas de datos ofrecidas por los servicios RDSI. Se pueden usar entre 1 y 30 canales RDSI (64 Kbit/s a 1920 Kbit/s). Las aplicaciones que motivaron el diseño de este tipo de estándar son: videoconferencia, vigilancia y monitoreo, telemedicina, y otros servicios audiovisuales.

H.261 tan solo soporta dos resoluciones CIF (Common Interchange Format, 352x288 píxeles) y QCIF (Quarter Common Interchange Format, 176x144 píxeles), y exclusivamente para formatos progresivos, con una tasa binaria máxima de 2Mbit/s. Las imágenes son codificadas en sus componentes de luminancia y crominancia (Y, Cb, Cb) conforme a la recomendación ITU-R BT. 601. Define como unidad elemental el MB (Macro Bloque) con dimensión de 16x16 píxeles. Su baja eficiencia en la actualidad está muy superada por estándares como el H.263 y el H.264, que lo han sustituido en la totalidad de aplicaciones.

9.2.1.2 H.263

El codec de vídeo H.263 fue diseñado por la ITU-T como una evolución de su antecesor H.261, con el objetivo de cubrir aplicaciones de muy bajo bitrate, centrándose en la videoconferencia sobre circuitos telefó-

nicos conmutados, utilizando el H.323 para Internet. Los algoritmos de codificación son similares a los utilizados por el H.261, aunque mejoran la eficiencia y la capacidad de recuperación de errores de codificación.

Las principales diferencias con el estándar H.261 son:

- Más formatos de imágenes y diferentes estructuras de bloques. Compensación de movimiento con precisión de medio píxel, lo que elimina la necesidad del Loop-filter.
- Alternativas a la codificación de entropía (codificación aritmética). Incluye bloques de tipo B como en MPEG.
- Mejora el rendimiento en 3-4 dB a bitrates menores de 64 Kbps.
- Codificación predictiva del vector de movimiento usando los tres anteriores.
- Cuatro vectores de movimiento por macrobloque.
- Variedad de opciones negociables.

9.2.2 Introducción a la compresión de vídeo

El proceso de digitalización de señales analógicas supone grandes ventajas como la protección frente a ruidos, encriptación de señales, el procesamiento digital de los datos así como su robustez a la multigeneración. Sin embargo, la digitalización directa supone un gran aumento del ancho de banda.

Para comprender el por qué de la compresión de vídeo es necesario analizar el ancho de banda que consumirá la señal de vídeo digitalizada. A la hora de muestrear la señal de vídeo conocida como de definición estándar, compuesta por 576 líneas, la luminancia se muestrea a 13,5MHz, y a 6,75MHz cada una de las señales diferencia de color (formato 4:2:2). De esa manera multiplicando la frecuencia de muestreo por el número de bits por muestra obtenemos la tasa binaria resultante:

- Codificación con 8 bits: $(13,5 \times 8) + (6,75 \times 8) + (6,75 \times 8) = 216 \text{ Mbps}$.
- Codificación con 10 bits: $(13,5 \times 10) + (6,75 \times 10) + (6,75 \times 10) = 270 \text{ Mbps}$.

Considerando una vez más el criterio de Nyquist que exige que la frecuencia de corte del filtro por el que ha de pasar la señal para transmitirse ha de ser al menos de la mitad del flujo binario de la misma, se obtiene que el ancho de banda de transmisión para cada una de las codificaciones posibles es:

- Codificación con 8 bits: 108 MHz
- Codificación con 10 bits: 135 MHz

Se trata de un ancho de banda extremadamente alto para considerarse viable en difusión de TV. Ni el canal terrestre, ni el canal de satélite permitirían estos anchos de banda.

La consecuencia de esto, es que es necesario comprimir la señal, para poder aproximarse a anchos de banda razonables para un servicio de difusión de TV. Para ello se utilizan las técnicas de codificación de fuente, conocidas como compresión de vídeo.

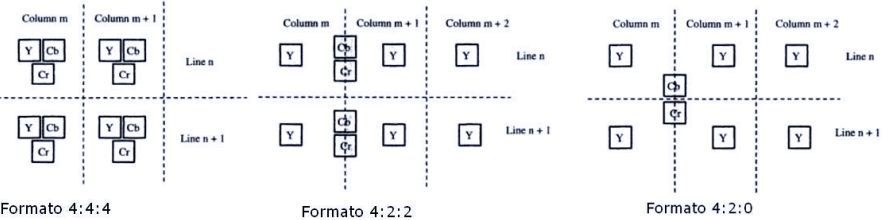
Por lo tanto es necesario aplicar un proceso de reducción de la tasa de bits que permita la transmisión de las señales sin la percepción de pérdidas en la calidad de la misma. La codificación de los datos es un procedimiento genérico que se utiliza para representar la información en una forma alternativa. Esta Codificación puede ser con pérdidas o sin pérdidas.

La primera permite recuperar la señal original con toda su integridad, pero las relaciones de compresión alcanzadas no superan por lo general más de un 3:1. Por el contrario la codificación con pérdidas alcanza fuertes ratios de compresión, hasta 200:1 en algunos casos, pero son penalizados con una pérdida de información que no es recuperable por el decodificador.

Los métodos de compresión con pérdidas se basan en características psico-fisiológicas del sistema visual y auditivo, por lo que es fundamental saber las características y limitaciones de los sistemas de percepción para el diseño de los codificadores para que las pérdidas no sean muy evidentes.

La señal de vídeo se representa por imágenes asociadas entre sí en grupos, formadas a su vez por píxeles organizados en filas y columnas, para cada una de las tres componentes Y, Cb y Cr. Los píxeles contienen una elevada redundancia tanto en el dominio espacial como en el temporal, que se reduce mediante las siguientes técnicas:

- Reducción de la cuantificación de 10 bits a 8 bits. Este proceso conseguirá una reducción del 20% en la tasa binaria, sin suponer una gran pérdida, ya que una resolución de 10 bits está comprobado que es innecesaria fuera de estudios de edición y post-producción.
- Eliminar información de los intervalos de borrado vertical y horizontal. Este borrado elimina información que no es relevante, ya que no forma parte de la imagen. Estos intervalos se utilizan para transmitir información adicional, como teletexto o señales de audio.
- Reducción de la resolución del color. Aprovechando la falta de resolución cromática del sistema de percepción visual humano, por lo general se utilizan reducciones en la resolución de las componente de color con respecto a la componente de luminancia. Se adoptan muestreos denominados 4:2:2 donde la resolución horizontal del color es la mitad de la resolución de la luminancia; y submuestreos 4:2:0 donde también la resolución horizontal, además de la vertical, es la mitad de la correspondiente a la luminancia. En la siguiente figura se muestran las distintas estructuras de muestreo utilizadas en los codificadores de vídeo.



Estructuras de muestreo en los codificadores

- Traslado al dominio frecuencial: Ahorro de información transmitiendo la información de los píxeles en el dominio de la frecuencia utilizando la transformada Discreta del Coseno (DCT) que compacta la información de los píxeles en pocos coeficientes en función de la homogeneidad de éstos.
- Compensación de movimiento: Habitualmente en las escenas existen objetos que se desplazan, pero la mayoría de la información que contiene la escena permanece inalterable, por lo que se

transmite en una ocasión la escena completa, y para las siguientes imágenes se envía la información de movimiento vertical y horizontal de los MB que presentan desplazamientos espaciales con respecto a los frames anterior o posterior. Mediante esta técnica se consigue un ahorro sustancial de información transmitida ya que aprovecha la redundancia temporal de imágenes.

- Uso de códigos de longitud variable (VLC): Éstos códigos se basan en codificaciones Huffman, que utilizan la probabilidad de repetición de determinadas secuencias de datos muy largas a los que asocia códigos de bits de una longitud muy pequeñas, utilizando códigos largos de datos para secuencias con una probabilidad menor de repetición.
- Codificación predictiva: Debido a la gran similitud existente entre determinados datos transmitidos de forma sucesiva, es posible predecir en el descodificador qué se obtendrá en función de los anteriores, de modo que el transmisor sólo tiene que enviar la información mínima para obtener el valor necesario. Esta técnica se utiliza para determinar el valor medio de brillo de cada bloque también llamado coeficiente DC.

Aprovechando todas las técnicas anteriormente comentadas, es posible conseguir una drástica reducción de la cantidad de información que hay que enviar, con mínimas pérdidas de calidad en la imagen. De modo genérico, la totalidad de codificadores de los distintos estándares realizan los siguientes pasos:

- Preprocesado de la imagen.
- Estimación y compensación de movimiento.
- Codificación transformacional del residuo por la DCT.
- Cuantificación de los coeficientes transformados.
- Scanning zig-zag con utilización de técnicas de codificación especiales (Variable-Length Coding), para reducción de redundancia.
- Codificación entrópica, como la codificación Hoffman.

En la siguiente figura se muestran los distintos bloques funcionales:

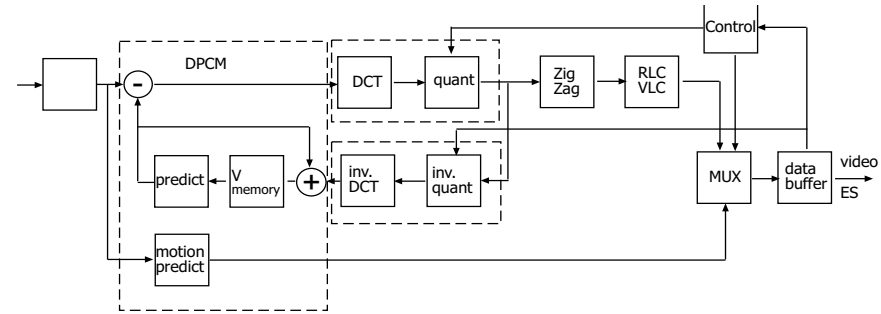


Diagrama de bloques del proceso de codificación de vídeo.

9.2.2.1 Transformación al dominio de la Frecuencia. Uso de la DCT.

Un método de compresión muy eficiente es el método JPEG (Joint Pictures Expert Group) que estableció un método de compresión de imágenes fijas muy utilizado en la actualidad.

La compresión espacial aprovecha que el sistema visual humano no es capaz de percibir detalles pequeños con claridad. Esto se utilizará en el proceso de cuantificación, de modo que se cuantifican de modo más severo las componentes frecuenciales de altas frecuencias y se cuantifica menos el resto de frecuencias con el objetivo de preservar la integridad de la imagen. En el caso de la señal de vídeo, el método utilizado es la DCT bidimensional a cada bloque de 8x8, de modo que se consiga transformar la imagen en una serie de coeficientes con diversas componentes frecuenciales en sentido vertical, horizontal y diagonal. En primer lugar se divide la imagen en macrobloques, de 16x16 píxeles.

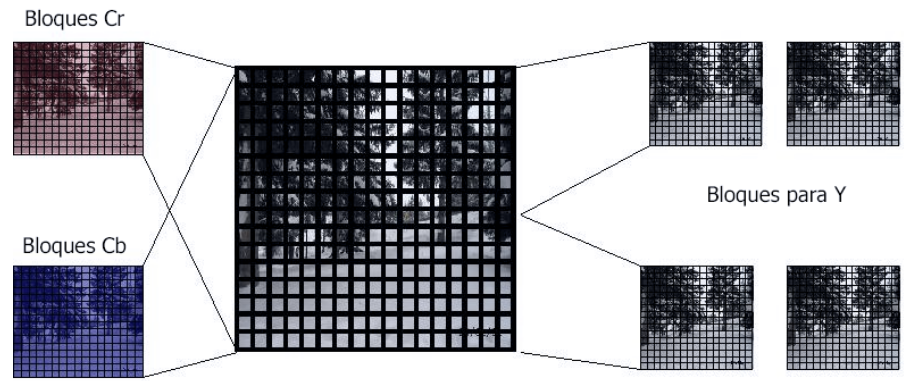


Entramado de la imagen en macrobloques.

Esta división en macrobloques se observa en la anterior figura.

Los macrobloques a su vez se dividen en bloques. La división en bloques de un macrobloque para un submuestreo 4:2:0, se muestra a continuación.

Descomposición de los macrobloques en bloques 8x8.



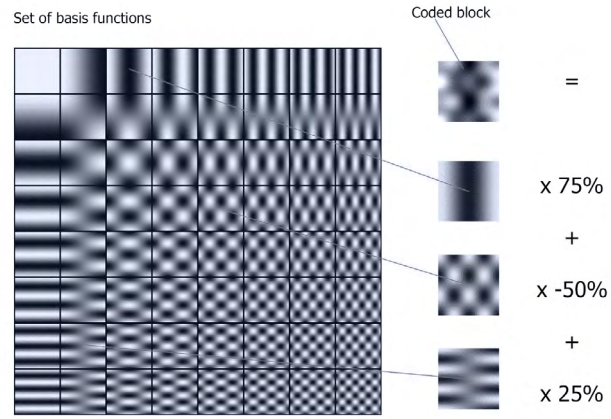
Tal y como se aprecia, para la luminancia se obtienen 4 bloques de 8x8, mientras que para las componentes de color, únicamente se obtendrá un bloque para cada uno de ellos, con dimensión vertical y horizontal siendo la mitad que para la componente de luminancia.

Para cada uno de los bloques se seleccionarán las muestras de luminancia y cromaticancia, dando lugar a matrices 8x8 con valores de las componentes en cada píxel.

Cada uno de los bloques 8x8 se transforma al dominio de la frecuencia, mediante la DCT bidimensional. Esta operación dará las componentes en la frecuencia del bloque completo, organizadas en una matriz 8x8. En este caso, el coeficiente superior izquierda, será el coeficiente DC para el bloque completo. Es decir, se ha transformado un bloque 8x8 de valores de luminancia, o cromaticancia, en una matriz 8x8 de amplitud de coeficientes que describen el bloque completo en el dominio de la frecuencia.

Un desplazamiento hacia la derecha de la matriz representa un incremento en la frecuencia horizontal, mientras que si el desplazamiento es hacia abajo, representa un incremento en la frecuencia vertical. Así, el coeficiente de la componente de mayor frecuencia será el situado en la esquina inferior derecha.

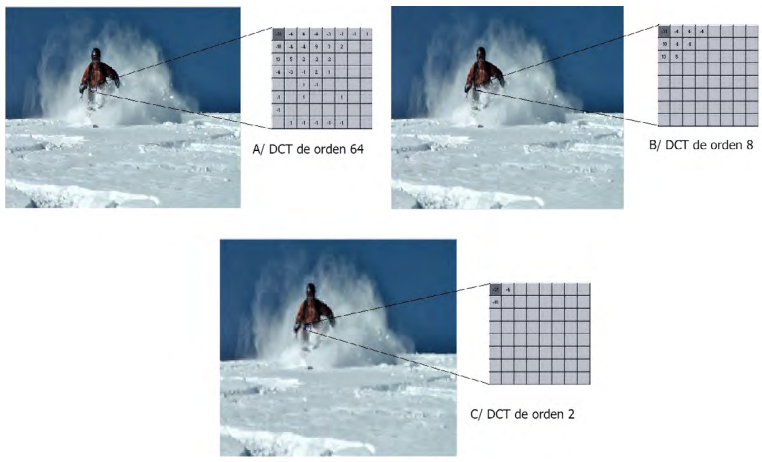
Esto se representa en la siguiente figura, donde están las funciones base, que representan las frecuencias de los coeficientes y el significado de los mismos.



Representación de las funciones base de MPEG2 para obtención de coeficientes de la DCT.

Cuantificación:

El siguiente paso a la transformación al dominio de la frecuencia de los bloques, es la cuantificación. La cuantificación divide cada uno de los coeficientes por unos factores de cuantificación determinados.



Cuantificación.

La cuantificación es el método para convertir coeficientes a cero, y habitualmente es la forma de ajustar el bitrate de la secuencia de salida.

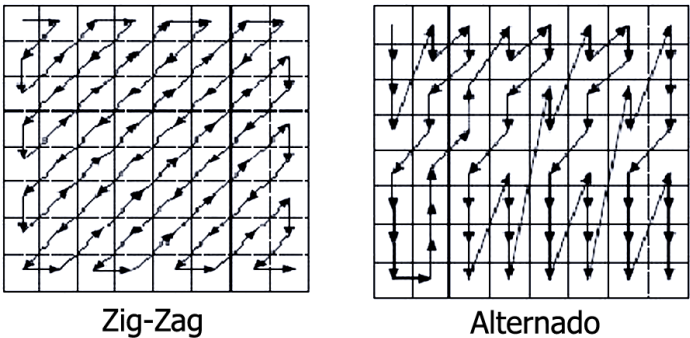
El proceso de cuantificación es un proceso con pérdidas irreversibles, ya que todas aquellas frecuencias que se han eliminado, no es posible recuperarlas.

— **Escaneado y Codificación:**

Una vez realizado el proceso de cuantificación, queda leer los coeficientes resultantes del proceso.

Para leer estos coeficientes, y teniendo en cuenta que los valores de menor frecuencia (más susceptibles de ser diferentes de cero) se encuentran cercanos a la esquina superior izquierda, se utilizan dos estrategias de escaneo principalmente, dependiendo de si se ha realizado la codificación por frames (imágenes) o por fields (campos).

Ambas situaciones se pueden observar a continuación.



Una vez leídos los coeficientes, éstos se transmitirán utilizando codificaciones especiales, como Run-length coding, o Huffman coding.

Run-Length coding transmitirá el número de ceros indicando el número de ellos que existe, en lugar de enviarlos todos. De esa manera se consigue ahorrar bastante información.

Huffman coding utilizará codificaciones especiales para los diferentes valores, asignando palabras más largas a valores menos frecuentes.

Escaneo en
Zigzag o
Alternado.

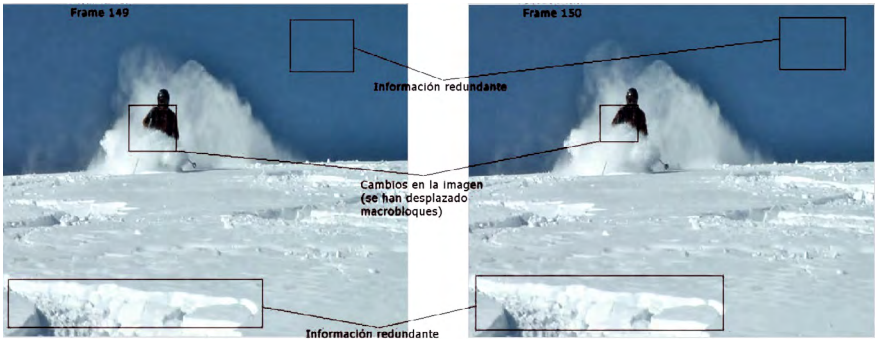
Al final de todo el proceso, se obtendrá una trama de bits, que será el resultado de la compresión. El proceso de compresión espacial, es el que permite mayor ahorro de información, aunque se complementará con la compresión temporal.

9.2.3 Estándar de codificación de vídeo MPEG-2

Como se ha comentado anteriormente, la señal de vídeo, es una sucesión de imágenes fijas, reproducidas a una velocidad que hacen que el ojo las vea como una imagen en movimiento, sin espacios entre ellas. Si la reproducción es suficientemente rápida, la memoria visual del ojo permitirá que no se observen las transiciones entre unas imágenes y otras.

Las imágenes de TV en Europa se transmiten a una velocidad de 25 imágenes o frames por segundo, lo que implica, que las variaciones entre una imagen y la siguiente sean pequeñas. Es decir, que existe mucha información redundante entre una imagen y la siguiente o siguientes. Precisamente aprovechando esa redundancia se puede reducir aún más la cantidad de información a transmitir después del proceso de codificación, pues de otra manera, lo que se está haciendo es transmitir la misma información en múltiples ocasiones.

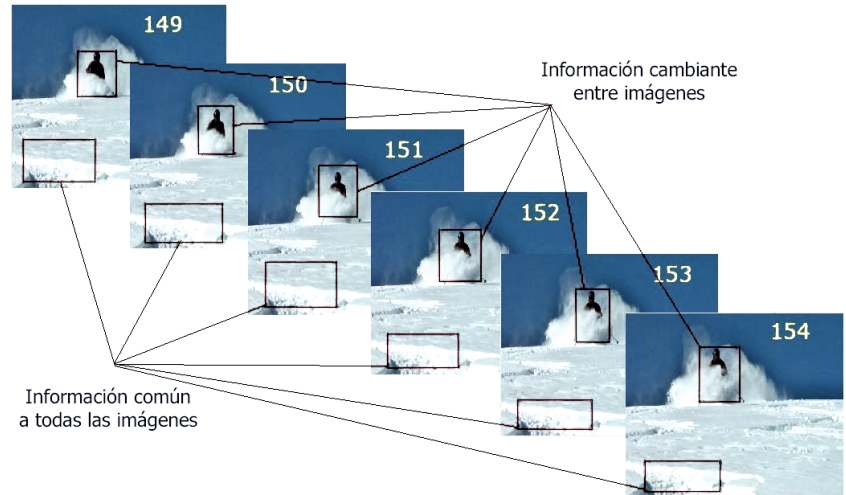
A continuación se puede observar un ejemplo ilustrativo de las redundancias entre dos imágenes consecutivas.



Información
redundante e
información
que cambia
entre imágenes
consecutivas.

Además, estas redundancias en muchas ocasiones no son únicamente entre dos imágenes consecutivas, sino que existen dichas redundancias entre imágenes que están más separadas entre sí.

Información redundante y cambiante entre grupos de imágenes consecutivas.

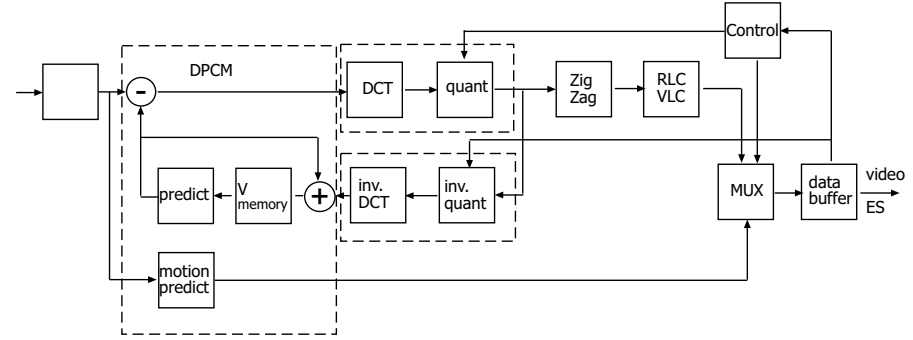


Pero para realizar esta eliminación de información, existe el método conocido como DPCM (Differential Pulse Code Modulation). Este método es perfecto para reducir las redundancias, pero como se puede observar en la figura anterior, existen porciones de la imagen que cambian su posición entre las diferentes imágenes o porciones de la imagen que no existían anteriormente. Estas situaciones están previstas mediante el uso de las técnicas denominadas de Estimación y Compensación de movimiento (vectores de movimiento), y la codificación intra de los macrobloques, en el supuesto de que la predicción no obtenga buenos resultados.

Finalmente, utilizando estas técnicas, se llegará a diferentes tipos de imágenes, ya sean predictivas o no, cuya transmisión secuencial darán lugar a un GOP (Group of Pictures).

Hay que prestar especial atención a la sincronización de dichas imágenes, ya que algunas de ellas no es posible decodificarlas sin que haya llegado una anterior, o posterior. De esa sincronización se encargarán los PTS y DTS.

La figura siguiente muestra el esquema de bloques de un codificador MPEG-2. En él se puede observar las etapas de compresión temporal en primer lugar.



Esquema de bloques de un codificador MPEG2.

Además, hay que destacar que para realizar la compresión temporal, es imprescindible contar con las imágenes de referencia, de forma que se disponga de toda la información para realizar la comparación de imágenes adyacentes en la secuencia. Si en lugar de únicamente tener en cuenta las diferencias entre el mismo macrobloque, además, podemos predecir cómo se van a desplazar algunos macrobloques en la imagen, tendremos una estimación de movimiento en la codificación, que el decodificador será capaz de descifrar para mostrar la imagen de forma correcta. Esta estimación ayudará a su vez a reducir la tasa binaria en transmisión y dará lugar a los conocidos como vectores de movimiento.

Para obtener los vectores de movimiento, el sistema busca en la imagen información en el entorno del macrobloque a ser codificado. Esto se hace utilizando el principio conocido como block matching en una determinada área alrededor del macrobloque. De esta manera, se determina el lugar donde existe información que encaja con la del macrobloque actual.

Agrupación de imágenes. El GOP:

De acuerdo a los mecanismos de compresión temporal comentados, se generarán diferentes tipos de imágenes en la codificación. Cada una de estas imágenes tendrá características diferentes, al ser generadas de forma diferente.

En el proceso de compresión temporal, por tanto, se trabajará con diferentes tipos de imágenes:

- Imágenes I (intracodificadas): estas imágenes son las referencias que se insertan cada cierto tiempo para que el mecanismo

DPCM tenga referencias válidas. Estas imágenes contienen la información completa de la imagen, sin estimación de movimiento y únicamente se aplican los mecanismos de compresión espacial vistos anteriormente. Por tanto, la información que se transmite cuando se codifica una imagen (o frame) I, será similar a la mostrada en la siguiente figura, donde se observa la imagen original y la imagen con los macrobloques intracoded coloreados de color rojo.

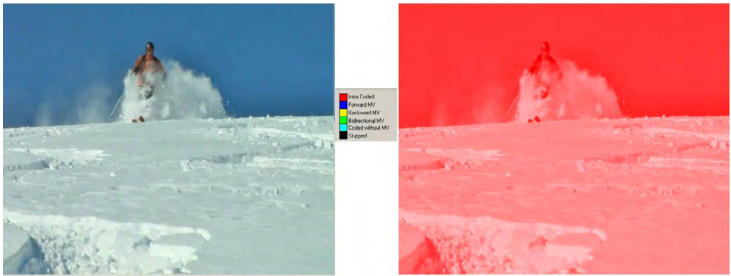


Imagen tipo I.

— Imágenes P (Predictivas): estas imágenes son el resultado de aplicar los métodos de estimación de movimiento comparando con imágenes anteriores. Por tanto, estas imágenes contienen información de macrobloques con vectores de movimiento, y si fuera necesario también puede llevar macrobloques intracodificados (no hay referencias anteriores). Para la obtención de un frame P, es necesario disponer del frame de referencia decodificado, por lo que su referencia solo podrá ser un frame I o uno P anterior.

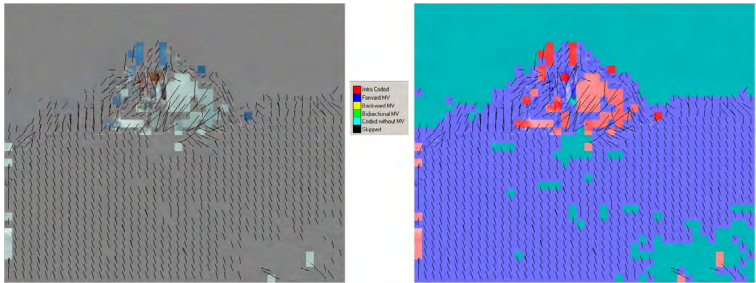


Imagen P transmitida.
A la derecha, codificación de los macrobloques según el tipo.

— Imágenes B (Bidireccionales): son el resultado de aplicar los métodos de estimación de movimiento comparando con imágenes anteriores y posteriores. En este caso, por tanto, existirán vectores de movimiento para estimación de movimiento según imágenes anteriores y vectores de movimiento para la estimación de movimiento respecto a imágenes posteriores. Esto da lugar a los vectores de movimiento “forward” y “backward”. Como es lógico, para generar este tipo de imágenes, es necesario disponer de imágenes de referencia con contenido suficiente para ser comparadas. Por ello, solo será posible utilizar frames I o P como referencias para generar los frames B. A continuación se presenta un ejemplo de frame B.

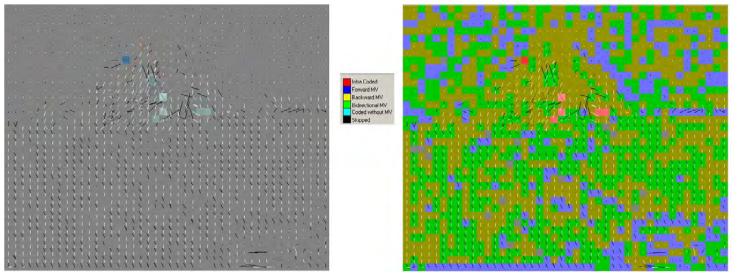
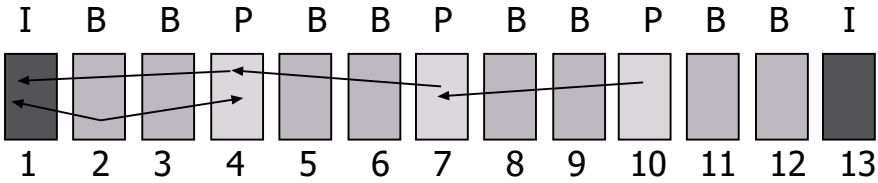


Imagen B. A la izquierda, imagen B transmitida, con vectores de movimiento forward (negro) y backward (blanco). A la derecha, imagen B con los macrobloques codificados por colores.

Todas estas imágenes han de ser transmitidas de forma ordenada, de forma que se puedan decodificar correctamente en el decodificador. Las imágenes, por tanto, se transmiten en grupos de imágenes (GOP: Group of Pictures), donde se agrupan imágenes I, B, y P. Como es necesario disponer de imágenes completas como referencia para poder hacer la estimación de movimiento de forma eficiente, se insertarán imágenes I cada cierto tiempo. El número de imágenes que existen entre dos imágenes I marcará el tamaño de GOP. Existen diferentes estructuras de GOP, pudiendo llegar a tener cualquier tamaño, pero lo habitual es que sea de 12 ó 15 imágenes, de forma que la codificación sea eficiente, empezando siempre por una imagen I. A continuación se observa la relación entre los diferentes frames generados en la codificación.

GOP y predicción de imágenes a partir de imágenes I o P.



Para poder decodificar una imagen B o P, se ha debido recibir la imagen I o P a partir de las que se han generado. Por ello, el orden en transmisión es diferente al orden de generación de las imágenes. Y el orden en que se decodifican y presentan las imágenes vendrá dado por unas referencias de tiempo: los DTS y PTS, que se detallan en la siguiente sección.

Sincronización:

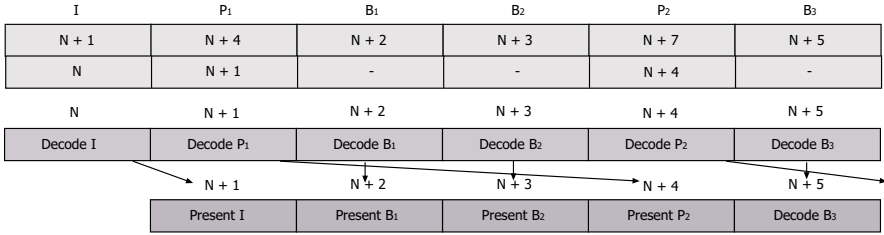
Para decodificar correctamente la secuencia, existe un orden en el que ha de llegar cada una de las imágenes. Pero además, dichas imágenes han de decodificarse y presentarse en un orden lógico, de acuerdo a cómo se han generado.

Los DTS o Decoding Time Stamps, son las marcas de tiempo que utiliza el decodificador para saber en qué momento ha de decodificar cada una de las imágenes.

Los PTS o Presentation Time Stamps, son las marcas de tiempo que utiliza el decodificador para saber en qué momento se ha de presentar cada una de las imágenes.

Pero hay que tener en cuenta que no todas las imágenes se decodifican y se presentan de la misma manera. Como se vio anteriormente, para poder decodificar un frame P, es necesario disponer del frame I de referencia, así como para presentar un frame B, es necesario disponer de los frames P o I de referencia que se utilizaron en la generación.

En la siguiente figura, se puede observar un ejemplo de decodificación y presentación de los diferentes frames, así como las referencias de tiempo (DTS, PTS) de cada uno de los frames.



Para la presentación de los frames I, su DTS coincidirá con el instante de llegada, en el caso de los frames P, el DTS marcará el instante de llegada del frame, por lo que se decodificarán en el momento en que llegan (es necesario para poder decodificar los frames B), pero su presentación se realizará 3 frames más tarde. En el caso de los frames B, no tendrán DTS, pues siempre se presentarán en el momento en que lleguen, por lo que se decodificarán en el mismo instante en el que lleguen, y se presentarán en el mismo instante. Todo esto suponiendo que la estructura de GOP está basada en organización IBBP de las imágenes.

Según el estándar MPEG-2, los intervalos de repetición de los PTS y DTS deberían ser siempre menores de 700ms, para asegurar una correcta decodificación de la señal de vídeo.

El conjunto de normativas que recogen tanto la capa de compresión como la de transporte en MPEG-2 se definen en distintas partes del estándar ISO/IEC 13818.

Así, se pueden citar como los más relevantes:

- ISO/IEC 13818 Part 1. Systems: es la norma que especifica la forma de paquetizar los streams MPEG-2 resultantes, y lo que se va a repasar en esta Unidad Formativa.
- ISO/IEC 13818 Part 2. Vídeo: es la norma que especifica la compresión de vídeo MPEG-2. Todo lo visto hasta el momento está recogido en dicha norma. Igualmente, especifica los paquetes y cabeceras de los elementary streams de vídeo.

Utilización de las marcas de tiempo para la decodificación y presentación de las imágenes.

- ISO/IEC 13818 Part 3. Audio: es la norma que especifica la compresión de audio MPEG-2.

LEVEL PROFILE	SIMPLE	MAIN	SNR	SPATIAL	HIGH
HIGH		4:2:0 1920 X 1152 80 MB/S I,P,BI			4:2:0, 4:2:2 1920 X 1152 100 MB/S I,P,BI
HIGH-1440		4:2:0 1440 X 1152 60 MB/S I,P,BI		4:2:0 1440 X 1152 60 MB/S I,P,BI	4:2:0, 4:2:2 1440 X 1152 80 MB/S I,P,BI
MAIN	4:2:0 720 X 576 15 MB/S I,P	4:2:0 720 X 576 15 MB/S I,P,BI	4:2:0 720 X 576 15 MB/S I,P,BI		4:2:0, 4:2:2 720 X 576 20 MB/S I,P,BI
LOW		4:2:0 352 X 288 4 MB/S I,P,BI	4:2:0 352 X 288 4 MB/S I,P,BI		

Perfiles y niveles según MPEG2.

DVB define el Main Profile @ Main Level como el adecuado para transmisiones de difusión de televisión en definición estándar. Como se puede observar, esta caracterización en perfiles y niveles va a permitir entre otras cosas:

- Codificación de vídeo en Alta Definición (HD).
- Codificación de vídeo en formato 4:2:2.
- Codificar hasta tasas binarias muy altas y resoluciones variadas.

9.2.3.1 Tramas Elementales según MPEG-2

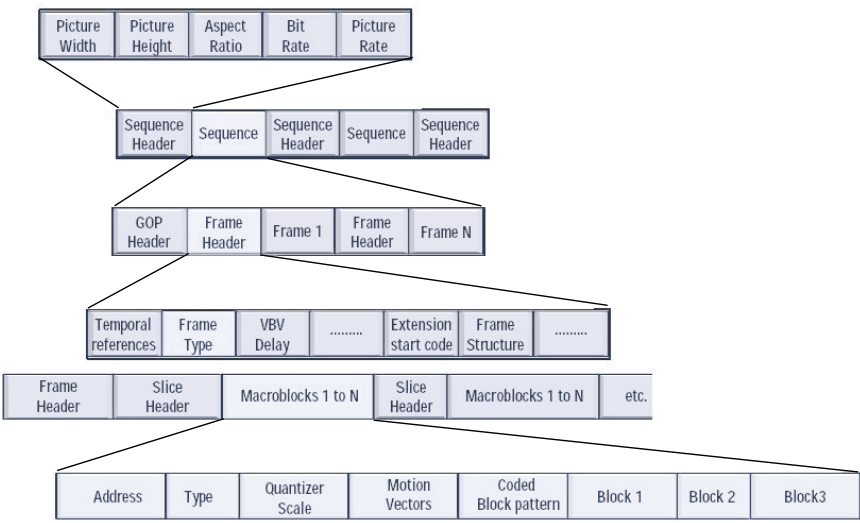
El vídeo y audio comprimidos en MPEG-2, se les conoce como Tramas Elementales (ES: Elementary Streams). Así, pueden ser ES de vídeo, audio o de forma más general, datos, inmediatamente después de la compresión. Todos los ES, se dividen en paquetes de longitud variable.

En el momento de la compresión, y para que el decodificador sepa interpretar la información contenida en la trama de bits, se insertan determinadas cabeceras, que describirán la trama de bits contenida.

Así, para el proceso de creación de la trama elemental se utiliza una estructura jerarquizada, que va desde el nivel más alto (secuencia) al nivel más bajo (bloque).

- Secuencia: es un grupo de GOPs.
- GOP: conjunto de imágenes (frames).
- Frame: conjunto de franjas (slices).
- Slice: conjunto de macrobloques.
- Macrobloque: conjunto de bloques.
- Bloque: conjunto de píxeles.

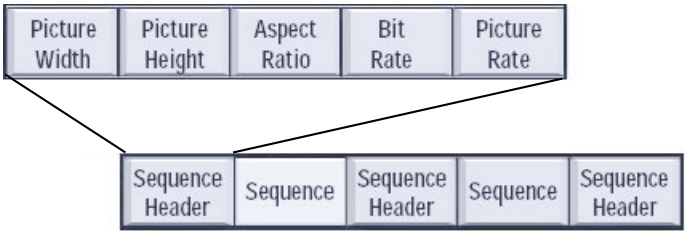
Primero se cogerán los bloques de coeficientes, para formar un macrobloque, añadiendo los vectores de movimiento para dicho bloque, posteriormente se agruparán en slices (franjas), incluyendo un patrón de sincronismo, éstos se agruparán a su vez en imágenes, donde se especificará el tipo de imagen y referencias de tiempo. El grupo de imágenes se agrupará para formar el GOP, y finalmente los GOPs se agruparán formando secuencias, paso en el que se inserta la información válida para toda la secuencia: tasa de imágenes, matrices utilizadas, nivel, perfil, resolución de la imagen, relación de aspecto, imagen entrelazada o progresiva, y formato de croma (submuestreo de croma). Todo esto resultará en una trama de bits con aspecto similar al siguiente:



Estructura de la trama elemental de vídeo MPEG2.

Como se observa, existen cabeceras para cada una de las estructuras comentadas anteriormente (secuencia, GOP, frame, slice, macrobloque).

Cualquier secuencia, siempre comenzará con una cabecera de secuencia:

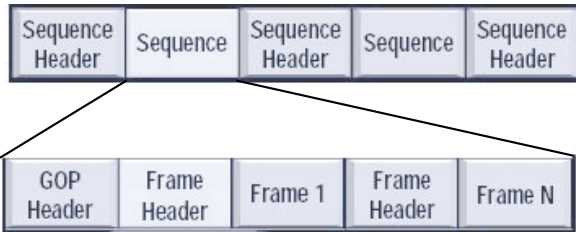


Cabecera de secuencia e información de la secuencia.

La cabecera de secuencia, por tanto proporciona la información sobre:

- Resolución de la secuencia de vídeo en la forma de Picture width x Picture height. Para Definición Estándar lo habitual es 720 x 576.
- Aspect Ratio: relación de aspecto. Lo habitual es 4:3 o 16:9.
- Bit rate: tasa binaria de la secuencia.
- Picture Rate: tasa de imágenes por segundo. Para el sistema PAL será 25 imágenes por segundo.

Además de la cabecera de secuencia se puede insertar una Sequence Extension que aportará mayor nivel de información sobre la secuencia en cuestión.



Contenido de los GOPs en la trama elemental.

La sequence extension, aportará información entre otros parámetros, sobre:

- Perfil y nivel utilizado en la codificación.
- Tipo de frames: progresivos o entrelazados.
- Formato de croma (submuestreo de crominancia).

Cada secuencia contiene un número de GOPs (es muy habitual que 1 GOP = 1 Secuencia). Por tanto, en el contenido de la secuencia se introducirá el GOP Header, con información que afectará únicamente a ese GOP. Cada GOP, se dividirá en imágenes (Frames).

PICTURE Header (0x00 00 01 00)

PARAMETER	(BINARY)	VALUE	MEANING
temporal_reference	(0000000010)	2	Display Order
picture_coding_type	(001)	1	Picture Type = I
vbv_delay	(1111111111111111)	65535	Video Buffer Verifier Delay

Contenido del Frame Header.

Cada imagen a su vez ha de ser descrita, y para ello por delante de cada una de ellas existirá un Frame Header. En dicha cabecera se establece el orden de presentación de la imagen, así como el tipo de imagen y la inicialización del retardo de buffer para decodificación.

Opcionalmente, se puede insertar una extensión a la cabecera, llamada Picture Coding Extension, que aportará información adicional a la mostrada por el Picture Header.

A continuación, como cada frame está compuesto por múltiples macrobloques, se deberá transmitir la información de los mismos, aunque los macrobloques primero se agruparán según unas nuevas estructuras llamadas Slices (franjass). Los slices pueden contener un número de macrobloques determinado. Este número no está predefinido en la norma, por lo que se deja a la elección del codificador utilizar un tamaño u otro.

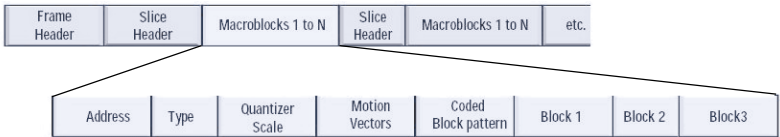
La estructura habitual de slices en MPEG-2 se ilustra a continuación:

Estructura de slices.



El contenido de los frames, teniendo en cuenta la división en Slices sería:

Contenido de los frames en la trama elemental.



El slice incorpora toda la información sobre los macrobloques contenidos en el mismo. Cada macrobloque ha de quedar descrito perfectamente, por lo que se transmite su dirección, el tipo de macrobloque, escala de cuantificación para el macrobloque, los vectores de movimiento el patrón de codificación, y a continuación toda el contenido de los bloques incluidos en el mismo.

A pesar del contenido de la trama elemental, ésta no es apta para ser utilizada en sistemas de reproducción y/o difusión de audio y vídeo. Por tanto, la trama elemental de vídeo, contiene únicamente vídeo, por lo que estas estructuras elementales se agrupan en paquetes de nivel superior, llamados Packetized Elementary Streams (PES).

9.2.4 El nuevo estándar MPEG-4 AVC/H.264

MPEG-4 surge de la necesidad de cubrir un mayor rango de aplicaciones. El estándar MPEG-4 AVC/H.264 parte 10 (también conocido como MPEG4 AVC) es una norma para el codec de vídeo desarrollada por ITU-T y el ISO/IEC con el objeto de crear un estándar que permita obtener una imagen de calidad con una tasa binaria menor a la del estándar MPEG-2 no incrementando demasiado la complejidad de diseño. Para ello realiza un mejor uso de la información redundante y de las limitaciones psico-visuales para mejorar la eficiencia de codificación de vídeo. Proporciona una mejor integración con todos los protocolos actuales y arquitecturas múltiples, incluyendo la transmisión de vídeo en redes fijas e inalámbricas con diferentes protocolos de transporte.

El H.264 incluye predicción intracuadro, transformación en bloques de 4x4 muestras, tamaño variable de los macrobloques a comprimir, precisión de un cuarto de píxel para compensación de movimiento y codificador de entropía mejorado. Además utiliza métodos para incrementar la protección frente a errores, como el ordenamiento flexible de macrobloques (FMO), o la transmisión redundante de slices de frames de vídeo.

Al igual que sus antecesores, el H.264 define diferentes tipos de perfiles y niveles:

- **Perfiles en H.264:**
- **Baseline:** Se utiliza en aplicaciones de vídeo en tiempo real. Permite la ordenación flexible de macrobloques, ordenamiento arbitrario de slices y posibilita el tratamiento de slices redundante.
 - **Main:** Se usa para aplicaciones de almacenamiento y transmisión de televisión. Incorpora codificación estadística avanzada CABAC (Context-based Adaptative Binary Arithmetic Coding) para la codificación de entropía, y permite la codificación de slice tipo B con predicción INTER.

- Extended: Incluye todas las partes del perfil Baseline. Se utiliza para servicios multimedia en Internet. Añade el tipo de slice SP y SI que se usa para cambiar eficientemente de resoluciones entre tramas de vídeo codificadas. Son muy similares a las slices tipo P e I respectivamente. El perfil Extended permite particionar los datos para minimizar los errores ocurridos en el proceso de transmisión.
- High: Incluye todas las partes del perfil Main. Se desarrolló para aplicaciones de distribución de vídeo y postproducción. Incorpora como mejora al perfil Main la transformación en bloques de tamaño 8x8 y la utilización de matrices de cuantificación perceptual.

Las siguientes tablas muestran un resumen de perfiles y niveles existentes en H.264:

APLICACIÓN	REQUERIMIENTOS	PERFILES H264
TRANSMISIÓN DE TV	EFICIENCIA EN LA CODIFICACIÓN, FIABILIDAD EN CANALES DE DISTRIBUCIÓN CONTROLADOS, TRANSMISIÓN ENTRELAZADA DE LOS CAMPOS DE CADA CUADRO DE VÍDEO, DECODIFICADOR DE BAJA COMPLEJIDAD.	PRINCIPAL
VÍDEO POR CABLE O INTERNET	EFICIENCIA EN LA CODIFICACIÓN, FIABILIDAD EN CANALES NO CONTROLADOS PARA REDES BASADAS EN PAQUETES DE DISTRIBUCIÓN Y ESCALABILIDAD.	EXTENDIDO
ALMACENAMIENTO Y REPRODUCCIÓN DE VÍDEO	EFICIENCIA EN LA CODIFICACIÓN, TRANSMISIÓN ENTRELAZADA DE LOS CAMPOS DE CADA CUADRO DE VÍDEO, DECODIFICADOR DE BAJA COMPLEJIDAD.	PRINCIPAL
VÍDEOCONFERENCIA	EFICIENCIA EN LA CODIFICACIÓN, FIABILIDAD, BAJA COMPLEJIDAD DEL CODIFICADOR Y DEL DECODIFICADOR.	BÁSICO
VÍDEO A TRAVÉS DE REDES INALÁMBRICAS	EFICIENCIA EN LA CODIFICACIÓN, FIABILIDAD, BAJA COMPLEJIDAD DEL CODIFICADOR Y DEL DECODIFICADOR, BAJO CONSUMO DE POTENCIA.	BÁSICO
DISTRIBUCIÓN DE VÍDEO (ESTUDIO)	CARACTERÍSTICAS DE COMPRESIÓN SIN PÉRDIDAS O CERCANAS, TRANSMISIÓN ENTRELAZADA DE LOS CAMPOS DE CADA CUADRO DE VÍDEO, TRANSCODIFICACIÓN EFECTIVA.	PRINCIPAL ALTO

Requerimientos por aplicación.

Fuente: Richardson.

NIVELES	TIPO DE CUADROS Y VELOCIDAD DE CUADROS
1	QCIF @ 15FPS (FRAMES PER SECOND)
1.1	QCIF @ 30FPS
1.2	CIF @ 15FPS
1.3	CIF @ 30FPS
2	@ 30FPS
2.1	HHR @15 OR 30FPS
2.2	SDTV @ 15FPS
3	SDTV: 720X480X30I,720X576X25I 10MBPS(MAX)
3.1	1280X720X30P
3.2	1280X720X60P
4	HDTV: 1920X1080X30I, 1280X720X60P, 2KX1KX30P 20MBPS(MAX)
4.1	HDTV: 1920X1080X30I, 1280X720X60P, 2KX1KX30P 50MBPS(MAX)
4	HDTV: 1920X1080X60I, 2KX1KX60P
5	SHDTV/CINEMA DIGITAL: 2.5KX2KX30P
5.1	SHDTV/CINEMA DIGITAL: 4KX2KX30P

Niveles, tipos, y velocidades de cuadros.

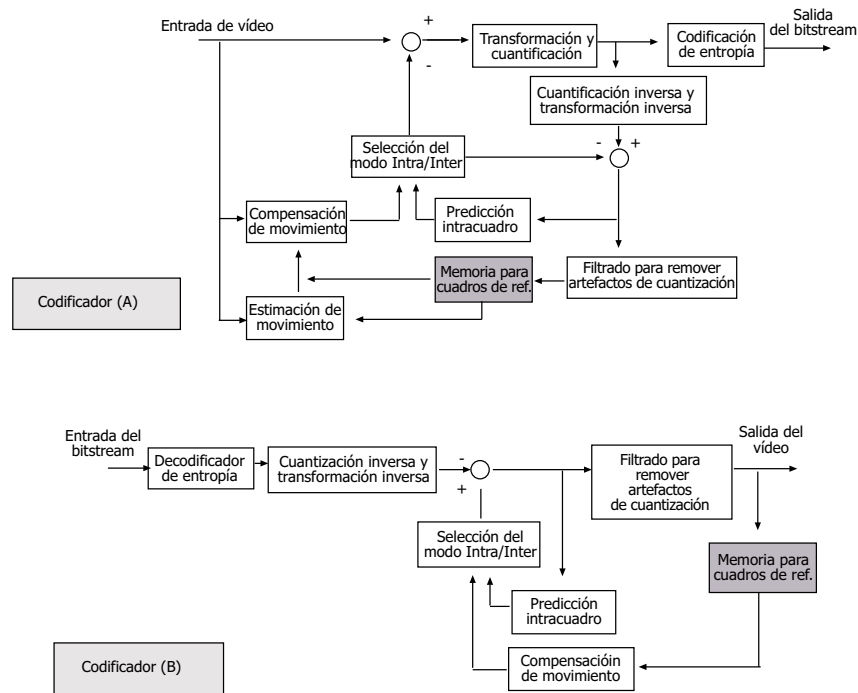
—Capas en H.264:

H.264 está formado por 2 capas, la capa de abstracción de red NAL (Network Abtraction Layer) y la capa de codificación de vídeo VCL (Vídeo Coding Layer). NAL encapsula los datos para hacer compatible al tren de bits de salida del codificador con los canales de comunicación existentes o medios de almacenamiento. VCL forma el núcleo de los datos codificados que consiste en la secuencia de vídeo a codificar.

—Codificación y decodificación de vídeo H.264:

La siguiente figura muestra el diagrama de bloques del codificador H.264. El codificador debe seleccionar el tipo de codificación INTER o INTRA. El tipo INTRA usa varios modos de predicción direccional para la reducción de redundancia espacial intraframe. La codificación

INTER es más eficiente y se usa en la codificación P o B de cada bloque de muestras.



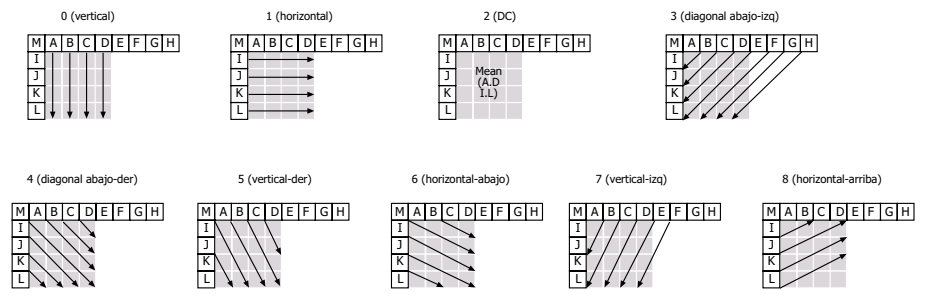
Cabecera de secuencia e información de la secuencia.

La codificación INTER utiliza vectores de movimiento para reducir la redundancia temporal entre cuadros. La predicción se obtiene después de filtrar el bloque anterior reconstruido. H264 puede utilizar 2 codificadores de entropía como CAVLC (Context-Adaptative Variable Lenght Codes) o CABAC (Context-Adaptative Binary Arithmetic Codes).

Predicción Intracuadro (INTRA):

El H.264 utiliza el concepto novedoso de predicción INTRA para codificar bloques o macrobloques de referencia y reducir la cantidad de bits codificados. Para codificar un bloque o macrobloque en modo INTRA, se forma un predictor basado en los píxeles frontera a dicho MB dentro del mismo cuadro y sin filtrar. Posteriormente, se codifica la señal residual (error) entre el bloque actual y la predicción, disminuyen-

do considerablemente la cantidad de bits que representan al bloque actual. El bloque de luminancia bajo predicción, puede formarse por subbloques de 4x4 muestras o por todo el bloque de 16x16 muestras. Para cada bloque de luminancia de 4x4, se selecciona un modo de predicción de 9 modos direccionales definidos en el estándar. Existen cuatro modos de predicción para bloques de luminancia de 16x16 muestras. La siguiente figura muestra la predicción de un bloque de luminancia de 4x4 muestras y los diferentes modos de predicción existentes:



Modos de predicción de luminancia.

Para bloques de tamaño 8x8 existen 9 modos de predicción para las componentes de luminancia, solo utilizables en el Perfil High.

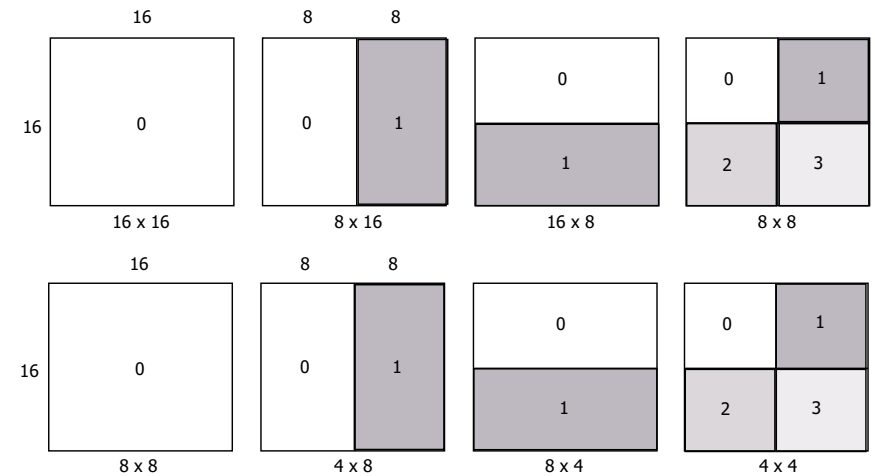
Predicción Intercuadro (INTER):

La predicción INTER, la estimación del movimiento y la compensación del movimiento son tres factores que ayudan a reducir la redundancia o correlación temporal. En el H.264, el cuadro actual puede particionarse en macrobloques o bloques más pequeños. La compensación de movimiento realizada con bloques más pequeños, incrementa la ganancia de la codificación, a costa de incrementar el número de datos necesarios para representar la compensación.

El H.264 tiene nuevos métodos de división de bloques, mejorando notablemente la estimación de movimiento y obteniendo una mayor precisión de píxel. Anteriormente el estándar MPEG-2 realizaba una división en bloques de 8x8 píxeles, sin embargo, el H.264 permite asignar diferente tamaño de bloque en función de la cantidad de movimiento de los distintos frames. En zonas con poco movimiento se

le asignan macrobloques de tamaño 16x16 píxeles, y a las zonas con mucho movimiento los bloques se descomponen en sub-bloques de 8x16, 16x8 o 8x8 píxel. Para los sub-bloques de 8x8 es posible realizar otra subdivisión en tamaños de 4x8, 8x4 y 4x4 píxeles.

Particiones de macro-bloques y micro-bloques.



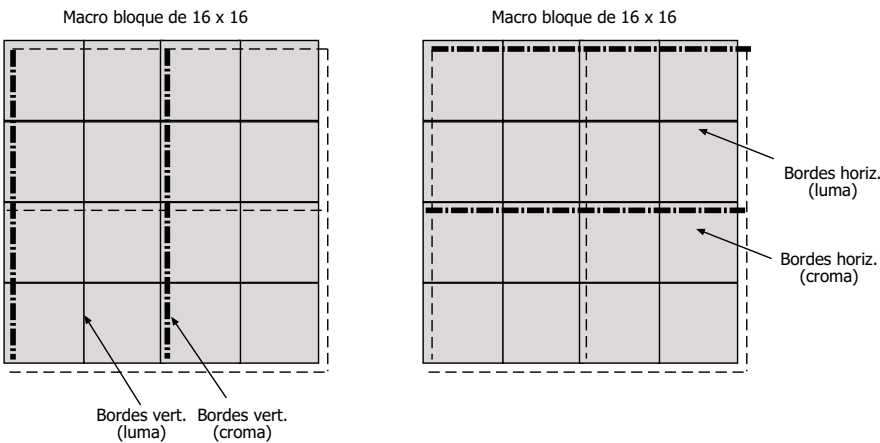
Interpolación para predicción fraccional:

En determinadas ocasiones, el movimiento no se lleva a cabo en muestras enteras sino fraccionales, por lo que hay que interpolar el área de referencia. El desplazamiento u offset entre las dos áreas (vectores de movimiento) tiene una resolución en fraccional (sub muestras), tanto para la luminancia como para la crominancia. En el H.264 la compensación de movimiento puede realizarse con una exactitud de hasta 1/4 de muestra.

Filtro de anti-blocking:

Como se ha comentado anteriormente, en el proceso de codificación existen macrobloques con diferentes características. Para mantener una determinada velocidad binaria los bloques INTER o INTRA se cuantifican utilizando diferentes cuantificadores que introducen distorsiones alrededor de los bloques reconstruidos.

En H.264 existe un filtro anti-blocking que reduce la distorsión de los bordes y evita el ruido acumulado. Este filtrado se aplica a los bordes de las muestras de tamaño 4x4 tal y como se muestra en la siguiente figura.



Bordes del macro-bloque al filtrarse.

Transformación y cuantificación:

Después de la predicción INTER frame o INTRA frame, la predicción resultante se divide en bloques de 4x4 u 8x8 muestras, los cuales se convierten al dominio de la frecuencia y los coeficientes resultantes se cuantifican. El estándar H.264 utiliza una transformada entera de tamaño 4x4 o de 8x8 (perfiles altos) conocida como Hadamard; los estándares anteriores utilizaban únicamente la transformada DCT de 8x8. Una transformada de 4x4 es mucho menos compleja, ya que necesita menos multiplicaciones para llevar a cabo una transformación. H.264 emplea una estructura de transformación jerárquica, que permite a los coeficientes de DC de los 16 bloques de 4x4 del MB de luminancia, se agrupan en bloques de 4x4 y se aplica de nuevo la transformada Hadamard. Existe una alta correlación entre coeficientes transformados de DC de bloques vecinos, cuyas muestras son muy similares. Por lo tanto, el estándar especifica la transformada Hadamard para los coeficientes de DC de bloques transformados de

luma de 16x16, y la transformada Hadamard de 2x2 para los coeficientes de DC de bloques transformados de crominancia.

— **Codificación de entropía:**

Los estándares anteriores usaban codificación de entropía fundamentados en tablas con códigos de longitud variable basados en probabilidades y datos de secuencias genéricas. H.264 también utiliza diferentes VLC para codificar el símbolo que representa un dato de vídeo. Para codificar los datos residuales, se utiliza un código de longitud variable adaptativo CAVLC, que presenta una mejora sustancial con respecto a las tablas Hoffman tradicionales. En los perfiles Main y High se permite el uso de otro método llamado CABAC, bastante más complejo que el CAVLC y mucho más costoso computacionalmente.

— **CAVLC:**

Después de la transformación y la cuantificación, la probabilidad de que el valor de un coeficiente sea cero o +/- 1 es muy alta. Por lo tanto, se codifica el número total de ceros y +/-1 que ocurren. Para los demás coeficientes sólo se codifica su nivel.

Las reglas que utilizaría el CAVLC son:

Se utiliza una palabra de código de una tabla para expresar el número de coeficientes diferentes de cero.

Se forma una palabra de código para indicar los signos de los unos en orden inverso.

Se utiliza una palabra de código para cada nivel de los coeficientes restantes en orden inverso.

Se utiliza una palabra de código para indicar en número de ceros. Las palabras de código resultantes se codifican utilizando runlength en orden inverso.

— **CABAC:**

CABAC utiliza la codificación aritmética a fin de obtener una buena compresión. El modelo de probabilidad se actualiza con cada símbolo

— Binarización. Proceso por el cual un símbolo no binario (coefi-

ciente transformado, vector de movimiento, etc.) se mapea a una secuencia binaria única antes de aplicar la codificación aritmética.

— Modelado del contexto. Un modelo de un contexto es un modelo de probabilidades para uno o más elementos de un símbolo binarizado. El modelo de probabilidad se selecciona de tal forma, que dicha selección depende sólo de elementos de la sintaxis previamente codificados.

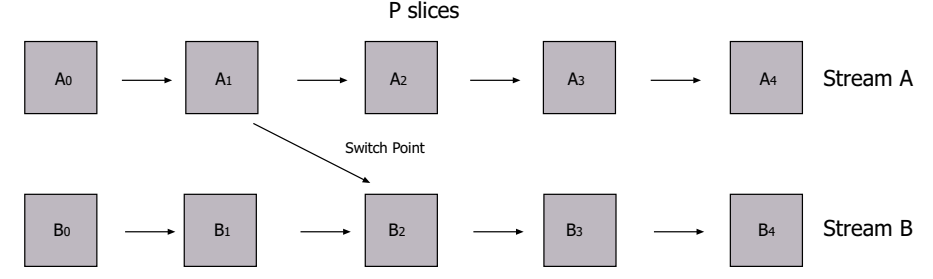
Codificación binaria aritmética. Se utiliza el código aritmético para codificar cada elemento de acuerdo con la selección del modelo de probabilidad.

— **Slices SP y SI:**

H.264 define nuevos tipos de Slices además de los existentes en MPEG-2, estos nuevos tipos son; SP y SI.

— SP (Switching P) Está formado por macrobloques I o P y facilita las transiciones entre streams codificados.

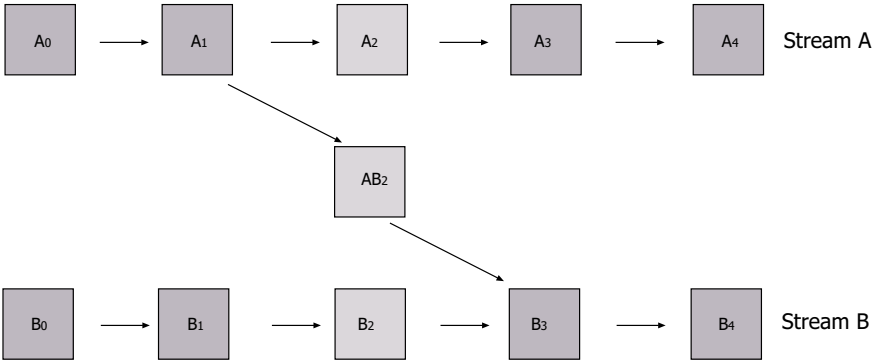
— SI (Switching I) Está formado por macrobloques SI facilitando la transición entre flujos codificados.



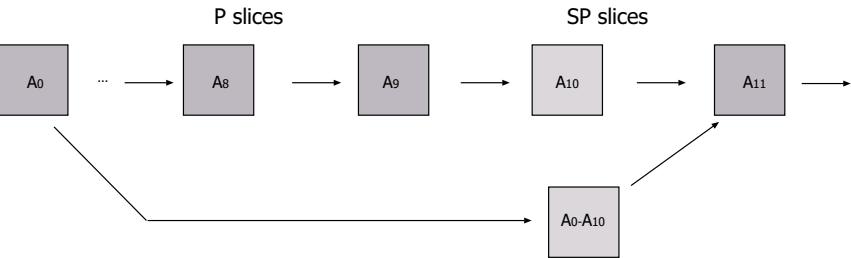
Cambiar streams utilizando P slices.

Tanto los frames SP como los SI permiten la conmutación de manera muy eficaz entre diferentes flujos de vídeo para acceder de manera aleatoria a los descodificadores de vídeo más eficientes. Esto permitirá un acceso al material codificado con diferentes bitrates cambiando de forma gradual a un bitrate superior o inferior en función de la capacidad del medio de transmisión. Otra utilidad podría ser para un avance rápido de vídeo.

Cambiar streams
utilizando
SP slices.



Fast-forward
utilizando
SP slices.



Protección frente a errores:
La técnica de partición de los datos se utiliza para aumentar la protección a errores. En H.264 los datos se pueden particionar dependiendo de su importancia en el tren de bits. En primer lugar se transmiten los datos con mayor prioridad y seguidamente se transmiten los datos menos significativos. También la codificación en capas minimiza el efecto de los errores ya que durante la codificación temporal o espacial es posible recuperar datos perdidos en otras capas.
La siguiente tabla muestra un análisis comparativo de varios estándares de compresión de vídeo.

CARACTERÍSTICAS	MPEG-2	MPEG-4 PART2	MPEG-4 PART10/H.264
TAMAÑO DEL MACROBLOQUE	16X16 (MODO CUADRO) 16X8 (MODO CAMPO)	16X16	16X16
TAMAÑO DE BLOQUES	8X8	16X16, 16X8, 8X8	16X16, 8X16, 16X8, 8X8, 4X8, 8X4, 4X4
PREDICCIÓN INTRA	NO	DOMINIO DE LA TRANSFORMADA	DOMINIO ESPACIAL
TRANSFORMADA	DCT DE TAMAÑO 8X8	DCT-WAVELET DE TAMAÑO 8X8	8X8, 4X4 DCT ENTERA 4X4, 2X2 HADAMARD
CUANTIFICACIÓN	CUANTIFICACIÓN ESCALAR CON TAMAÑO CONSTANTE ENTRE PASOS DEL CUANTIZADOR	CUANTIFICACIÓN VECTORIAL	CUANTIFICACIÓN ESCALAR CON TAMAÑO ENTRE PASOS DE 12.5% DE LA VELOCIDAD BINARIA
CODIFICACIÓN DE LA ENTROPÍA	VLC	VLC	VLC, CAVLC, CABAC
EXACTITUD DE LAS MUESTRAS	1 2 MUESTRA	1 4 MUESTRA	1 4 MUESTRA
CUADROS DE REFERENCIA	1 CUADRO	1 CUADRO	MÚLTIPLES CUADROS
MODO DE PREDICCIÓN BIDIRECCIONAL	ADELANTE / ATRÁS	ADELANTE / ATRÁS	ADELANTE / ATRÁS ATRÁS / ATRÁS
PREDICCIÓN CON PESO	NO	NO	SI
FILTRO DE DESBLOQUEO	NO	NO	SI
TIPO DE CUADROS	I, P, B	I, P, B	I, P, B, SI, SP
PERFILES	5 PERFILES	8 PERFILES	7 PERFILES
ACCESO ALEATORIO	SI	SI	SI
PROTECCIÓN FRENTE A ERRORES	PARTICIONAMIENTO DE DATOS, FEC PARA TRANSMISIÓN DE PAQUETES POR IMPORTANCIA	SINCRONIZACIÓN, PARTICIONAMIENTO DE DATOS, EXTENSIÓN DE ENCABEZADOS, VLCS REVERSIBLES	PARTICIONAMIENTO DE DATOS, AJUSTE DE PARÁMETROS, ORDEN FLEXIBLE DE MACROBLOQUES, REBANADAS REDUNDANTES, REBANADAS TIPO SP Y SI
VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	2-15 MBPS	64KBPS - 2MBPS	64KBPS - 150MBPS
COMPLEJIDAD DEL CODIF.	MEDIA	MEDIA	ALTA
COMPATIB. CON ESTÁNDARES	SI	SI	NO

Estándares de
compresión de
vídeo.

Con el objetivo de dar soporte al despliegue de servicios de TV en 3D, el estándar H.264 ha definido recientemente un juego de nuevas herramientas de codificación, denominadas MVC (Multiview Vídeo Coding) que permite explotar la alta correlación entre las distintas vistas con el objetivo de aplicar una codificación lo más eficiente posible.

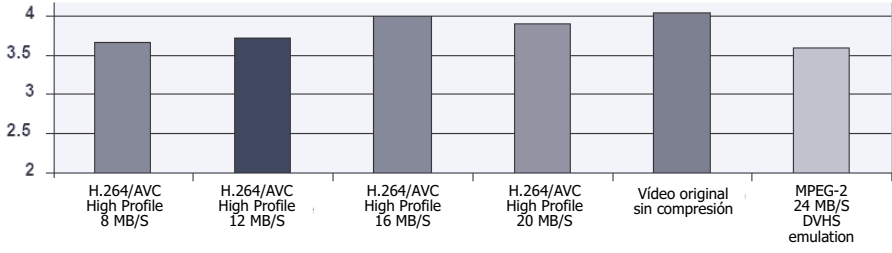
9.2.4.1 Multiview High Profile

El denominado “Multiview High Profile” de H.264 perteneciente a MVC, es el formato elegido por el consorcio Blu-ray para la implantación de reproductores de 3D en alta definición en soporte Blu-ray 3D, que comenzarán su comercialización en el 2010.

9.2.5 Migración MPEG-2 a H.264

En un principio los servicios de TVAD utilizaban MPEG-2 HP@HL como estándar de codificación de fuente debido en gran medida a la gran disponibilidad y bajos costes de los equipos receptores. En la actualidad los operadores han introducido nuevos servicios de TVAD con H.264, debido a la mejora de su eficiencia con respecto a MPEG-2 de más del 50%.

Como prueba de esta mejora en su eficiencia, en la siguiente figura se muestran los resultados de las pruebas de calidad subjetiva llevadas a cabo por el consorcio BDA (Blu-ray) para la evaluación del estándar MPEG-4 AVC/H.264 con formato 1080p24, donde se vuelve a comprobar que tasas binarias entre 8Mbps y 12Mbps están ofreciendo una calidad próxima a MPEG-2 con tasas superiores a 20Mbps.



Medidas de calidad subjetivas de Blu-ray.

En la tabla siguiente se muestran las tasas binarias utilizadas en los actuales servicios comerciales de TV para MPEG-2 y MPEG-4, tanto para SD como HD, en sus distintas resoluciones.

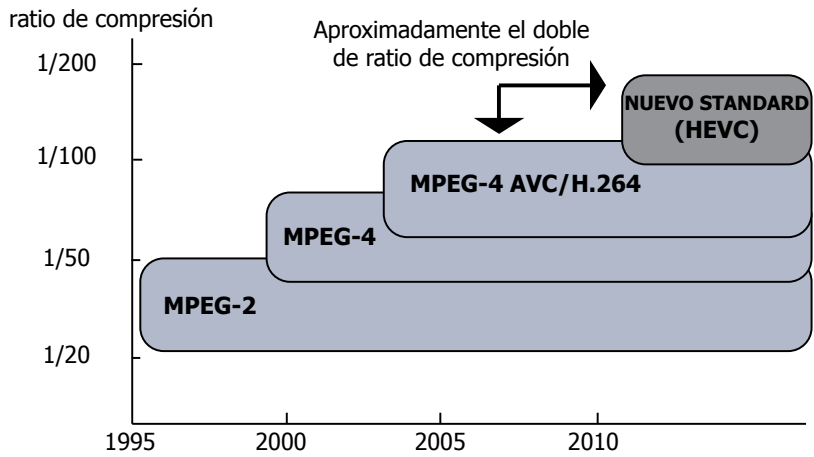
	SD	720P50	1080i50
MPEG-2	4-5 MB/S	13-15 MB/S	15-20 MB/S
MPEG-4 AVC	2-3 MB/S	7-9 MB/S	8-12 MB/S

Tasas binarias medias para SD y AD (Etapa de transición).

9.2.6 H.265/HEVC

Como resultado de los avances en el campo de la codificación de fuente llevados a cabo por la comunidad científica, los organismos del ITU y del ISO (MPEG), responsables de la estandarización de este tipo tecnología, comenzaron el pasado 2010 a trabajar para el desarrollo y definición de un nuevo estándar de compresión, denominado temporalmente como H.265.

El H.265/HEVC se perfila como el sucesor natural del estándar de compresión H.264/AVC, que en la actualidad ya cuenta con un ciclo de vida de una década. En enero del 2013, se ha aprobado la primera fase del estándar definido oficialmente por el ISO/IEC como MPEG-H y por el ITU-T como H.265. La siguiente figura muestra la evolución de las tecnologías de compresión de vídeo de las dos últimas décadas.

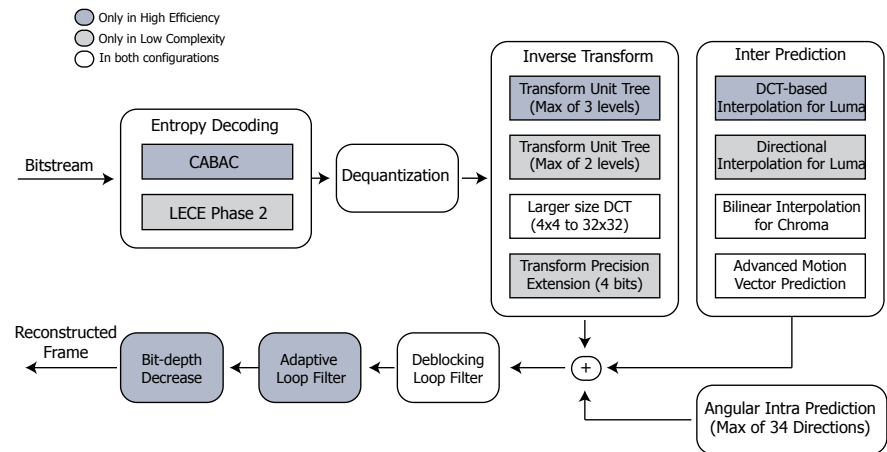


Evolución de las tecnologías de compresión de vídeo.

Ante la creciente demanda por parte de los usuarios por trabajar con formatos de mayor resolución superiores a los actuales formatos de HDTV, este estándar integra nuevas herramientas que mejorarán el proceso de codificación y mejora otras de las ya existentes en los estándares previos, especialmente en H.264, mejorando la calidad percibida y permitiendo una reducción de bitrate por encima del 50% con respecto a H.264.

El objetivo del nuevo estándar es ser muy eficiente en dos ámbitos, los formatos de muy alta resolución como la nueva UHDTV, y para entornos de muy baja tasa binaria, acomodándose a servicios principalmente de streaming, WebTV y OTTs...

Estructura de codificación H.265.



H.265 ha aprobado 3 nuevos perfiles en su estándar, el "Main", el "Main10", cuyas características son muy similares al perfil Main de H.264 con 8 bits y 10 bits de profundidad de píxel, y el perfil "Main Still" que cubre la codificación de imágenes independientes, equivalente al JPEG.

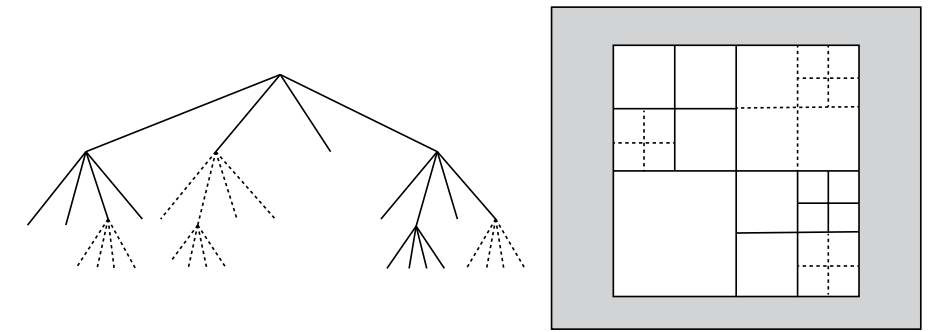
HEVC mantiene la misma arquitectura que los estándares predecesores, utilizando la estimación y compensación de movimiento para aprovechar la similitud temporal de las secuencias, y la transformada discreta del coseno, con alguna variante, con el objetivo de

aplicar la cuantificación en el dominio transformado, y la aplicación de la codificación estadística a dichos coeficientes.

La mejora de la eficiencia con respecto a H.264, viene en gran medida marcada por las pequeñas mejoras en cada una de las etapas tradicionales que compone el codificador.

A continuación se describen las principales novedades y mejoras que incorpora H.265:

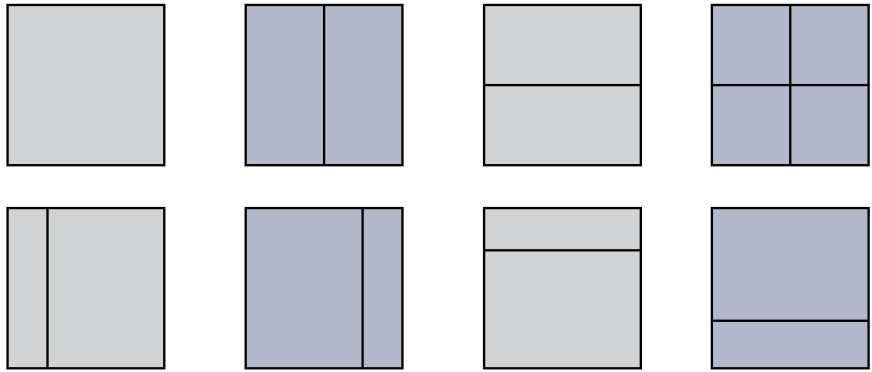
— Nueva unidad de codificación: H.265 define una nueva estructura de codificación que difiere de las anteriores unidades denominadas Macrobloques con dimensiones de 16x16 píxeles. En H.265 la unidad de codificación se denomina "Coding Tree Block" (CTB) y puede tener unas dimensiones cuadradas con un máximo de 64x64 y un mínimo de 8x8. Esto le permite ser flexible y por un lado ser muy eficiente con grandes áreas homogéneas, y por otro lado adaptarse a áreas de la imagen muy complejas. En la siguiente figura se muestra como puede ser dividido un CTB en función de su contenido.



Un CTB dividido en función de su contenido.

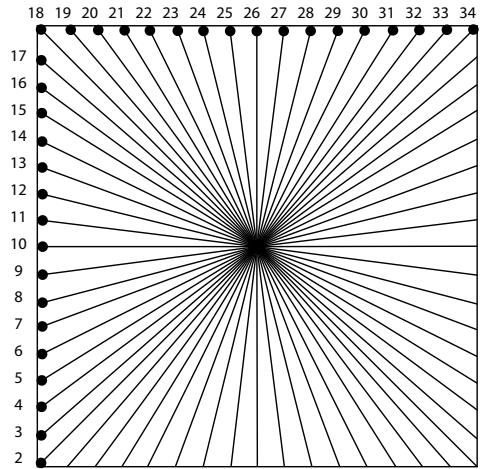
— Unidad de Predicción: H.265 define una nueva unidad de predicción (PU) que pueden tener dimensiones desde 32x32 hasta 4x4, la mitad que la menor de las unidades de codificación. Al igual que en H.264, pueden aplicarse de modo Intra-frame o Inter-frame, utilizando divisiones distintas a

las aplicadas en h.264. EN la siguiente figura se muestra las posibles dimensiones que puede adoptar una PU:



Posibles dimensiones que puede adoptar una PU.

- Predicción Intra-Frame: HEVC introduce un nuevo método de predicción Intra-frame que define 33 predicciones direcciones par todos sus posibles tamaños de PU, a diferencia de los 2 predictores direccionales que define H.264 para tamaños de 16x16, y 8 predictores para 8x8 y 4x4. De modo adicional incorpora un modo de DC y un modo Planar similares a los definidos en H.264. En la siguiente figura se puede apreciar los distintos predictores:



0: Intra_Planar
1: Intra_DC
35: Intra_FromLuma

Predictores en H.265.

- Predicción Inter-Frame: la estimación de movimiento en H.265 se lleva a cabo precisión de 1/4 de píxel con filtros interpoladores de 7-taps y 8-taps, y se introduce la AMVP (Advanced Motion vector Prediction) para la señalización de sus vectores de movimiento por medio del cálculo de los vectores de movimiento más probables obtenidos desde los bloques vecinos.
- Unidades de Transformación: Se define una nueva unidad de transformación denominada TU. La transformada aplica igualmente la DCT entera ligeramente modificada con respecto a la utilizada en H.264, pero amplía los tamaños de transformación desde 4x4 a 32x32 . Como novedad, bajo ciertas condiciones permite la utilización de la Transformada Discreta del Seno (DST).
- Sample Adaptive Offset: esta es una nueva herramienta denominada (SAO) se aplica después del In-loop filter con el objetivo de mejorar la calidad subjetiva de la imagen decodificada, aplicando pequeños offset a los píxeles decodificados, en función de la región a la que pertenecen..

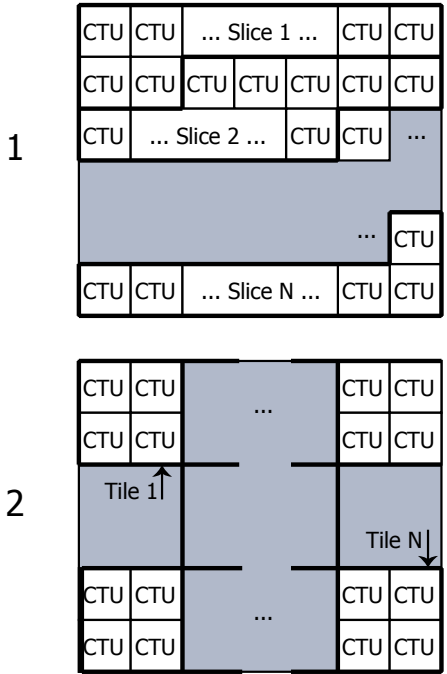
En lo referente a la estructura de su trama, su Elementary Stream, mantiene grandes semejanzas con la estructura del H.264 basado en NALs (Network Adapted Layer), que encapsula la capa de codificación de video VCL (video Coding Layer). También se mantienen el soporte para metadatos como los SEI (Supplemental Enhancement Information) y los VUI (Video Usability Information), que permite introducir información adicional sobre las características del stream.

Se introduce un nuevo tipo de Metadata VPS (Video Parameter Set), que permite identificar las secuencias entrelazadas, y describir las distintas subcapas temporales y las distintas vistas para secuencias 3D, que se definirán en futuras ampliaciones del estándar.

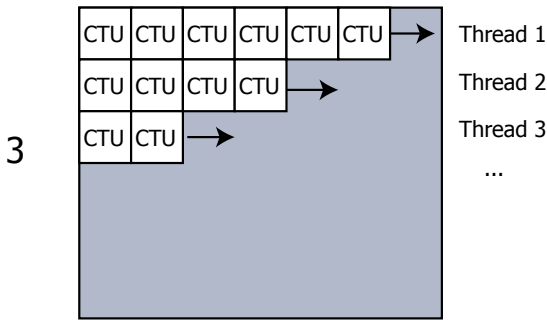
Debido a la alta complejidad de los algoritmos introducidos por H.265, el estándar incluye nuevas herramientas con el objetivo de paralelizar la codificación de la imagen. En concreto permite la codificación del frame en dos nuevos tipos adicionales al Slice, que ya existía en los estándares previos, denominados Tile y Frente de Ondas o WPP (Wavefront Parallel Processing):

- Tile: define particiones del frame similares a los Slices, de modo que son decodificables independientemente unos de otros. Al igual que los Slices son regiones decodificables de modo independiente, y a diferencia de los Slices no tienen porque contener una fila entera de bloques.
- WPP: define una nueva estructura de codificación por filas, con el objetivo de poder aplicar distintas hebras a cada una de ellas. Requiere de cierto retardo entre las filas con el objetivo de disponer de los bloques vecinos superiores y de actualización del codificador estadístico de cada fila basado en el CABAC. Su complejidad es mucho mayor que la requerida para la codificación de Tiles, pero su eficiencia es igualmente muy superior a la ofrecida por los Tiles.

En la siguiente gráfica se muestran los tres tipos de estructuras en que se puede codificar un frame en H.265.



Tres tipos de estructuras en que se puede codificar un frame en H.265.



9.3 TECNOLOGÍAS DE CODIFICACIÓN DE AUDIO

La compresión de audio se basa en las características perceptuales del sistema auditivo humano. Los estándares y formatos de codificación de audio más extendidos en el entorno profesional son los englobados en la familia de MPEG y los definidos por Dolby, que utiliza métodos de codificación perceptual, aprovechándose de las deficiencias de percepción del sistema auditivo humano. Se basa en las técnicas de enmascaramiento y umbral de audición.

El umbral de audición es la intensidad mínima de sonido capaz de percibir el oído humano. El oído humano no es capaz de percibir sonidos por debajo de cierto nivel cuyo valor depende de la frecuencia.

El enmascaramiento es el proceso por el cual el umbral de audición para un sonido aumenta por la presencia de otro sonido. Existen dos tipos de enmascaramiento; enmascaramiento frecuencial y enmascaramiento temporal:

- Enmascaramiento frecuencial: es la disminución de la sonoridad de un tono a una cierta frecuencia, en presencia de otro tono simultáneo a una frecuencia diferente. Es decir, cuando el oído es expuesto a dos o más sonidos de diversas frecuencias, existe la posibilidad que uno de ellos camufle a los demás y por tanto, que éstos no sean percibidos.

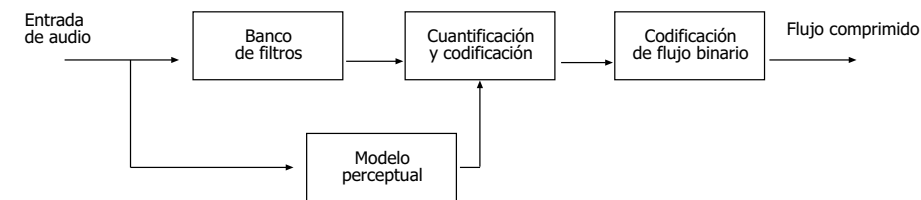
- Enmascaramiento temporal: El enmascaramiento temporal sucede cuando dos estímulos sonoros llegan a nuestro oído de forma cercana en el tiempo. El estímulo enmascarante hará que el otro, el enmascarado, resulte inaudible. En esta situación, el tono más intenso tiende a enmascarar al tono más débil. Según el instante de tiempo en que se produce el estímulo enmascarante respecto al instante en el que se produce el enmascarado, podremos distinguir entre postenmascaramiento y preenmascaramiento.

9.3.1 Estándares de codificación en subbandas MPEG-1 Layer I y II

En el estándar de compresión MPEG-1 se han definido 3 capas de diferentes complejidad. En este informe sólo se comentarán las dos primeras.

MPEG-1 soporta frecuencias de muestreo de 32 KHz, 44.1KHz y 48KHz con 16 bits por muestra de audio sin comprimir, obteniéndose una tasa entre 128 y 324 Kbit/s para canales estereofónicos.

Para poder efectuar un proceso de reducción de información aplicando las dos técnicas comentadas anteriormente, es necesario realizar un procesamiento de la información mediante el uso de un codificador perceptual que modifica la cuantificación de bits dependiendo de las señales que se están procesando. El estándar de codificación MPEG-1 emplea el siguiente modelo de codificación perceptual:



En primer lugar se realiza una división de la banda de audio en 32 sub-bandas con la ayuda de un banco de filtros que elimina las sub-bandas que estén por debajo del umbral de audición y realiza la cuantificación de cada banda en función de la sensibilidad del oído, dando prioridad a aquellas bandas en las que el oído es más sensible y descartando información en aquellas en que es menos sensible.

Modelo de codificación MPEG-1.

Los flujos binarios resultantes a la salida de cada codificador, se multiplexan y se procesan posteriormente. La señal de audio además de aplicarse al banco de filtros, también se aplica al Modelo Perceptual, que regula el comportamiento psicoacústico del sistema auditivo de modo que permita determinar los niveles de enmascaramiento para cada sub-banda. La información obtenida, se aplica al cuantificador que obtendrá el nivel correspondiente a cada caso, de manera que el ruido de cuantificación sea inferior a los umbrales de enmascaramiento.

- Layer I (pre-MUSICAM). Esta capa fue definida por PHILIPS, utiliza el algoritmo de compresión PASC, que permite transportar 384 muestras PCM de la señal de audio codificada. Obtiene calidad HI-FI con una tasa binaria de 384 Kbit/s.
- Layer II (MUSICAM). Es una mejora de la capa I, ya que consigue una mejora en la compresión del 30% respecto a su antecesor, a costa de aumentar la complejidad en el codificador y decodificador. La trama está formada por 96 muestras, obteniendo una calidad HI-FI a una tasa binaria de 256 Kbit/s. Esta capa ha sido adoptada por el sistema DVB para la difusión de audio digital.

9.3.1.1 Codificación multicanal Dolby Digital y DD+

Los códecs AC3 (DD) y E-AC3 (DD+4), son formatos propietarios Dolby Laboratories, están recomendados por la mayoría de los estándares abiertos como el DVB, estandarizado como ETSI TS 102 366 [33], y el ATSC donde el codec AC3 es obligatorio para la difusión de servicios de Televisión Digital Terrestre.

9.3.1.2 AC-3

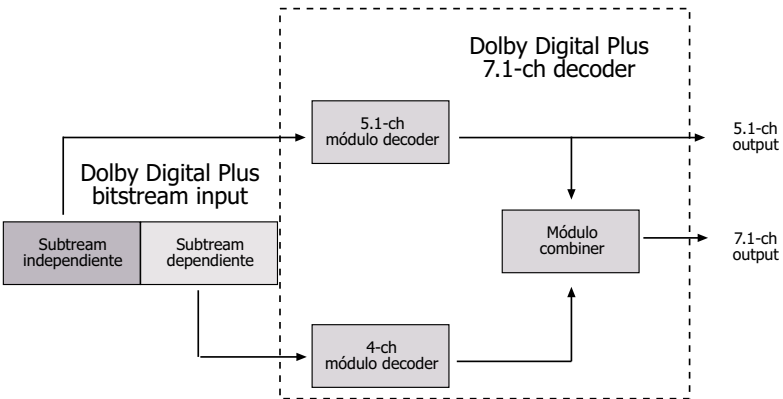
El AC-3 es uno de los formatos denominados de compresión perceptual. Puede transmitir hasta 6 canales de audio. Su principio de funcionamiento se basa en eliminar todas las partes del sonido original, que no pueda ser percibido por el oído humano. De ésta forma, se obtiene una reducción significativa del ancho de banda.

AC-3, también conocido como Dolby Digital permite la reproducción en mono o estéreo con una tasa binaria entre 18 Kbit/s y 192 Kbit/s, y con sonido multicanal 5.1 que acepta tasas entre 384 Kbit/s y 448 kbit/s. Está adoptado por los estándares DVB y ATSC.

Su principal ventaja reside en la transmisión de metadatos generados en la producción que permiten la normalización de diálogos, asegurando un nivel de escucha de forma consistente, solucionando los problemas de cambio de nivel cuando se realiza una conmutación entre dos servicios. Dispone también de metadatos que generan una versión estéreo a partir de una señal multicanal, para evitar tener que enviar en simulcast la versión estéreo, obteniendo un ahorro considerable de ancho de banda. Por último, también dispone de metadatos que realizan un control del rango dinámico que asegurar una reproducción adecuada. En la actualidad, los laboratorios Dolby han realizado mejoras sobre el sistema AC-3 obteniendo una versión conocida como Dolby Digital Plus o Enhanced AC-3.

9.3.1.3 Dolby Digital Plus (DD+)

El sistema Dolby Digital Plus (DD+) también conocido por las siglas DD+ ó E-AC3 es un estándar de codificación de audio digital desarrollado por los laboratorios Dolby para dar soporte a las necesidades de audio de la televisión de alta definición (HDTV) y los nuevos formatos digitales como Blu-ray.



El DD+ soporta tasas de bits entre 320kbit/s y 6,144 Mbit/s y hasta 7.1 canales de sonido envolvente, siendo compatible con AC-3. Incluye

Decodificación de canales 5.1 y 7.1 en DD+.

nuevas herramientas de codificación como cuantificación adaptativa, procesador de pre-noise, la codificación transformacional basada en DCT, etc.

9.3.2 Codificación AAC y HE-AAC

9.3.2.1 MPEG-2 AAC o NBC1

AAC (Advanced Audio Coding) es un formato de audio digital con un algoritmo de compresión con pérdidas. Ofrece la misma calidad que los sistemas multicanal a 320 Kbit/s que MPEG-2 BC a 640 Kbit/s.

Está estandarizado según ISO/IEC 13818-7, como una extensión de MPEG-2. Debido a su excepcional rendimiento y la calidad, la codificación de audio avanzada (AAC) se encuentra en el núcleo del MPEG-4, 3GPP y 3GPP2, y es el codec de audio de elección para Internet, conexiones inalámbricas y de radio difusión digital.

Características:

- Utiliza una frecuencia de bits variable (VBR).
- Usa un algoritmo de codificación de banda ancha de audio que produce una mejor calidad en archivos pequeños y requiere menos recursos del sistema para codificar y decodificar.
- Se basa en la eliminación de redundancias de la señal acústica, así como en compresión mediante la transformada de coseno discreta modificada (MDCT).
- No es compatible con MPEG-1.
- Frecuencia de muestreo: 24 KHz, 22.05 kHz, 16 kHz.
- Máxima calidad entre 320 y 384 kbps (5 canales).

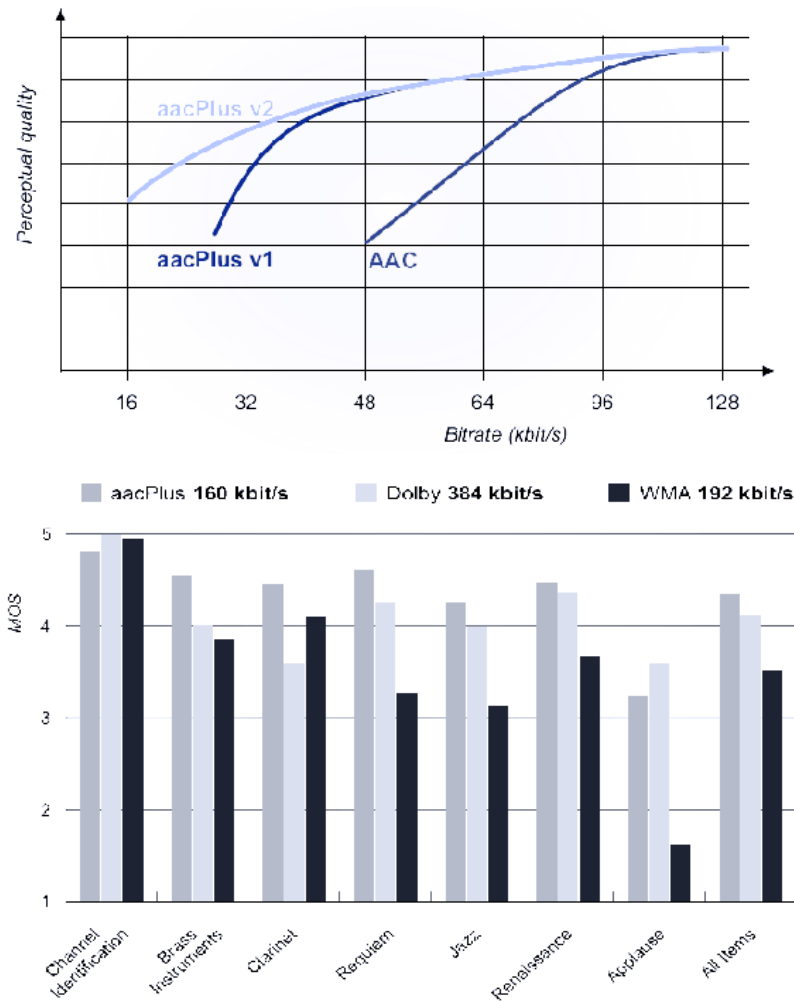
9.3.2.2 HE-AAC v2

El codificador HE-AAC v2 (High Efficiency Advanced Audio Coding Version 2) también conocido como MPEG-4 aacPlus v2, permite realizar las codificaciones de audio digital hasta en 48 canales cuya mejora es la co-

dificación para aplicaciones con ancho de banda limitado. Se trata de una evolución del AAC con procesamiento de enmascaramiento psicoacústico.

Está estandarizado en la ETSI TS 102 005 [35] para realizar difusión sobre servicios DVB-IP. Además está incluido en los estándares 3GPP, ISDB, S-DMB. Los descodificadores HE-AAC v2 son compatibles con aacPlus V1 y ACC, además diferentes pruebas han verificado la eficiencia de este codec obteniendo tasas muy reducidas para audio multicanal, obteniendo una reducción significativa del ancho de banda.

En la siguiente gráfica se aprecia el incremento de calidad obtenido en HE-AAC v2 .



Incremento de calidad obtenido en HE-AAC v2.

Fuente: EBU

Pruebas de sistemas multicanal.

Fuente: EBU

10. MULTIPLEXACIÓN

10.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

10.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

- 10.2.1 TIPOLOGÍAS DE MULTIPLEXACIÓN
- 10.2.2 PROCESO DE MULTIPLEXACIÓN
- 10.2.3 MULTIPLEXACIÓN ESTADÍSTICA
- 10.2.4 NULL PACKET OPTIMIZATION
- 10.2.5 PROGRAM CLOCK REFERENCE (PCR)
- 10.2.6 ACCESO CONDICIONAL

10. MULTIPLEXACIÓN

10.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Desde el principio de la evolución de las tecnologías en los años 60, se ha intentado buscar la forma más eficiente de transmitir diversas señales dentro de una misma.

Comenzando por la imbricación del color dentro de la señal de luminancia con el objeto de mantener el ancho de banda necesario para la transmisión, hasta llegar a las modernas técnicas de multiplexación estadística.

Cada medio de transmisión tiene sus características y soporta de mejor o peor manera los anchos de banda asignados, pero sin duda hay una característica común a todos ellos, como es que no es eficiente transmitir señales de forma individualizada, con la consiguiente adaptación al canal necesario. De aquí la necesidad de multiplexar, ya sea en el dominio del tiempo o de la frecuencia (el resto de multiplexaciones son realmente unas variantes). Tan importante en estos procesos es mezclar y ordenar de forma correcta la información útil, como señalizarla para que el proceso de recuperación sea correcto. De ahí las diferentes formas de "empaquetamiento", ya sea PES, PS, TS u otros en el caso digital.

En los inicios de la multiplexación en el tiempo tipo ALOHA, se tenía una estructura fija de protocolo de envío y recepción de la información, sin demasiada señalización adicional, es decir eran sistemas muy efectivos pero poco flexibles.

En la actualidad, los nuevos métodos como la multiplexación estadística introducen una flexibilidad superior definiendo por supuesto los campos donde debe estar la información adecuada, pero también

introduciendo mucho contenido en estos campos, lo que llamamos “señalización”, que permite a los sistemas de recepción ser flexibles a la hora de interpretar la información que les llega.

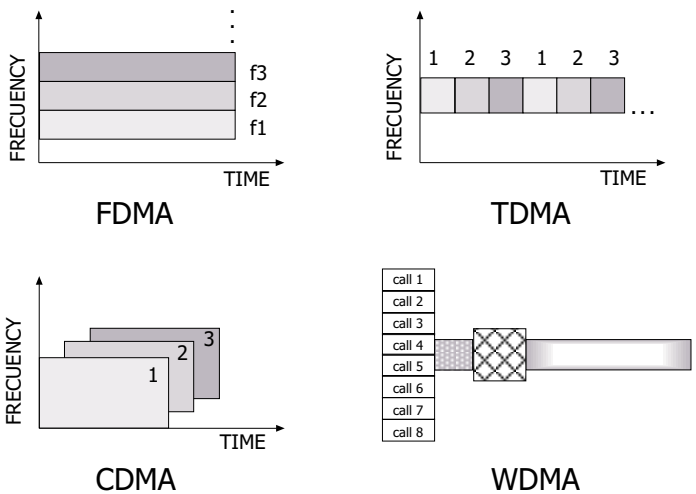
En los contenidos digitales, actualmente es crucial el tipo de empaquetamiento que se esté dando a los contenidos, porque todos los reproductores no dependen para su buen entendimiento del contenido en sí, sino del tipo de empaquetado, que es el que le indica donde y en que forma está el contenido al que se desea acceder. En la exposición de tecnologías disponibles hoy en día, se explica claramente la evolución y principalmente los modos actuales de empaquetado.

10.2 TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

La multiplexación es el conjunto de técnicas que permite la transmisión simultánea de varias señales a través de un único canal de datos.

El uso óptimo del ancho de banda disponible se consigue mediante técnicas de multiplexación. El equipamiento encargado de realizar dicha tarea se conoce como multiplexor y utilizan varias técnicas básicas:

- Multiplexación por división de frecuencia (FDMA)
- Multiplexación por división de tiempo (TDMA)
- Multiplexación por división de código (CDMA)
- Multiplexación por división de onda (WDMA)



10.2.1 Tipologías de multiplexación

10.2.1.1 Multiplexación por división de frecuencia (FDMA)

Es una técnica que se aplica cuando el ancho de banda de un enlace es mayor que los anchos de banda combinados de las señales a transmitir. En FDMA las señales generadas por cada dispositivo emisor se modulan usando distintas frecuencias portadoras.

Dichas señales se combinan en una única señal compuesta que será transportada por el enlace. Las frecuencias de las portadoras están separadas por un ancho de banda suficiente como para incluir la señal modulada. Las frecuencias de las portadoras no deben interferir con las frecuencias de datos originales.

10.2.1.2 Multiplexación por división de tiempo (TDMA)

La multiplexación por división de tiempo (TDMA) es un proceso digital que se puede aplicar cuando la capacidad de la tasa de datos de la transmisión es mayor que la tasa de datos necesaria de los dispositivos emisores y receptores.

En este caso, múltiples transmisiones pueden ocupar un único enlace subdividiéndose y entrelazando las porciones.

10.2.1.3 Multiplexación por división de código (CDMA)

CDMA es un tipo de multiplexación en el que las señales se emiten con un ancho de banda mayor que el necesario para los datos a transmitir. Se trata de una técnica de acceso múltiple de espectro expandido, que aplica una función XOR al código transmitido obteniendo un ancho de banda mayor al de los datos que se desean transmitir.

10.2.1.4 Multiplexación por división de onda (WDMA)

La multiplexación por división de onda (WDMA) es conceptualmente igual que FDMA, exceptuando que la multiplexación y la demultiplexación involucran señales luminosas, con diferente longitud de onda, transmitidas a través de canales de fibra óptica. La idea es combinar múltiples haces de luz dentro de una única luz en el multiplexor para conseguir una banda de luz más ancha y hacer la operación inversa en el demultiplexor.

Tipologías de multiplexación.

10.2.2 Proceso de Multiplexación

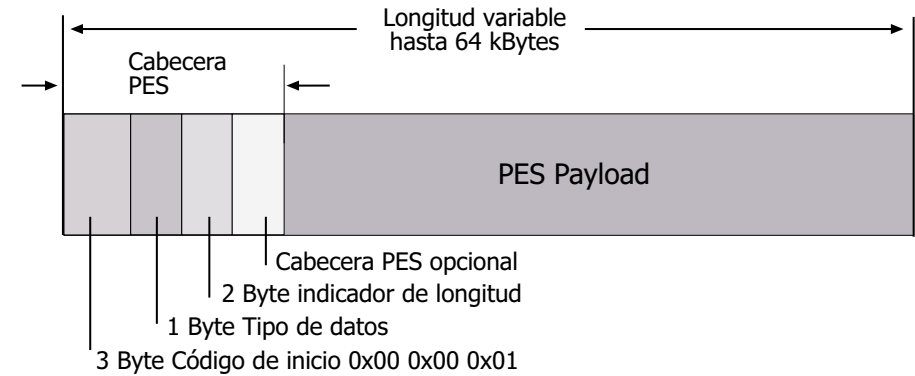
En el capítulo de Codificación se comentó el proceso de obtención de ES (Elementary Stream) de audio y vídeo ya comprimidas. Con toda esta información junto a la información de señalización, se realizan una serie de procesos de combinación en un único flujo de diferentes tipos de datos pertenecientes a vídeo, audio, señalización, acceso condicional, etc, conocido como empaquetado PES y utiliza multiplexación TDMA.

10.2.2.1 Empaquetado PES

El siguiente paso en el proceso de multiplexación es convertir los Elementary Stream (ES) en un Packetised Elementary Stream (PES) que se realiza en la capa de sistema.

El PES está formado por PES Packets, que a su vez están formados por una cabecera y por un Payload. El Payload lo forman datos secuenciales del ES nativo. Éstos pueden tener longitud variable, aunque lo habitual es que tengan una longitud de 64Kbytes. Sin embargo los PES Packets de vídeo para Transport Stream pueden tener una longitud indefinida. Habitualmente la información de vídeo y audio se encapsula en paquetes PES, aunque para datos el encapsulamiento puede llegar a ser diferente. Otra aplicación es la encapsulación en paquetes privados, o paquetes PES privados, uso muy extendido para subtítulos y teletexto.

— Cabecera PES Packet. La cabecera de PES Packet puede tener longitud variable, su composición se muestra en la siguiente figura:



Estructura básica del PES.

Los 3 bytes iniciales de la cabecera conforman el código de inicio del paquete PES. Dicho código de inicio no se puede repetir en el paquete PES ya que podría interpretarse como un nuevo paquete PES.

- PES packet star code: Está formado por 3 bytes e indica:
El comienzo de una cabecera de PES packet.
Indica los diferentes tipos de PES packets que forman el PS.

Los campos Flags 1 y 2 indican si existen campos opcionales que contienen información adicional del PES tal como información de copyright, identificación de errores, encriptación, etc.

En el Flag 2 existen dos bits llamados P y D. Estos bits indican si existen dos campos llamados Presentation Time Stamp (PTS) y Decoding Time Stamp (DTS) en la cabecera del PES packet. El DTS es el proceso por el que un Access Unit se extrae y se envía a un buffer determinado para el proceso de decodificación. El PTS indica el instante en que la unidad de acceso se extrae del buffer y se presenta al espectador.

En el estándar MPEG-2 existen dos métodos de constituir una trama de datos, mediante Program Stream y Transport Stream.

- Program Stream (PS): es un tipo de trama definida en MPEG-2 para almacenamiento de datos en medios con baja influencia de errores como pueden ser DVDs, CD ROM, discos duros, etc.
- Transport Stream (TS): es un tipo de trama definida en MPEG-2 para transmisión en medios con alta influencia de errores, como pueden ser las aplicaciones broadcast.

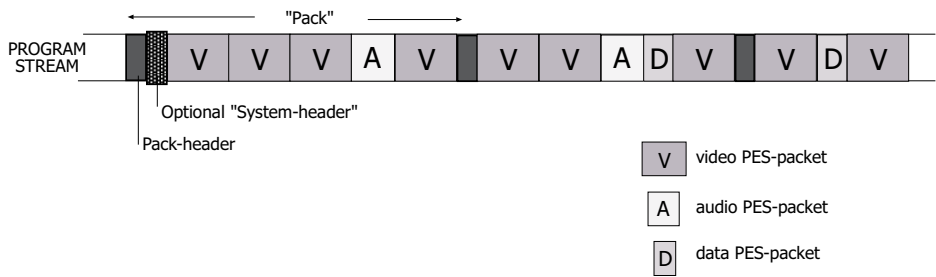
10.2.2.2 Multiplexación Program Stream

La multiplexación tipo Program Stream (PS) se realiza a partir de uno o varios PES que pertenecen al mismo programa y que comparten la misma referencia de reloj.

El Program Stream está formado por paquetes, con una cabecera por cada paquete y, de manera opcional, una cabecera de sistema y un número indeterminado de PES Packets que no siguen un

orden determinado. La siguiente figura muestra la multiplexación de programa.

Multiplexación del programa.



La duración máxima permitida de un Pack PS es 700ms, ya que la cabecera contiene unas muestras con la información de sincronización SCR (System Clock Reference). Estas muestras se encuentran codificadas en los campos de las cabeceras de paquete del PS. Se trata de números binarios de 42 bits que expresan unidades de 27 MHz.

Los PS son muy vulnerables a errores ya que están formados por paquetes con gran longitud. En la cabecera de cada paquete está contenida la información de sincronización. En el caso de que se pierda dicha información no será posible la recuperación de dicho paquete que puede ocasionar pérdidas notables en la trama de audio y vídeo. Otro factor es la diferente longitud de los paquetes, que implica que el equipo de recepción no pueda saber donde termina un paquete y donde comienza el otro. Si el campo que indica la longitud del paquete tiene errores, el equipo de recepción perderá el sincronismo de datos con la consiguiente pérdida del paquete.

Los PS con PES packet de vídeo y PES packet de audio tienen asignado una marca temporal relacionada con la frecuencia de reloj del sistema. Dichas marcas se conocen como Time Stamps y están incluidas en las cabeceras de los PES packets y han sido comentadas anteriormente.

El campo System header muestra información de las características del PS, como el número de ES que componen el PS, información complementaria de temporización, velocidad binaria máxima etc.

10.2.2.3 Multiplexación TS

La multiplexación en Transport Stream (TS), es una multiplexación basada en paquetes de tamaño fijo. El Transport Stream corrige los problemas existentes en la multiplexación de PS cuando en el medio existen errores ya que dispone de un método de detección de errores y además limita el tamaño de los paquetes a un tamaño fijo de paquetes de 188 bytes.

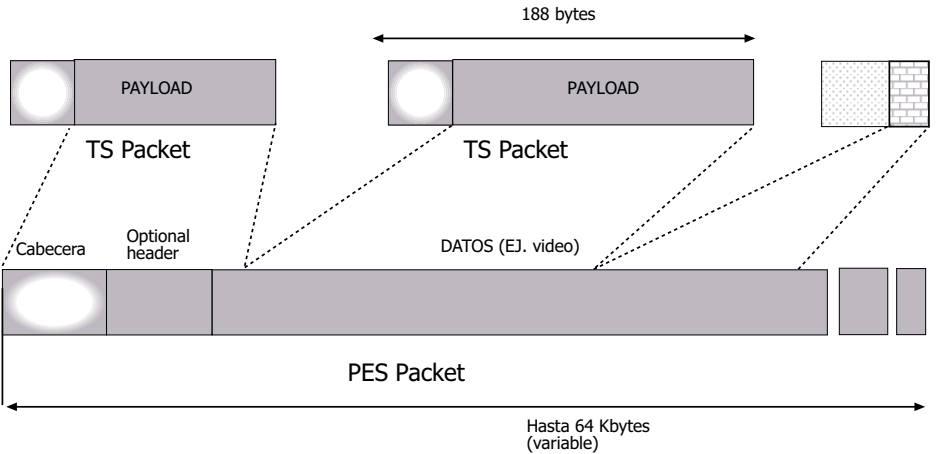
Cada paquete tiene una cabecera y un payload. En determinadas ocasiones es posible que se añada entre la cabecera y el payload un campo de adaptación (Adaptation Field) que se utiliza para rellenar el espacio sobrante sin carga útil, o simplemente para aportar información adicional sobre el contenido del paquete de transporte, como puede ser la existencia o no de PCR (Program Clock Reference).

La aplicación más importante del formato Transport Stream es la transmisión de televisión digital en los estándares DVB, ATSC, etc.

Una condición fundamental que se debe cumplir en el proceso de multiplexación es que cada ES tiene asignado un único PID.

Los Transport Stream están formados por uno o varios programas que son agrupaciones lógicas de tramas elementales. A partir de los PES packets de cada ES existente (audio, vídeo, datos) se obtienen los paquetes de transporte.

El resultado se muestra en la siguiente figura:

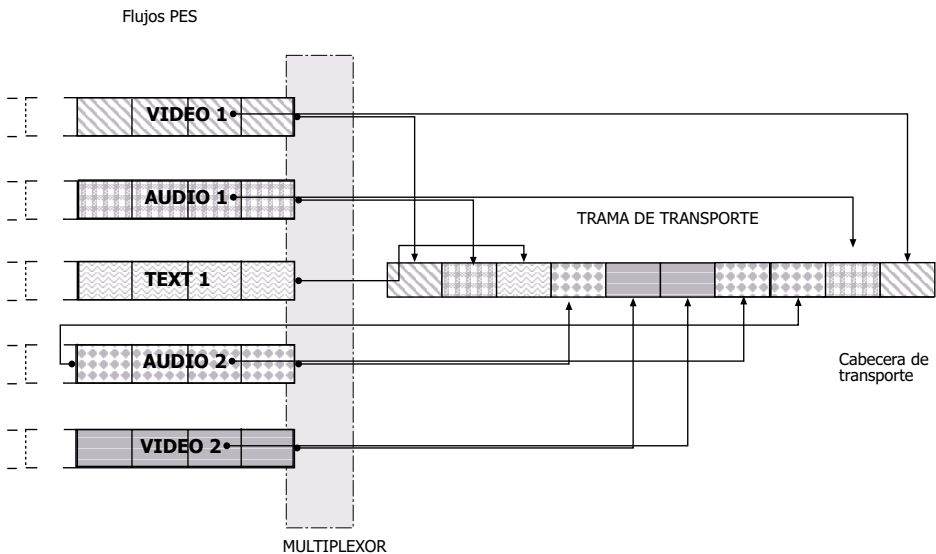


Paquetización de PES en paquetes de transporte.

Para la creación de paquetes de transporte se debe cumplir:

- En el paquete de transporte, el primer byte del payload debe coincidir con el primer byte del PES packet.
- Un paquete de transporte solo puede llevar datos de un PES packet y los espacios sobrantes existentes se rellenan con bytes de stuffing que forma parte del campo Adaptation Field con una longitud determinada.
- Una funcionalidad adicional del campo Adaptation Field es incluir la información de Program Clock Reference (PCR) que se utiliza para sincronizar el decodificador con el reloj de programa de los paquetes de transporte. El tiempo máximo entre dos intervalos de PCR es de 100ms, aunque en DVB el tiempo máximo es de 40ms.
- Una vez se han obtenido los paquetes de transporte para cada ES en los diferentes programas, éstos se multiplexan de forma secuencial, obteniéndose el Transport Stream (TS).

La siguiente figura muestra el proceso de multiplexación.

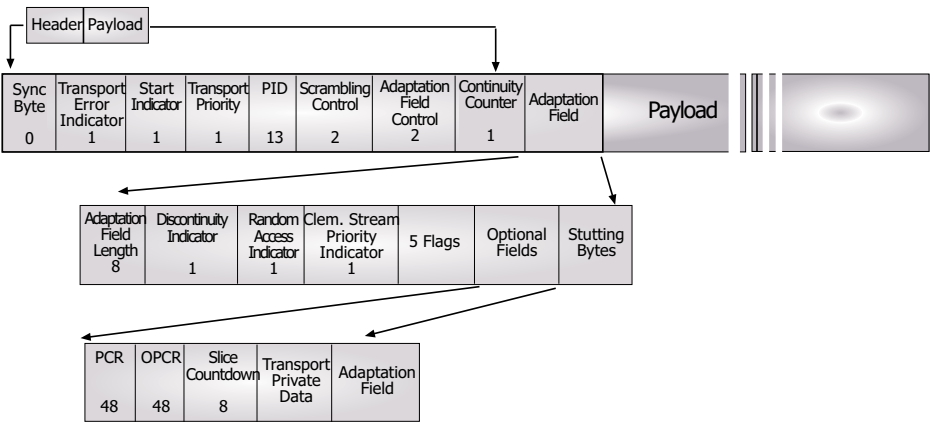


Proceso de multiplexación.

Es necesario incluir la información de servicio empaquetada en paquetes de transporte y los paquetes nulos que se insertan hasta completar la capacidad del múltiplex o transponder, en el supuesto de necesitar entregar un bitrate constante. Hay que tener en cuenta que es necesario respetar el orden de los paquetes de transporte asociados a un ES dentro del mismo programa durante el proceso de multiplexación.

10.2.2.4 El paquete de transporte

El paquete de transporte está formado por una cabecera y un payload con un tamaño total de 188 bytes. La cabecera del paquete de transporte tiene un tamaño de 4 bytes y el resto va destinado a información. En algunas ocasiones existe un campo opcional llamado Adaptation Field, destinado al relleno del paquete hasta completar su tamaño o a proporcionar información adicional importante, como la existencia o no de PCR, y en caso afirmativo, su valor.



Estructura de Paquete de Transporte.

- Sync_byte. Sincroniza el decodificador con el paquete. Tiene el valor 0x47 e indica que comienza un paquete de transporte.
- Transport_error_indicator. Campo que indica si existen errores en la transmisión.

- Payload_unit_indicator: Indica el inicio del Payload.
- PID: permite la identificación unívoca de los paquetes de los ES.
- Transport_scrambling_control: Indica si hay datos encriptados en el payload.
- Adaptation_field_control: Indica si en la cabecera existe Adaptation Field.
- Continuity_counter. Campo que incrementa su valor entre paquetes consecutivos que pertenecen al mismo ES, que permite al decodificador saber si se ha perdido algún paquete.

10.2.3 Multiplexación estadística

La multiplexación estadística es una técnica por la que se asigna un bitrate variable a los contenidos de múltiplex en cada instante de tiempo, con el objetivo de mantener un determinado grado de calidad. Su uso está muy extendido en difusión, con una gran aceptación entre los operadores, ya que mejora la eficiencia del canal de transmisión de modo exponencial al número de servicios multiplexados.

Los objetivos que persigue la multiplexación estadística es distribuir de manera eficiente el ancho de banda disponible entre los servicios disponibles, manteniendo unos niveles y unos parámetros de calidad determinados mediante una asignación dinámica del ancho de banda disponible para cada servicio, a partir de las características de los flujos de audio y vídeo transmitidos.

Para realizar multiplexación estadística es necesario disponer de codificadores que realicen la compresión con régimen binario variable (VBR) además de un sistema de codificadores en paralelo que proporcionan unas determinadas velocidades de codificación a cada codificador en cada instante de tiempo. Los algoritmos de implementación de cada fabricante no son públicos y no están sujetos a estandarización.

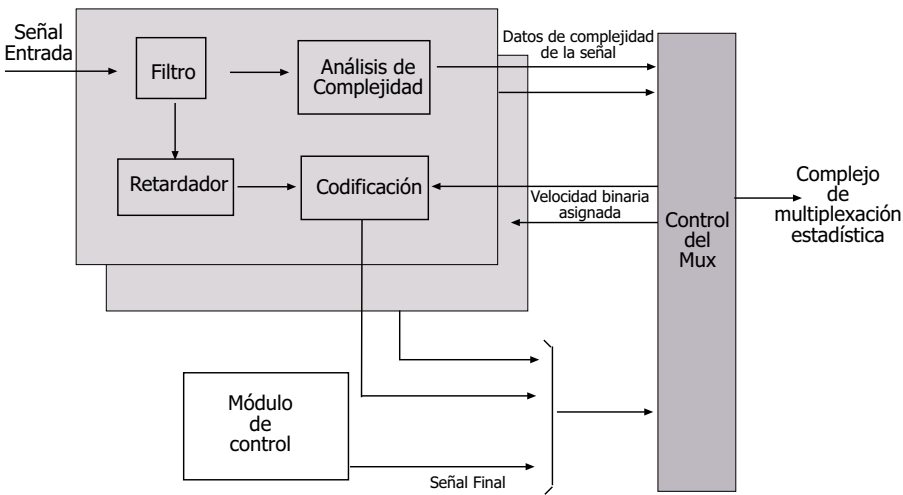
La codificación en VBR se beneficia respecto a la codificación CBR (régimen binario constante) en que se utiliza realmente la tasa binaria necesaria para la codificación de los contenidos en cada momento, garantizando una calidad constante, mientras que la codifi-

cación CBR mantendrá siempre la tasa binaria constante, por lo que determinados contenidos pueden verse mermados en su calidad, debido a que tienen mayores requisitos de tasa binaria.

La multiplexación estadística puede alcanzar una mejora de hasta el 30% del aprovechamiento del ancho de banda del canal de transmisión. Además es compatible con el parque de receptores existente en el mercado.

Existen dos módulos encargados de realizar el proceso.

- El módulo de análisis de complejidad en un codificador MPEG-2 que determina la complejidad de la señal y envía la información al módulo de control.
- El módulo de control recibe la información de todos los módulos de análisis de los diferentes codificadores y en base a esta información y otros parámetros configurables por el usuario (prioridad, bitrate máximo y mínimo de cada flujo), define el flujo de datos máximo de cada servicio y fuerza a cada codificador a que se ajuste a dicha tasa binaria.



Proceso de multiplexación estadística.

Todo el proceso de multiplexación estadística se realiza de modo desatendido y en tiempo real, por lo que la medida de complejidad y el control de los diferentes codificadores se hacen a medida que llegan los contenidos.

10.2.4 Null Packet Optimization

Algunos estándares de transmisión como ATSC o DVB, necesitan bitrate constante en el Transport Stream. Para mantener dicho bitrate constante, el multiplexor necesita insertar paquetes adicionales. El PID de dichos paquetes es 0x1FFF. El payload de los paquetes nulos no contiene ningún tipo de datos y los receptores ignoran su contenido.

Algunos fabricantes de equipamiento de transmisión, ofrecen como alternativa la utilización de estos paquetes nulos para transmitir datos. Es decir, en los paquetes marcados con PID 0x1FFF, en lugar de insertar bytes sin información, se pueden utilizar para insertar datos. Los datos transmitidos nunca podrán ser datos críticos, pues la tasa de paquetes nulos es variable y podría darse la circunstancia de que no exista tasa binaria suficiente para transmitir esta información.

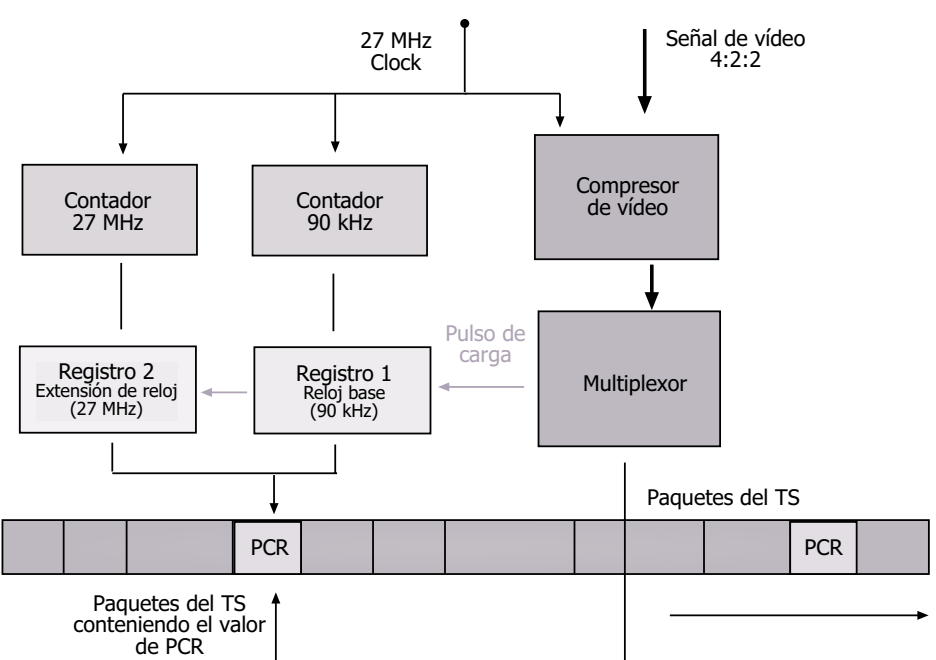
El inconveniente de utilizar esta técnica, es que los receptores habitualmente ignoran estos paquetes nulos, al considerar que no tienen información útil, por lo que el receptor debería tener constancia de la existencia de información en dichos paquetes. En ocasiones se utiliza esta técnica para transmisión de paquetes IP encapsulados en la trama de transporte.

10.2.5 Program Clock Reference (PCR)

El PCR es un número entero de 42 bits que se inserta periódicamente en los Transport Stream que permite al decodificador MPEG sincronizarse con el reloj de 27 MHz utilizado en el codificador. El multiplexor incluye el valor de unos contadores en el campo PCR de un determinado paquete cuando éste se encuentra a la salida del multiplexor.

Este mecanismo se incluye en campos de los paquetes de vídeo llamados PCR_Extensión (9 bits) y PCR_base (33 bits) con un periodo menor o igual a 100ms según MPEG o 40ms según el estándar DVB. MPEG-2 define 500ns como el error máximo permitido de PCR a la salida del multiplexor.

El PCR permite extraer el reloj utilizado en la codificación de los contenidos, de forma que codificador/decodificador funcionen con la misma base de tiempos, y la decodificación y presentación de los contenidos se haga en los instantes marcados (según los valores de DTS y PTS) y de esa manera no existan errores en la decodificación.



Medidas de Program Clock Reference (PCR).

La codificación MPEG es muy sensible a los fallos debidos a una incorrecta transmisión/recepción del PCR. El PCR puede verse afectado por mala inserción en el proceso de codificación/multiplexación, o por efectos indeseados en la transmisión de los contenidos, debidas a las imperfecciones del canal.

A pesar de que MPEG regula un error de accuracy siempre menor de 500ns, muchos receptores del mercado son capaces de decodificar correctamente contenidos que llegan con errores de PCR del orden de milisegundos.

10.2.6 Acceso condicional

El acceso condicional (C.A.) es un proceso que se aplica a los contenidos para limitar el acceso únicamente a las personas o agentes que estén autorizados a ello. En la mayoría de las ocasiones, se limita el acceso a cambio de un pago o por una restricción en el envío de los mismos de forma privada, mediante el uso de un sistema de acceso condicional.

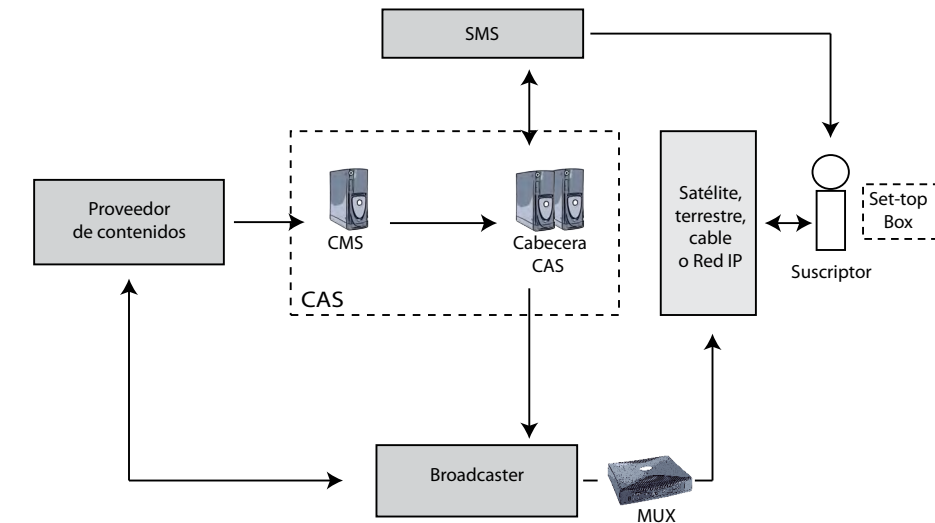
Las principales características del Acceso condicional en el sistema DVB son:

- * Paquetiza la oferta audiovisual de los operadores.
- * Restringe el acceso a contenidos a los usuarios que tienen derechos de acceso.
- * Basado en algoritmo común europeo (DVB-CSA).
- * Usa algoritmos de clave privada.
- * La forma de proteger las claves diferencia a los proveedores de Acceso Condicional.

Habitualmente, los subsistemas que proporcionarán las características anteriores son:

- Sistema de gestión de usuarios.
- Sistema de autorización de usuarios.
- Sistema de generación de derechos.
- Sistema de generación de claves privadas.

La siguiente figura ilustra el proceso resumido de un sistema de transmisión de contenidos que utiliza un sistema de acceso condicional.



Proceso de transmisión de contenidos con acceso condicional.

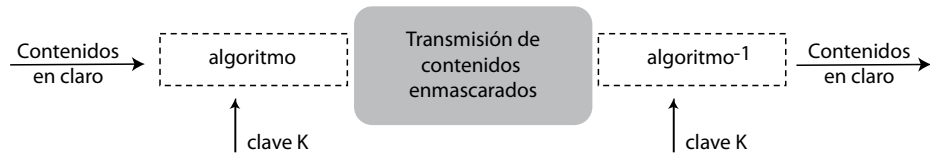
El estándar DVB ha definido una estructura de sistema de C.A. Pero sin embargo el proveedor del sistema es el encargado de proporcionar los algoritmos privados de cifrado del contenido.

10.2.6.1 Cifrado de contenido

Es posible cifrar el contenido de algunos componentes del transport stream como por ejemplo el audio y vídeo de un servicio o de todos los flujos que componen el transport stream, excepto las cabeceras que son necesarias para que el STB pueda seguir procesando el contenido.

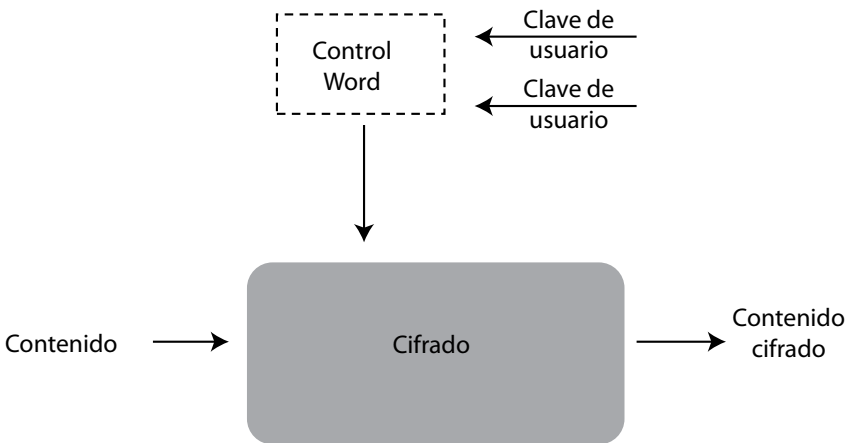
En el cifrado de contenidos entran en juego varios elementos de gran importancia como por ejemplo la clave de usuario, la clave de servicio y la palabra de control o control Word (CW).

El proceso que sigue se muestra en la siguiente figura:



Un sistema de acceso condicional enmascara unos contenidos mediante el empleo de unos algoritmos y unas claves teóricamente secretos. Para desenmascarar estos contenidos se emplean una serie de mensajes de control y gestión que autorizan el acceso a los contenidos.

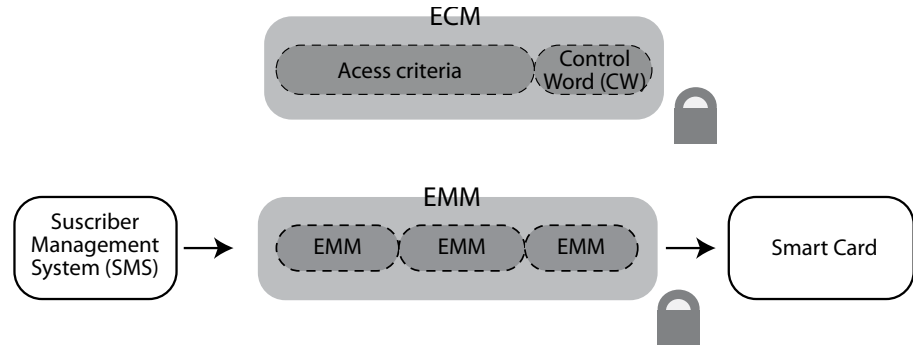
El contenido se cifra con la CW, que a su vez ésta se cifra con la clave de servicio que es única para cada servicio y por último esta se cifra con la clave de usuario. La clave de servicio incluye todas las claves de los abonados que han contratado dicho servicio.



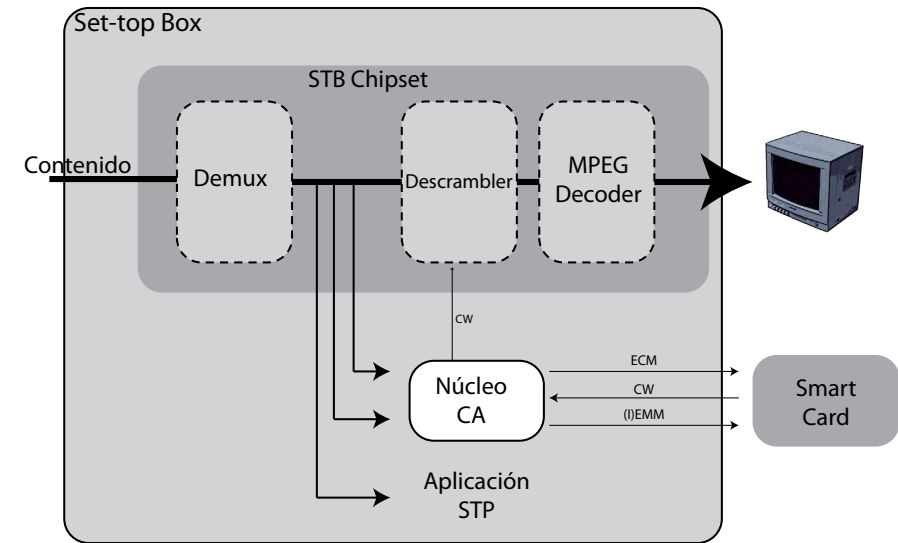
En todos los sistemas de acceso condicional existen dos tipos de mensajes ECM's y EMM's, que permiten dar acceso a los abonados a los contenidos. Para poder desenmascarar los contenidos es necesario hacer llegar la CW a los receptores mediante el envío de ECM's (Entitlement Control Messages). Están formados por la CW y los los criterios de acceso.

Para autorizar a los receptores a descifrar los ECMs para acceder a los contenidos es necesario enviar derechos o autorizaciones usando los EMMs (Entitlement management Messages).

La forma de gestionar y proteger los ECMs y los EMMs es lo que diferencia a los diferentes proveedores de sistemas de acceso condicional. En los ECM's se envían las control word cifradas en períodos de tiempo muy pequeños y en los EMM's se envían las claves de usuario en tiempo algo superiores.



Tanto los ECM's como EMM's se envían en la trama de transporte, siendo debidamente señalizados en las PMTs y la CAT.



Núcleo de un CAS embebido en un STB.

Tal y como se muestra la figura, cuando un STB recibe un EMM comprueba si en dicho EMM está incluida su clave de usuario, en cuyo caso procederá a descifrar la clave de servicio. A partir de ese momento con esa clave de servicio se descifrarán los ECM para ese servicio y se obtendrá la CW que permitirá descifrar los contenidos.

Para controlar qué abonados están suscritos a los diferentes servicios o eventos, se utiliza el Subscriber Management System (SMS) que realiza la gestión de los diferentes abonados e indica que contenido puede ver cada abonado.

10.2.6.2 Señalización

Para la señalización de los diferentes sistemas de acceso condicional se utiliza la CAT su estructura se muestra en la siguiente figura.

Sintaxis de la sección CA	Nº de bits	Mnemónico
CA_section() { table_id	8	uimsbf
section_syntax_indicator	1	bslbf
'0'	1	bslbf
reserved	2	bslbf
section_length	12	uimsbf
reserved	18	bslbf
version_number	5	uimsbf
current_next_indicator	1	bslbf
section_number	8	uimsbf
last_section_number	8	uimsbf
for (i = 0; i < N; i++) { descriptor()		
}		
CRC_32	32	rpchof
}		

Esta tabla indica a los receptores donde se encuentran los flujos de los EMMs para poder recibir mensajes de gestión. También es necesario un descriptor de acceso condicional, conocido como CA_descriptor utilizado para especificar la información contenida en los ECM's y los EMM's. Se inserta en la TS_program_stream_map_section y en la program_stream_map. La siguiente figura muestra la estructura básica de este descriptor.

Sintaxis del descriptor de CA	Nº de bits	Mnemónico
CA_descriptor() { descriptor_tag	8	uimsbf
descriptor_length	8	uimsbf
CA_system_ID	16	uimsbf
reserved	3	bslbf
CA_PID	13	uimsbf
for (i = 0; i < N; i++) { private_data_byte	8	uimsbf
}		
}		

Las secciones que contienen los mensajes de acceso condicional, se procesan como secciones privadas y contienen los ECM's y EMM's que contienen toda la información necesaria para descifrar el contenido y su tamaño no debe superar los 256bytes.

10.2.6.3 Tecnologías de los sistemas de acceso condicional

En la actualidad los diferentes sistemas de acceso condicional implantados en el mercado pueden estar basados en dos tecnologías: Simulcrypt y Multicrypt.

— Simulcrypt:

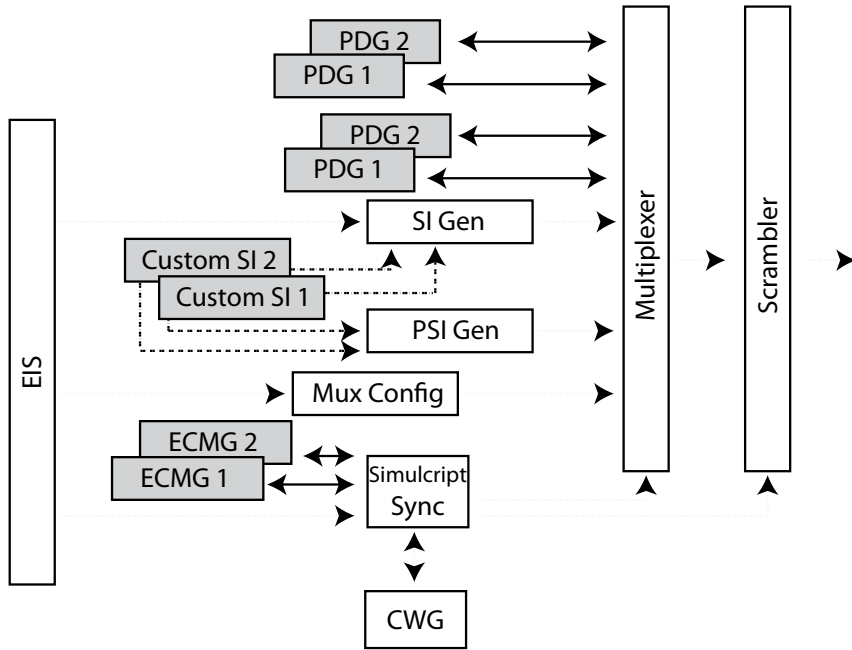
El sistema Simulcrypt está especificado según la TS 101 197, permite enviar información de acceso condicional de múltiples proveedores de contenidos en el mismo transport stream. Este sistema envía una única CW encriptada con ECMs de uno o varios sistemas de acceso condicional.

Una desventaja de esta tecnología cuando coexisten varios sistemas de acceso condicional funcionando simultáneamente es el nivel de seguridad, ya que este parámetro lo marca el sistema de acceso condicional con la seguridad del sistema más débil.

La integración del sistema de acceso condicional Simulcrypt en la práctica es compleja, ya que normalmente los operadores de red tienen acuerdos con múltiples distribuidores o proveedores de con-

tenidos y además requiere de receptores diseñados específicamente para ese sistema de acceso condicional en concreto.

La siguiente figura muestra la arquitectura implementada por este sistema.



La figura anterior muestra un diagrama de bloques de una cabecera que está formado principalmente por componentes de red y componentes Simulcrypt.

- EIS (Event Information Scheduler): Es una BBDD que gestiona la información de todo el sistema. Provee a los generadores de ECM con la ayuda del Symulcrypt Synchronizer la información necesaria para la generación de ECMs.
- SCS (Symulcrypt Synchronizer): Este módulo tiene múltiples funciones:
 - Establecer conexiones TCP con los ECMGs y fijar un canal por conexión.

- Obtener las control words de los generadores de CW.
- Proporcionar las control words a los generadores de ECM's en los flujos adecuados.
- Obtener los ECMs de los generadores de ECM.
- Sincronizar cada ECMs con su crypto-periodo en función de los parámetros de canal.
- Añadir los ECMs en el multiplexor solicitando su repetición
- Proporcionar la control Word al módulo de cifrado para utilizarla en su crypto-periodo específico.

- ECMG (Entitlement Control Message Generator): Recibe en un mensaje las CW provisionales y los criterios de acceso y emite un mensaje ECM o un mensaje de error.
- EMMG (Entitlement Management Message Generator): Este componente inicia las conexiones con el multiplexor.
- PDG (Private Data Generator): Inicia las conexiones con el multiplexor, y se puede usar para la transmisión de EMMs e información privada relacionada al acceso condicional.
- SIG (Custom Service Information): Genera la información privada de las tablas SI del CAS, para ser insertada en las tablas SI..
- MUX Config (Multiplexer Configuration): Este módulo se encarga de configurar el multiplexor.
- Generador de SI: Genera la información de las tablas SI.
- Generador de PSI: Genera la información privada de las tablas PSI.
- MUX: Realiza la multiplexación de la información procedente de sus entradas.
- SCR (Scrambler): Cifra la información con una clave determinada.
- CWG (Control Word Generator): Genera las control Word para cifrar los datos.

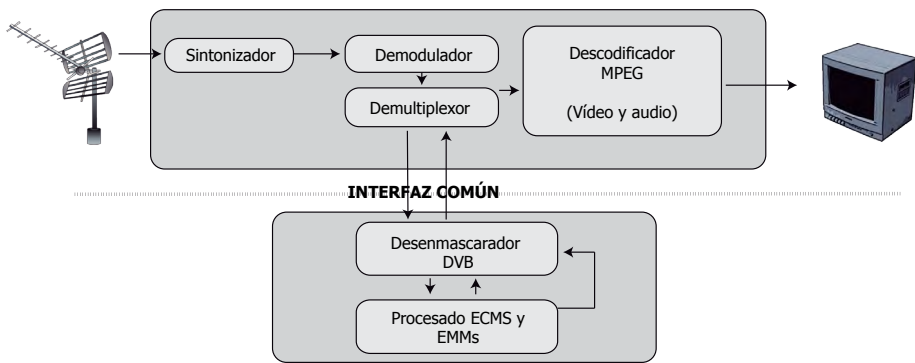
Una alternativa al sistema Simulcrypt es el conocido como Multicrypt.

Multicrypt:
Este sistema está especificado según EN50221 y se basa en una interfaz común estándar especificada por DVB, entre un STB y el módulo de acceso condicional. De este modo es posible incluir varios interfaces comunes pudiendo descodificar varios sistemas de CA diferentes.

Las ventajas del sistema Multicrypt son:

- El usuario puede contratar varios proveedores de servicio en un único receptor.
- Un proveedor de contenidos puede usar diferentes sistemas de acceso condicional.

En la siguiente figura se muestra la arquitectura simple de un STB dotado de Interfaz común.

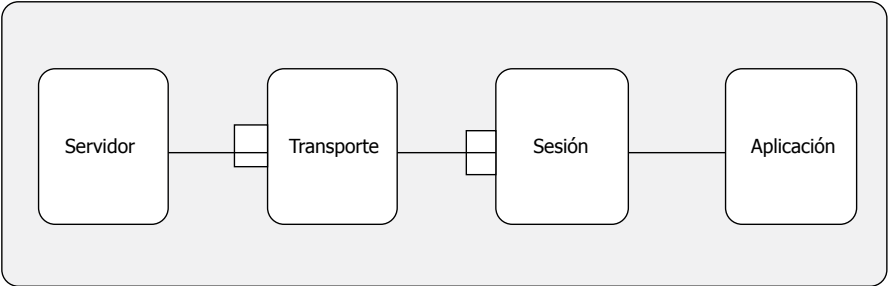


Arquitectura simplificada de un STB con acceso condicional Multicrypt.

Fuente: Xpertia SI

Según la especificación EN 50221, el sistema está formado por diferentes capas de manera que el sistema permite una amplia flexibilidad. Las capas de de aplicación y sesión están definidas para todas la aplicaciones que usen la interfaz común. Sin embargo las capas de enlace y transporte son dependientes de la capa física que se use para una aplicación determinada.

La siguiente figura muestra la división por capas de la interfaz de control según se indica la especificación EN50221



División por capas.

La interfaz común está compuesta por la interfaz del flujo de transporte y la interfaz de control. La interfaz del flujo de transporte es la encargada de llevar los paquetes en las dos direcciones. La interfaz de control ejecuta las comunicaciones entre aplicaciones que se ejecutan en el módulo externo y el receptor. Para ello se definen unos protocolos de comunicación que proporcionan capacidad de soportar varios módulos externos en el receptor.

La siguiente tabla muestra una comparativa entre las tecnologías Simulcrypt y Multicrypt.

	SIMULCRYPT	MULTICRYPT
INTERFAZ TIPO	INTEGRADA	COMUN (PCMCIA)
INTEGRACIÓN EN LA PLATAFORMA	GRAN ESFUERZO	BAJO ESFUERZO
PERMITE VARIOS CAS	SI	SI
ACUERDOS TÉCNICO-COMERCIALES	NECESARIOS	NO NECESARIOS
SEGURIDAD	ALTA*	ALTA

Comparativa entre Simulcrypt y Multicrypt.

NOTA: El nivel de seguridad en el sistema Simulcrypt con varios sistemas CA simultáneos depende del sistema de acceso condicional con el nivel de seguridad más débil.

11. SEÑALIZACIÓN

11.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

11.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

11.2.1 PSI (MPEG2)

11.2.2 SI (DVB)

11.2.3 PSIP (ATSC)

11.2.4 SI/PSI (ISDB)

11.2.5 DTMB

11. SEÑALIZACIÓN

11.1 INTRODUCCIÓN

La señalización es un proceso clave a la hora de difundir los contenidos, sea cual sea el medio de transmisión por el que se realiza dicha difusión.

La señalización es indispensable para que los receptores de los usuarios sean capaces de descifrar la compleja maraña de bits que existe en las tramas de bits digitales que se transmiten.

De esta manera, las ya famosas “tablas” permitirán a los receptores conocer entre otras cosas:

- Las redes de transmisión disponibles y los medios de transmisión.
- Los parámetros de transmisión y frecuencias donde localizar los contenidos.
- Los servicios ofertados en cada una de las plataformas disponibles.
- La composición de dichos servicios, proporcionando información sobre el vídeo, audios, o datos disponibles.
- Información sobre la programación emitida, idiomas disponibles, tipos de datos disponibles, información de fecha y hora, información de paquetes comerciales, etc.

En definitiva, la señalización proporcionará toda la información para caracterizar la red, los multiplex (frecuencias), los servicios, la composición de los mismos, y parrilla de programación, entre otros datos.

11.2 TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

La tecnología disponible se basa siempre en el estándar MPEG-2 (ISO/IEC 13818-1), y en concreto en el uso de las secciones privadas/no privadas según este estándar.

Existen diversos estándares para la difusión de TV, por lo que es necesario distinguir entre ellos, ya que es precisamente en este proceso de señalización donde más se diferencia un estándar de otro en la mayoría de los casos. Así, existen diferencias notables entre ellos que provocan la incompatibilidad de unos sistemas con otros a nivel de señalización. O dicho de otra manera, estas diferencias provocarán que un receptor DVB no sea capaz de extraer la información de señalización de un receptor ATSC, por ejemplo.

Se tratarán, pues, los principales estándares según las normas:

- DVB
- ISDB
- ATSC
- DTMB

Adicionalmente cabe distinguir entre las tablas definidas por la especificación de sistemas MPEG-2 (ISO/IEC 13818-1) y las tablas particulares de cada estándar de difusión, a pesar de que éstas últimas se basan siempre en las secciones privadas MPEG-2.

11.2.1 PSI (MPEG-2)

Las PSI son las Program Specific Information, y se encuentran definidas en el estándar MPEG-2 en su parte 1 referida a Sistemas. Todos los estándares de transmisión se basan en mayor o menor medida

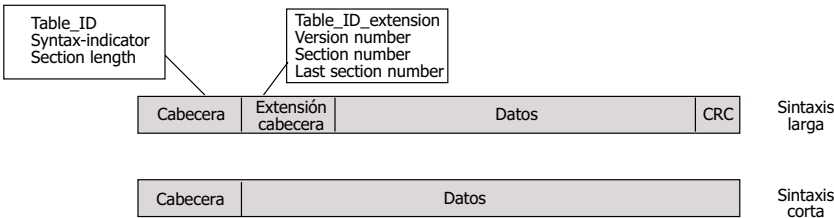
en el transport stream según MPEG-2 (ISO/IEC 13818-1), por lo que habitualmente las PSI van a ser utilizadas en todos los estándares de transmisión.

En dicho estándar, entre otras cosas, se especifica el formato de las tramas MPEG-2, tanto de los Packetized Elementary Streams, Program Streams, o Transport Streams.

Además se detalla la señalización necesaria para que los equipos receptores/descodificadores sean capaces de descifrar la información de las tramas de forma correcta. Esta señalización está formada por las llamadas PSI.

Las PSI se componen de estructuras llamadas secciones para su inserción en paquetes de transporte. Una sección es la estructura sintáctica donde se introduce la información de cada tabla.

Las secciones tienen la estructura mostrada en la siguiente figura, dependiendo si son secciones de sintaxis larga o corta:



Sección PSI.

El conjunto de las PSI está compuesto de las siguientes tablas:

- PAT: Program Association Table
- PMT: Program Map Table
- CAT: Conditional Access Table
- NIT: Network Information Table
- TSDT: Transport Stream Description Table

Los campos de cada sección:

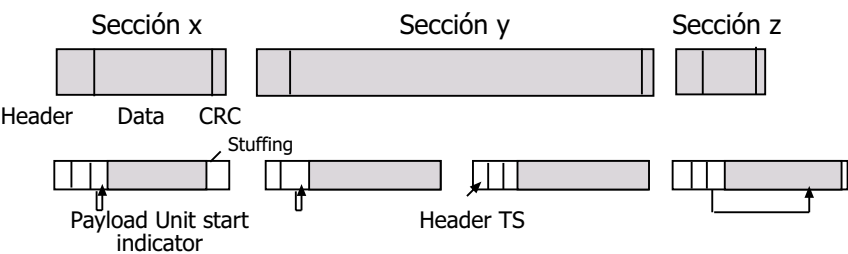
- Table_id: es el campo que identifica la tabla a la que pertenece la sección.
- Section_syntax_indicator: indica el tipo de sintaxis utilizado. Puede ser larga (existe CRC) o corta (sin CRC ni extensión de cabecera).
- Section_length: proporciona la longitud total de la sección. Para las PSI, la longitud máxima son 1024 bytes.
- Table_id_extension: proporciona información adicional sobre la tabla a la que pertenece la sección. En particular:
 - En el caso de la PAT indica el identificador de la trama de transporte del flujo de datos, o transport_stream_id
 - En el caso de la PMT indica el programa al que pertenece la sección, o el program_number
 - En el caso de la NIT, indica el identificador de la red, o el network_id
- Version_number: indica el número de versión de la sección. Sirve para proporcionar información sobre cambios en las tablas.
- Section_number: dado que las secciones pueden recibirse de forma desordenada, permite ensamblarlas para una correcta interpretación de las tablas.
- Last_section_number: indica el último número de sección, de forma que en el momento de recibir la sección marcada como última, el receptor pueda interpretar que ha recibido la tabla completa.

Las secciones, como se ha comentado, son la estructura sintáctica de organización de las tablas, de forma que se puedan insertar en paquetes de transporte de 188 bytes de longitud.

La inserción de las secciones se realiza dividiendo dichas secciones en tantos paquetes de transporte como sea necesario. Ya que la

longitud máxima de una sección no privada puede ser de hasta 1024 bytes, una sección ocupando el máximo necesitaría varios paquetes de transporte para ser transmitida. En muchos casos, dichas secciones son muy pequeñas, dado que no contienen una gran cantidad de información, por lo que caben perfectamente en un único paquete de transporte de 188 bytes. Estos casos diferentes hay que tenerlos en cuenta a la hora de transmitir las tablas, ya que marcarán el tiempo máximo de repetición de una tabla.

En la siguiente figura se muestra el modo de inserción de las secciones en paquetes de transporte:



Inserción de secciones en paquetes de transporte.

11.1.1.1 PAT

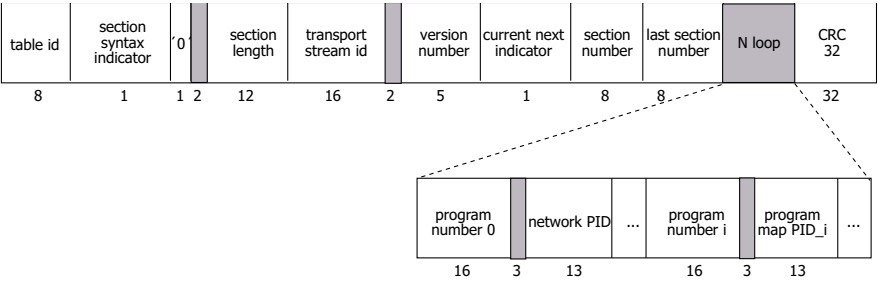
La PAT es la Program Association Table, y su función principal es la de permitir a los receptores la localización del resto de la señalización. La PAT tiene el PID 0 y es el primer PID que el receptor busca en el momento de la sintonización de programas.

La PAT es una tabla obligatoria y sus parámetros principales se muestran a continuación:

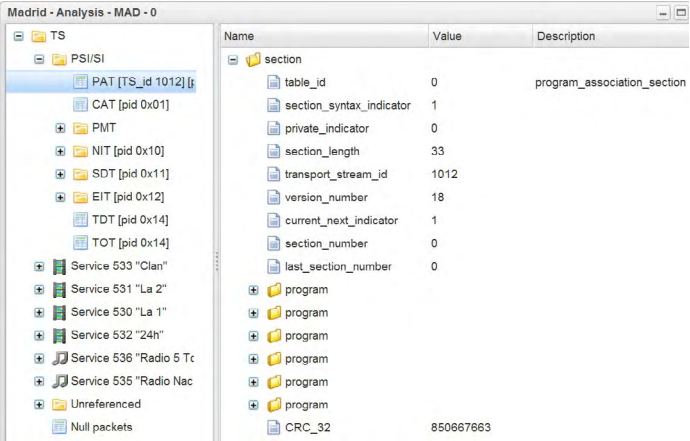
PID	0X0000 (HEX)
TABLE_ID	0X00 (HEX)
PRIVADA/NO PRIVADA	NO PRIVADA
SINTAXIS	LARGA
TABLE_ID_EXTENSION	TRANSPORT_STREAM_ID
PERIODO DE REPETICIÓN MÁXIMO RECOMENDADO	0,5 S
OBLIGATORIA	SI
ENCRIPTADO	NUNCA

Esta tabla proporcionará la información de los programas existentes en el multiplex digital (independientemente del medio de transmisión) y la localización de las tablas PMT asociadas a cada uno de los programas. Así mismo, en caso de que exista NIT, puede también proporcionar el PID de la NIT, asignándole el programa cero. La PAT es de vital importancia, pues si por cualquier causa, el receptor no es capaz de recibirla e interpretarla, no será posible recuperar el resto de información correspondiente a los programas presentes en el multiplex digital.

En la figura siguiente se describe una típica sección de PAT:



A continuación se presenta una típica PAT utilizada actualmente en las emisiones de la red SFN Nacional:



11.2.1.2 PMT

La PMT es la Program Map Table y proporciona información de la composición de los programas. Es decir, de los elementary streams que componen un programa o servicio.

La PMT tendrá PID asignado por el usuario, y su table_id será siempre 0x02.

Esta tabla permitirá a los receptores/decodificadores identificar los elementary streams que han de decodificar y presentar en pantalla. Es decir, si un programa está compuesto por un vídeo, un audio en inglés, un audio en español, teletexto, y subtítulos, vendrá especificado en la PMT, por lo que cuando el usuario decida escuchar el audio en inglés, el receptor/decodificador examinará su PMT para localizar los paquetes que componen dicho audio en inglés.

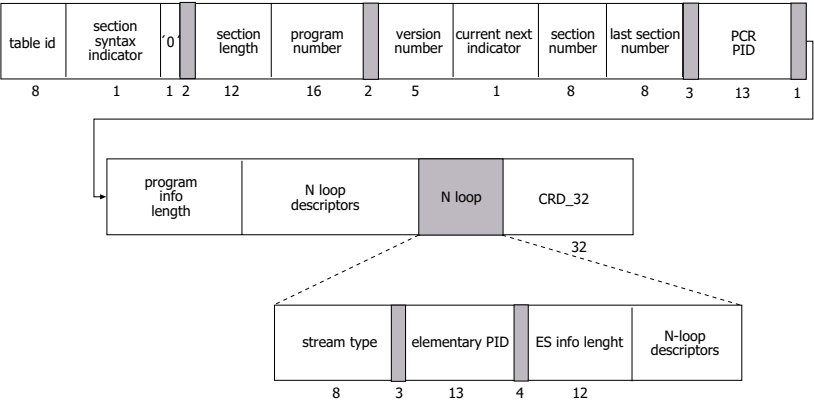
Los parámetros más importantes de la PMT se resumen a continuación:

PID	ESPECIFICADO POR EL USUARIO
TABLE_ID	0X02 (HEX)
PRIVADA/NO PRIVADA	NO PRIVADA
SINTAXIS	LARGA
TABLE_ID_EXTENSION	PROGRAM NUMBER
PERIODO DE REPETICIÓN MÁXIMO RECOMENDADO	0,5 S
OBLIGATORIA	SI
ENCRIPTADO	NUNCA

Además, la PMT contiene el valor del PID de los paquetes de transporte que llevan el PCR (Program Clock Reference), que son las marcas de tiempo necesarias para decodificar correctamente los contenidos y sincronizar adecuadamente audio y vídeo.

Parámetros de la PMT.

En la figura siguiente se presenta una típica sección de PMT:



Sección de PMT.

A continuación se presenta la PMT de un programa actualmente transmitido en la red SFN nacional:

Name	Value	Description
section		
table_id	2	program_map_section
section_syntax_indicator	1	
private_indicator	0	
section_length	525	
program_number	533	
version_number	23	
current_next_indicator	1	
section_number	0	
last_section_number	0	
PCR_PID	1501	
program_info_length	0	
descriptor_loop		
stream		
stream_type	2	ITU-T Rec. H.262 ISO/IEC 13818-2 Video
elementary_PID	1501	
ES_info_length	5	
descriptor_loop		
video_stream_descr		
descriptor_tag	2	
multiple_frame	1	
frame_rate_code	3	
MPEG_1_only	0	
constrained_param	1	
still_picture_flag	0	
profile_and_level	72	
chroma_format	1	
frame_rate_ext	0	
stream		

Sección de Program Map Table de SFN Nacional.

11.2.1.3 CAT

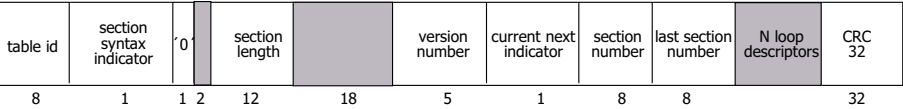
La CAT es la Conditional Access Table, y ha de estar presente siempre que se utilice encriptado de los contenidos.

Esta tabla proporciona la relación entre uno o varios sistemas de acceso condicional, con sus EMMs (Entitlement Management Messages) y cualquier otro parámetro específicamente asociado a ellos. Esta información habitualmente se transmite en descriptores específicos para cada uno de los sistemas de acceso condicional, en los llamados CA_Descriptors.

La CAT siempre tendrá el PID 0x0001 y su table_id será siempre 0x01.

PID	0X0002
TABLE_ID	0X01 (HEX)
PRIVADA/NO PRIVADA	NO PRIVADA
SINTAXIS	LARGA
TABLE_ID_EXTENSION	RESERVADO
PERIODO DE REPETICIÓN MÁXIMO RECOMENDADO	NO DEFINIDO
OBLIGATORIA	SOLO SI HAY SERVICIOS EN-CRIPTADOS
ENCRYPTADO	NUNCA

En la figura siguiente se presenta una típica sección de CAT:



Sección de CAT.

A continuación se presenta una CAT actualmente utilizada en un multiplex digital de la SFN nacional:

Name	Value	Description
section		
table_id	1	CA_section
section_syntax_indicator	1	
private_indicator	0	
section_length	9	
version_number	1	
current_next_indicator	1	
section_number	0	
last_section_number	0	
descriptor_loop		
CRC_32	3588029260	

Sección de CAT.

11.2.1.4 NIT

La Network Information Table es la tabla que describirá la red de transmisión. Su uso según MPEG-2 es totalmente opcional, mientras que en DVB es una tabla obligatoria, por lo que se verá con más detalle en la sección dedicada a DVB.

11.2.1.5 TSDT

La Transport Stream Descriptor Table es la tabla que permite asociar un descriptor MPEG-2 a una trama de transporte completa.

Es una tabla totalmente opcional y su uso está bastante poco extendido.

La TSDT se transmite en paquetes con PID 0x0002 y las secciones tendrán table_id 0x03.

11.2.1.6 Descriptores

Para transmitir mucha de la información descrita anteriormente, se suele hacer uso de descriptores específicos, que proporcionaran información adicional a la facilitada por las tablas.

No es objetivo de este texto entrar en la descripción de cada uno de los descriptores, o el uso de los mismos, por lo que únicamente se presentan descritos en la siguiente tabla.

Los descriptores habitualmente están identificados por dos campos:

- Descriptor_tag: identificador único para cada descriptor.
- Descriptor_length: longitud de los datos contenidos a continuación.

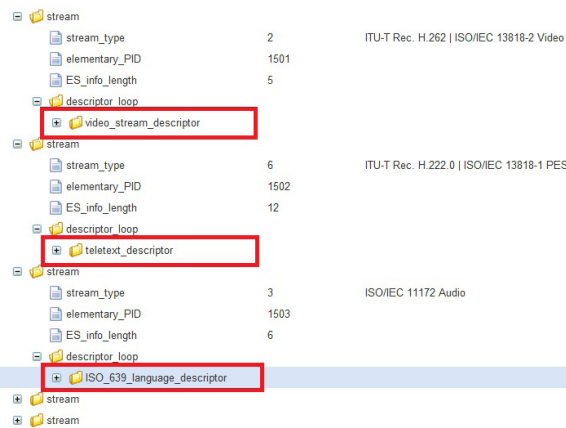
Los descriptores pueden aportar información, tanto a las tablas PSI definidas por MPEG-2, como al resto de tablas de los diferentes estándares de difusión.

Además de los descriptores detallados en la siguiente tabla, es posible la definición de descriptores adicionales por parte de los usuarios. Es decir, que es posible crear descriptores privados diseñados especialmente para un uso particular por parte de un operador.

Value	Description
0x00	ITU-T ISO/IEC Reserved
0x01	ISO/IEC 11172 Video
0x02	ITU-T Rec. H.262 ISO/IEC 13818-2 Video or ISO/IEC 11172-2 constrained parameter video stream
0x03	ISO/IEC 11172 Audio
0x04	ISO/IEC 13818-3 Audio
0x05	ITU-T Rec. H.222.0 ISO/IEC 13818-1 private_sections
0x06	ITU-T Rec. H.222.0 ISO/IEC 13818-1 PES packets containing private data
0x07	ISO/IEC 13522 MHEG
0x08	ITU-T Rec. H.222.0 ISO/IEC 13818-1 Annex A DSM-CC
0x09	ITU-T Rec. H.222.1
0x0A	ISO/IEC 13818-6 type A
0x0B	ISO/IEC 13818-6 type B
0x0C	ISO/IEC 13818-6 type C
0x0D	ISO/IEC 13818-6 type D
0x0E	ITU-T Rec. H.222.0 ISO/IEC 13818-1 auxiliary
0x0F	ISO/IEC 13818-7 Audio with ADTS transport syntax
0x10	ISO/IEC 14496-2 Visual
0x11	ISO/IEC 14496-3 Audio with the LATM transport syntax as defined in ISO/IEC 14496-3 / AMD 1
0x12	ISO/IEC 14496-1 SL-packetized stream or FlexMux stream carried in PES packets
0x13	ISO/IEC 14496-1 SL-packetized stream or FlexMux stream carried in ISO/IEC14496_sections.
0x14	ISO/IEC 13818-6 Synchronized Download Protocol
0x15-0x7F	ITU-T Rec. H.222.0 ISO/IEC 13818-1 Reserved
0x80-0xFF	User Private

Descriptores PSI.

En la Figura que se muestra a continuación se presenta el detalle de algunos descriptores utilizados actualmente en emisiones reales:



Descriptores MPEG2 utilizados en una PMT.

Adicionalmente, cada uno de los estándares ha determinado sus propios descriptores, que aportarán información adicional a las tablas definidas para cada estándar.

11.2.2 SI (DVB)

Las PSI definidas por ISO/IEC 13818-1 permiten la configuración automática de los receptores para facilitar la demultiplexación y decodificación de los contenidos.

Las SI (Service Information) fueron definidas por DVB (Digital Vídeo Broadcasting) para proporcionar información adicional a los usuarios con el fin de identificar los servicios ofrecidos y los eventos asociados a cada servicio.

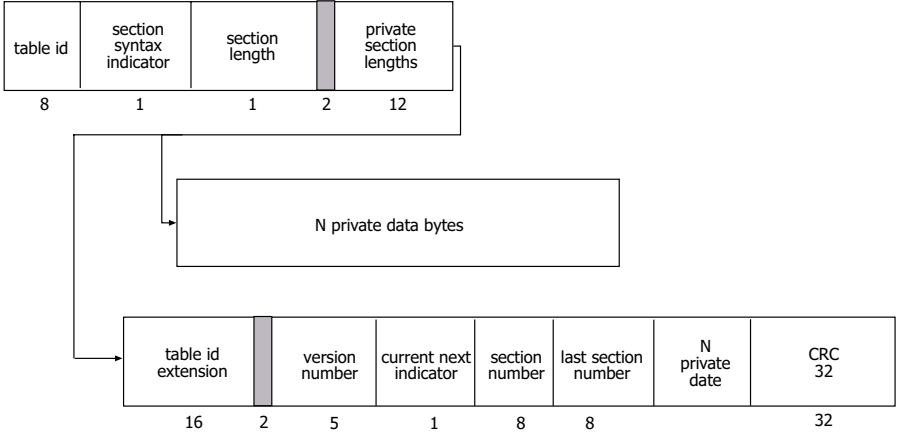
Para proporcionar esta información, se definen nueve tablas:

- BAT: Bouquet Association Table
- SDT: Service Description Table
- EIT: Event Information Table
- TDT: Time and Date Table

- TOT: Time Offset Table
- RST: Running Status Table
- ST: Stuffing Table
- DIT: Discontinuity Information Table
- SIT: Selection Information Table

Además, a pesar de que la NIT venía definida en el estándar MPEG-2, DVB la hizo propia, obligando a su transmisión en cualquiera de las emisiones según las recomendaciones de dicho organismo.

Al igual que las tablas MPEG-2, las SI se segmentan en secciones para su inserción en paquetes de transporte, previo a su transmisión. Dichas secciones siguen la estructura sintáctica de las secciones privadas definidas por MPEG-2. Esta estructura sintáctica se presenta en la figura siguiente:



Estructura sintáctica SI.

Las secciones privadas no deben encriptarse, excepto la EIT que sí puede ir encriptada. Además, la longitud máxima de las secciones estará limitada a 1024 bytes, excepto las secciones de EIT que pueden llegar a tener una longitud de 4096 bytes.

Cada sección privada viene unívocamente identificada por los siguientes cambios:

- Table_id: identifica la tabla a la que pertenece la sección.
- Table_id_extension: identifica las sub-tablas que dependiendo del tipo de sección será:
 - NIT: misma table_id_extension (network_id) y version_number.
 - BAT: misma table_id_extension (bouquet_id) y version_number.
 - SDT: misma table_id_extension (transport_stream_id), mismo original_network_id y version_number.
 - EIT: misma table_id_extension (service_id), mismo transport_stream_id, mismo original_network_id y version_number.
- Version_number: cuando algún valor de una tabla, cambia, el version_number se verá incrementado, indicando así que se han producido cambios en la señalización.
- Current_next_indicator: cada sección se señala como “válida ahora” o “válida a continuación”. Este indicador se puede utilizar para indicar que en un futuro cercano va a existir una nueva versión de la tabla. No es obligatorio el uso de secciones “válida a continuación”, pero si se utilizan, entonces se ha de hacer uso de este campo.
- Section_number: cada sección de una sub-tabla estará numerada, de forma que pueda ser reensamblada en recepción. Dado que el acceso puede ser aleatorio, es obligatorio disponer de este método de identificación de las secciones, para poder interpretarlas correctamente.

Las secciones de SI se insertan directamente en paquetes de transporte, cada uno con su PID. De esta manera, cada paquete de transporte que contenga tablas SI, tendrá un PID determinado según la tabla siguiente:

Table	PID value
PAT	0x0000
CAT	0x0001
TSDT	0x0002
reserved	0x0003 to 0x000F
NIT, ST	0x0010
SDT, BAT, ST	0x0011
EIT, ST CIT (TS 102 323 [13])	0x0012
RST, ST	0x0013
TDT, TOT, ST	0x0014
network synchronization	0x0015
RNT (TS 102 323 [13])	0x0016
reserved for future use	0x0017 to 0x001B
inband signalling	0x001C
measurement	0x001D
DIT	0x001E
SIT	0x001F

Cada sección corresponderá a una sub-tabla, identificada por un table_id determinado según la tabla que se reproduce a continuación.

Value	Description
0x00	program_association_section
0x01	conditional_access_section
0x02	program_map_section
0x03	transport_stream_description_section
0x04 to 0x3F	reserved
0x40	network_information_section - actual_network
0x41	network_information_section - other_network
0x42	service_description_section - actual_transport_stream
0x43 to 0x45	reserved for future use
0x46	service_description_section - other_transport_stream
0x47 to 0x49	reserved for future use
0x4A	bouquet_association_section
0x4B to 0x4D	reserved for future use
0x4E	event_information_section - actual_transport_stream, present/following
0x4F	event_information_section - other_transport_stream, present/following
0x50 to 0x5F	event_information_section - actual_transport_stream, schedule
0x60 to 0x6F	event_information_section - other_transport_stream, schedule
0x70	time_date_section
0x71	running_status_section
0x72	stuffing_section
0x73	time_offset_section
0x74	application information section (TS 102 812 [15])
0x75	container section (TS 102 323 [13])
0x76	related content section (TS 102 323 [13])
0x77	content identifier section (TS 102 323 [13])
0x78	MPE-FEC section (EN 301 192 [4])
0x79	resolution notification section (TS 102 323 [13])
0x7A	MPE-IFEC section (TS 102 772 [i.7])
0x7B to 0x7D	reserved for future use
0x7E	discontinuity_information_section
0x7F	selection_information_section
0x80 to 0xFE	user defined
0xFF	reserved

PID según la tabla.

Valores de table_id.

11.2.2.1 NIT

La Network Information Table es la tabla que permite obtener información sobre la organización física de los múltiplex o transport streams en una determinada red, y sobre las características de la misma.

Los paquetes de transporte que contienen secciones de NIT deben de tener el PID 0x0010.

La NIT puede proporcionar información de la red actual (del múltiplex sintonizado) o de otras redes diferentes a la actual. Las secciones que proporcionan información sobre la red actual llevarán siempre el table_id 0x40, mientras que las secciones que proporcionan información sobre “otras” redes llevarán table_id 0x4.

La descripción sintáctica de las secciones de NIT viene descrita en la siguiente figura:

Syntax	Number of bits	Identifier
network_information_section() { table_id section_syntax_indicator reserved_future_use reserved section_length network_id reserved version_number current_next_indicator section_number last_section_number reserved_future_use network_descriptors_length for(i=0;i<N;i++){ descriptor() } reserved_future_use transport_stream_loop_length for(i=0;i<N;i++){ transport_stream_id original_network_id reserved_future_use transport_descriptors_length for(j=0;j<N;j++){ descriptor() } } CRC_32 }	8 1 1 2 12 16 2 5 1 8 8 4 12 4 12 16 16 4 12 32	uimsbf bslbf bslbf bslbf uimsbf uimsbf bslbf uimsbf bslbf uimsbf uimsbf bslbf uimsbf bslbf uimsbf uimsbf uimsbf bslbf uimsbf rpchof

Entre los campos de las secciones de NIT, cabe destacar el Network_ID que indicará la red a la que hace referencia la sub-tabla. Las

características principales de la NIT se describen en la siguiente tabla:

PID	0X0010
TABLE_ID	0X40/0X41
PRIVADA/NO PRIVADA	PRIVADA
SINTAXIS	LARGA
TABLE_ID_EXTENSION	NETWORK_ID
PERIODO DE REPETICIÓN MÁXIMO RECOMENDADO	10S
OBLIGATORIA	SI
ENCRYPTADO	NUNCA

La NIT es una tabla obligatoria según DVB y solo será válida si se transmite información del sistema de transmisión, el llamado delivery_system_descriptor, que en el caso de transmisión terrestre, sería el terrestrial_delivery_system_descriptor, y proporcionará datos sobre los parámetros de transmisión utilizados, tipo la modulación, el número de portadoras, la frecuencia, el ancho de banda, o el FEC utilizado. En la siguiente figura se puede apreciar un uso real de la NIT en un múltiplex nacional perteneciente a la red SFN nacional.

Name	Value	Description
section		
table_id	64	network_information_section - actual
section_syntax_indicator	1	
private_indicator	1	
section_length	64	
network_id	12561	
version_number	31	
current_next_indicator	1	
section_number	0	
last_section_number	0	
network_descriptors_length	12	
descriptor_loop		
network_name_descriptor		
descriptor_tag	64	
network_name	RGE MADRID	
encoding	Default encoding, sl	
binary	524745204d4144452	
transport_stream		
transport_stream_id	1012	
original_network_id	8916	
transport_descriptors_length	33	
descriptor_loop		
terrestrial_delivery_system_descriptor		
descriptor_tag	90	
descriptor_length	11	
binary	0496ed401b13afffff	
service_list_descriptor		
CRC_32	1941769741	

Captura utilización de NIT en múltiplex nacional.

11.2.2.2 BAT

La Bouquet Association Table proporciona información sobre los llamados “bouquets”. Un bouquet es una colección de servicios que puede incluso atravesar los límites de las redes. Es decir, un bouquet podría estar compuesto por servicios procedentes de diferentes redes, que se transmitan incluso por diferentes medios (i.e: servicios de TDT y de satélite en un único bouquet).

Las secciones de BAT irán en paquetes de transporte con PID 0x0011 y las secciones de BAT tendrán table_id 0x4A. La definición sintáctica de la BAT se representa en la Figura siguiente.

Syntax	Number of bits	Identifier
bouquet_association_section() { table_id section_syntax_indicator reserved_future_use reserved section_length bouquet_id reserved version_number current_next_indicator section_number last_section_number reserved_future_use bouquet_descriptors_length for (i=0; i<N; i++) { descriptor() } reserved_future_use transport_stream_loop_length for (i=0; i<N; i++) { transport_stream_id original_network_id reserved_future_use transport_descriptors_length for (j=0; j<N; j++) { descriptor() } } CRC_32 }	8 1 1 2 12 16 2 5 1 8 8 4 12 4 12 16 16 4 12 32	uimsbf bslbf bslbf bslbf uimsbf uimsbf bslbf uimsbf bslbf uimsbf uimsbf bslbf uimsbf bslbf uimsbf uimsbf uimsbf bslbf uimsbf rpchof

Cada subtabla de la BAT vendrá identificada por un bouquet_id determinado. Las características principales de la BAT:

PID	0X0011
TABLE_ID	0X4A
PRIVADA/NO PRIVADA	PRIVADA
SINTAXIS	LARGA
TABLE_ID_EXTENSION	BOUQUET_ID
PERIODO DE REPETICIÓN MÁXIMO RECOMENDADO	10S
OBLIGATORIA	NO
ENCRYPTADO	NUNCA

La BAT no es muy ampliamente utilizada, pero por ejemplo, en España sí que está siendo utilizada por algún concesionario de licencia nacional, como se puede observar en la Figura siguiente.

Name	Value	Description
section		
table_id	74	bouquet_association_section
section_syntax_indicator	1	
private_indicator	1	
section_length	52	
bouquet_id	34	
version_number	31	
current_next_indicator	1	
section_number	0	
last_section_number	0	
bouquet_descriptors_length	10	
descriptor_loop		
bouquet_name_descriptor		
bouquet_name	DIGITAL+	
encoding	Default encoding, superset of ISO/IE...	
binary	4449474954414c2b	
transport_stream		
transport_stream_id	2	
original_network_id	8916	
transport_descriptors_length	23	
descriptor_loop		
service_list_descriptor		
service_id	1057	
service_type	1	digital television service
service_id	1058	
service_type	1	digital television service
service_id	1059	
service_type	1	digital television service
service_id	1060	
service_type	1	digital television service
service_id	1061	
service_type	2	digital radio sound service
service_id	1062	
service_type	2	digital radio sound service
service_id	1063	
service_type	2	digital radio sound service
CRC_32	4106240770	

BAT utilizada en Múltiplex Nacional.

11.2.2.3 SDT

Cada sub-tabla de la Service Description Table describirá los servicios presentes en una trama de transporte, o multiplex digital.

La tabla SDT proporcionará información del número del servicio (o programa), nombre del servicio, proveedor del servicio, etc.

Las secciones de SDT se insertarán en paquetes de transporte con el PID 0x0011 y cada sección de la SDT tendrá table_id 0x42, en el caso de describir el multiplex actual, o table_id 0x46 en caso de describir un multiplex diferente del actual (tablas "others").

La SDT proporcionará la lista de todos los programas existentes, y sus propiedades. Entre otras cosas permite visualizar, en los ya habituales banners, el nombre de canal, así como algunas características adicionales (dependiendo de los descriptores utilizados).

Las secciones de SDT deberán cumplir con la siguiente estructura:

Syntax	Number of bits	Identifier
service_description_section(){ table_id section_syntax_indicator reserved_future_use reserved section_length transport_stream_id reserved version_number current_next_indicator section_number last_section_number original_network_id reserved_future_use for (i=0;i<N;i++){ service_id reserved_future_use EIT_schedule_flag EIT_present_following_flag running_status free_CA_mode descriptors_loop_length for (j=0;j<N;j++){ descriptor() } } CRC_32 }	 8 1 1 2 12 16 2 5 1 8 8 16 8 16 6 1 1 3 1 12 32	 uimsbf bslbf bslbf bslbf uimsbf uimsbf bslbf uimsbf bslbf uimsbf uimsbf uimsbf bslbf uimsbf bslbf bslbf bslbf uimsbf bslbf uimsbf rpchof

Sintaxis SDT.

Las características fundamentales de la SDT se resumen en la siguiente tabla:

PID	0X0011
TABLE_ID	0X42/0X46
PRIVADA/NO PRIVADA	PRIVADA
SINTAXIS	LARGA
TABLE_ID_EXTENSION	TRANSPORT_STREAM_ID
PERIODO DE REPETICIÓN MÁXIMO RECOMENDADO	10S
OBLIGATORIA	SI
ENCRYPTADO	NUNCA

La SDT proporcionará información adicional al receptor, para regular su comportamiento. De esta manera, facilitará información de si el servicio es encriptado o de libre acceso (free_CA_mode), así como sobre la existencia o no de información de eventos asociados a dicho servicio (EIT_presentfollowing_flag, EIT_Schedule_flag).

En la siguiente figura se muestra el contenido de una sección de SDT presente en un multiplex digital de la SFN Nacional:

Name	Value	Description
section		
table_id	66	service_description_section - actual_transport_
section_syntax_indicator	1	
private_indicator	1	
section_length	208	
transport_stream_id	2	
version_number	31	
current_next_indicator	1	
section_number	0	
last_section_number	0	
original_network_id	8916	
service		
service_id	340	
EIT_schedule_flag	1	
EIT_present_following_fi	1	
running_status	4	running
free_CA_mode	0	
descriptors_loop_length	20	
descriptor_loop		
service_descriptor		
descriptor_tag	72	
service_type	1	digital television service
service_provider	La Sexta	
service_name	laSexta	

Gracias a la SDT, cada servicio o programa vendrá unívocamente identificado por su tripleta transport_stream_id/original_network_id/service_id.

Los valores de estos parámetros se encuentran regulados, bien por entidades nacionales (transport_stream_id, service_id), bien por DVB (original_network_id), por lo que su uso no es libre y se deben solicitar los valores o rangos de valores a utilizar.

11.2.2.4 EIT

La Event Information Table proporciona información cronológica sobre los eventos (conocidos como programas en la TV analógica) de los diferentes servicios.

Existen 4 modalidades diferentes de EIT, cada una de ellas con su propio table_id para diferenciar las secciones pertenecientes a una u otra EIT:

- EIT present/following actual transport stream: proporciona información de los eventos actual y siguiente para los servicios de la trama de transporte o multiplex actualmente sintonizada. El table_id de las secciones será el 0x4E
- EIT schedule actual transport stream: proporciona información de los eventos a lo largo de un intervalo de tiempo determinado para los servicios de la trama de transporte o multiplex actualmente sintonizado. El table_id de las secciones estará comprendido entre 0x50 y 0x5F
- EIT present/following other transport stream: proporciona información de los eventos actual y siguiente para los servicios de otros multiplex o tramas de transporte. El table_id de sus secciones será el 0x4F
- EIT schedule other transport stream: proporciona información de los eventos a lo largo de un intervalo de tiempo determinado para los servicios otros multiplex o tramas de transporte. El table_id de las secciones estará comprendido entre 0x60 y 0x6F

Las secciones de EIT se transmitirán siempre en paquetes de transporte con PID=0x0012 y tendrán la sintaxis descrita en la figura siguiente.

Sintaxis EIT.

Syntax	Number of bits	Identifier
event_information_section(){ table_id section_syntax_indicator reserved_future_use reserved section_length service_id reserved version_number current_next_indicator section_number last_section_number transport_stream_id original_network_id segment_last_section_number last_table_id for(i=0;i<N;i++){ event_id start_time duration running_status free_CA_mode descriptors_loop_length for(i=0;i<N;i++){ descriptor() } } CRC_32 }	 8 1 1 2 12 16 2 5 1 8 8 16 16 8 8 16 40 24 3 1 12 32	 uimsbf bslbf bslbf bslbf uimsbf uimsbf bslbf uimsbf bslbf uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf bslbf uimsbf uimsbf bslbf uimsbf rpchof

La EIT p/f permite disponer de la información del evento actual y siguiente. Esta información suele presentarse al usuario haciendo uso de los ya habituales banners, donde se indica el programa que está en emisión en ese instante.

La EIT sc permitirá disponer de la información necesaria para poblar las Guías de Programación, o también conocidas como EPG (Electronic Program Guide).

Las EITs proporcionarán entre otros detalles, la siguiente información de eventos:

- Nombre del evento.
- Hora de comienzo.
- Duración del evento.
- Descripción corta del evento.
- Descripción larga del evento (sinopsis, director, actores, año, etc).
- Temática del evento.
- Servicios adicionales disponibles (subtitulación, multilenguaje, audiodescripción, etc).

A continuación se presenta una figura donde se puede observar la información disponible en EITs de una emisión real en la SFN nacional:

Name	Value	Description
event		
event_id	10962	
start_time	2011-10-18T17:30:00Z	
duration	PT0H30M0S	
running_status	0	undefined
free_CA_mode	0	
descriptors_loop_length	459	
descriptor_loop		
short_event_descriptor		
descriptor_tag	77	
ISO_639_language_codi_spa		
event_name	Zack Y Cody: Todos A Bordo	
text_length	208	
text	Zack y Cody se enrolan en el crucero	
encoding	ISO/IEC 8859-9 West European & Tur	
binary	055a61636b207920436f647920736520	
extended_event_descriptor		
descriptor_tag	78	
ISO_639_language_codi_spa		
text	Zack y Cody se enrolan en el crucero	
CRC_32	1648923319	

Sección de EIT p/f actual.

Sección de EIT sc actual de SFN Nacional.

Name	Value	Description
section		
table_id	81	event_information_section
section_syntax_indicator	1	
private_indicator	1	
section_length	338	
service_id	341	
version_number	1	
current_next_indicator	1	
section_number	56	
last_section_number	56	
transport_stream_id	2	
original_network_id	8916	
segment_last_section_number	56	
last_table_id	81	
event		
event_id	51834	
start_time	2011-10-17T21:00:00Z	
duration	PT0H30M0S	
running_status	0	undefined
free_CA_mode	1	
descriptors_loop_length	75	
descriptor_loop		
short_event_descriptor		
descriptor_tag	77	
ISO_639_language_code	spa	
event_name	GOL NOTICIAS 23:30 DIRECTO	
text_length	19	
text	GOL NOTICIAS 23:30	
user_defined		

Las características principales de las EITs se resumen en la siguiente tabla:

PID	0X0012
TABLE_ID	0X4E/0X4F/0X50-0X5F/0X60-0X6F
PRIVADA/NO PRIVADA	PRIVADA
SINTAXIS	LARGA
TABLE_ID_EXTENSION	SERVICE_ID
PERIODO DE REPETICIÓN MÁXIMO RECOMENDADO	DEPENDIENTE DE MEDIO Y DE TIPO DE EIT. EN TERRESTRE: EITPF ACTUAL 2S EITPF OTHER 20S EIT SC ACTUAL10-30S EIT SC OTHER 60-300S
OBLIGATORIA	EIT PF ACTUAL SI EIT PF OTHER NO EIT SC ACTUAL NO (SEGÚN DVB) EIT SC OTHER NO
ENCRYPTADO	ES POSIBLE

11.2.2.5 TDT

La Time and Date Table proporciona información de la fecha y hora actual a los receptores. Entre otras cosas, la disponibilidad de esta información permitirá a los receptores facilitar los datos de los eventos en la hora correcta.

La TDT proporciona información de la fecha y hora en UTC (hora universal). Las secciones de TDT se empaquetan en paquetes de transporte con PID 0x0014 y tienen un table_id de valor 0x70.

La estructura sintáctica se muestra en la figura siguiente

Syntax	Number of bits	Identifier
time_date_section() {		
table_id	8	uimsbf
section_syntax_indicator	1	bslbf
reserved_future_use	1	bslbf
reserved	2	bslbf
section_length	12	uimsbf
UTC_time	40	bslbf
}		

Sintaxis de la TDT.

La TDT habitualmente se genera sincronizando con la fecha y hora proporcionada por un GPS, de forma que la información sea lo más exacta posible.

Las características de las secciones de TDT:

PID	0X0014
TABLE_ID	0X70
PRIVADA/NO PRIVADA	PRIVADA
SINTAXIS	CORTA
TABLE_ID_EXTENSION	N/A
PERIODO DE REPETICIÓN MÁXIMO RECOMENDADO	HASTA 30S
OBLIGATORIA	SI
ENCRYPTADO	NO

En la siguiente figura se muestra una TDT capturada de una emisión real:

Name	Value	Description
section		
table_id	112	time_date_section
section_syntax_indicator	0	
private_indicator	1	
section_length	5	
UTC_time	2011-10-13T11:19:54Z	

11.2.2.6 TOT

La Time Offset Table proporciona un desplazamiento de hora respecto a la hora UTC definida en la TDT. Esto permite a receptores en diferentes zonas horarias mostrar correctamente la información de eventos. La TOT consiste de una única sección con table_id 0x73. Las secciones de TOT se insertan en paquetes de transporte con el PID 0x0014. La sintaxis de la TOT se muestra en la figura siguiente.

Syntax	Number of bits	Identifier
time_offset_section(){ table_id section_syntax_indicator reserved_future_use reserved section_length UTC_time reserved descriptors_loop_length for(i=0;i<N;i++){ descriptor() } CRC_32 }	8 1 1 2 12 40 4 12 32	uimsbf bslbf bslbf bslbf uimsbf bslbf bslbf uimsbf rpchof

PID	0X0014
TABLE_ID	0X73
PRIVADA/NO PRIVADA	PRIVADA
SINTAXIS	LARGA
TABLE_ID_EXTENSION	N/A
PERIODO DE REPETICIÓN MÁXIMO RECOMENDADO	HASTA 30S
OBLIGATORIA	DVB-NO ESPAÑA-SI
ENCRYPTADO	NO

En la Figura siguiente se muestra una TOT en emisiones actuales de la SFN Nacional:

Name	Value	Description
section		
table_id	115	time_offset_section
section_syntax_indicator	0	
private_indicator	1	
section_length	39	
UTC_time	2011-10-13T11:21:09Z	
descriptor_loop		
local_time_offset_descriptor		
descriptor_tag	88	
descriptor_length	26	
binary	455350060200da380100000100455350	
CRC_32	3264880174	

Sección de TOT de la SFN Nacional.

11.2.2.7 RST

La Running Status Table permite actualizar de forma rápida el estado de eventos. Se puede utilizar para modificar fácilmente la programación en caso de que un evento empiece antes, o después de lo esperado, debido a cambios de programación.

Las secciones de RST tienen el table_id 0x71 y se empaquetan en paquetes de transporte con PID 0x0013.

La sintaxis de las secciones es tal y como se presenta en la siguiente tabla:

Syntax	Number of bits	Identifier
running_status_section(){ table_id section_syntax_indicator reserved_future_use reserved section_length for (i=0;i<N;i++){ transport_stream_id original_network_id service_id event_id reserved_future_use running_status } }	8 1 1 2 12 16 16 16 16 5 3	uimsbf bslbf bslbf bslbf uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf bslbf uimsbf

Cabe destacar que la RST no es muy utilizada en emisiones reales, aunque su uso esté previsto en DVB.

11.2.2.8 ST

La Stuffing Table permite invalidar secciones de una determinada subtabla. Esto se utiliza a veces en las fronteras entre sistemas de transmisión, ya que puede interesar invalidar alguna sección que quitaría integridad a la trama.

Las secciones de ST se empaquetan en paquetes de transporte de PID correspondiente al PID de las secciones que se quieren invalidar, y su table_id será 0x72

La estructura de las secciones sigue la sintaxis de la figura siguiente.

Syntax	Number of bits	Identifier
stuffing_section(){ table_id section_syntax_indicator reserved_future_use reserved section_length for (i=0;i<N;i++){ data_byte } }	8 1 1 2 12 8	uimsbf bslbf bslbf bslbf uimsbf uimsbf

Sintaxis de secciones de Stuffing Table.

11.2.2.9 Otras tablas

DVB define otras tablas con usos variados. Entre ellas, cabe destacar las tablas DIT (Discontinuity Information Table) y SIT (Selection Information Table), utilizadas sobre todo en entornos de almacenamiento.

Además, DVB define otras tablas, que aunque realmente se suelen señalar como secciones privadas, son utilizadas para aplicaciones específicas. En este sentido cabe destacar la AIT (Application Information Table), utilizada en entornos de emisión de aplicaciones interactivas, la INT (IP/MAC Notification Table), utilizada en entornos de transmisión que trabajan con Multiprotocol Encapsulation (MPE) o entornos DVB-H, y la UNT (Update Notification Table), utilizada para señalar System Software Updates.

Dado que el uso de todas estas tablas dependen de la aplicación y se alejan del objetivo “audiovisual” del informe, no se va a profundizar en ellas.

11.2.2.10 Descriptores

Al igual que en MPEG-2, DVB también definió sus propios descriptores, para aportar información adicional a la información contenida en las tablas. En la siguiente tabla se presenta un listado de los descriptores DVB existentes, así como las tablas donde pueden ser insertados.

Sección de RST.

Fuente: DVB (ETSI EN 300 468).

Descriptor	Tag value	NIT	BAT	SDT	EIT	TOT	PMT	SIT (see note 1)
network_name_descriptor	0x40	*	-	-	-	-	-	-
service_list_descriptor	0x41	*	*	-	-	-	-	-
stuffing_descriptor	0x42	*	*	*	*	-	-	*
satellite_delivery_system_descriptor	0x43	*	-	-	-	-	-	-
cable_delivery_system_descriptor	0x44	*	-	-	-	-	-	-
VB_I_data_descriptor	0x45	-	-	-	-	-	*	-
VB_I_teletext_descriptor	0x46	-	-	-	-	-	*	-
bouquet_name_descriptor	0x47	-	*	-	-	-	-	*
service_descriptor	0x48	-	-	*	-	-	-	*
country_availability_descriptor	0x49	-	*	*	-	-	-	*
linkage_descriptor	0x4A	*	*	*	*	-	-	*
NVOD_reference_descriptor	0x4B	-	-	*	-	-	-	*
time_shifted_service_descriptor	0x4C	-	-	*	-	-	-	*
short_event_descriptor	0x4D	-	-	-	*	-	-	*
extended_event_descriptor	0x4E	-	-	-	*	-	-	*
time_shifted_event_descriptor	0x4F	-	-	-	*	-	-	*
component_descriptor	0x50	-	-	*	*	-	-	*
mosaic_descriptor	0x51	-	-	*	*	-	-	*
stream_identifier_descriptor	0x52	-	-	-	-	-	*	-
CA_identifier_descriptor	0x53	-	*	*	*	-	-	*
content_descriptor	0x54	-	-	-	*	-	-	*
parental_rating_descriptor	0x55	-	-	-	*	-	-	*
teletext_descriptor	0x56	-	-	-	-	-	*	-
telephone_descriptor	0x57	-	-	*	*	-	-	*
local_time_offset_descriptor	0x58	-	-	-	-	*	-	-
subtitling_descriptor	0x59	-	-	-	-	-	*	-
terrestrial_delivery_system_descriptor	0x5A	*	-	-	-	-	-	-
multilingual_network_name_descriptor	0x5B	*	-	-	-	-	-	-
multilingual_bouquet_name_descriptor	0x5C	-	*	-	-	-	-	-
multilingual_service_name_descriptor	0x5D	-	-	*	-	-	-	*
multilingual_component_descriptor	0x5E	-	-	-	*	-	-	*
private_data_specifier_descriptor	0x5F	*	*	*	*	-	*	*
service_move_descriptor	0x60	-	-	-	-	-	*	-
short_smoothing_buffer_descriptor	0x61	-	-	-	*	-	-	*
frequency_list_descriptor	0x62	*	-	-	-	-	-	-
partial_transport_stream_descriptor (see note 1)	0x63	-	-	-	-	-	-	*
data_broadcast_descriptor	0x64	-	-	*	*	-	-	*
scrambling_descriptor	0x65	-	-	-	-	-	*	-
data_broadcast_id_descriptor	0x66	-	-	-	-	-	*	-
transport_stream_descriptor (see note 2)	0x67	-	-	-	-	-	-	-
DSNG_descriptor (see note 2)	0x68	-	-	-	-	-	-	-
PDC_descriptor	0x69	-	-	-	*	-	-	-
AC-3_descriptor (see annex D)	0x6A	-	-	-	-	-	*	-
ancillary_data_descriptor	0x6B	-	-	-	-	-	*	-
cell_list_descriptor	0x6C	*	-	-	-	-	-	-
cell_frequency_link_descriptor	0x6D	*	-	-	-	-	-	-
announcement_support_descriptor	0x6E	-	-	*	-	-	-	-
application_signalling_descriptor	0x6F	-	-	-	-	-	*	-
adaptation_field_data_descriptor	0x70	-	-	-	-	-	*	-
service_identifier_descriptor (see [15])	0x71	-	-	*	-	-	-	-
service_availability_descriptor	0x72	-	-	*	-	-	-	-
default_authority_descriptor (TS 102 323 [13])	0x73	*	*	*	-	-	-	-
related_content_descriptor (TS 102 323 [13])	0x74	-	-	-	-	-	*	-
TVA_id_descriptor (TS 102 323 [13])	0x75	-	-	-	*	-	-	-

Al igual que en MPEG-2, los descriptores por lo general no son obligatorios, excepto algunas excepciones en los que ciertos descriptores son necesarios para validar la información de una determinada tabla.

11.2.2.11 HDTV y 3DTV

DVB ya se encuentra totalmente preparado para HDTV. Incluso muchos países ya están emitiendo en esta tecnología siguiendo las recomendaciones de DVB. En este caso, DVB recomienda el uso de vídeo codificado en formato H.264 y audio codificado en AC-3. Dichos componentes deberán ser insertados convenientemente en paquetes de transporte según MPEG-2, y la señalización adecuada incluida. En particular, la emisión de HDTV afectará principalmente a la PMT, que ha de identificar los nuevos formatos de vídeo y audio, y a algunos descriptores específicos (AC-3 descriptor, component_descriptor, etc).

En cuanto a 3DTV, cabe destacar que a día de hoy aún no existen recomendaciones al respecto, y lo máximo que se ha hecho en el seno de DVB en esta materia es formar nuevos grupos de trabajo, el TM-3DTV y el CM-3DTV (Technical Module y Commercial Module).

El camino que seguirá DVB respecto a las tecnologías 3D es aún incierto, aunque todo parece indicar que seguirá los estándares de codificación basados en H.264, como el MVC (Multiview Video Coding). Otros aspectos a tener en cuenta serán la señalización, o el estándar de transmisión necesario para la emisión de este tipo de contenidos. Todo ello, a día de hoy incierto, a pesar de que la impresión inicial es que todo lo hecho y definido para SDTV o HDTV hasta ahora será perfectamente extrapolable a emisiones 3D.

11.2.3 PSIP (ATSC)

ATSC es el estándar utilizado en Estados Unidos y todos sus países de influencia, como Canadá o México.

El Advanced Television Systems Committee (ATSC) es un estándar que se basa, al igual que DVB, en el MPEG-2 Transport Stream para la emisión de los contenidos codificados.

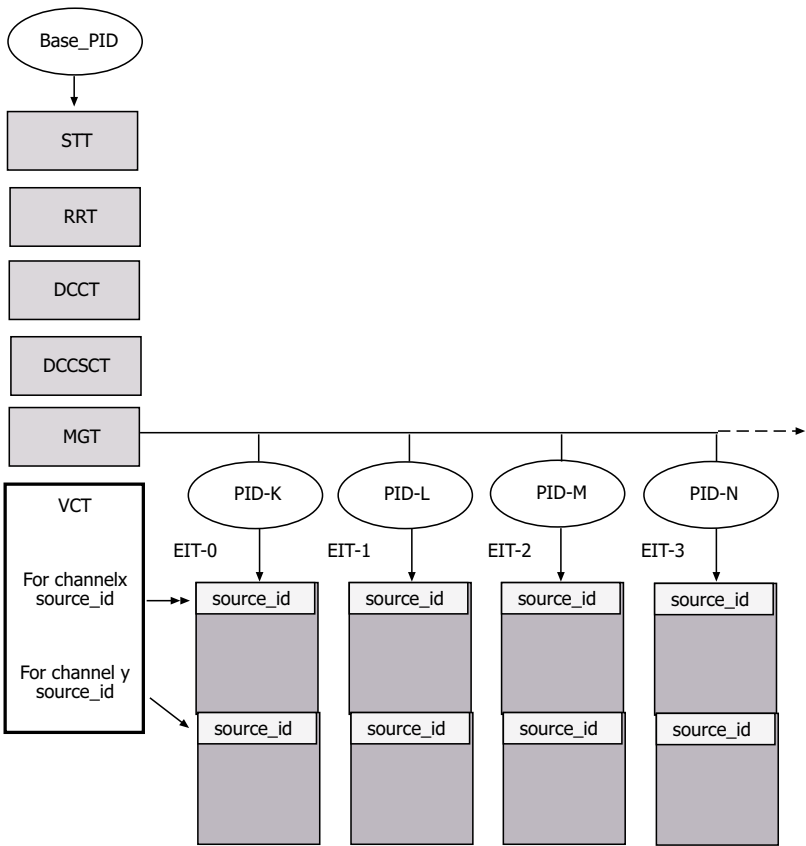
Y al igual que DVB, al basarse en el estándar MPEG-2 en su parte de sistemas (ISO/IEC 13818-1) ATSC ha adaptado el uso de las secciones privadas MPEG-2 para proporcionar información adicional sobre las emisiones en sus propias tablas, conocidas como tablas PSIP (Program and System Information Protocol).

La estructura de las secciones es la misma que la que se ha presentado para DVB, ya que están basadas igualmente en secciones privadas.

En ATSC se define:

- System Time Table (STT), usada para especificar la hora UTC.
- Master Guide Table (MGT), provee un índice de todas las tablas.
- Virtual Channel Table (VCT) que describe los canales virtuales que contiene el transport stream y provee la información de red. En este caso existe una VCT específica para terrestre (TVCT), y una específica para cable (CVCT).
- Rating Region Table (RRT) que contiene la información sobre los sistemas de clasificación de una o más regiones.
- Event Information Table (EIT). Esta tabla describe el contenido de los programas de todos los canales virtuales definidos en la VCT.
- Extend Text Table (ETT). Provee información de texto usada en la VCT o en la EIT.
- Directed Channel Change Table (DCCT): permite realizar cambios automáticos a determinados canales en determinados momentos.
- Directed Channel Change Selection Code Table (DCCSCT): permite introducir una extensión de las categorías por género y ampliar la información de localización proporcionada en las tablas.

La siguiente figura muestra la jerarquía de tablas del sistema ATSC.



Jerarquía de tablas del sistema ATSC.

Tal y como se aprecia en la figura 3, la MGT es la tabla con mayor jerarquía de la que dependen las tablas VCT, RRT, y ETT. La tabla VCT y la EIT contienen información de texto, tal y como se ha comentado anteriormente. Sin embargo cabe destacar que la información de fecha y hora aportada por la STT está fuera de la jerarquía impuesta por la MGT.

De nuevo, al igual que en DVB, cada una de las tablas vendrá identificada por su propio table_id y tendrán unas características específicas en cuanto al table_id_extension, section_length, etc.

En la siguiente tabla se muestran las características principales de todas las tablas PSIP:

Syntax	Bytes	STT	MGT	TVCT	RRT	EIT-j	ETT-k
table_id	1	0xCD	0xC7	0xC8	0xCA	0xCB	0xCC
section_syntax_indicator	3	'1'	'1'	'1'	'1'	'1'	'1'
private_indicator		'1'	'1'	'1'	'1'	'1'	'1'
reserved		'11'	'11'	'11'	'11'	'11'	'11'
section_length (allowed values)	2	17-1021	14-4093	13-1021	18-1021	11-4093	14-4093
table_id_extension	2	0x0000	0x0000	TSID	rating_region	source_id	0x0000
reserved	6	'11'	'11'	'11'	'11'	'11'	'11'
version_number		0	0-31	0-31	0-31	0-31	0-31
current_next_indicator		'1'	'1'	0-1	'1'	'1'	'1'
section_number		0	0	0-255	0	0-255	0
last_section_number		0	0	0-255	0	0-255	0
protocol_version		0	0	0	0	0	0
actual_table_data	N	—	—	—	—	—	—
CRC_32	4	4	rpchof	rpchof	rpchof	rpchof	rpchof

La detección de las tablas se realiza identificando los PIDs correspondientes y por medio de su table_id. El PID de las tablas y table_id correspondientes vienen indicados en la siguiente tabla:

Table ID Value (hex)	Tables	PID	Ref.
0xC7	Master Guide Table (MGT)	0x1FFB	Sec.6.2
0xC8	Terrestrial Virtual Channel Table (TVCT)	0x1FFB	Sec.6.3.1
0xC9	Cable Virtual Channel Table (CVCT)	0x1FFB	Sec.6.3.2
0xCA	Rating Region Table (RRT)	0x1FFB	Sec.6.4
0xCB	Event Information Table (EIT)	per MGT	Sec.6.5
0xCC	Extended Text Table (ETT)	per MGT	Sec.6.6
0xCD	System Time Table (STT)	0x1FFB	Sec.6.1
0xCE-0xD2	[ATSC coordinated values which are defined in other standards.]		
0xD3	Directed Channel Change Table (DCCT)	0x1FFB	Sec.6.7
0xD4	Directed Channel Change Selection Code Table (DCCSCT)	0x1FFB	Sec.6.8
0xD5-0xDF	[ATSC coordinated values which are defined in other standards.]		
0xE0-0xE5	[Used in other systems]		
0xE6-0xFE	[Reserved for future ATSC use]		

Como se aprecia en la tabla, las tablas MPEG-2 tienen el PID fijo, mientras que en ATSC la Master Guide Table comparte PID con la Virtual Channel Table, con la Rating Region Table y la System Time Table. El valor de el PID será el 0x1FFB.

Los PIDs de las tablas referentes a eventos (Event Information Table y Extended Text Table) vendrán identificados en la Master Guide Table. A continuación se repasará el sentido de cada una de las tablas.

11.2.3.1 System Time Table (STT)

Proporciona información de la fecha y hora en UTC. Su uso es equivalente a la TDT en DVB. La sintaxis de dicha tabla se muestra a continuación:

Syntax	No. of Bits	Format
system_time_table_section() {		
table_id	8	0xCD
section_syntax_indicator	1	'1'
private_indicator	1	'1'
reserved	2	'11'
section_length	12	uimsbf
table_id_extension	16	0x0000
reserved	2	'11'
version_number	5	'00000'
current_next_indicator	1	'1'
section_number	8	0x00
last_section_number	8	0x00
protocol_version	8	uimsbf
system_time	32	uimsbf
GPS.UTC_offset	8	uimsbf
daylight_savings	16	uimsbf
for (i=0; i<N;i++) {		
descriptor()		
}		
CRC_32	32	rpchof
}		

Sintaxis STT.

Características principales de las tablas PSIP.

Valores de PID y table_id de las tablas PSIP.

11.2.3.2 Master Guide Table (MGT)

Contiene información de todas las tablas PSIP excepto de la STT. En la siguiente figura se puede observar la sintaxis de las secciones de MGT.

Syntax	No. of Bits	Format
master_guide_table_section () {		
table_id	8	0xC7
section_syntax_indicator	1	'1'
private_indicator	1	'1'
reserved	2	'11'
section_length	12	uimsbf
table_id_extension	16	0x0000
reserved	2	'11'
version_number	5	uimsbf
current_next_indicator	1	'1'
section_number	8	0x00
last_section_number	8	0x00
protocol_version	8	uimsbf
tables_defined	16	uimsbf
for (i=0;i<tables_defined;i++) {		
table_type	16	uimsbf
reserved	3	'111'
table_type_PID	13	uimsbf
reserved	3	'111'
table_type_version_number	5	uimsbf
number_bytes	32	uimsbf
reserved	4	'1111'
table_type_descriptors_length	12	uimsbf
for (k=0;k<N;k++) {		
descriptor()		
}		
}		
reserved	4	'1111'
descriptors_length	12	uimsbf
for (l = 0;l<N;l++) {		
descriptor()		
}		
CRC_32	32	ipchbf
}		

Para cada una de las tablas PSIP existirá una entrada en la MGT, donde se especificará el PID de la tabla, el tipo de tabla y la versión de la misma, que permitirá identificar cambios en las tablas con sólo inspeccionar el contenido de la MGT.

Sintaxis MGT.

El tipo de tabla vendrá definido por los siguientes datos:

table_type	MeanIng
0x0000	Terrestrial VCT with current_next_indicator='1'
0x0001	Terrestrial VCT with current_next_indicator='0'
0x0002	Cable VCT with current_next_indicator='1'
0x0003	Cable VCT with current_next_indicator='0'
0x0004	Channel ETT
0x0005	DCCSCT
0x0006-0x00FF	[Reserved for future ATSC use]
0x0100-0x017F	EIT-0 to EIT-127
0x0180-0x01FF	[Reserved for future ATSC use]
0x0200-0x027F	Event ETT-0 to event ETT-127
0x0280-0x0300	[Reserved for future ATSC use]
0x0301-0x03FF	RRT with rating_region 1-255
0x0400-0x0FFF	[User private]
0x1000-0x13FF	[Reserved for future ATSC use]
0x1400-0x14FF	DCCT with dcc_id 0x00 – 0xFF
0x1500-0xFFFF	[Reserved for future ATSC use]

11.2.2.3 Virtual Channel Table (VCT)

Proporcionará información sobre los servicios o programas disponibles en la trama. En este caso, no solo facilitará información del servicio o programa en sí, sino también sobre el tipo de servicio (TV digital, Radio Digital, etc) e incluso la frecuencia de sintonización donde encontrar el servicio, o el tipo de modulación utilizado. Existirá una VCT para emisiones terrestres y otra diferente para emisiones de cable.

Distintos tipos de table_type.

En la siguiente figura se presenta la sintaxis de la TVCT.

Syntax	No. of Bits	Format
terrestrial_virtual_channel_table_section() {		
table_id	8	0xC8
section_syntax_indicator	1	'1'
private_indicator	1	'1'
reserved	2	'11'
section_length	12	uimsbf
transport_stream_id	16	uimsbf
reserved	2	'11'
version_number	5	uimsbf
current_next_indicator	1	bslbf
section_number	8	uimsbf
last_section_number	8	uimsbf
protocol_version	8	uimsbf
num_channels_in_section	8	uimsbf
for (i=0; i< num_channels_in_section; i++) {		
short_name	7*16	uimsbf
reserved	4	'1111'
major_channel_number	10	uimsbf
minor_channel_number	10	uimsbf
modulation_mode	8	uimsbf
carrier_frequency	32	uimsbf
channel_TSID	16	uimsbf
program_number	16	uimsbf
ETM_location	2	uimsbf
access_controlled	1	bslbf
hidden	1	bslbf
reserved	2	'11'
hide_guide	1	bslbf
reserved	3	'111'
service_type	6	uimsbf
source_id	16	uimsbf
reserved	6	'111111'
descriptors_length	10	uimsbf
for (i=0; i<N; i++) {		
descriptor()		
}		
}		
reserved	6	'111111'
additional_descriptors_length	10	uimsbf
for (j=0; j<N; j++) {		
additional_descriptor()		
}		
CRC_32	32	rpchof
}		

Sintaxis de la TVCT.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de contenido de la VCT.

TVCT								
number_channels_in_section = 5; TSID = 0x0AA1								
Major Num.	Minor Num.	Short Name	Carrier Freq (MHz)	Channel TSID	Program Number	Service Type	Source ID	Descriptors
12	0	NBZ	205.25	0x0AA0	0xFFFF	analog	20	ch name
12	1	NBZ-D	620.31	0x0AA1	0x0F21	digital	21	ch name; serv loc
12	5	NBZ-S	620.31	0x0AA1	0x00B2	digital	38	ch name; serv loc
12	12	NBZ-M	620.31	0x0AA1	0x0CC7	digital	54	ch name; serv loc
12	31	NBZ-H	620.31	0x0AA1	0x0CD0	digital	14	ch name; serv loc

Ejemplo de la tabla VCT.

11.2.3.4 Rating Region Table (RRT)

Proporcionará información sobre control parental de los servicios para múltiples regiones. La RRT se insertará en paquetes de transporte con el PID 0x1FFB y el table_id de las secciones será el 0xCA.

La sintaxis de las secciones de RRT será similar a la de la figura:

Syntax	No. of Bits	Format
rating_region_table_section() { table_id section_syntax_indicator private_indicator reserved section_length table_id_extension { reserved rating_region } reserved version_number current_next_indicator section_number last_section_number protocol_version rating_region_name_length rating_region_name_text() dimensions_defined for (i=0; i< dimensions_defined; i++) { dimension_name_length dimension_name_text() reserved graduated_scale values_defined for (j=0; j< values_defined; j++) { abbrev_rating_value_length abbrev_rating_value_text() rating_value_length rating_value_text() } } reserved descriptors_length for (i=0; i<N; i++) { descriptor() } CRC_32 }	8 1 1 2 12 8 8 2 5 1 8 8 8 8 var 8 8 var 3 1 4 8 var 8 var 6 10 32	0xCA '1' '1' '11' uimsbf 0xFF uimsbf '11' uimsbf '1' uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf '111' bslbf uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf '111111' uimsbf rpchof

Sintaxis de la RRT.

11.2.3.5 Event Information Table (EIT)

Su significado es similar al de las EITs utilizadas en DVB, aunque la estructura de la información será diferente. Las EIT proporcionarán información sobre los eventos, como el título, duración, hora de comienzo, etc. Cada sección de EIT contiene información de uno o más canales virtuales definidos en la VCT. El PID de los paquetes de transporte conteniendo secciones de EIT vendrá identificado en la MGT. Las secciones de EIT tendrán siempre el table_id 0xCB.

A continuación se muestra la sintaxis de las secciones de EIT.

Syntax	No. of Bits	Format
event_information_table_section() { table_id section_syntax_indicator private_indicator reserved section_length source_id reserved version_number current_next_indicator section_number last_section_number protocol_version num_events_in_section for (j=0; j< num_events_in_section; j++) { reserved event_id start_time reserved ETM_location length_in_seconds title_length title_text() reserved descriptors_length for (i=0; i<N; i++) { descriptor() } } CRC_32 }	8 1 1 2 12 16 2 5 1 8 8 8 8 2 14 32 2 2 20 8 var 4 12 32	0xCB '1' '1' '11' uimsbf uimsbf '11' uimsbf '1' uimsbf uimsbf uimsbf uimsbf '11' uimsbf uimsbf '11' uimsbf uimsbf uimsbf var '1111' rpchof

Sintaxis de las EIT.

Cada instancia de la EIT proporcionará información de eventos en un espacio de 3 horas. Como además, existe la posibilidad de disponer de hasta 128 EITs, se puede proporcionar información de eventos de hasta 16 días de emisión.

11.2.3.6 Extended Text Table (ETT)

La ETT contiene mensajes de texto extendido (Extended Text Message) que son opcionales y que se utilizan para dar una descripción detallada de los canales virtuales (channel ETM) y de los eventos (event ETM). Un mensaje de texto extendido (ETM) es una estructura de datos de cadenas de texto múltiples, tal y como se muestra en la siguiente figura:

Syntax	No. of Bits	Format
extended_text_table_section() {		
table_id	8	0xCC
section_syntax_indicator	1	'1'
private_indicator	1	'1'
reserved	2	'11'
section_length	12	uimsbf
ETT_table_id_extension	16	uimsbf
reserved	2	'11'
version_number	5	uimsbf
current_next_indicator	1	'1'
section_number	8	0x00
last_section_number	8	0x00
protocol_version	8	uimsbf
ETM_id	32	uimsbf
extended_text_message()	var	
CRC_32	32	rpchof
}		

Los ETM son transportados en secciones privadas de table_id 0xCC. Cada una de las descripciones se distingue por su ETM_id. Esto permitirá a un receptor realizar la búsqueda de una determinada descripción de forma más rápida que si tuviera que parsear una tabla de gran tamaño.

Las secciones de ETT para un determinado canal virtual o evento, son transmitidas en el canal físico de transmisión de ese canal virtual o evento, con PID especificado por el table_type_PID en la entrada correspondiente de la MGT. Este PID específico estará reservado para el flujo de ETT.

Sintaxis ETT.

11.2.3.7 Directed Channel Change Table (DCCT)

Esta tabla es opcional, y proporciona definiciones para una petición de cambio de canal virtual. Las secciones de DCCT tendrán el table_id 0xD3 y siguen la sintaxis descrita en la siguiente figura:

Syntax	No. of Bits	Format
directed_channel_change_table_section() {		
table_id	8	0xD3
section_syntax_indicator	1	'1'
private_indicator	1	'1'
reserved	2	'11'
section_length	12	uimsbf
dcc_subtype	8	0x00
dcc_id	8	uimsbf
reserved	2	'11'
version_number	5	uimsbf
current_next_indicator	1	'1'
section_number	8	0x00
last_section_number	8	0x00
protocol_version	8	uimsbf
dcc_test_count	8	uimsbf
for (i=0; i< dcc_test_count; i++) {		
dcc_context	1	uimsbf
reserved	3	'111'
dcc_from_major_channel_number	10	uimsbf
dcc_from_minor_channel_number	10	uimsbf
reserved	4	'1111'
dcc_to_major_channel_number	10	uimsbf
dcc_to_minor_channel_number	10	uimsbf
dcc_start_time	32	uimsbf
dcc_end_time	32	uimsbf
dcc_term_count	8	uimsbf
for (j=0; j< dcc_term_count; j++) {		
dcc_selection_type	8	uimsbf
dcc_selection_id	64	uimsbf
reserved	6	'111111'
dcc_term_descriptors_length	10	uimsbf
for (k=0; k<N; k++) {		
dcc_term_descriptor()		
}		
}		
reserved	6	'111111'
dcc_test_descriptors_length	10	uimsbf
for (j=0; j<N; j++) {		
dcc_test_descriptor()		
}		
reserved	6	'111111'
dcc_additional_descriptors_length	10	uimsbf
for (i=0; i<N; i++) {		
dcc_additional_descriptor()		
}		
CRC_32	32	rpchof
}		

Sintaxis DCCT.

Esta tabla permite al operador indicar cuando la experiencia de visualización puede ser mejorada mediante un cambio de canal virtual dentro de un mismo canal físico, o entre canales. El cambio puede ser incondicional, o puede basarse en criterios geográficos, demográficos, o cualquier otro criterio del operador. Para ello, el receptor debe de cumplir con las especificaciones de “DCC capable DTV reference receiver”.

11.2.3.8 Directed Channel Change Selection Code Table (DCCSCT)

Syntax	No. of Bits	Format
dcc_selection_code_table_section () {		
table_id	8	0xD4
section_syntax_indicator	1	'1'
private_indicator	1	'1'
reserved	2	'11'
section_length	12	uimsbf
dccsct_type	16	uimsbf
reserved	2	'11'
version_number	5	uimsbf
current_next_indicator	1	'1'
section_number	8	0x00
last_section_number	8	0x00
protocol_version	8	uimsbf
updates_defined	8	uimsbf
for (i = 0; i < updates_defined; i++) {		
update_type	8	uimsbf
update_data_length	8	uimsbf
if (update_type==new_genre_category) {		
genre_category_code	8	uimsbf
genre_category_name_text()	var	
}		
if (update_type==new_state) {		
dcc_state_location_code	8	uimsbf
dcc_state_location_code_text()	var	
}		
if (update_type==new_county) {		
state_code	8	uimsbf
reserved	6	'111111'
dcc_county_location_code	10	uimsbf
dcc_county_location_code_text()	var	
}		
reserved	6	'111111'
dccsct_descriptors_length	10	uimsbf
for (j = 0; j < N; j++) {		
dccsct_descriptors()		
}		
}		
reserved	6	'111111'
dccsct_additional_descriptors_length	10	uimsbf
for (i = 0; i < N; i++) {		
dccsct_additional_descriptors()		
}		
CRC_32	32	rpchof
}		

Sintaxis DCCSCT.

Esta tabla es opcional, y proporciona información de género y/o códigos de localización de Estado/Condado para extender los códigos utilizados en la DCCT. La DCCSCT es transmitida en secciones privadas de table_id 0xD4, y su estructura obedece a la anterior sintaxis.

11.2.3.9 Descriptores en ATSC

Al igual que en DVB, existe una serie de descriptores utilizados en ATSC para proporcionar información extendida al receptor y/o al usuario.

En la siguiente tabla se muestran los descriptores básicos utilizados en ATSC. El service_location_descriptor siempre ha de aparecer en la VCT, por lo que está indicado en la tabla con “S”. Con “M” se marcan aquellos descriptores que, si utilizados, han de utilizarse en el lugar marcado, con “O” se indican los descriptores que pueden aparecer en otra ubicación:

Descriptor Name	Descriptor Tag	Terrestrial Broadcast					
		PMT	MGT	VCT	EIT	DCCT	DCCSCT
stuffing descriptor	0x80	*	*	*	*	*	*
AC-3 audio descriptor	0x81	M			M		
caption service descriptor	0x86	O			M		
content advisory descriptor	0x87	O			M		
extended channel name descriptor	0xA0			M			
service location descriptor	0xA1			S			
time-shifted service descriptor	0xA2			M			
component name descriptor	0xA3	M					
DCC departing request descriptor	0xA8					M	
DCC arriving request descriptor	0xA9					M	
redistribution control descriptor	0xAA	M			M		

Descriptores en ATSC.

11.2.3.10 Servicios Mejorados en ATSC

En ATSC existe la posibilidad de señalar servicios mejorados, gracias al uso de E-VSB (Enhanced VSB). Para ello se utilizarán las tablas “Enhanced”, que básicamente son una versión de las tablas PSIP estándar. Así, encontraremos la MGT-E, STT-E, TVCT-E, EIT-E, ETT-E, y Directed Channel Change for Enhanced Modes.

11.2.4 SI/PSI ISDB

ISDB es el estándar utilizado en Japón para la transmisión de TV Digital. Este estándar, cada vez cobra mayor importancia, ya que muchos de los países latinoamericanos han decidido adoptarlo, o su variante brasileña, denominada ISDB-Tb para las emisiones por canal terrestre.

ISDB es especificado por el ARIB (excepto el estándar para transmisión por cable, que es especificado por JCTEA) y tiene estándares para TV Digital por satélite (ISDB-S), cable (ISDB-C), radio digital (ISDB-Tsb), receptores móviles (ISDB-Tmm), y el mencionado para Brasil (ISDB-Tb).

La principal diferencia entre el ISDB-T de Japón y el de Brasil, es el hecho de que en Brasil se especificó directamente la transmisión de contenidos de vídeo codificados en H.264, sin el paso intermedio que la codificación MPEG-2 hubiera supuesto.

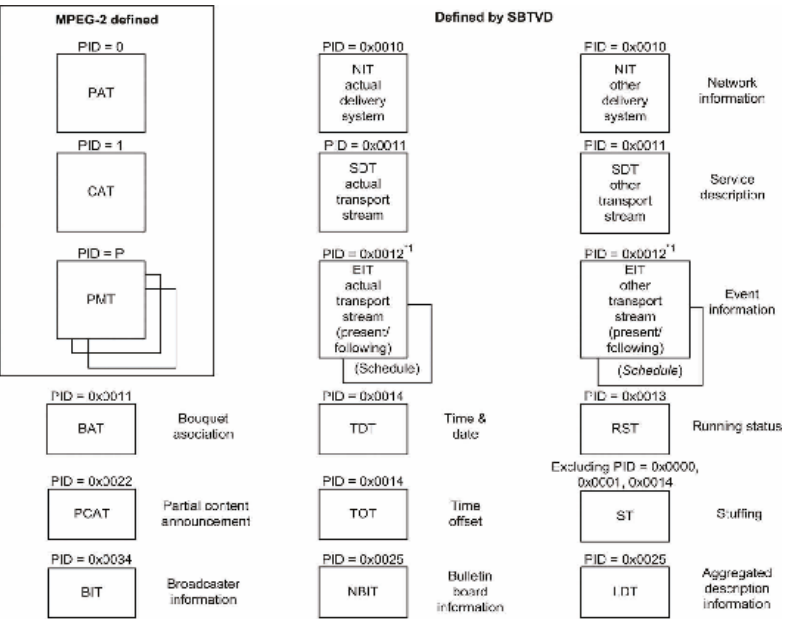
A pesar de esto, como se comentaba al principio de este informe, ISDB, en cualquiera de sus variantes, se basa, al igual que el resto de estándares, en la transmisión utilizando la trama de transporte MPEG-2, y el uso de las PSI y secciones privadas MPEG-2 para señalización de los contenidos.

Dado que el estándar brasileño es la modificación más reciente de ISDB-T, se tratará éste en profundidad, asumiendo pequeñas variaciones en el sistema japonés.

El estándar ISDB-Tb (también conocido como SBTVD) además tiene muchas similitudes con DVB a nivel de señalización. Las tablas utilizadas en ISDB-Tb serán una combinación de las PSI de MPEG-2, de las SI de DVB y tablas específicas para ser utilizadas en ISDB-Tb:

- PSI: PMT, CAT, PAT
- Homólogas a SI (DVB): NIT, SDT, BAT, EIT, TDT, RST, TOT, ST
- Específicas de ISDB-Tb (SI): LIT, ERT, ITT, PCAT, BIT, NBIT, LDT

En la siguiente figura se muestran todas las tablas SI/PSI para la norma ISDB-Tb definida en el estándar ABNT NBR 150603-2:2007.



Al igual que en el resto de normas, las tablas se organizan en secciones, y estas secciones se mapean en paquetes de transporte con los siguientes PID:

Tabla	PID
PAT ^a	0x0000
PMT ^a	Designado indirectamente por la PAT
CAT ^a	0x0001
NIT ^a	0x0010
SDT	0x0011
BAT	0x0011
EIT	0x0012
EIT (transmisión de televisión digital terrestre)	0x0012, 0x0026, 0x0027
RST	0x0013
TDT	0x0014
TOT	0x0014
PCAT	0x0022
BIT	0x0024
NBIT	0x0025
LDT	0x0025
ST	Excepción 0x0000, 0x0001, 0x0014
Paquetes nulos ^a	0x1FFF

Tablas SI/PSI de la norma ISDB-Tb.

Secciones tablas SI/PSI de ISDB.

Como se puede apreciar, los PIDs de las tablas PSI son los mismos que los definidos en MPEG-2, mientras que las tablas homólogas a las DVB, utilizan el mismo PID igualmente, excepto la EIT que puede utilizar en el caso de TV Digital Terrestre, tres PIDs diferentes.

Los table_id correspondientes a cada una de las secciones se muestran en la siguiente tabla, junto con información de transmisión, como la obligatoriedad o no de transmisión de la tabla, y tiempos de repetición recomendados.

table_id	Table	Transmission level	Transmission frequency
0x00	PAT ^{*1}	Mandatory	Once or more/100m sec.
0x01	CAT ^{*1}	Mandatory	Once or more/1 sec.
0x02	PMT ^{*1}	Mandatory	Once or more/100m sec.
0x40	NIT (Actual network) ^{*1}	Mandatory	Once or more/10 sec.
0x41	NIT (Other network) ^{*1}	Optional	Once or more/10 sec.
0x42	SDT (Actual stream)	Mandatory	Once or more/2 sec.
0x46	SDT (Other stream)	Optional	Once or more/10 sec.
0x4A	BAT	Optional	Once or more/10 sec.
0x4E	EIT (Present and following program of the actual stream)	Mandatory	Once or more/2 sec.
0x4F	EIT (Present and following program of the other stream)	Optional	Once or more/10 sec.
0x50 – 0x5F	EIT (Program within 8 days of the actual stream) ----- EIT (Program after 8 days of the actual stream)	Optional Optional	Once or more/10 sec. Once or more/30 sec.
0x60 – 0x6F	EIT (Program within 8 days of the other stream) ----- EIT (Program after 8 days of the other stream)	Optional Optional	Once or more/10 sec. Once or more/30 sec.
0x70	TDT	Mandatory ^{*2}	Once or more/30 sec.
0x71	RST	Optional	Optional
0x72	ST	Optional	Optional
0x73	TOT	Mandatory ^{*2}	Once or more/30 sec.
0xC2	PCAT	Optional	Optional
0xC4	BIT	Optional	Once or more/20 sec.
0xC5	NBIT (Board information body)	Optional	Once or more/20 sec.
0xC6	NBIT (Reference information to gain board information)	Optional	1 sec. or more 10 sec.
0xC7	LDT	Optional	1 sec. or more 20 sec.
0x90 – 0xBF	Selectable range as table_id value set by companies		

11.2.4.1 PAT

Su definición es exactamente igual que la definición en la norma MPEG-2 (ISO/IEC 13818-1), por lo que basta con mirar dicha definición en la sección correspondiente.

11.2.4.2 CAT

Su definición es exactamente igual que la definición en la norma MPEG-2 (ISO/IEC 13818-1) por lo que basta con mirar dicha defini-

Table_id de las tablas SI/PSI de ISDB.

ción en la sección correspondiente. Tan solo cabe destacar que ISDB-Tb especifica una serie de descriptores susceptible de ser usados con esta tabla:

- conditional access descriptor;
- conditional playback descriptor;
- CA service descriptor.

11.2.4.3 PMT

Su definición es exactamente igual que la definición en la norma MPEG-2 (ISO/IEC 13818-1) por lo que basta con mirar dicha definición en la sección correspondiente.

Tan solo cabe destacar que ISDB-Tb especifica una serie de descriptores susceptible de ser usados con esta tabla:

- conditional access descriptor;
- copyright descriptor;
- country availability descriptor;
- linkage descriptor;
- component descriptor;
- mosaic descriptor;
- stream identifier descriptor;
- parental rating descriptor;
- hierarchical transmission descriptor;
- digital copy descriptor;
- emergency information descriptor;
- data component descriptor;
- system management descriptor;
- target area descriptor;
- video decode control descriptor;
- content availability descriptor;
- carousel compatible composite descriptor;
- conditional playback descriptor;
- AVC video descriptor;
- AVC and HRD timing descriptor;
- AAC audio descriptor.

11.2.4.4 NIT

Su definición es exactamente igual que la definición en la norma DVB (ETSI EN 300 468) por lo que basta con mirar dicha definición en la sección correspondiente.

Tan solo cabe destacar que ISDB-Tb especifica una serie de descriptores susceptible de ser usados con esta tabla:

- network name descriptor;
- system management descriptor;
- service list descriptor;
- stuffing descriptor;
- linkage descriptor;
- terrestrial delivery system descriptor;
- emergency information descriptor;
- partial reception descriptor;
- TS information descriptor.

11.2.4.5 BAT

Su definición es exactamente igual que la definición en la norma DVB (ETSI EN 300 468) por lo que basta con mirar dicha definición en la sección correspondiente.

Tan solo cabe destacar que ISDB-Tb especifica una serie de descriptores susceptible de ser usados con esta tabla:

- service list descriptor;
- stuffing descriptor;
- bouquet name descriptor;
- country availability descriptor;
- linkage descriptor;
- CA identifier descriptor.

11.2.4.6 SDT

Su definición es exactamente igual que la definición en la norma DVB (ETSI EN 300 468) por lo que basta con mirar dicha definición en la sección correspondiente.

Tan solo cabe destacar que ISDB-Tb especifica una serie de descriptores susceptible de ser usados con esta tabla:

- service descriptor;
- stuffing descriptor;
- bouquet name descriptor;
- country availability descriptor;
- linkage descriptor;
- NVOD reference service descriptor;
- time shifted service descriptor;
- mosaic descriptor;
- CA identifier descriptor;
- digital copy control descriptor;
- logo transmission descriptor;
- content availability descriptor.

11.2.4.7 EIT

Su sintaxis es similar a la definición en la norma DVB (ETSI EN 300 468) pero con ciertos cambios en la sintaxis de alguno de sus campos, y en que se usa UTC-3 (hora de Brasil) en lugar de UTC.

Además, en ISDB-T existen nuevos tipos de EIT en el caso de transmisión terrestre. Dichas EITs dependerán de la protección de la transmisión, o de la protección del segmento donde se transmiten. Los tres tipos de EIT básicas son: H-EIT, M-EIT, L-EIT. Cada uno de ellos hace referencia a un nivel de protección diferente: segmento de alta (High) protección, segmento de media (Medium) protección, segmento de baja (Low) protección.

Dichas EITs se transmiten con PIDs diferentes, de acuerdo a la siguiente tabla:

EIT type	PID
H-EIT	0x0012
M-EIT	0x0026
L-EIT	0x0027

Cada uno está pensado para un tipo de transmisión distinta, siempre en el entorno de TV Digital Terrestre:

- H-EIT: receptor fijo.
- M-EIT: receptor móvil.
- L-EIT: receptores de 1 solo segmento (one-seg receivers: receptores móviles que solo reciben uno de los 13 segmentos en los que se divide el canal de transmisión).

Además, cabe destacar que ISDB-Tb (SBTVD) especifica una serie de descriptores susceptibles de ser usados con esta tabla:

- stuffing descriptor;
- linkage descriptor;
- short event descriptor;
- extended event descriptor;
- time shifted event descriptor;
- component descriptor;
- CA identifier descriptor;
- content descriptor;
- parental rating descriptor;
- digital copy control descriptor;
- audio component descriptor;
- hyperlink descriptor;
- data content descriptor;
- series descriptor;
- event group descriptor;
- component group descriptor;
- LDT linkage descriptor;
- content availability descriptor;
- carousel compatible composite descriptor.

11.2.4.8 TDT

Su definición es prácticamente igual que la definición en la norma DVB (ETSI EN 300 468) por lo que basta con mirar dicha definición en la sección correspondiente.

Tan solo se diferencia en la norma DVB en que el formato de hora utilizado es UTC-3 (hora de Brasil).

11.2.4.9 TOT

Su definición es prácticamente igual que la definición en la norma DVB (ETSI EN 300 468) por lo que basta con mirar dicha definición en la sección correspondiente.

Tan solo se diferencia en la norma DVB en que el formato de hora utilizado es UTC-3 (hora de Brasil).

11.2.4.10 RST

Su definición es exactamente igual que la definición en la norma DVB (ETSI EN 300 468) por lo que basta con mirar dicha definición en la sección correspondiente.

11.2.4.11 ST

Su definición es exactamente igual que la definición en la norma DVB (ETSI EN 300 468) por lo que basta con mirar dicha definición en la sección correspondiente.

11.2.4.12 Partial Content Announcement Table (PCAT)

Esta tabla se utiliza para informar al terminal de usuario del comienzo de una transmisión de datos por parte del broadcaster, de forma que se actualice parcialmente el contenido residente en el terminal. Es decir, que realiza una programación de la actualización de contenido.

La PCAT se estructura en secciones con table_id 0xC2 y se inserta en paquetes de transporte de PID 0x0022.

Las secciones de la PCAT tienen la siguiente sintaxis:

Syntax	No. of bits	Identifier
partial_content_announcement_section(){		
table_id	8 uimbsbf	
section_syntax_indicator	1 bslbf	
reserved_future_use	1 bslbf	
reserved	2 bslbf	
section_length	12 uimbsbf	
service_id	16 uimbsbf	
reserved	2 bslbf	
version_number	5 uimbsbf	
current_next_indicator	1 bslbf	
section_number	8 uimbsbf	
last_section_number	8 uimbsbf	
transport_stream_id	16 uimbsbf	
original_network_id	16 uimbsbf	
content_id	32 uimbsbf	
num_of_content_version	8 uimbsbf	
for(i=0;i<num_of_content_version;i++){		
content_version	16 uimbsbf	
content_minor_version	16 uimbsbf	
version_indicator	2 bslbf	
reserved_future_use	2 bslbf	
content_descriptor_length	12 uimbsbf	
reserved_future_use	4 bslbf	
schedule_description_length	12 uimbsbf	
for(j=0;j<Nj;j++){		
start_time	40 bslbf	
duration	24 uimbsbf	
}		
for(j=0;j<N2;j++){		
descriptors()		
}		
}		
CRC_32	32 rpchof	
}		

El uso de esta tabla es OPCIONAL según ABNT NBR 15603-2.

11.2.4.13 Broadcaster Information Table (BIT)

Esta tabla se utiliza para designar unidades de difusión, enviando información sobre estas unidades a toda la red y los parámetros de SI a cada unidad de difusión. La BIT se estructura en secciones de table_id 0xC4 y se inserta en paquetes de transporte de PID 0x0024.

Las secciones de BIT deberán seguir la siguiente sintaxis.

Syntax	No. of bits	Identifier
broadcaster_information_section(){		
table_id	8 uimbsbf	
section_syntax_indicator	1 bslbf	
reserved_future_use	1 bslbf	
reserved	2 bslbf	
section_length	12 uimbsbf	
original_network_id	16 uimbsbf	
reserved	2 bslbf	
version_number	5 uimbsbf	
current_next_indicator	1 bslbf	
section_number	8 uimbsbf	
last_section_number	8 uimbsbf	
reserved_future_use	3 bslbf	
broadcast_view_propriety	1 bslbf	
first_descriptors_length	12 uimbsbf	
for(i = 0;i< N1;i++){		
descriptor()		
}		
for(j = 0;j< N2;j++){		
broadcaster_id	8 uimbsbf	
reserved_future_use	4 bslbf	
broadcaster_descriptors_length	12 uimbsbf	
for(k=0;k<N3;k++){		
descriptor()		
}		
}		
CRC_32	32 rpchof	
}		

La BIT además, puede ir acompañada de los siguientes descriptores:

- service list descriptor (único obligatorio);
- SI parameters descriptor;
- broadcaster name descriptor;
- SI Prime TS descriptor;
- extended broadcaster descriptor;
- hyperlink descriptor.

El uso de la BIT es OPCIONAL según ABNT NBR 15603-2.

Sintaxis de la PCAT.

Sintaxis de la BIT.

11.2.4.14 Network Board Information Table (NBIT)

Esta tabla se compone realmente de dos tipos de NBIT. Una de ellas describe el cuerpo de la información de grupo, y la otra proporciona información de referencia para obtención de la información de grupo. La información de grupo se puede transmitir como un anuncio a los usuarios: tipo de servicio, o género de servicio. Con esta información, el terminal puede incluir iconos relacionados con el servicio y el género en el comienzo del mensaje. El título de la información y los contenidos son proporcionados por el board_information_descriptor en formato texto. La NBIT se estructura en secciones de table_id 0xC5 y 0xC6 dependiendo de que se trate de el cuerpo de la información de grupo, o la información de referencia para obtención de la información de grupo, respectivamente. Las secciones de NBIT se insertan en paquetes de transporte de PID 0x0025. Las secciones de NBIT han de seguir la siguiente sintaxis:

Syntax	No. of bits	Identifier
network_board_information_section(){		
table_id	8	uimbsf
section_syntax_indicator	1	bslbf
reserved_future_use	1	bslbf
reserved	2	bslbf
section_length	12	uimbsf
original_network_id	16	uimbsf
reserved	2	bslbf
version_number	5	uimbsf
current_next_indicator	1	bslbf
section_number	8	uimbsf
last_section_number	8	uimbsf
for(i=0;i<n;i++){		
information_id	16	uimbsf
information_type	4	uimbsf
description_body_location	2	uimbsf
reserved_future_use	2	bslbf
user_defined	8	bslbf
number_of_keys	8	uimbsf
for(j=0;j<number_of_keys;j++){		
key_id	16	uimbsf
}		
reserved_future_use	4	bslbf
descriptors_loop_length	12	uimbsf
for(j=0;j<m;j++){		
descriptor()		
}		
}		
CRC_32	32	rpchof
}		

Sintaxis de la NBIT.

Además, la NBIT admite los siguientes descriptores:

- stuffing descriptor;
-board information descriptor.

La transmisión de la NBIT es OPCIONAL y solo se utiliza en transmisiones de satélite según ARIB (aunque se encuentra definida en la norma brasileña de transmisiones terrestres).

11.2.4.15 Linked Description Table (LDT)

Esta tabla se puede utilizar para describir datos que pueden ser utilizados como referencia en otras tablas. La LDT se estructura en secciones con table_id 0xC7 y se inserta en paquetes de transporte de PID 0x0025. La sintaxis utilizada para estas secciones ha de seguir el siguiente esquema:

Syntax	No. of bits	Identifier
linked_description_section(){		
table_id	8	uimbsf
section_syntax_indicator	1	bslbf
reserved_future_use	1	bslbf
reserved	2	bslbf
section_length	12	uimbsf
original_service_id	16	uimbsf
reserved	2	bslbf
version_number	5	uimbsf
current_next_indicator	1	bslbf
section_number	8	uimbsf
last_section_number	8	uimbsf
transport_stream_id	16	uimbsf
original_network_id	16	uimbsf
for(i=0;i<n;i++){		
description_id	16	uimbsf
reserved_future_use	12	bslbf
descriptors_loop_length	12	uimbsf
for(j=0;j<m;j++){		
descriptor()		
}		
}		
CRC_32	32	rpchof
}		

Sintaxis de la LDT.

Esta tabla es OPCIONAL y solo se utiliza en emisiones por satélite según ARIB (aunque se encuentra definida en la norma brasileña de transmisiones terrestres).

11.2.4.16 Información Extendida de SI

La información extendida de SI puede describir la relación entre eventos y aportar información sobre eventos locales y la relación entre ellos.

La información extendida de SI está compuesta por tres tablas además de las EIT y ST:

- Local Event Information Table (LIT): proporcionará información sobre un evento local.
- Event Relation Table (ERT): proporcionará información sobre la relación entre eventos.
- Program Index Transmission Information Table (ITT): puede incluir información auxiliar relacionada con la transmisión de un programa.

11.2.4.17 Descriptores

Al igual que en DVB o ATSC, existen descriptores específicos para la norma ISDB-T. Dichos descriptores pueden consultarse en la norma ABNT NBR 15603-2.

11.2.5 DTMB

El estándar DTMB es el estándar adoptado en China, y algunos países de su entorno (Hong Kong) y latinoamericanos (Cuba, Venezuela).

El estándar DTMB es muy similar al DVB-T, y las únicas diferencias se encuentran a nivel de transmisión. Es decir, que a nivel de información de servicio, hace uso de las mismas SI/PSI definidas por MPEG-2 y DVB.

12. ADAPTACIÓN AL CANAL

12.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

12.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

- 12.2.1 TIPOS DE MODULACIÓN
- 12.2.2 ESTÁNDARES DE DIFUSIÓN DIGITAL DE TELEVISIÓN
- 12.2.3 LONG TERM EVOLUTION (LTE)
- 12.2.4 IPTV

12. ADAPTACIÓN AL CANAL

12.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En este punto de la cadena de valor audiovisual es cuando el contenido se vuelve a transformar para poder pasar a través de los diferentes medios disponibles.

Se ha realizado un esfuerzo considerable para la normalización de esta parte de la cadena de valor como se puede ver en el análisis de las tecnologías disponibles actualmente, y con gran éxito hasta el momento.

Mención aparte merece el solapamiento de tecnologías que se está planteando y que afectan de forma asimétrica al sistema. En otras palabras, las normativas DVB-T2 y otras que son evolución de las anteriores, son más eficientes, estables y probadas, e introducen cambios tanto en la transmisión como en la recepción, pero ahí precisamente está la complejidad, pues cambiar equipamiento de transmisión es factible hasta cierto punto, pero no es factible cambiar el equipamiento de recepción ya que está siendo usado de forma masiva.

Esta asimetría de inversiones nos hace no poder evolucionar tan rápido como quisiéramos en el terreno de la comercialización de inversiones realizadas en I+D.

Adicionalmente a las formas “clásicas” de difusión y distribución de la señal, se añade en los últimos años con una fuerza inusitada la distribución por IP, que implica ciertas ventajas sobre las tradicionales, pero que no soluciona la parte de difusión global que si abarca el satélite y otros. IP tiene ventajas económicas (el cable es más bara-

to, los conectores están a coste mínimo, etc), ventajas técnicas (un canal simétrico de comunicación, y por lo tanto mejor adaptación y personalización de servicios al usuario), pero por supuesto también desventajas como la necesidad de despliegue físico de cable.

En líneas generales la tendencia siempre es mejorar la tecnología de adaptación en términos de eficiencia de consumo de espectro (manteniendo o mejorando la señal/ruido necesaria), de ahí las nuevas normativas y recomendaciones que añaden factores como adaptación al canal en términos temporales y códigos de corrección de errores evolucionados.

12.2 TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

12.2.1 Tipos de modulación

La adaptación al canal es un proceso complejo por el cual se adapta la información a emitir a los diferentes medios de transmisión existentes, protegiéndola frente a diferentes agentes hostiles dependiendo del medio: aire, cable coaxial, fibra óptica, etc. Durante este proceso, con el objetivo de mejorar la robustez de la información transmitida, se introduce información adicional redundante, y se modula digitalmente la misma, para adaptarse lo mejor posible al medio. Básicamente consiste en la transmisión de información sobre una o varias portadoras.

La modulación consiste esencialmente en alterar una señal de alta frecuencia (habitualmente conocida como portadora) con el contenido de una señal de baja frecuencia (habitualmente conocida como moduladora).

Existen múltiples tipos de modulación, dependiendo de la característica de la señal portadora que se ve afectada. A continuación se detallan las más importantes.

12.2.1.1 Modulación ASK

La modulación ASK (Amplitude Shift Keying) es una técnica que consiste en variar la amplitud de la portadora en función del valor digital de la señal moduladora.

Los valores de amplitud posibles de la portadora dependen de los valores discretos de la señal moduladora. La fase de la señal por-

tadora en este tipo de modulación se mantiene constante. Por tanto el valor de la señal modulada será:

S = A · cos (ωt)

Siendo "A" la señal moduladora con los diferentes valores discretos en función del número de bits/símbolo.

12.2.1.2 Modulación PSK

La modulación PSK (Phase Shift Keying) consiste en la variación de la fase de la portadora dependiendo del valor de la señal moduladora.

Modulación BPSK:

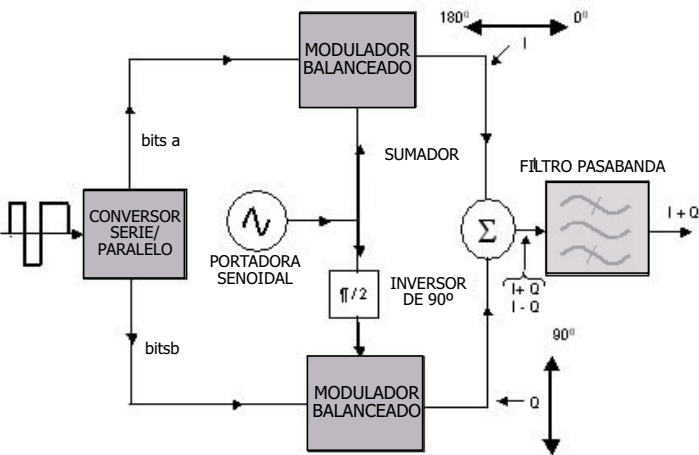
Si en el tipo de modulación PSK se utilizan únicamente dos símbolos se llama modulación BPSK. La señal portadora tendrá dos únicas fases (0º y 180º).

Modulación QPSK:

Una modulación QPSK se obtiene sumando dos modulaciones BPSK en cuadratura de 2 bits, con un total de 4 símbolos.

Este tipo de modulación usa frecuencia constante, ya que la información a transmitir se incluye en la fase de la portadora, lo que hace que la señal modulada sea muy robusta frente a ruido e interferencias.

La siguiente figura muestra el esquema típico de un modulador QPSK:



Modulador QPSK.

Si se aumenta el número de símbolos que se transmiten, sería una modulación 16-QPSK, utilizándose 4bits/símbolo, que mejoraría la eficiencia espectral pero aumentaría la probabilidad de error de bit.

Modulación QAM:

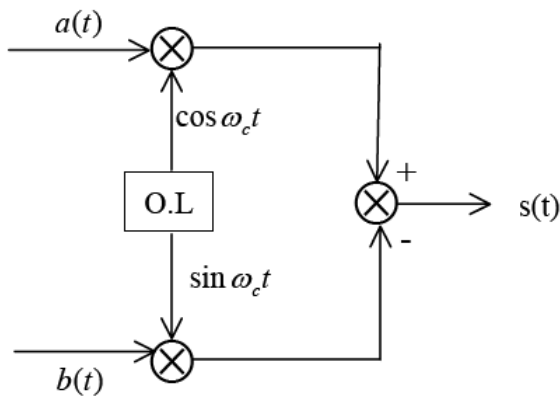
La modulación QAM (Quadrature Amplitud Modulation) consiste en una variación de la amplitud en función de la señal moduladora, transmitiéndose dos fases en cuadratura (es decir, con un desfase de 90º entre ellas).

Se trata de una modulación con gran eficiencia espectral, ya que permite transmitir gran cantidad de información con un ancho de banda reducido.

La expresión de la modulación es la siguiente:

$$S(t) = a(t) \cos(\omega_c t) - b(t) \sin(\omega_c t)$$

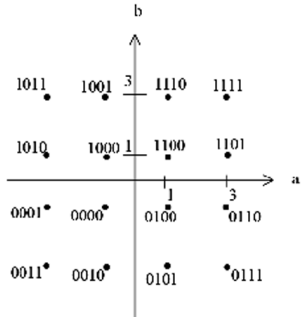
El diagrama de bloques del modulador QAM es el siguiente.



Si se compara con el diagrama de la modulación QPSK, se aprecia que la única diferencia se encuentra en el módulo de generación de niveles, ya que éste tiene en cuenta los distintos niveles de amplitud que debe tener la señal modulada.

La modulación QAM puede ser adaptada al número de muestras según el número de bits por símbolo. Por ejemplo si utiliza palabras

de 4 bits/símbolo y un total 16 símbolos se trata de una modulación 16QAM. La siguiente figura muestra la constelación de símbolos de una modulación 16 QAM.



Constelación QAM.

Existen otros tipos de modulaciones que utilizan más símbolos, como 32QAM, 64QAM, 128QAM o 256QAM. Cuanto mayor sea el número de símbolos mayor será la probabilidad de error existente, y por tanto menor la robustez, pero mayor la eficiencia espectral conseguida.

12.2.1.3 COFDM

Es una modulación multiportadora que utiliza múltiples portadoras ortogonales en el periodo de símbolo, entre las que se reparte la información a transmitir.

Cada una de estas portadoras se modula digitalmente con los esquemas mostrados en los anteriores apartados, y por ejemplo en el estándar DVB-T se permiten los esquemas QPSK, 16QAM o 64 QAM.

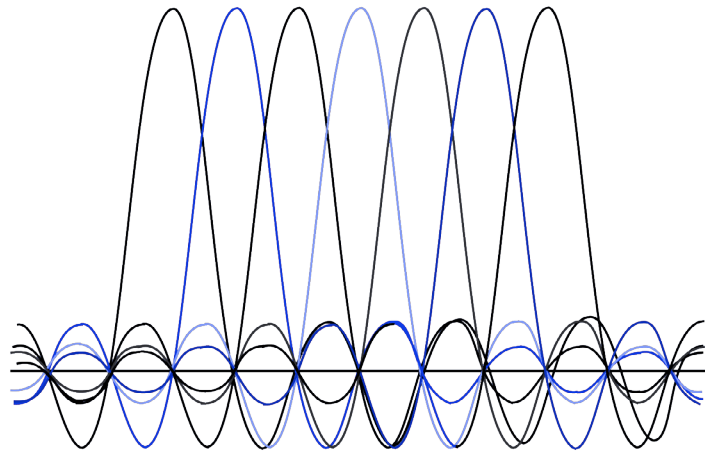
En un canal de transmisión, la información se puede transmitir de forma continua, o en intervalos de tiempo pequeños. Por tanto, es posible transmitir diferentes mensajes en dichos intervalos de tiempo. Esto es lo que se llama TDMA (Time Division Multiplex Access).

Además, es posible subdividir el canal de transmisión en diferentes subcanales (o sub-bandas), en los que se sitúa una subportadora que transportará información, y que será totalmente independiente respecto al resto de subportadoras. Cada una de estas portadoras se puede modular de forma diferente. Todas las portadoras, que pueden ser del orden del millar, están separadas un intervalo Δf , del orden

Modulador QAM.

de pocos KHz. Esto es lo que se llamaría FDM (Frequency Division Multiplexing). Al ser portadoras tan cercanas, hay que tener especial cuidado en que unas no interfieran con otras. Por esta razón, las portadoras son ortogonales entre sí.

La ortogonalidad de dichas portadoras se representa en la siguiente figura, donde se puede observar cómo el máximo de una portadora, siempre coincide con los nulos del resto.

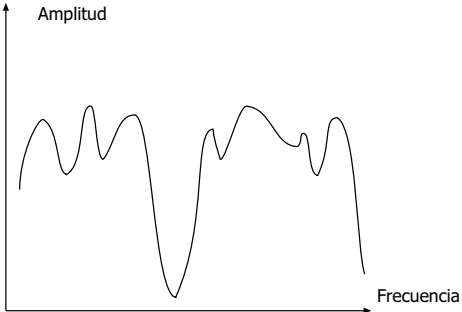


Ortogonalidad de portadoras.

Por el carácter multiportadora, y la ortogonalidad de las mismas, a este tipo de modulación se le llama COFDM. La modulación multiportadora es necesaria en ciertos entornos con perturbaciones debido al multitrayecto:

- Recepción multitrayecto, ocasionados por reflexiones de la señal en edificios, sistemas montañosos, árboles etc.
- Ruido blanco gaussiano aditivo (AWGN).
- Fuentes de interferencias de banda estrecha y banda ancha: coches, motores etc.
- Efecto doppler: Cambios en la frecuencia en recepción móvil.

Si la información se transmitiese en una única portadora a una determinada frecuencia, los ecos de la señal recibida ocasionarían cancelaciones de la señal en esa misma frecuencia en particular.

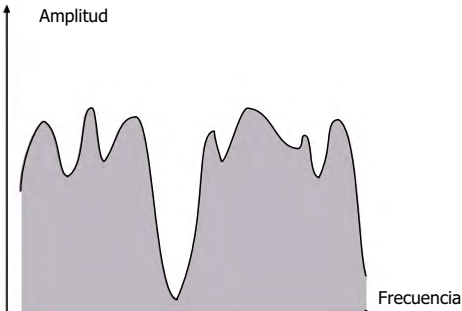


Cancelaciones de señal.

Se aplican varios métodos para solucionar el problema de los ecos. El primero consiste en insertar "pausas" de la señal entre los diferentes símbolos (intervalo de guarda), de forma que la duración de símbolo es aún mayor, y se separan los símbolos entre sí, para que posibles ecos caigan dentro de este intervalo de guarda.

El segundo consiste en la transmisión de la información en múltiples portadoras en lugar de solo en una, aplicando los métodos habituales de corrección contra errores. De este modo el ancho de banda total permanecerá constante, y el efecto de desvanecimiento afectará solo a algunas portadoras, pero no a todas, pudiendo recuperar la señal, pese a haber perdido la información de múltiples portadoras.

Además, al usar múltiples portadoras, la velocidad de símbolo se reduce de manera proporcional al número de portadoras utilizadas, de forma que la duración de símbolo es mayor (hasta el orden de milisegundos).

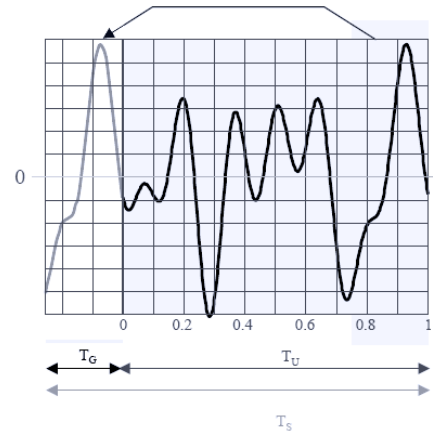


Señal multiportadora.

De esta manera, el problema del fading queda resuelto, así como el problema de la interferencia entre símbolos, al aumentar la duración de símbolo, e insertar el intervalo de guarda entre ellos.

Intervalo de guarda:

Como se ha comentado, la inserción del intervalo de guarda permite reducir la interferencia entre símbolos debida a la propagación multitrayecto, se trata de una particularización para el sistema DVB-T. Realmente, para la inserción del intervalo de guarda, lo que se hace es una copia de la última porción del símbolo siguiente, en dicho intervalo de guarda. La porción que se copiará del símbolo será la equivalente a la duración del intervalo de guarda. Es decir: $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$ o $\frac{1}{32}$. A mayor intervalo de guarda, el sistema estará protegido contra ecos con mayores retardos.



Período de símbolo.

Existe por tanto una relación entre la duración del intervalo de guarda, y la distancia máxima entre transmisores, de forma que un receptor en un punto intermedio de ambos transmisores pueda recibir correctamente la señal. Para que esto ocurra, la señal procedente de otro transmisor, o sus ecos, han de caer siempre en el intervalo de guarda.

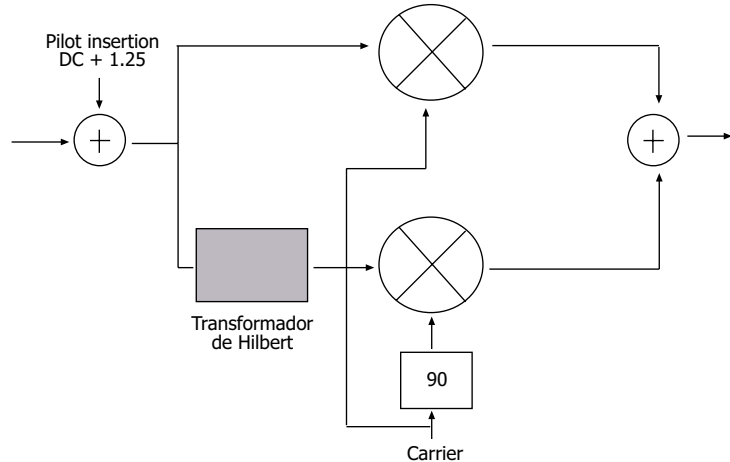
El OFDM, es una variante que ha sido utilizada desde hace muchos años en comunicaciones militares, inabordables por aquel entonces para aplicaciones comerciales debido al elevado coste al no disponer de tecnología digital para implementar la FFT en aquellos tiempos.

12.2.1.4 8VSB

La modulación utilizada en ATSC es esencialmente una Modulación de Amplitud de Pulsos de 8 niveles (8-PAM) en banda base, trasladada a radiofrecuencia mediante un modulador analógico de Banda Lateral Doble Portadora Suprimida, seguido por un filtro que elimina la banda lateral inferior y un circuito que inserta una portadora. Este método de modulación es conocido como Vestigial Sideband Modulation (VSB).

VSB es en gran medida una modulación de Banda Lateral Única (BLU), pero difiere de ésta por la forma en que es generada. En BLU una de las Bandas Laterales es cancelada completamente mediante circuitos o filtros muy escarpados, mientras que en VSB la Banda Lateral Inferior (BLI) es filtrada mediante filtros de fácil realización. Debido a que todo filtro realizable tiene una transición no instantánea entre la Banda Lateral Superior (BLS) y la Banda Lateral Inferior (BLI), la señal filtrada inevitablemente contiene vestigios de la BLI de ahí el nombre VSB. La inserción de una portadora simplifica las tareas de sincronización y demodulación en el lado receptor. En la práctica, la portadora es insertada en banda base agregando un valor de continua a la modulación 8-PAM, previo al traslado a radiofrecuencia realizado con el modulador de Banda Lateral Doble Portadora Suprimida tradicional.

En general la modulación 8VSB posee una alta eficiencia espectral y una alta inmunidad a los ruidos de impulso eléctricos.



Modulador 8VSB con transformada de Hilbert.

12.2.2 Estándares de difusión digital de televisión

12.2.2.1 El estándar DVB

El Digital Vídeo Broadcasting (DVB) es el organismo encargado de regular la transmisión de señales de televisión digital. Además el DVB propone nuevos estándares de modulación para la transmisión de televisión digital, que utilizan distintos estándares decodificación de fuentes de audio y vídeo.

El estándar DVB-S:

El sistema DVB-S es el sistema de transmisión de televisión digital por satélite según el estándar DVB. En la actualidad lo usan gran cantidad de proveedores de servicios en los diferentes continentes.

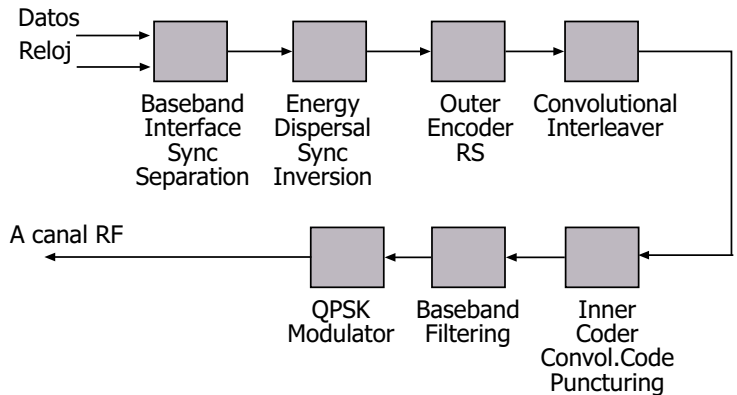


Diagrama de bloques del estándar DVB-S.

El sistema DVB-S adapta la señal introduciendo protección de la trama de transporte MPEG-2 y la adapta a las características del canal de transmisión. Las características del canal de transmisión son:

- Baja C/N en recepción hace necesario un sistema de protección contra errores.
- Es necesario realizar dispersión de energía para obtención de distribución de potencia lo más uniforme posible en el ancho de banda del transpondedor.

- Debido a la baja potencia el enlace el TWTA1 debe funcionar en saturación. Técnicas de modulación de amplitud no se pueden considerar ya que se producirían distorsiones.
- Solo se puede considerar Time Division Multiplexing en una portadora, por lo que se descarta el uso de modulaciones multiportadora.

El estándar DVB-S se compone de los siguientes bloques:

- Inversor de los bits de sincronismo en uno de cada ocho paquetes de la trama de transporte.
- Aleatorización de la trama. Este proceso pretende garantizar que las características estadísticas de los datos sean cuasi-aleatorias. La secuencia aleatoria se reinicializa cada 8 paquetes de la trama de transporte.
- Código de detección y corrección de errores Reed-Solomon. Este código se denomina código externo y es común en todos los estándares del estándar DVB. Introduce 8 bytes de redundancia para cada paquete de 188 bytes.
- Aplicación de un entrelazado convolucional cuyo objetivo es minimizar los efectos producidos por los errores en ráfaga. De este modo, si se produce una ráfaga de errores, debida a un desvanecimiento del canal, los errores afectarán a paquetes no consecutivos.
- Inserción de un 2º código de protección de errores. Este código recibe el nombre de código interno y es de naturaleza convolucional. El grado de redundancia que introduce éste código no está fijado de antemano y puede configurarlo el proveedor de servicios para adaptarse a las características del sistema que desee usar. (Potencia de transmisión, tamaño de las antenas transmisoras y receptoras, tasa de datos disponibles, etc.).
- Modulación QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) de la portadora.

La utilización de todas estas técnicas permite disponer de una transmisión fuertemente inmune frente al ruido, y que posibilita la recepción en situaciones de C/N bajas, con el inconveniente de proporcionar una baja eficiencia espectral.

— **El estándar DVB-T:**

El DVB-T es el estándar para transmisión de TV digital en canales terrestres.

DVB-T eligió como estándar de transmisión, la modulación COFDM, dado el carácter multitrayecto del canal de transmisión, que obligaba a disponer de modulaciones con múltiples portadoras ortogonales, para reducir la interferencia entre símbolos y los efectos del fading sobre la señal de TV a transmitir.

En 1995 se definió el estándar DVB para transmisión por canal terrestre en la norma ETS 300 744.

Un canal de transmisión DVB-T puede tener 6, 7, u 8 MHz y dos tipos de modos de operación:

- 2K: IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) de 2048 puntos
- 8K: IFFT de 8192 puntos

El número de subportadoras existentes en la modulación ha de ser un múltiplo de dos. En DVB-T se decidió usar símbolos de duración alrededor de 250µs (modo 2K) o 1ms (modo 8K). Dependiendo de los requisitos del canal (características del canal, anchura del canal) se puede elegir un modo u otro.

El modo 2K tiene más espaciado entre las subportadoras, pero la duración de símbolo es menor que en modo 8K. Esto la hace más robusta en cuanto al doppler ocasionado por recepción en movimiento, pero más sensible a retardos de eco mayores, que se dan más a menudo en redes de frecuencia única. Aparte de la duración de símbolo, que depende de la elección de modo 2K u 8K, el intervalo de guarda también puede ser ajustado entre 1/4 y 1/32 de la duración de símbolo, así como la modulación de las portadoras (QPSK, 16QAM o 64QAM).

El FEC utilizado es el mismo que el usado en transmisiones de satélite.

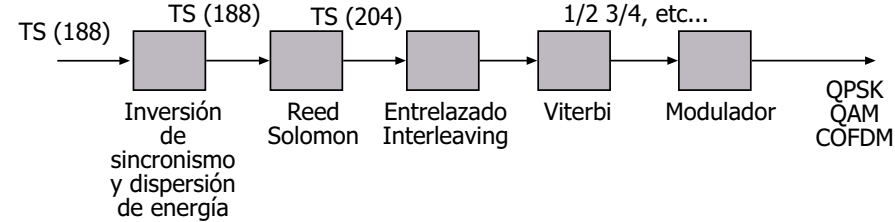


Diagrama de bloques del estándar DVB-T.

Además, el estándar DVB-T también contempla la modulación jerárquica como opción. Con este tipo de modulación se puede transmitir dos señales (Transport Streams) diferentes, y codificarlas (FEC) de forma independiente.

La idea es dotar de mucha protección a una señal con bajo flujo de datos y transmitirla con un tipo de modulación muy robusta. Este sería el stream de Alta Prioridad (HP).

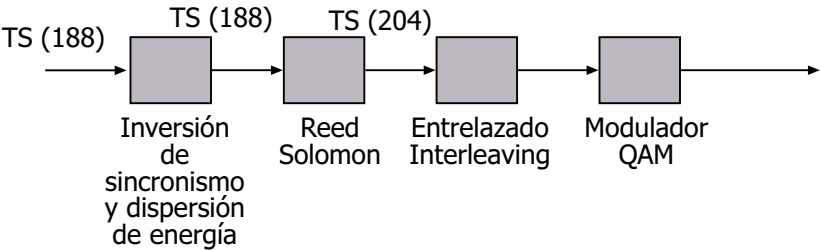
La segunda señal tiene un flujo de datos mucho mayor, y se transmite con menor protección (FEC) y menor robustez en la modulación de las portadoras (por ejemplo 64QAM). Este sería el stream de baja prioridad (LP).

En DVB-T se usa COFDM coherente, de forma que las portadoras de datos no se codifican de forma diferencial, sino que se mapean de forma absoluta. Esto hace que sea necesario realizar una estimación del canal y corrección del mismo en el extremo receptor, por lo que se usan señales piloto (o portadoras piloto), que se utilizarán como señales de test para estimar el canal de transmisión.

— **El estándar DVB-C:**

El estándar DVB-C es el sistema de transmisión de televisión digital por cable. Es muy similar al estándar DVB-S pero utilizando la modulación 64QAM sin códigos de corrección internos, debido a que la relación portadora a ruido que se obtiene en el sistema por cable es muy alta, de modo que con los códigos de protección externos es más que suficiente para garantizar una recepción correcta sin errores en los datos.

Diagrama de bloques del estándar DVB-C.



Para un ancho de banda de canal de 8 MHz se obtiene una capacidad de 38,5 Mbps, aunque DVB-C también permite modulación con mayor y menor tasas de datos (128 QAM, 256 QAM, 16 QAM, 32 QAM).

Recientemente ha aparecido el nuevo estándar DVB-C2 desarrollado por el proyecto DVB. Incluye las últimas técnicas de codificación y modulación, para obtener una alta eficiencia en las redes de cable, que se encuentran saturadas con la llegada de los servicios en HD.

— **El estándar DVB-H:**

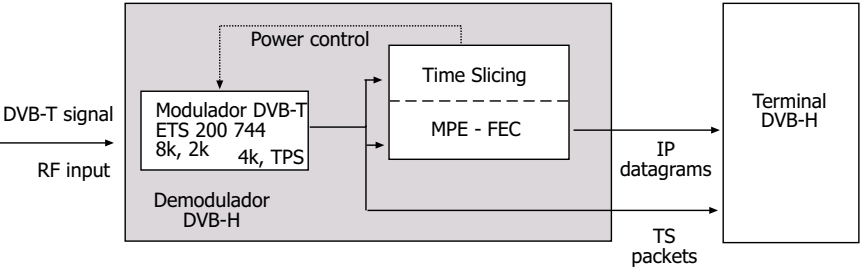
El estándar DVB-H especifica el sistema de transmisión de difusión de vídeo digital (DVB) para proporcionar un modo eficiente de transportar servicios multimedia sobre redes de difusión digital terrestre a terminales portables.

DVB-H es un estándar que consigue unos consumos de energía muy reducidos en los terminales móviles. Además del bajo consumo es un estándar muy robusto en cualquier situación de movilidad en redes de frecuencia única y que tiene gran grado de compatibilidad con el estándar DVB-T. Para ello usa la capa física del estándar DVB-T e incluye modificaciones que son el time-slicing y MPE-FEC.

DVB-H utiliza la modulación COFDM, al igual que DVB-T, pero con algunas funcionalidades añadidas en la etapa de adaptación al canal:

- Modo de operación 4K.
- Señalización en los bits disponibles en las TPS para indicar que se trata de una transmisión DVB-H.

- Dos entrelazadores internos, dando lugar a dos modos de operación (opcional): 2K con entrelazado 4K y 4K con entrelazado 8K.



Demodulador DVB-H.

Se añaden nuevas tablas de información de servicios para señalar de manera correcta los servicios DVB-H (estándar DVB-SI).

— **El estándar DVB-SH:**

DVB-SH es un estándar híbrido terrestre y satélite derivado de DVB-H y ETSI SDR (Radio Digital por Satélite) de televisión.

Este sistema incorpora un satélite geoestacionario de alta potencia para la cobertura en exteriores, integrado con una red terrestre de repetidores para cobertura interior en zonas urbanas, obteniendo el nivel de señal necesario en teléfonos móviles así como dispositivos portables.

DVB-SH utiliza la Banda-S, adyacente a la banda empleada por UMTS, lo que posibilita a los operadores móviles de UMTS un despliegue de red más eficiente, al reutilizar emplazamientos y antenas de la red UMTS existente para albergar repetidores de DVB-SH.

— **El estándar DVB-S2:**

El estándar DVB-S2 apareció en 2005 (DVB-Satélite versión 2 EN 302307) como una evolución del DVB-S. Incluye un sistema de corrección de errores muy eficaz, y permite adaptarse a las condiciones del canal de transmisión en cada momento.

El DVB-S2 aumenta la flexibilidad y permite que los diferentes servicios tengan diferentes velocidades binarias con diferentes tipos de modulación (QPSK, 8PSK, 16APSK y 32APSK) y con varios fac-

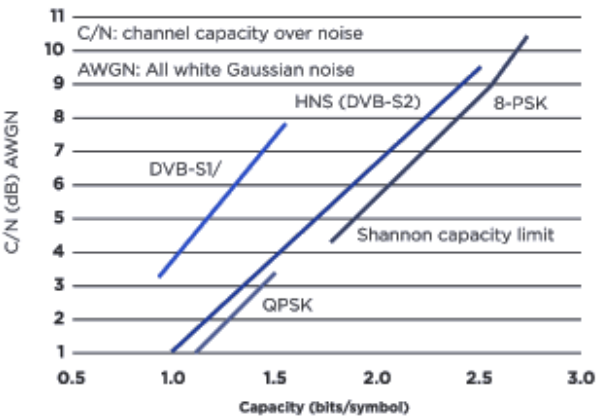
tores de roll-off (0,2 / 0,25 / 0,35) con adaptación flexible del flujo de entrada.

Las adaptaciones realizadas sobre DVB-S obtienen una mejora del 30% debido a los cambios en el sistema de codificación de canal y modulación.

Las aplicaciones de DVB-S2 son:

- Servicios de difusión: Distribución de HDTV y SDTV.
- DSNG (Seguimiento de noticias digitales por satélite) y Contribución de televisión digital: Transmisiones punto a punto y punto a multipunto para conectar unidades uplink fijas o móviles a estaciones de recepción para aplicaciones profesionales.
- Servicios interactivos: Proveen al IRD servicios de datos interactivos con acceso a Internet.
- Intercambio y distribución de datos para aplicaciones profesionales.

El nuevo estándar DVB-S2 permite a los transmisores enviar vídeo y datos a altas velocidades, que pueden alcanzar hasta 100 Mbps por “transponder” satelital, dotando de mayor capacidad de transmisión mediante la optimización del uso de ancho de banda disponible. La siguiente gráfica muestra esa mejora.



Incremento de Ancho de Banda en DVB-S2.

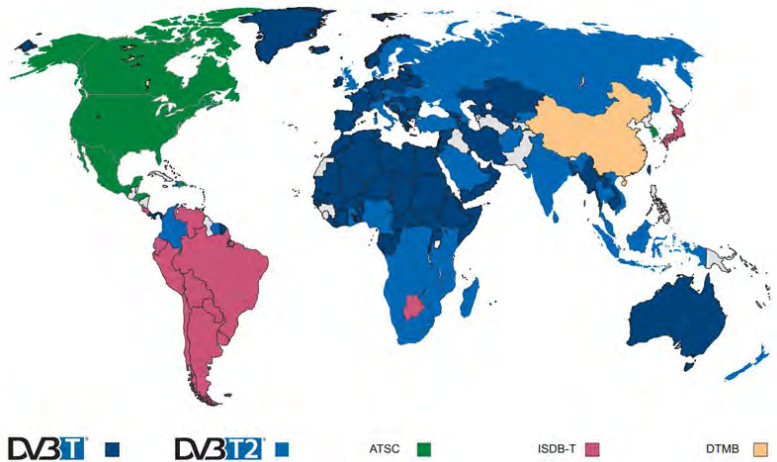
— El estándar DVB-T2:

DVB-T2 es el nuevo estándar de televisión digital desarrollado por el proyecto DVB. Presenta las últimas técnicas de codificación y modulación para permitir un uso más eficiente del espectro. DVB-T2 no está diseñado para sustituir al DVB-T a corto o medio plazo, sino que ambos sistemas coexistirán en el mercado durante muchos años.

Con el objetivo de cubrir las necesidades de ancho de banda, especialmente para servicios de Alta definición, y de mejorar las prestaciones en movilidad, en 2008 el DVB publicó la segunda generación del estándar denominada DVB-T2 (Digital Video Broadcasting - Second Generation Terrestrial), el cual incorporó los últimos avances tecnológicos en modulación digital y codificación de canal, que a día de hoy lo convierten en el estándar de TV digital más flexible, eficiente y robusto.

En enero del 2013 son más de 31 países los que han adoptado el DVB-T2 en todo el mundo, la mayoría de los cuales han efectuado recientemente su transición a la TV digital. En Europa cabe destacar la Republica Checa, Turquía, Ucrania, Albania, Eslovaquia, Serbia, y Montenegro entre otros; Colombia y Haití en el continente Americano; e India, Indonesia, Malasia y Singapur en Asia. También en el continente Africano, son muchos los países que han confirmado su adopción, y están en vías de implantación países como Sudáfrica, Togo, Madagascar, Angola, Camerún y el Congo, entre otros.

En la siguiente gráfica se muestra el mapa de estándares de TV digital a nivel mundial:



Estándares de TV a nivel mundial.

Al igual que su predecesor, DVB-T2 utiliza OFDM con un gran número de subportadoras para entregar una señal más robusta. La nueva especificación ofrece gran variedad de modos.

DVB-T2 utiliza LDPC, el mismo sistema de corrección de errores que el estándar DVB-S2, en combinación con la codificación BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquengham) que ofrece un gran rendimiento cuando existe un nivel muy alto de ruidos e interferencias dando lugar a una señal muy robusta.

Las diferentes opciones que ofrece el DVB-T2 se aprecian en la siguiente tabla:

	DVB-T	DVB-T2
FEC	CONVOLUTIONAL CODING + REED SALOMON 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	LPDC + BCH 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
MODES	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM
GUARD INTERVAL	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/256, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32 1/128
FFT SIZE	2K, 8K	1K, 2K, 4K, 8K, 16K, 32K
SCATTERED PILOTS	8% OF TOTAL	1%, 2%, 4%, 8% OF TOTAL
CONTINUAL PILOTS	2.6% OF TOTAL	0.35% OF TOTAL

- Introduce nuevos tamaños de intervalo de guarda, que disminuyen la redundancia significativamente e incrementan el periodo de símbolo.
- Diferentes tamaños de FFT.
- Reducción de número de portadoras piloto (salteados y continuos).
- Aparece un modo de modulación más eficiente (256QAM).
- Nuevos tipos de FEC (LPDC+BCH), que ofrecen mayor capacidad del canal.

Tabla comparativa
DVB-T, DVB-T2.

- Rotación de constelación, proporciona mayor robustez a la señal y mejora la ganancia hasta 5dB en canales con dificultad de recepción.
- Depth-interleaving.
- Nuevos anchos de banda de canal (1,75MHz y 10 MHz).
- DVB-T2 también especifica el método de transmisión Diversity, conocido como Alamouti coding, que mejora la cobertura en redes SFN.

En la siguiente tabla se puede apreciar el aumento en la eficiencia de DVB-T2 con respecto a DVB-T, para una configuración que requiere el mismo umbral de relación señal a ruido, donde se puede apreciar como la utilización de una constelación 256QAM, un menor intervalo de guarda y un mayor número de FFT (32K), permiten aumentar la carga útil de transporte en un 45%.

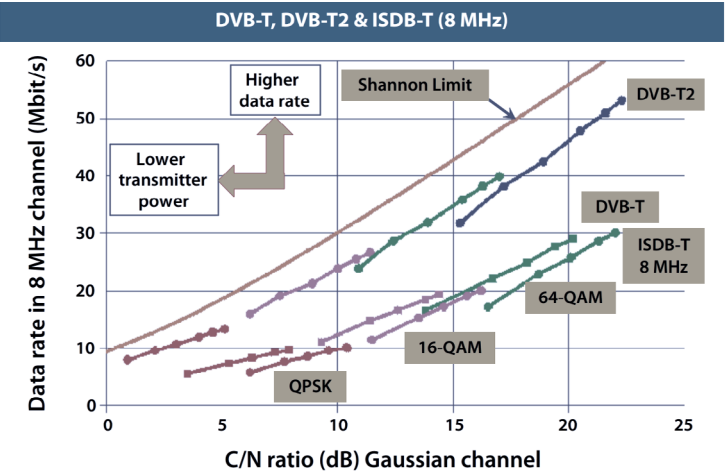
	DVB-T2	DVB-T
TASA DE CODIFICACIÓN	2/3	2/3
CONSTELACIÓN	256QAM	64QAM
INTERVALO DE GUARDA	1/8	1/32
TAMAÑO DE FFT	32K EXTENDIDO	2K
UMBRAL DE CNR	20.00 DB	20.1 DB
TASA BINARIA DISPONIBLE	35 MBPS	24.1 MBPS

La siguiente figura muestra la comparativa de carga útil vs relación portadora ruido para canal gaussiano, para los estándares DVB-T, DVB-T2 y el estándar japonés ISDB-T, donde se muestra la tremenda superioridad de DVB-T2 con el respecto al resto de estándares, tanto en capacidad de canal, como a niveles de recepción.

Conjunto de
modos incluidos
en DVB-T2 Lite.

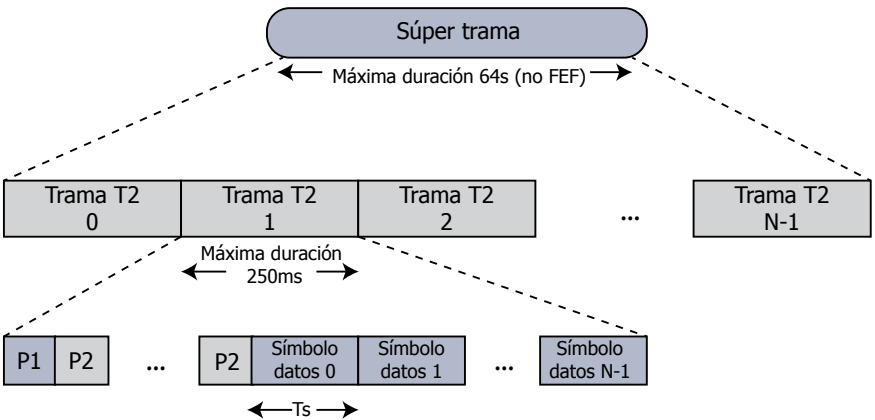
Comparativa para los estándares DVB-T, DVB-T2 y el ISDB-T.

Fuente: DVB scene.



La estructura de las tramas DVB-T2 difieren en gran medida de las tramas DVB-T como se muestra en la siguiente figura. DVB-T2 define una súper trama como la mayor unidad de la trama, con una duración máxima de 64s, dividida por varias tramas T2 y por tramas de extensión futura (FEF) entrelazadas, opcionales. Cada una de estas tramas T2 y FEF contienen un símbolo preámbulo OFDM P1 que indica el inicio de una trama, permitiendo su rápida detección y sincronización. A continuación se inserta un símbolo OFDM P2 que señala la capa física e información sobre como decodificar cada uno de los servicios.

Estructura de las tramas DVB-T2 .



En DVB-T2 se define un nuevo elemento en su arquitectura que se denomina Gateway T2, opcional para redes MFM o de un solo PLP, pero necesario para el resto de escenarios. El Gateway se inserta entre el multiplexor y el modulador, e inserta paquetes denominados T2-MI (Modulator Interfaces), que introducen información de sincronización, señalización SFN e información de las tramas base. Como dichos paquetes se insertan a nivel de paquetes de transporte de MPEG-2 System, introducen un overhead entre el 10% y el 30% en función de si son ASI o IP.

Otra herramienta novedosa en DVB-T2 para redes de frecuencia única SFN, es la técnica de transmisión múltiple entrada única salida (MISO) basada en codificación Alamouti, que evita los típicos desvanecimientos en presencia de señales con similares retardos y niveles de potencia provenientes de varios transmisores. En esta técnica un punto de la constelación es transmitida desde un grupo de transmisores y una versión modificada basada en sus conjugados es transmitida desde el otro grupo de transmisores, permitiendo una ganancia teórica de 3dB, como si hubiera dos antenas en recepción. En la realidad esta ganancia depende de los tiempos de retardo entre la señales y de los niveles de potencia de cada una de ellas. La complejidad del receptor no aumenta de modo significativo (algunas partes del estimador de canal requieren ser duplicadas), pero implica una reducción en la capacidad de transmisión de hasta el 8% en función del patrón de portadoras utilizado, debido a la necesidad de doblar el número de portadoras piloto.

El estándar DVB-T2 Lite:

Corresponde con la versión 1.3.1 del estándar DVB-T2, también conocida como Lite, aparecida en Julio de 2011 que renombra la anterior versión como DVB-T2 Base. La versión Lite ha desarrollado especialmente este perfil para difusión de aplicaciones de baja capacidad para dispositivos móviles con ancho de banda limitado, debido al uso masivo de los usuarios de tecnologías móviles (smartphones, tablets). Aunque esta versión también permite la recepción en terminales que carecen de movilidad.

DVB-T2 Lite está basado en un subconjunto de modos de emisión del perfil anterior, denominado ahora DVB-T2 Base, eliminando aquellos que realizaban un uso masivo de recursos por su mayor complejidad, logrando además cierta mejoría en la eficiencia de recepción.

- Las novedades que implementa la nueva versión son:
- Incluye modos más eficientes que simplificarán el diseño de los receptores hasta en un 50% y supondrá un ahorro considerable de costes de fabricación.
 - Ahorro de energía mediante el uso de Time Slicing con modos de PLP múltiple.
 - Incluye dos nuevos modos de Code Rate que mejoran la calidad de recepción en dispositivos móviles.
 - Introducción de FEF (Future Extension Frames) que posibilita la transmisión de diferentes modos con distintos niveles de robustez de señal.

La siguiente tabla muestra el conjunto de modos incluidos en la versión Lite:

	DVB-T2 LITE
TAMAÑO BLOQUE FEC	SOLO LDPC 16K
CODE RATE	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 2/5, 1/3
CONSTELACIÓN	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM(HASTA CODE RATE 3/5)
CONSTELACIÓN ROTADA	SOLAMENTE PARA QPSK, 16QAM Y 64QAM
INTERVALO DE GUARDA	CONJUNTO REDUCIDO DE COMBINACIONES DE TAMAÑO DE FFT, INTERVALO DE GUARDA Y PORTADORAS PILOTO.
TAMAÑO FFT	2K, 4K, 8K, 16K, 16K EXT.
PILOTOS AISLADOS	PP8 NO PERMITIDO
ANCHO DE BANDA MÁXIMO	4 MB/S
SEÑALIZACIÓN P1	NUEVA SEÑALIZACIÓN PAR T2-MÓVIL SISO/ MISO
CIFRADO L1	SOLO PERMITE CIFRADO OPCIONAL DE POST-L1 O COMPLETO L1.

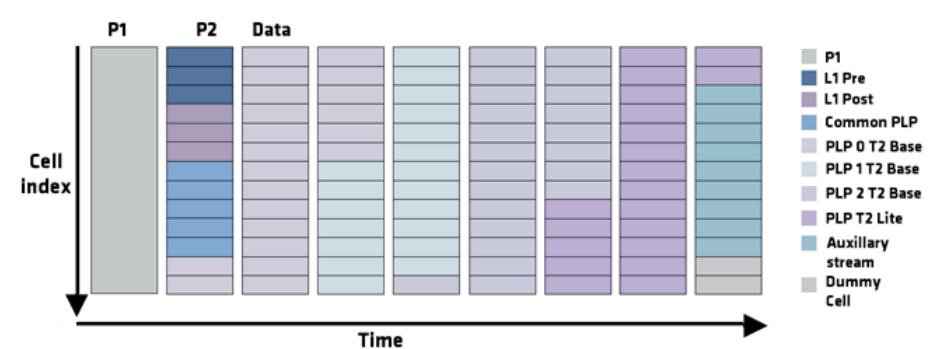
Conjunto de modos incluidos en DVB-T2 Lite.

- Modos de transmisión.

El estándar DVB-T2 se basa en el uso de PLP (Physical Layer Pipes). Éstos permiten el transporte de datos independientemente de su estructura, siendo posible seleccionar diferentes parámetros físicos específicos para cada PLP. De este modo se puede adecuar la capacidad y la robustez a las necesidades de cada proveedor de contenidos en función del tipo de receptor y su entorno de funcionamiento.

La señal DVB-T2 Lite se puede transmitir como una señal independiente en un PLP habitual donde no podrá superar los 4Mbit/s o como una señal DVB-T2 Lite con partes de señal FEF. Los FEF son partes no especificadas de la señal que la 1ª generación de receptores ignorará pero que podrían proporcionar un mecanismo para actualizaciones posteriores.

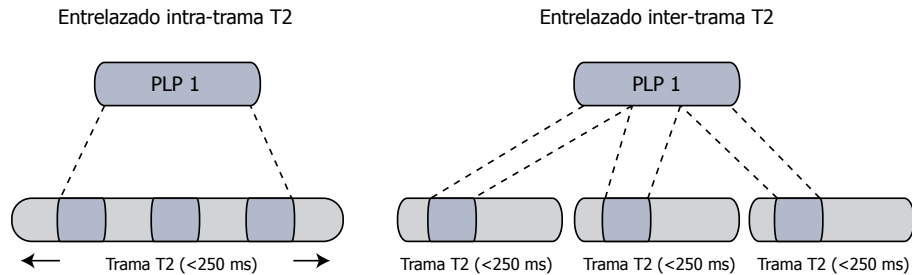
Con el objetivo de transmitir servicios en un mismo canal RF y con independientes esquemas de modulación, protección FEC, y por lo tanto con distinta robustez y que requieren distinta C/N, DVB-T2 posible la creación de lo que denomina “múltiples tuberías de capa física” (MPLP), en el cual cada servicio es codificado de forma diferente en función del escenario de recepción concreto al que está orientado. Puede existir un máximo de 255 tuberías, y cada una de ellas se trata como un canal de capa física separado del resto por una multiplexación por división en el tiempo, como se muestra en la figura a continuación.



Tipos de entrelazado.

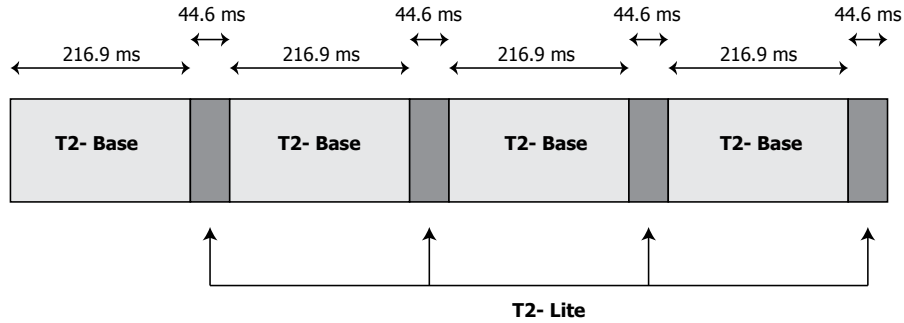
Cada servicio toma en determinados instantes de tiempo un grupo de portadoras OFDM para transmitir su información, permitiendo ahorros significativos de energía a los receptores, apagándose en los instantes en que no se transmite información de su servicio.

A diferencia de DVB-T, DVB-T2 incluye un entrelazado temporal configurable para cada PLP, que consiste en transmitir los datos de un mismo PLP en diferentes instantes de tiempo con el fin de evitar que largas secuencias de datos sean afectadas por interferencias de la señal OFDM. El entrelazado puede realizarse dentro de una misma trama banda base T2 con tiempos de entrelazado $\leq 250\text{ms}$, o entre diferentes tramas T2 con tiempos de entrelazado $> 250\text{ms}$, como se muestra en la siguiente figura.



Con la utilización de FEF y PLP se abre la oportunidad de transmitir señales DVB-T2-Lite simultáneamente a través de un mismo canal de RF por donde se emite contenido en DVB-T2. Se hace uso así de diferentes niveles de robustez para cada tipo de señal, siendo la bondad del sistema que ambas tramas se pueden transmitir al mismo tiempo por el mismo canal de RF.

Usando FEF es posible la transmisión de varios modos de manera simultánea, asignando altos bitrates para servicios tipo "T2-Base" con unos determinados parámetros de modulación (tamaño de FFT, intervalo de guarda, SFN/MISO, portadoras piloto) menos robustos para HDTV y servicios "T2-Lite" para servicios más robustos utilizados en recepción móvil, lo que supone una mejora en la robustez de hasta 16dB. La siguiente figura muestra un ejemplo de combinación de varios modos de modulación.



En la actualidad existen emisiones en prueba con el perfil DVB-T2 Lite en varios países como Finlandia, Reino Unido y Dinamarca. La siguiente tabla muestra los siguientes parámetros de modulación utilizados en las emisiones de prueba en Reino Unido:

	NÚMERO DE PORTADORAS	INTERVALO DE GUARDA	CONSTELACIÓN	FEC	BITRATE	SERVICIO TIPO
T2-BASE	32K	1/128	256-QAM	2/3	33.36 MBIT/S	HDTV
T2-LITE	8K	1/32	QPSK	1/2	1.02 MBIT/S	TV MÓVIL

Combinación T2-Base y T2-Lite.

Parámetros de modulación utilizados DVB-T2 Lite.

Debido a la gran demanda por parte de los usuarios de contenidos audiovisuales en dispositivos móviles de tipo Tablets o Smart Phone, la tecnología DVB-T2-Lite puede ser clave en la implantación total de la difusión de contenidos, liberando gran parte de este tráfico de las redes de datos usadas para telefonía móvil.

12.2.2.2 ISDB-T

El sistema ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting for Terrestrial transmission) está basado en la modulación COFDM y se puede ver como una extensión del sistema DVB-T. El sistema ISDB-T está implantado en Japón, Brasil y Perú.

El formato de entrada es MPEG-2 y la codificación de canal es idéntica que DVB-T. El sistema se basa por un lado en aumentar la flexibilidad en la asignación de servicios mediante la división del canal en segmentos capaces de transmitir los diferentes servicios en diferentes condiciones de recepción. Por otro lado se tiene la posibilidad de incrementar la robustez de la señal para recepción por dispositivos móviles mediante una función de entrelazado temporal. Los canales de TV tienen un ancho de banda de 6, 7 u 8 MHz, dividido en 14 segmentos, de los cuales 13 se utilizan con información efectiva y el segmento nº 14 corresponde a un espacio de guarda entre canales adyacentes.

Están previstos tres modos COFDM y están caracterizados por el número de portadoras por segmento:

- 108 portadoras/segmento (corresponde con el modo 2K en un único segmento).
- 216 portadoras/segmento (corresponde con el modo 4K en un único segmento).
- 432 portadoras/segmento (corresponde con el modo 8K en un único segmento).

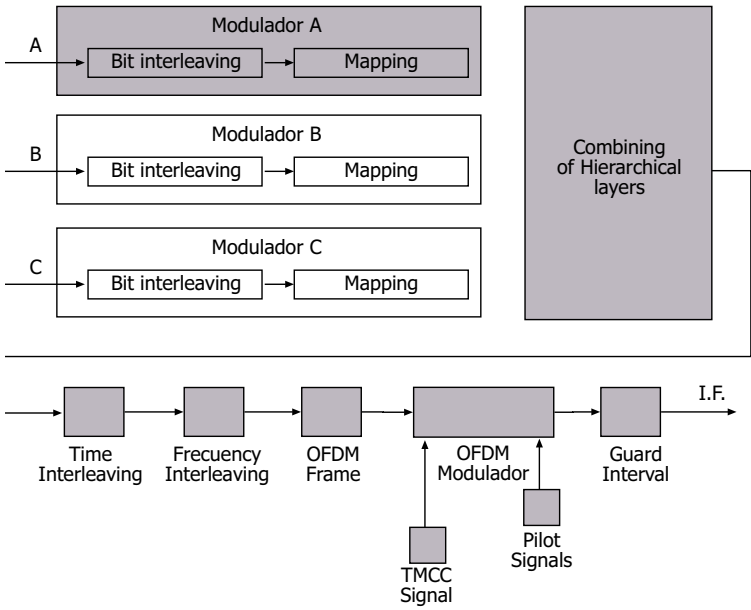


Diagrama de bloques del estándar ISDB-T.

Los segmentos están asociados en grupos (máximo 3 grupos por canal), los cuales tienen la misma finalidad que el modo jerárquico en el estándar DVB-t. El tamaño mínimo de un grupo es un segmento. Para asegurar diferentes condiciones de recepción, cada grupo de segmentos puede usar diferentes parámetros de codificación interna (puncturing rate) y diferentes tipos de modulación (dQPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM), como también diferentes tamaños de entrelazado temporal.

La mejora significativa del sistema ISDB-T es la recepción parcial: Se trata de un caso especial de la transmisión jerárquica, en que la codificación de canal y entrelazado en frecuencia de una señal se encuentra autocontenida dentro del segmento central de la banda de transmisión. Este segmento puede ser recibido y decodificado independientemente de los otros 12, proporcionando así una solución eficiente para la transmisión a terminales portátiles.

12.2.2.3 El standard ATSC (Advanced Television System Committee)

El estándar ATSC describe un sistema para transmisión de TV digital que transporta datos a una tasa neta de 19,4 Mbps a través de un canal con un ancho de banda de 6 MHz. Está implantando en EEUU, Canadá y México.

El sistema de modulación usa la modalidad 8VSB para transmisiones terrestres. La norma también considera un modo de alta capacidad de datos, 16 VSB, orientado a televisión por cable.

Esta técnica consiste en la modulación en amplitud de una portadora con una señal en banda base digital. Las principales características de la modulación 8VSB aplicadas al sistema ATSC son:

- Data rate para emisiones terrestres de 19,28 Mbps.
- Canales de 6 MHz.
- Modulación de banda lateral vestigial.
- Ocho niveles de codificación Trellis.

12.2.2.4 DTMB (Digital Terrestrial/Television Multimedia Broadcasting)

Es el estándar de televisión desarrollado en la República Popular China, aprobado en agosto de 2007, con características diferentes a los otros estándares tanto en el sistema de modulación como de codificación de canal y en el que se funden dos estándares previos también desarrollados en China, ADTB-T, similar al ATSC y desarrollado en la Universidad de Jiaotong de Shanghai, y el DMB-T en la Universidad Tsinghua de Beijing. Características principales:

- Incorpora Low Density Parity Check (LPCD)
- Tres niveles de FEC: 0.4, 0.6 y 0.8.
- Varios modos de constelación: 64QAM, 32 QAM, 16QAM, 4QAM y 4 QAM-NR.

- El procesador permite trabajar con una única portadora o múltiples portadoras (3780).
- Time interleaving.
- Tres opciones de Frame Header: Pseudo Noise 420, 595 y 945.

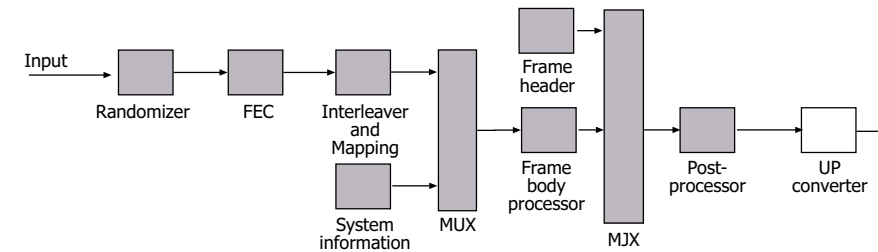


Diagrama de bloques del estándar DTMB

12.2.3 Long Term Evolution (LTE)

12.2.3.1 Evolución de las redes móviles

A día de hoy las redes de comunicación móviles están en constante evolución con un fuerte cambio en su modelo de usabilidad, que tradicionalmente se centraba en los servicios de voz y en la actualidad se utilizan también como transmisión de datos. La actual demanda de servicios de datos ha experimentado un crecimiento exponencial mientras que los consumos de voz se mantienen prácticamente constantes, debido principalmente a la adquisición en masa de Smartphones, con capacidades multimedia.

12.2.3.2 3GPP

UMTS fue desarrollada por el foro 3GPP (3rd Generation Partnership Project) que tiene como objeto desarrollar las especificaciones a nivel mundial del 3G. Debido a la fuerte demanda de los servicios de datos, el grupo 3GPP ha desarrollado varias Release para adaptarse a las necesidades de los usuarios. Estas Releases se muestran en la siguiente figura, donde DL indica el ancho de banda de bajada (Download) y UL el ancho de banda de subida (Upload):

Evolución de la tecnología 3G.

Release 99	Release 5	Release 6	Release 7	Release 8
WCDMA	HSPA (HSDPA y HSUPA)		HSPA+	LTE
DL: 384 kbps	DL: 14,4 Mbps		DL: 28 Mbps	DL: 100 Mbps
UL: 128 kbps	UL: 5.76 Mbps		UL: 11.5 Mbps	UL: 50 Mbps
RTT = 150 ms (aprox)	RTT < 100 ms		RTT < 50 ms	RTT = 10 ms

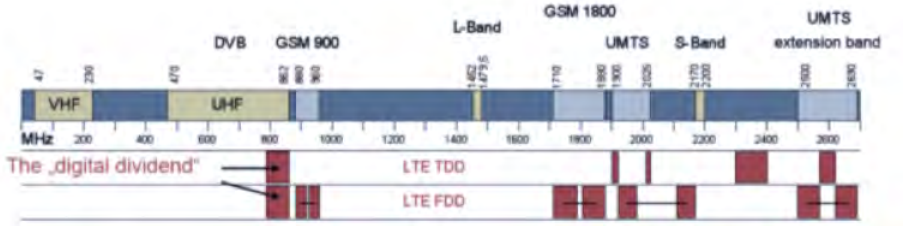
Como se puede apreciar, la velocidad de bajada ha pasado de unos pocos cientos de Kbps hasta los 100Mbps, incrementándose el ancho de banda en un factor próximo al 250%.

A continuación se explicará la tecnología LTE (Long Term Evolution), así como sus capacidades, arquitectura y especificaciones técnicas.

12.2.3.3 Long Term Evolution

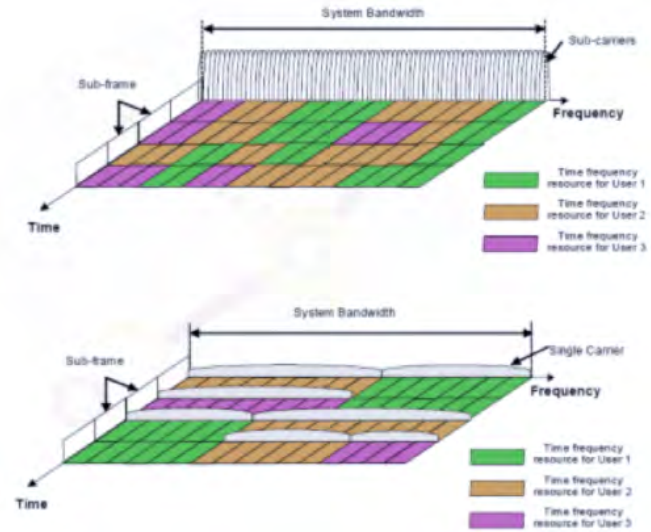
LTE es un estándar de la norma 3GPP que surge para cubrir las necesidades de los usuarios, sustituyendo a la tecnología UMTS para el despliegue de internet móvil. Además se utiliza como servicios de transmisión de datos y vídeo de HD.

LTE utiliza distintas bandas de frecuencia como se muestra en la siguiente, pero especialmente relevante la banda de UHF (800MHz) que queda liberada como consecuencia del dividendo digital, mejorando de este modo la cobertura indoor, siendo un aspecto fundamental para su comercialización.



Distribución de canales de LTE en Europa.

- Permite canalizaciones de 1.4 MHz; 3 MHz; 5 MHz; 10 MHz; 15 MHz y 20 MHz.
- LTE utiliza como enlace ascendente la tecnología SC-FDMA (Single carrier FDMA), que consiste en la división de una portadora simple de acceso múltiple que reduce el consumo de energía y reduce los picos de ratio medio.
- Para el enlace descendente LTE usa una modulación OFDMA usando una modulación similar al estándar DVB-T, ya que tiene una gran robustez frente a efectos multipath ideal para implementaciones en redes de frecuencia única o MIMO.



DL
OFDMA
173M

UL
SC-FDMA
84M

Estructura de distribución Frecuencia-Tiempo de LTE.

La principal característica de esta tecnología es su alta velocidad de subida como de descarga de bajada, en comparación con las tecnologías implantadas en la actualidad. A continuación se enumeran algunas de sus características:

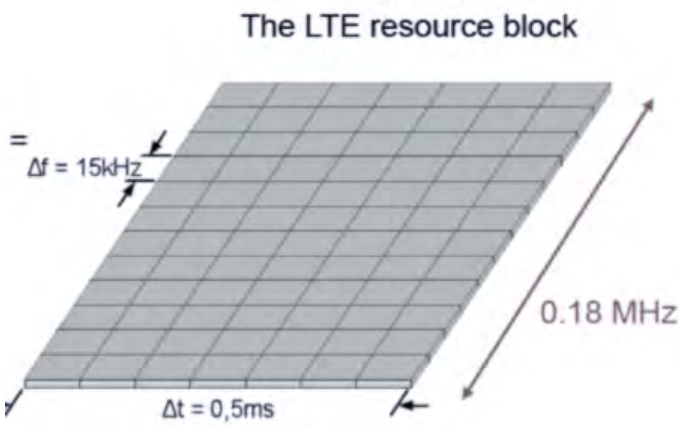
- Diseño de arquitectura simplificado.
- Uso mejorado del espectro de radiofrecuencia, que permite disponer de anchos de banda variable en función del servicio y de las características de la orografía terrestre.
- Gran velocidad de transmisión tanto de subida (50Mbps), como de bajada (100 Mbps).
- Mejora ampliamente la eficiencia espectral de otras tecnologías implantadas, como es el caso del HSPA.
- Tiempos de establecimiento de conexión muy bajos.
- Bajo retardo.
- Permite la transmisión de servicios de difusión de telefonía móvil en tiempo real con una alta calidad.

12.2.3.4 Multicast en LTE

UMTS permitía un modo de Broadcast denominado MBMS (Multimedia Broadcast/Multicast Service), que disponía de un esquema de modulación CDMA que no era adecuado para servicios de multicast, ya que consumía muchos recursos de red debido al sistema de control de potencia que incorporaba.

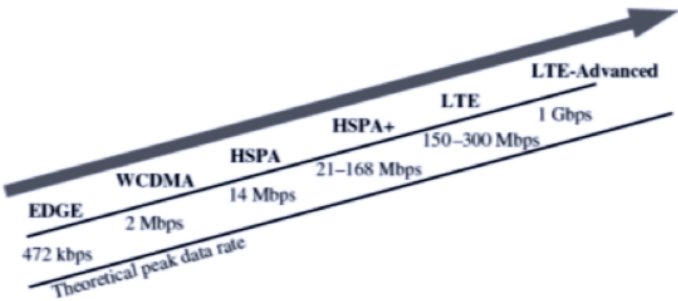
Por el contrario LTE introduce un modo para ofrecer servicios de broadcasting denominada MBSFN (Multicast/Broadcast over Single Frequency Network) basado en OFDM muy similar a los esquemas de DVB-T y DVB-T2, pero con inferior eficiencia espectral. En MBSFN el canal se divide en bloques de 0.18MHz con 12 subportadoras moduladas en 64 QAM, distanciadas en 15Khz, definiéndose 7 Time Slots por bloque (0.5ms), permitiendo asignar en cada instante un bloque a cada usuario.

Este esquema permite una capacidad de 112Mbps en canalizaciones de 20MHz, y de 28Mbps en canalizaciones de 5MHz.



12.2.3.5 LTE-Advanced

Con la Release 9 del estándar, se comenzó a trabajar en una versión denominada LTE-Advanced, con el objetivo de que se alcanzaran unas elevadas velocidades de bajada en acceso a servicios con baja movilidad, alcanzando unos picos de hasta 1Gbps, y limitado a 100Mbps para los servicios en alta movilidad, como se muestra en la siguiente figura. LTE-Advanced cubre las especificaciones de la Release 10 y posteriores del estándar.



LTE-Advanced permite trabajar con canalizaciones desde 40MHz hasta 100MHz, con modos de transmisión MIMO de 8x8 para el canal descendente y hasta 4x4 para el ascendente. De igual modo está optimizado para trabajar con redes heterogéneas incluyendo macro-celdas, micro-celdas, pico-celdas y femto-celdas.

Estructura de bloques y slots temporales en MBSFN de LTE.

Evolución de los anchos de banda de pico en las distintas tecnologías de 3GPP.

Esquema de LTE-Advanced.



12.2.4 IPTV

El envío de contenidos de vídeo a los hogares está creando nuevos modelos de ver la televisión y nuevos modelos de negocio. La tecnología encargada es vídeo sobre IP o IPTV. Actualmente existen tecnologías muy extendidas como son las emisiones terrestres, satélite o cable, que ofrecen servicios muy conocidos para el usuario. Pero, ¿por qué introducir una nueva tecnología como IPTV para el transporte de televisión a los hogares?

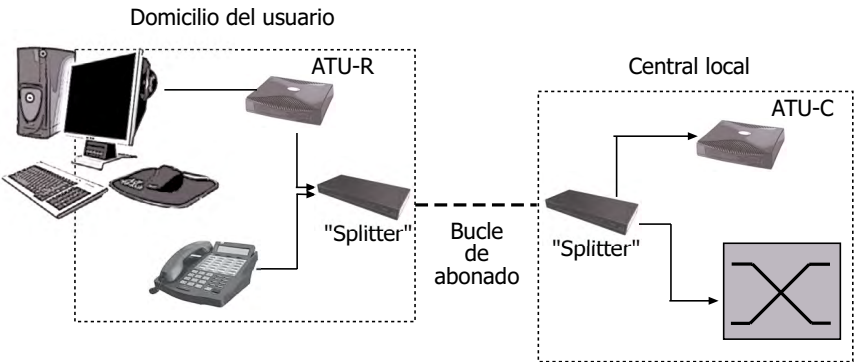
Existen múltiples factores:

- La aparición de la tecnología XDSL, permite a los proveedores de servicios enviar gran cantidad de información a los hogares de los consumidores.
- El control del usuario permite elegir qué desea ver en cualquier instante, con la implantación de PVR (personal vídeo recorder).
- La convergencia de servicios es otro factor determinante, ya que el proveedor ofrece servicios de televisión, voz y datos.
- Flexibilidad en los servicios ofrecidos por los proveedores que se adaptan muy rápido a las demandas de los usuarios.

— En la actualidad la tecnología ADSL es la más implantada en España. A continuación se comentarán sus características principales.

12.2.4.1 ADSL (Asymetric digital subscriber line)

La existencia de líneas telefónicas de cobre, ha originado nuevas técnicas de transmisión que ofrecen servicios con una tasa elevada de bit-rate. ADSL es una técnica de transmisión de datos a gran velocidad sobre el par de cobre que opera en un margen de frecuencias que va desde los 24KHz hasta los 1.104KHz, aproximadamente, coexistiendo con los servicios tradicionales de voz. Permite una comunicación bidireccional en los sentidos Usuario -> Red y Red -> Usuario.

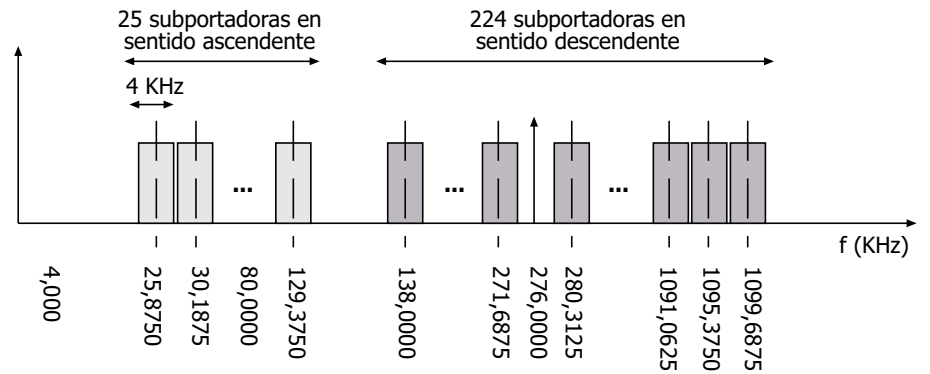


Enlace ADSL.

En la anterior figura se observan los módems situados en el domicilio del usuario (ATU-R o "ADSL Terminal Unit-Remote") y en la central (ATU-C o "ADSL Terminal Unit-Central"), delante de cada uno de ellos se ha de colocar un dispositivo denominado "splitter". Este dispositivo no es más que un conjunto de dos filtros: un paso alto y otro paso bajo. La finalidad de estos filtros es la de separar las señales transmitidas por el bucle en señales de baja frecuencia (telefonía) y señales de alta frecuencia (ADSL). El canal de transmisión se divide en múltiples canales de 1,536 Mbit/s para Europa y 1,544 Mbit/s para EEUU, permitiendo la entrega simultánea de contenidos de televisión.

El formato de transmisión para ADSL es el ANSI T1.E1.4/94 permitiendo la multiplexación de canales que combinan diferentes tasas de transmisión con diferentes servicios digitales de alta capacidad y devolviendo un flujo de datos de baja capacidad. ADSL utiliza la modulación DMT (Discrete Multitone), que divide el espectro en varios subcanales, al que se aplica una modulación QAM usando múltiples subportadoras para modular el conjunto de bits.

Estas subportadoras están separadas entre sí 4,3125 KHz, y el ancho de banda que ocupa cada subportadora modulada es de 4 KHz. El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación S/N en la banda asignada a cada una de ellas. Cuanto mayor es esta relación, tanto mayor es el caudal que puede transmitir por una subportadora. Esta estimación de la relación S/N se hace al comienzo, cuando se establece el enlace entre el ATU-R y el ATU-C, por medio de una secuencia de entrenamiento predefinida.



El algoritmo de modulación se traduce en una IFFT (transformada rápida de Fourier inversa) en el modulador, y en una FFT (transformada rápida de Fourier) en el demodulador situado al otro lado del bucle. Para el transporte de la señal se utilizan diferentes protocolos que controlan la transmisión de paquetes de forma conjunta con IP.

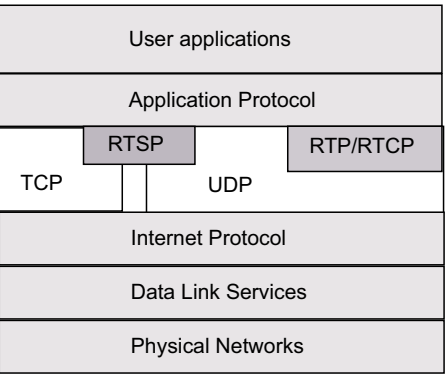
A continuación se comentarán los protocolos de transporte principales que se utilizan para el transporte de vídeo en tiempo real.

12.2.4.2 Protocolos de transporte

Los protocolos han sido diseñados para establecer una comunicación entre los servidores y clientes. En este capítulo no se profundizará en los protocolos de transporte, ya que fueron comentados en el capítulo de Ingesta y Catalogación. Existen varias categorías de protocolos:

- Protocolos de capa de red: Proveen funcionalidades de direccionamiento de red. El más utilizado es IP.
- Protocolo de transporte: Proveen funcionalidad end-to-end en el transporte de red. Algunos protocolos son UDP, TCP, RTP, RTCP.
- Protocolo de sesión: Definen los mensajes y procedimientos para controlar la entrega de los contenidos multimedia en una sesión establecida. En vídeo en tiempo real se suele utilizar RTSP.

La siguiente figura muestra la jerarquía de protocolos de red.



La codificación de canal y entrelazado en frecuencia de una señal se encuentra autocontenida dentro del segmento central de la banda de transmisión. Este segmento puede ser recibido y decodificado independientemente de los otros 12, proporcionando así una solución eficiente para la transmisión a terminales portátiles.

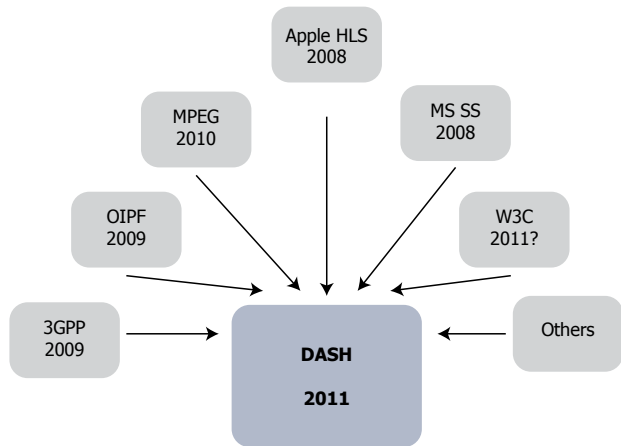
Modulación ADSL DMT.

Jerarquía de protocolos.

12.2.4.3 MPEG-DASH

Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH) ha sido ratificado en noviembre del 2011 como nuevo estándar del ISO/MPEG (ISO/IEC 23009-1) que facilita el streaming adaptativo de video sobre internet utilizando el protocolo HTTP, de modo interoperable entre distintos formatos de video.

MPEG-DASH pretende armonizar el escenario con multiplicidad de formatos de streaming propietarios que desde inicios del 2008 son utilizados de modo genérico para ofrecer servicios de audio y video en la red. Entre ellos cabe destacar el HTTP Live Streaming (HLS) de Apple, el IIS Smooth Streaming de Microsoft, HTTP-based Dynamic Streaming (HDS) de Adobe, HTTP Adaptive Streaming (HAS) del OIPF (Open IPTV Forum) o el Adaptive HTTP Streaming (AHS) del 3GPP entre otros.



MPEG-DASH está diseñado para optimizar los recursos de la red, atendiendo a la fuerte demanda de los servicios multimedia por Internet, especialmente de vídeo, mediante la definición de un formato de entrega universal, que proporciona a los usuarios finales una calidad de la experiencia mejorada, eliminando las tradicionales deficiencias del servicio como los congelados o cortes frecuentes de la secuencia, la baja calidad de vídeo o el retardo significativo en el inicio del vídeo, adaptándose a las condiciones variables de tráfico en la red y de las prestaciones del terminal de usuario.

Su estandarización ha sido fruto del trabajo colaborativo entre las principales empresas del sector multimedia como Microsoft, Netflix y Qualcomm, Adobe, AEG Digital Media, Akamai, BuyDRM, Digital

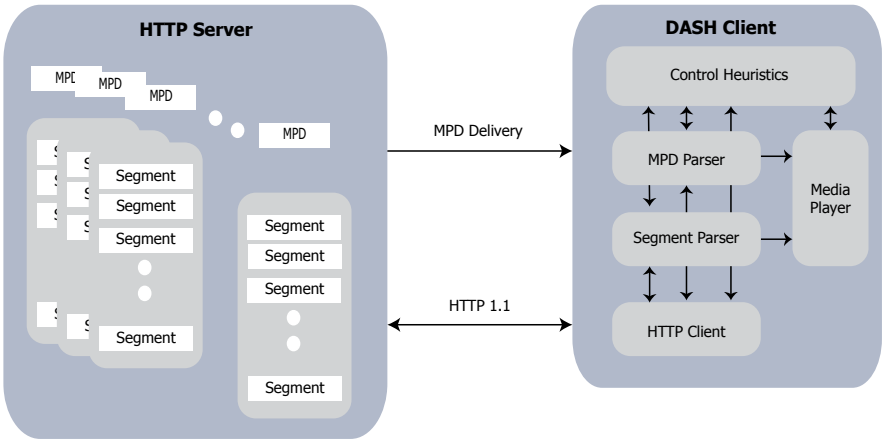
Formatos de streaming propietarios.

Rapids, Digital TV Labs, Dolby, EBU-UER, Elemental, Envivio, Ericsson, Harmonic, Intertrust, NDS, Packet Ship, Path1, RGB Networks, Samsung, Thomson, University of Klagenfurt, y Zixi.

Entre sus principales características se encuentra su soporte para streaming adaptativo tanto para servicios bajo demanda como en directo, con soporte para encapsulados MPEG-4 y Transport Streams de MPEG-2 (TS), permitiendo un control completo de la sesión por parte del usuario del servicio. MPEG-DASH es agnóstico en lo referente al estándar de codificación aplicado, pudiendo utilizar tanto H.264 como WebM o cualquier otro.

Introduce el concepto de conmutación de streams con capacidad para inserción de anuncios, permitiendo la utilización de segmentos de media de duración variable, con indicación de alineamiento de sub-segmentos para simplificar y evitar los solapamientos de fragmentos.

En la siguiente figura se muestra la arquitectura de MPEG-DASH, compuesta por un servidor HTTP que almacena los segmentos de media, y un cliente DASH, indicándose en los bloques funcionales, los elementos definidos por el estándar.



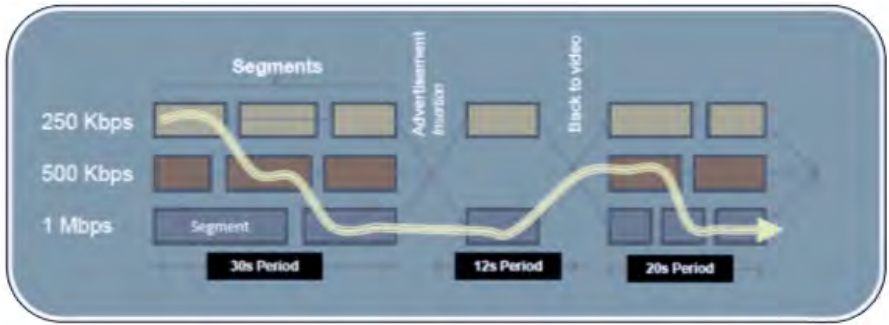
Los MPD (Media Presentation Description) están definidos por documentos XML que contienen la metadata necesaria para construir adecuadamente las URLs que facilitan el acceso a los segmentos de la secuencia de vídeo.

Los segmentos definidos en MPEG-DASH son las unidades que pueden ser referenciadas por una HTTP-URL incluídas en las unidades de presentación de media MPD, con una ventana de tiempos en la cual los segmentos pueden ser accedidos por la HTTP-URL. Para los servicios de streaming en

Arquitectura de MPEG-DASH.

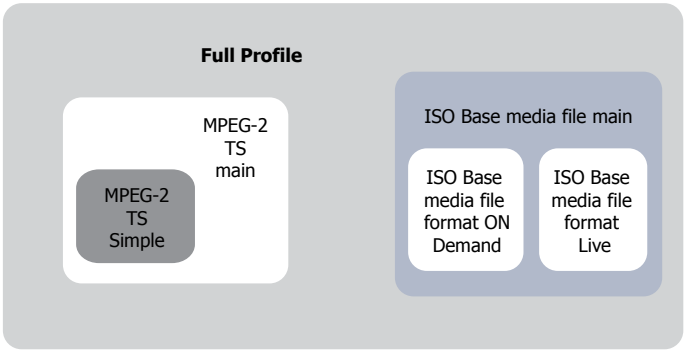
directo, los segmentos incluyen el tiempo de inicio y su duración.

La siguiente figura representa la selección dinámica de segmentos con distintos anchos de banda para adecuarlo a la disponibilidad de la red y las características del terminal del usuario, donde se monitoriza el consumo de la CPU y el nivel de ocupación de los buffers, lo cual permite una adaptación dinámica del ancho de banda para alcanzar una calidad optima.



En lo que respecta a los mecanismos de protección de contenidos, MPEG-DASH proporciona mecanismos de encriptado de segmentos a varios clientes con distintos tipos de DRMs, permitiendo su aplicación a segmentos, sub-segmentos o incluso muestras individuales.

Con el objetivo de establecer una interoperabilidad entre dispositivos, MPEG-DASH define seis Perfiles, que establecen una serie de restricciones para cada uno de ellos, como son los formatos de los segmentos soportados, o los permisos establecidos, señalizados a nivel de MPD. El conjunto de perfiles se representa en la siguiente figura, estableciéndose los perfiles Main y Simple M2TS, ISO Base MFF, ISO Base On-Demand, ISO Base Live, y Full.



13. RECEPCIÓN

13.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

13.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

- 13.2.1 SINTONIZACIÓN
- 13.2.2 DEMODULACIÓN O DESCODIFICACIÓN DE CANAL
- 13.2.3 DEMULTIPLEXACIÓN
- 13.2.4 PROCESADO DE AUDIO Y VÍDEO
- 13.2.5 PROCESADOR
- 13.2.6 MEMORIA
- 13.2.7 INTERFACES E COMUNICACIONES
- 13.2.8 CONECTORES E INTERFACES DE AUDIO Y VÍDEO
- 13.2.9 NUEVAS TENDENCIAS

13. RECEPCIÓN

13.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

No hay un buen sistema completo si no se puede recibir, y ha sido en los últimos 15 años cuando se ha vuelto imprescindible un desarrollo enorme de las tecnologías de recepción de la señal.

Desde el momento en que una señal audiovisual se desea distribuir o difundir, sea por el medio que sea, hace falta adaptarla al medio con métodos de modulación de canal obviamente como ya se ha descrito anteriormente, pero también se transforma la señal (en los últimos años proceso imprescindible de digitalización y compresión) para poderla transmitir por anchos de banda lo más bajos posible.

El intento de introducir más información en menor ancho de banda, ha llevado a un modelo de distribución y difusión de la señal complejo, en el que los sistemas de recepción son máquinas con un nivel de desarrollo extraordinario en torno a la decodificación y descompresión. Si a esto añadimos las más que variadas opciones de servicios disponibles, tipo EPG (Electronic Program Guide), Internet access, Visor de fotografía y vídeo y por supuesto el PVR (Personal Vídeo Recorder), nos encontramos con receptores que van mucho más allá de los simples reproductores de TV.

Esto tiene un claro inconveniente y no es otro que al ser un elemento de consumo masivo y casi obligado, los precios deben ser bajos o muy bajos para que realmente haya un gran interés por la mayor parte de la población.

Ahí es donde nos encontramos las tendencias, que se han visto claramente plasmadas en la transición a la TDT (Televisión Digital Terrestre) en estos años. El usuario de forma masiva ha seleccionado los receptores para recibir TDT más baratos y simples del mercado.

Conclusiones de este comportamiento del mercado son que claramente el precio es una barrera, y que los dispositivos complejos en uso y funcionalidad son mal aceptados por las masas (de ahí el éxito de algunos diseños de Apple). Pero este comportamiento no nos debe llevar hacia la falta de avances en tecnología, y muy al contrario el poner tecnología y por tanto servicios en manos de usuarios y profesionales debe ser un sinónimo de avance y modernidad, que luego el mercado mismo es el encargado de regular en su justa medida.

Desde el comienzo de los tiempos digitales principalmente, el receptor se ha implementado con mecanismos expresamente dedicados a esas funciones, con el objeto de abaratar costes, es decir arquitecturas RISC (Reduced Instruction Set Computer) en lugar de arquitecturas de propósito general tipo INTEL, cuyos procesadores son altos en precio para este tipo de producto.

Esto se ha visto reforzado por la integración de todos los componentes necesarios en el receptor en un solo chip prácticamente gracias a la estandarización que ETSI, con el apoyo de otros organismos y la industria, ha conseguido. También se describen en este apartado los interfaces externos a la hora de compartir datos (ya sean audiovisuales o no) disponibles de forma habitual, importantísimos dada la estandarización del resto de componentes. Desde el habitual y eterno EUROCONECTOR (SCART) hasta los HDMI actuales en su versión 1.4 para soportar Internet y 3D, se buscan formas de poder compartir la información recibida y habitualmente decodificada para las nuevas tendencias.

Una excepción a la tendencia de que la pantalla sea un elemento simple en el hogar, son las iniciativas como HbbTV, en la que los fabricantes de pantallas han visto la oportunidad de situarse en el modo de ofrecer servicios, y que compite directamente con los sistemas de recepción externos a la pantalla en sí misma.

¿Es una estrategia adecuada? Claramente sí para dichos fabricantes, pero hay muchas dudas si es así para el resto del sector y especialmente para los usuarios, pues el ciclo de vida de una pantalla sigue siendo mayor que el de cualquier receptor convencional, con lo que se están introduciendo tecnologías (HW, SW, servicios) en el mer-

cado que pueden estar obsoletas en menor tiempo que el tiempo de vida medio del producto, con lo que al final el resultado es el mismo y el receptor con capacidades añadidas será imprescindible.

13.2 TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

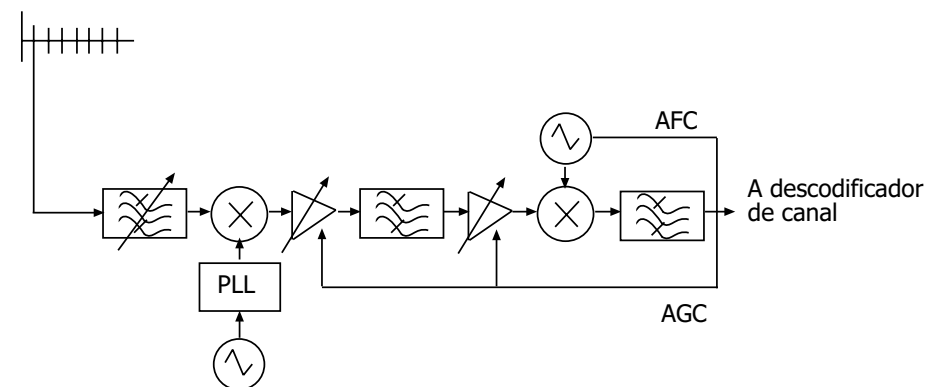
Para poder evaluar las tecnologías disponibles a nivel de recepción, es necesario abordar cada una de las etapas del proceso de recepción, tanto en receptores externos, o STB, como para TV Digitales Integrados.

De esa manera, las etapas se podrían describir como partes funcionales de los receptores, independientemente de que sean STB o TV Digitales Integrados. A continuación se aborda cada una de las etapas incidiendo sobre las tecnologías disponibles.

13.2.1 Sintonización

La etapa de sintonización es la primera etapa en el proceso de recepción. Básicamente en la sintonización se fijan los filtros de entrada, de forma que se selecciona uno de los canales de radiofrecuencia para extracción de la información del múltiplex transmitido. Además se realiza una conversión de frecuencias, a Frecuencia Intermedia, para que la señal pueda ser procesada por el decodificador de canal.

A continuación se muestra una figura que describe el proceso de sintonización de un receptor DVB-T:



Sintonización de un receptor DVB-T.

Como es lógico, no todos los sintonizadores para todos los estándares, cumplirán con los mismos parámetros, ni cubrirán el mis-

mo rango de frecuencias, dado que éstos son totalmente diferentes para cada uno de los estándares y medios de transmisión.

Como cubrir todos ellos sería una labor fuera del objeto de este informe, se ha elegido el estándar DVB-T como muestra, ya que las tecnologías y procesos son muy similares para todos los estándares en la etapa de sintonización, variando principalmente los rangos de frecuencia cubiertos por cada uno de ellos.

Los parámetros principales a tener en cuenta a la hora de elegir un sintonizador son:

- Figura de Ruido: ruido aditivo introducido por los componentes del propio sintonizador.
- Supresión de las bandas laterales.
- Rechazo de la frecuencia imagen.
- Control fino de los componentes.
- Habitualmente control por medio de bus I2C: lo que permite la programación estándar de los sintonizadores.
- Tipo de montura (horizontal, vertical, con loopthrough, etc).
- Tipos de conectores.

Existen varios tipos de sintonizadores, atendiendo a las bandas de frecuencia cubiertas y conversión de frecuencia que proporcionan.

- Clásico: tuner de una banda (Banda IV/V de UHF), con amplificador de bajo ruido (LNA), PLL, y mezclador a primera FI (36,166MHz).
- Tuner tribanda: Bandas VHF I y III, Banda IV/V UHF.
- Tuner con Filtro SAW en primera FI, compatible DVB-T, y CAG integrado.
- Tuner Combi: filtro SAW integrado y salida banda ancha para recepción analógica.

- Tuner con Filtro SAW integrado y conversión a segunda FI (típicamente 4,5714MHz o 7,225MHz).
- Tuner NIM (Network Interface Module): con decoder DVB-T.

Habitualmente los sintonizadores constan de componentes discretos, ya que la integración de dichos componentes en circuitos integrados resultaba compleja, dadas las características especiales de las señales de radiofrecuencia.

En los últimos tiempos ha aparecido el tuner on a chip o también conocido como tuner en silicio que acepta la señal de radiofrecuencia de entrada y proporciona una salida en primera FI.

Las ventajas principales de estos sintonizadores en silicio se pueden resumir en:

- Sintonizadores de pequeño tamaño, ya que se trata de un circuito integrado, y permite así disminuir el tamaño de las PCB.
- Son ligeros en contraposición a los sintonizadores clásicos.
- Son integrados en la placa base, y sólo necesitan de unos pocos componentes pasivos externos. Esta integración permite por ejemplo que los sintonizadores puedan pasar por estaciones de soldadura de ola, mientras que los sintonizadores clásicos debían de ser soldados a mano.
- Producción eficiente en coste, dado que eliminan etapas de producción específica para los sintonizadores.

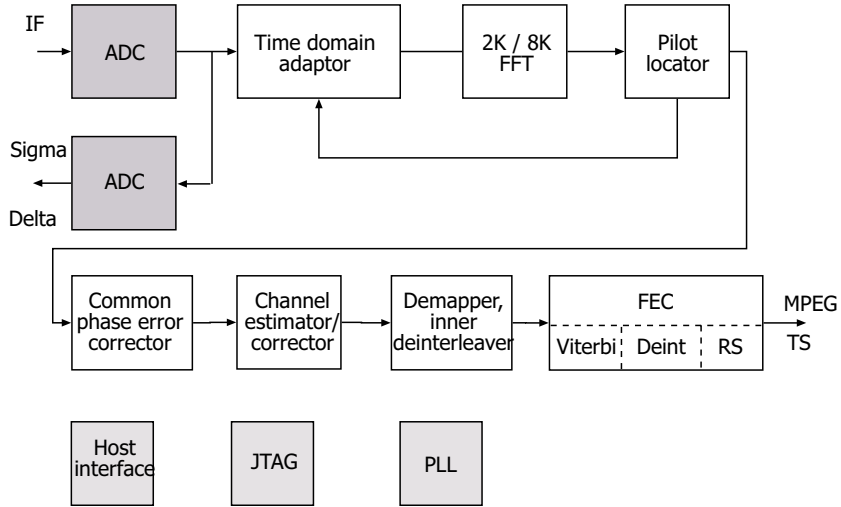
En contraposición, tienen algunas desventajas:

- Suelen disipar mayor potencia.
- Suelen tener un rendimiento ligeramente peor que los sintonizadores clásicos.
- El coste del componente es mayor.

13.2.2 Demodulación o decodificación de canal

La decodificación de canal, o demodulación, es el proceso por el que la señal de FI, procedente del sintonizador, es procesada, y toda la información de la trama MPEG-2 convertida a banda base.

Una de las tareas más importantes a la hora de demodular, y que dará una indicación de la calidad del demodulador, es la capacidad de éste de recuperar errores mediante la decodificación de los diferentes mecanismos de protección contra errores. Estos métodos, por lo general permitirán recuperar bits y bytes erróneos, gracias a los mecanismos de redundancia y entrelazado. Por lo general los demoduladores llevan a cabo las tareas inversas al proceso de modulación. Como ejemplo, en la siguiente figura se muestra el esquema de un demodulador típico para el estándar DVB-T.



A nivel de demodulador, o decodificador de canal, es importante la integración con los sintonizadores del mercado. De esta manera, existen varias opciones para integrar un sintonizador con un demodulador, dependiendo de la Frecuencia Intermedia (FI) que acepte éste último, así como mecanismos de control integrados en el decodificador de canal, como AFC o AGC.

Una tendencia en los últimos años, es integrar sintonizador y demodulador en una misma carcasa, dando lugar a los NIMs (Network Interface Modules).

Esta solución aporta una serie de ventajas claras:

- Toda la tecnología se encuentra integrada en el mismo componente.
- El procesado RF y FI están optimizados para el decodificador de canal.
- NIMs de diferentes fabricantes pueden ser intercambiados, aunque el SW de control ha de ser modificado.
- NIMS son equivalentes para DVB-S, DVB-C o DVB-T (en el caso de DVB). Permiten mantener un diseño exactamente igual del receptor sin importar el medio de transmisión.

En contraposición, los NIMS presentan algunos serios inconvenientes, que hacen muchas veces rechazar esta solución:

- Tamaño muy grande.
- No es posible controlar los parámetros de RF y FI. Por lo que en muchos casos no es posible adaptarlos a condiciones de difícil recepción (canal móvil).
- El diseñador del receptor tiene que coger el módulo estándar. Es decir, no es posible la personalización del módulo.

13.2.3 Demultiplexación

Una vez la trama de transporte está disponible en banda base, llega el momento de extraer la información de la misma, de acuerdo a las acciones del usuario, y de acuerdo a comportamientos programados.

Para poder extraer la información de la trama, se utiliza el demultiplexor, que proporcionará los componentes de la trama que otros elementos precisen. Así las funciones principales llevadas a cabo por el demultiplexor son:

- Recuperación de referencia de STC (System Time Clock).
- Extracción de DTS (Decoding Time Stamps) y PTS (Presentation Time Stamps) para sincronización del audio y el vídeo.

Demodulador DVB-T.

- Filtrado y procesamiento de las SI/PSI.
- Parseo de las cabeceras de los paquetes y de los campos de adaptación.
- Filtrado de las secciones (por PIDs) para conseguir así la reducción del bitrate de los programas.
- Extracción de la información de acceso condicional.

En la siguiente figura se puede observar un esquema simplificado de un demultiplexor.

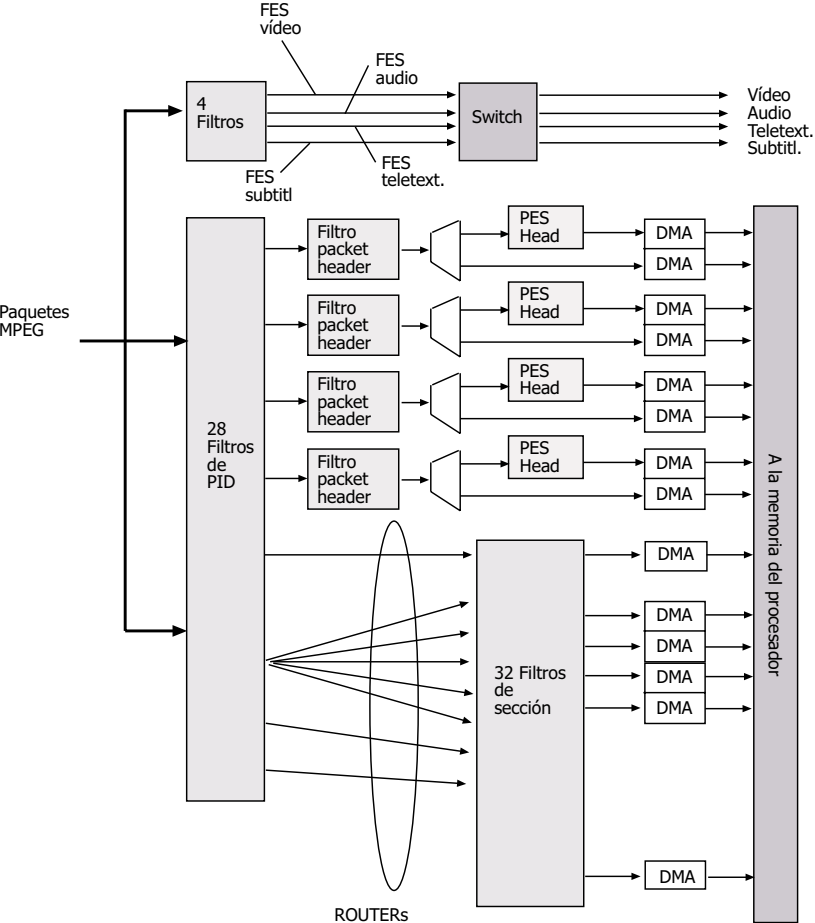


Diagrama de un demultiplexor.

Como se aprecia, existen varios niveles de filtros en el demultiplexor. Los filtros de primer nivel son filtros de PES que se encargarán de filtrar los PES y enviarlos al módulo decodificador. Son los que se utilizan para extracción del audio, vídeo, subtítulos y teletexto, habitualmente. El segundo nivel de filtros permite por un lado la extracción de PES que se almacenarán en memoria, o que se procesan, y los filtros de sección, que permitirán la extracción de las secciones (principalmente tablas SI/PSI, datos, o EMMs y ECMs) y su almacenamiento en memoria o el procesamiento por parte del receptor.

En los últimos tiempos, que los receptores disponen habitualmente de más de un sintonizador/demodulador, especialmente en el caso de receptores con PVR, los receptores suelen disponer de varios demultiplexores, lo que permite el procesamiento de más de una trama de transporte de forma simultánea.

Cabe decir, que en los primeros tiempos estas funciones se realizaban con procesadores genéricos, lo que implicaba la programación de dichos procesadores, y disponer de un procesador dedicado a estas funciones.

Actualmente, el demultiplexor se encuentra integrado en el microprocesador, como módulo hardware funcional, de forma que se realizan las labores de filtrado por medio de hardware, sin recurrir a complejos códigos software.

13.2.4 Procesado de Audio y Vídeo

Como procesamiento de audio y vídeo, se entiende principalmente todos aquellos sistemas que son capaces de recibir el audio y vídeo codificados, y proporcionar las diferentes salidas de audio y vídeo en diferentes formatos, que permitirán la visualización y reproducción del audio, en cualquiera de sus formas:

- Decodificación de audio y vídeo, proporcionando el vídeo digital y audio digital decodificado.
- Codificación PAL (en el caso de Europa) y codificación PCM del vídeo.
- Composición de la imagen de vídeo final, con OSD (On-Screen-Display), gráficos, texto, vídeo, etc.
- Sistema de conmutación de audio y vídeo, que proporcionará las salidas seleccionadas en cada momento, como: salidas de vídeo analógico

en formato RGB o Vídeo Compuesto, salidas de vídeo digital, salidas de audio analógico (PCM), o audio digital AC-3 o similar.

En los primeros tiempos, las labores de decodificación de vídeo se hacían, al igual que muchas de las funciones, mediante procesadores genéricos dedicados, que precisaban de programación compleja para realizar las funciones. Hoy en día, las funciones de procesamiento de audio y vídeo se realizan en módulos HW dedicados integrados en el microprocesador, esto es, por hardware, de forma que no se consumen recursos del procesador. Teniendo en cuenta el progreso de las tecnologías de codificación, y por tanto, la complejidad del tratamiento del vídeo y audio comprimido, se hace aún más necesario disponer de las funciones de decodificación por hardware.

Además de la decodificación del audio y vídeo, una de las tareas importantes, es la de componer la imagen final que saldrá por cada una de las salidas de vídeo. Esta composición permitirá la mezcla y posicionamiento de elementos de pantalla que se colocan en diferentes planos:

- OSD: On Screen Display.
- Gráficos: incluyendo cualquier figura geométrica básica. Estos gráficos pueden ser distribuidos en varios planos independientes.
- Stills: capturas de pantalla, o fotografías.
- Vídeo: el vídeo decodificado, procedente de cualquier fuente en tiempo real, o de medios de almacenamiento internos.
- Cursor: en algunos casos es conveniente la presencia de un cursor que permita la navegación al estilo de Internet.

A día de hoy, la mayoría de receptores de gama alta, deberían permitir, a nivel de procesamiento de audio y vídeo, las siguientes funciones:

- Decodificación de vídeo MPEG-2, H.264, VC-1/WM9: tanto en formato HD como SD.
- Decodificación de vídeo HD y SD, o decodificación dual SD, con posibilidad de PIP (Picture in Picture) y generación de mosaico.

- Flexibilidad para soportar otros codecs (DIVx, vid, H.263, ...).
- Transcodificación en tiempo real de MPEG-2 SD a H264 SIF. Deblocking avanzado de fuentes MPEG-2 SD.
- Decodificación de audio multicanal MPEG1 LI/II, MP3, Dolby Digital/DD+, MPEG4 AAC/AAC+. Con decodificación concurrente de audiodescripción.
- Transcodificación Dolby Digital + y AAC+.
- Reformateado, reescalado, con conversión de frecuencia de muestreo y filtrado. Funciones de desentrelazado para 480p/576p y salida 1080p progresiva.
- Al menos 3 planos de gráficos independientes con reescalado H&V, con CLUT (Color LookUp Table), y filtrado antiflickering.
- Protección por medio de Macrovision o HDCP (en el caso de interfaces HDMI).
- Varios convertidores Digital/Analógico para las salidas de vídeo compuesto o por componentes.
- Convertidores Digital/Analógico integrados para audio estéreo.
- Salidas de audio PCM y salida SPDIF en el caso de audio digital.

Obviamente, existen múltiples receptores que no disponen de estas funcionalidades, ya que su uso está destinado a emisiones únicamente MPEG-2, así como para usos más simples, por lo que las capacidades de procesamiento de vídeo y audio no han de ser tan ambiciosas.

Una parte importante a nivel de audio y vídeo, es la conmutación de las diferentes señales, para proporcionar en cada momento la salida adecuada en el conector adecuado. Esto suele realizarse en un circuito integrado externo, que permite el manejo de todas las señales. Con este elemento se podrá, por ejemplo, proporcionar la salida RGB por un SCART cuando el usuario así lo configure, o facilitar la señal de Vídeo Compuesto a los diferentes conectores RCA, propor-

cionar el audio estéreo por los pines adecuados, o permitir la salida de audio digital por el SPDIF.

En la siguiente figura se presenta un esquema simplificado de un bloque de conmutación de audio y vídeo.

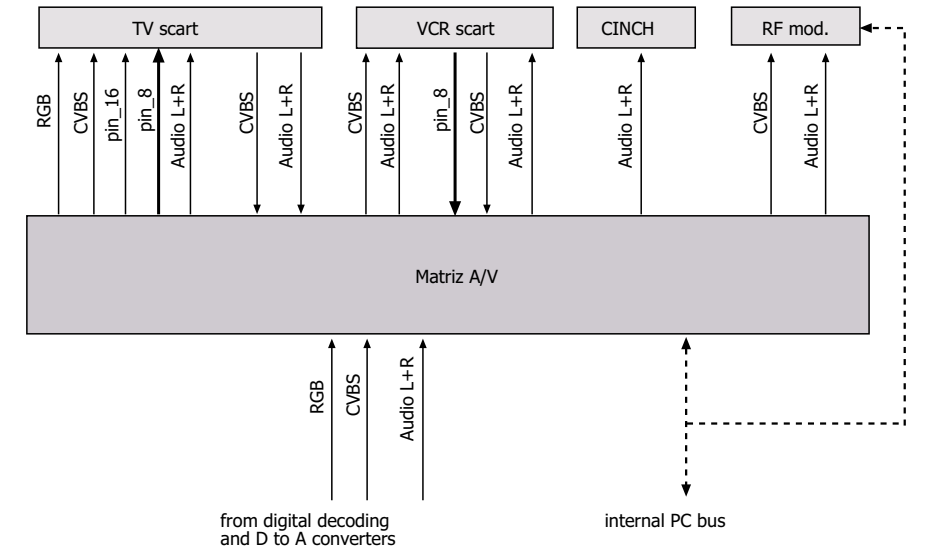


Diagrama de un Conmutador de audio y vídeo.

13.2.5 Procesador

El procesador es el alma del receptor. Es el que gobierna todas las acciones, ejecuta el código, y realiza los trabajos de cálculo necesarios.

El procesador, como tal, y en el caso de las arquitecturas aquí tratadas, realmente integra todas las funciones importantes del receptor. Es decir, no sólo permitirá la ejecución del código, etc, sino que también integrará todas las funciones de demultiplexación, procesamiento de audio y vídeo, interfaces de comunicaciones, interfaces de memoria, etc.

Es decir, los procesadores en el caso que nos ocupa, han pasado a ser bloques funcionales especializados en las funciones de tratamiento de audio y vídeo, con módulos hardware especializados en dichas funciones.

Por otro lado, seguirá realizando las tareas de ejecución de código, control de todas las funciones del mismo, comunicaciones con el exterior del integrado, etc.

A continuación se presenta un esquema de bloques de un procesador actual, con funcionalidades avanzadas.

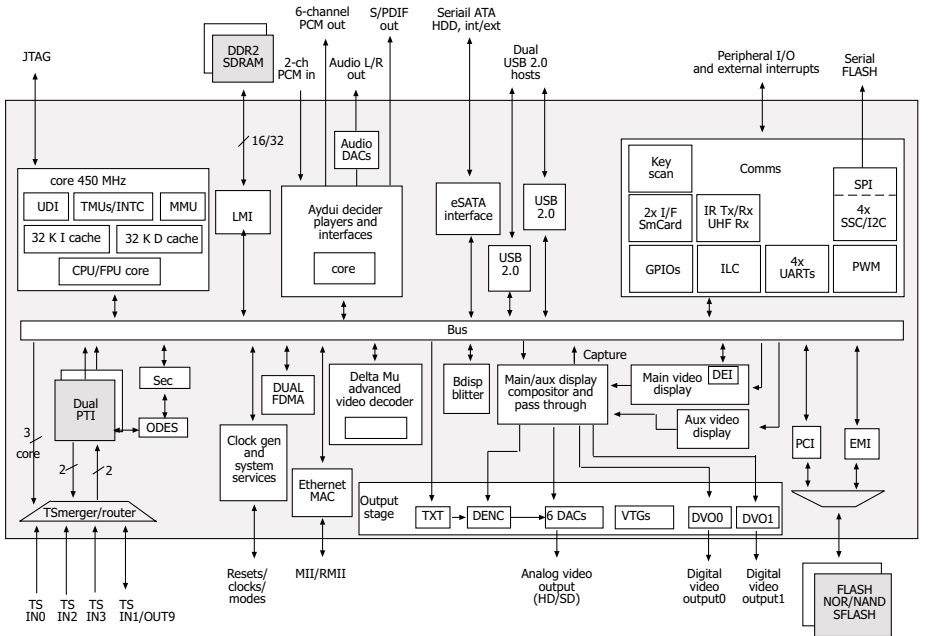


Diagrama de bloques de un procesador.

En dispositivos receptores de TV Digital, independientemente de si se trata de IRDs, o TV Digitales Integrados, se suelen utilizar arquitecturas RISC a nivel de procesador. Esas arquitecturas se caracterizan por usar un conjunto reducido y especializado de instrucciones, en contraposición a las arquitecturas CISC (arquitectura típica de PC) que utilizan un conjunto complejo de instrucciones, y que habitualmente suponen un mayor coste para el fabricante y el usuario, por lo que por lo general no han cuajado en su implantación en el mercado.

Características a tener en cuenta a nivel de procesador son:

- Potencia de cálculo: habitualmente medida en Dhystone MIPS.
- Frecuencia de reloj: a mayor frecuencia de reloj, mayor número de instrucciones por segundo, por lo que se dispondrá de mayor número de MIPS .

- Tamaño de caché de datos.
- Tamaño de caché de instrucciones.
- Sistemas operativos en los que se puede programar la CPU: es un parámetro importante, ya que habitualmente no todos los sistemas operativos pueden ser integrados en cualquier CPU.
- Eficiencia de comunicación con resto de módulos del microprocesador.
- Integración con componentes externos del receptor.

Hay que hacer mención especial a la evolución de los microprocesadores, ya que en los primeros receptores de TV Digital, no existía un microprocesador como tal, sino que se utilizaban múltiples procesadores de propósito general, que se programaban para realizar funciones especializadas (demultiplexación, decodificación, control de memoria, etc). A medida que los microprocesadores fueron avanzando, más y más funciones se integraron en los mismos, de forma que las placas electrónicas de los receptores, se fueron des-poblando de componentes. Hasta llegar al punto en el que estamos ahora mismo, en el que un completo receptor de TV Digital se puede integrar en un tamaño no mayor de un pendrive USB, como el mostrado en la figura siguiente. Esto es fruto de la integración de componentes dentro del microprocesador.



Receptor DVB-T por USB.

13.2.6 Memoria

En los receptores, habitualmente existen módulos de memoria, que permitirán entre otras funciones:

- Almacenamiento de datos permanentes del receptor, como la configuración actual, o secuencia de arranque.
- Almacenamiento de código.
- Almacenamiento de datos de forma volátil, para ejecución de comandos, realización de cálculos, e incluso buffering para la decodificación de vídeo.

Lo habitual, es que existan tres tipos de memoria en los receptores, aunque dependiendo del tipo de receptor, alguno de estos tipos puede no existir (por ejemplo, en PVRs).

— FLASH:

La memoria Flash es una memoria no volátil para almacenamiento de datos de forma permanente con accesos de lectura y escritura lentos en comparación con la RAM, aunque tienen la ventaja respecto a ROM o EPROM de que pueden ser programadas desde el procesador al que están conectadas.

Son memorias que sólo pueden reprogramar bloques, pero previamente éstos han de ser borrados. Su uso en receptores de TV suele restringirse a las siguientes funciones:

- Almacenamiento de código del STB.
- Almacenamiento de datos de configuración.
- Almacenamiento de datos de arranque.

Los tamaños de FLASH en los receptores suelen estar en el rango 8-32MB, hasta llegar a 64MB en receptores avanzados.

RAM:

La memoria RAM (Random Access Memory) es una memoria volátil para almacenamiento de datos de forma temporal con accesos de lectura y escritura rápidos, por lo que es ideal para operaciones que requieren de inmediatez. Los datos son escritos o borrados, no programados.

El uso habitual de este tipo de memorias suele ser:

- Almacenamiento de código del STB en tiempo de ejecución para ejecución más rápida. En el momento en que se produce el arranque, una imagen del código de flash suele almacenarse en memoria RAM, para una ejecución más rápida del código.
- Almacenamiento de datos en tiempo de ejecución.
- Almacenamiento de frames en decodificación MPEG.
- Almacenamiento temporal de datos/código descargados.

Los tamaños habituales de RAM en receptores actuales van desde los 32MB en receptores sencillos, hasta los 256MB en receptores más avanzados.

EEPROM:

La memoria EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) es una memoria no volátil para almacenamiento de datos de forma permanente y programable eléctricamente. Sólo es programable mediante impulsos eléctricos, no mediante el procesador al que se conectan.

Sus principales usos son:

- Almacenamiento de datos no volátiles del receptor.
- Almacenamiento de rutina de arranque y datos de arranque.

Los tamaños de EEPROM suelen ser muy pequeños (8KB-256KB), dado que sólo requieren habitualmente el almacenamiento de unas rutinas de arranque que son muy simples. Incluso, a día de hoy, en

muchos casos, se prescinde de su uso, utilizando en su sustitución porciones de la FLASH.

Lo comentado para memorias, es aplicable tanto a los IRDs, como a los TVs Integrados, ya que éstos últimos, al fin y al cabo, tendrán la misma circuitería interna que los IRDs.

13.2.7 Interfaces de comunicaciones

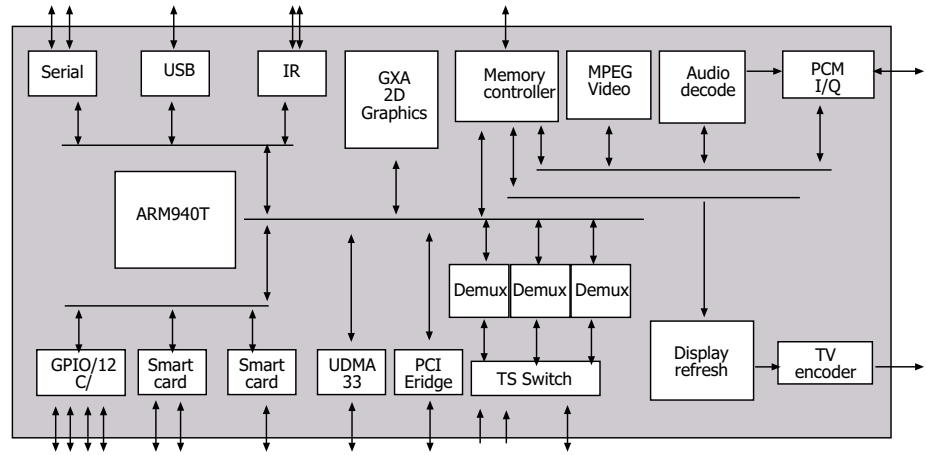
A medida que los receptores (o TVs Integrados) van siendo más avanzados, incluyen más características de comunicación, que proporcionarán funcionalidades de valor añadido al usuario.

Pero no todo es comunicación con el exterior del receptor, sino que existen sistemas de comunicación, tanto internos al receptor en sí, como al microprocesador. De esta manera, se puede distinguir:

- Comunicación interna al microprocesador: comunicaciones que se establecen entre los módulos internos al propio microprocesador, como comunicación entre el sistema de procesamiento de audio/vídeo y el procesador, etc.
- Comunicación interna al receptor: comunicación con dispositivos internos al propio receptor, como puede ser comunicación entre el procesador y la etapa de sintonización.
- Comunicación externa: comunicaciones con el mundo exterior al receptor. Dentro de esas comunicaciones se podría citar:
 - Periféricos: módems, impresoras, cámaras, dispositivos de almacenamiento masivo, etc.
 - Canal de retorno.

Así, las comunicaciones internas al microprocesador constarán de buses internos que comunicarán los diferentes módulos del mismo. Por lo general existirán buses de control y de transferencia de información, que serán soluciones propietarias del fabricante del microprocesador. En la siguiente figura se ilustra este tipo de comunicaciones, mediante las líneas que comunican unos módulos con otros:

Comunicaciones
en un receptor.



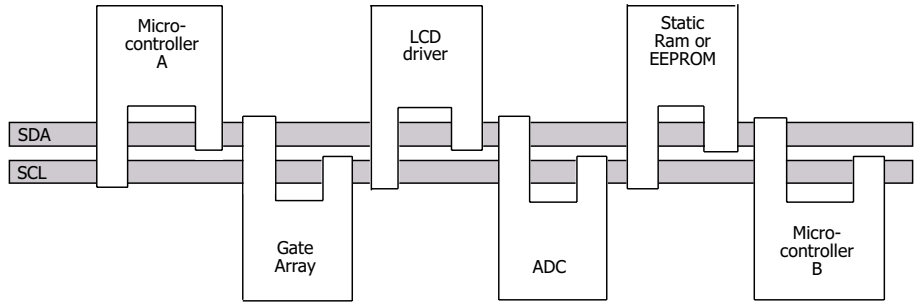
El procesador, a su vez, ha de comunicarse con otros elementos del receptor. Bien para controlar su funcionamiento, o bien para transferencia de información entre el procesador y éstos, como la memoria. Por esta razón deben existir mecanismos de comunicación entre los ellos.

Algunos de los dispositivos internos al receptor que pueden citarse son:

- HDD (disco duro) en caso de receptores con capacidad de grabación.
- Sintonizador y decodificador de canal.
- Matriz de A/V.
- Memorias.

El control de los circuitos integrados normalmente se realiza utilizando el Bus I2C, que es un estándar para el control de circuitos integrados y dispositivos, habitualmente de baja velocidad. El I2C fue desarrollado por Philips y se basa en un sencillo bus bidireccional de

dos hilos por el que se transmiten los datos vía serie. En la siguiente figura se ilustra el funcionamiento de un bus I2C:



Bus I2C.

El bus I2C normalmente funciona de modo que tiene un dispositivo maestro (habitualmente un microcontrolador o similar) y múltiples dispositivos esclavos, controlados por el primero.

Además del bus I2C, dependiendo de los dispositivos a conectar, existe una variedad importante de interfaces de comunicaciones, generalmente controladas por el microprocesador. Así, en últimas generaciones se pueden encontrar una gran variedad de interfaces de comunicaciones como UDMA, PCI, SCSI, IDE, SATA, etc.

Por otro lado, el receptor suele disponer de dispositivos de entrada de usuario, como el teclado frontal, o el receptor de infrarrojos, que tienen sus protocolos e interfaces específicos.

En receptores avanzados, nuevas interfaces de comunicaciones están siendo integradas, para permitir la comunicación con el mundo exterior. De esa manera, hoy en día pueden encontrarse receptores y TVs integrados con interfaces de comunicación Ethernet, USB, fi-rewire, lectores de tarjetas SD, RS232, puerto paralelo, etc.

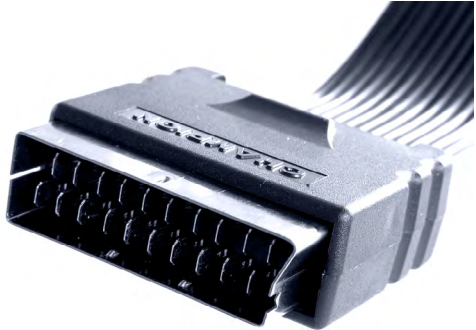
13.2.8 Conectores e Interfaces de Audio/Vídeo

13.2.8.1 SCART (Euroconector)

El SCART o también conocido como Euroconector, es el principal conector existente en los receptores de TV Digital. Asimismo, todos los iDTV también disponen siempre de SCART.

El nombre SCART viene de Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radiorécepteurs et Téléviseurs y fue inventado en Francia hacia 1978. El conector dispone de 21 pines, y se utiliza para hacer llegar las señales de audio y vídeo a dispositivos, habitualmente de visualización.

En la siguiente figura se puede observar un Euroconector típico en modalidad macho.



Euroconector.

Por lo general, los receptores de TV Digital disponen de al menos un SCART para conexión al TV, pero en multitud de ocasiones también permiten la conexión mediante otro SCART a un aparato grabador de vídeo.

Una de las características que diferencian claramente el SCART del resto de conectores, es que permite disponer de la señal de audio y vídeo en diferentes formatos, mediante el uso de un sólo conector. Como se aprecia, existen líneas específicas para transmisión de la señal de vídeo por componentes (RGB), o bien por vídeo compuesto (CVBS), o señales Y/C.

El SCART permite además la conexión en cascada de multitud de dispositivos. Cada uno de los 21 pines tiene una función específica de acuerdo a la tabla siguiente.

PIN	SEÑAL	NIVEL	IMPEDANCIA
1	AUDIO OUT RIGHT	0.5 V RMS	<1K OHM
2	AUDIO IN RIGHT	0.5 V RMS	>10K OHM
3	AUDIO OUT LEFT + MONO	0.5 V RMS	1K OHM
4	GROUND AUDIO	-	-
5	RGB GROUND BLUE	-	-
6	AUDIO IN LEFT + MONO	0.5 V RMS	<10 OHM
7	RGB BLUE IN	0.7 V	75 OHM
8	AUDIO/RGB SWITCH/16:9	HIGH (9.5-12 V) AV MODE LOW (0-2 V) TV MODE	<10 OHM
9	RGB GROUND GREEN	-	-
10	COMMS DATA 2	-	-
11	RGB GREEN IN	0.7 V	75 OHM
12	COMMS DATA 1	-	-
13	RGB GROUND RED	-	-
14	GROUND DATA	-	-
15	RGB RED IN/CROMINANCE	0.7 V (CHROM: 0.3V BURST)	75 OHM
16	BLANKING SIGNAL	HIGH LOW (0-0.4 V) COMPOSITE	75 OHM
17	GROUND COMPOSITE VÍDEO	-	-
18	GROUND BLANKING SIGNAL	-	-
19	COMPOSITE VÍDEO OUT	1 V INCLUDING SYNC	75 OHM
20	COMPOSITE VÍDEO OUT	1 V INCLUDING SYNC	75 OHM
21	GROUND/SHIELD (CHASSIS)	-	-

13.2.8.2 RCA

A veces es conocido también como conector “phono” o conector CIN-CH. Es un conector utilizado para audio y vídeo. El nombre RCA viene dado por la Radio Corporation of America.

El cable RCA habitualmente consta de un conector en cada extremo, que consiste en un conector central tipo macho, rodeado por un anillo. El anillo generalmente se segmenta. Los dispositivos suelen disponer del conector hembra, que consta de un hueco central rodeado por un anillo de metal. El conector tiene una zona estrecha entre los anillos interior y exterior, que normalmente se rellena de aislante.

El conector RCA se ha adoptado para usos para los que no fue originalmente concebido, como conector de alimentación, conector RF, y conector para cables de altavoz.

Uno de los usos más comunes es para llevar la señal de vídeo compuesto, pero tiene una adaptación de impedancias bastante pobre. Actualmente también se usa para la señal de audio digital, coloreando el conector de color naranja.

El código de colores suele ser:

- Amarillo: vídeo compuesto.
- Rojo: audio estéreo canal derecho.
- Blanco: audio estéreo canal izquierdo.

El cable macho tiene un pin central de 3,70 mm de diámetro y está rodeado de un anillo exterior de 8,25mm de diámetro.

En la siguiente figura se observa el típico cable de audio y vídeo RCA:



Existe una extensión de código de colores, que permite la conexión de múltiples tipos de dispositivos y señales.

En la siguiente tabla se detalla dicho código de colores.

COMPOSITE ANALOG VÍDEO	COMPOSITE	YELLOW	
	LEFT/MONO	WHITE	
	RIGHT	RED	
	CENTER	GREEN	
	LEFT SURROUND	BLUE	
	RIGHT SURROUND	GRAY	
	LEFT BACK SURROUND	BROWN	
	RIGHT BACK SURROUND	TAN	
	SUBWOOFER	PURPLE	
ANALOG AUDIO	S/PIDF	ORANGE	
	Y	GREEN	
	Pb	BLUE	
	Pr	RED	
	R	RED	
	G	GREEN	
	B	BLUE	
	H (HORIZONTAL SYNC) / S (COMPOSITE SYNC)	YELLOW	
	V (VERTICAL SYNC)	WHITE	
DIGITAL AUDIO	Y	GREEN	
	Pb	BLUE	
	Pr	RED	
	R	RED	
	G	GREEN	
	B	BLUE	
	H (HORIZONTAL SYNC) / S (COMPOSITE SYNC)	YELLOW	
	V (VERTICAL SYNC)	WHITE	
COMPONENT ANALOG VÍDEO (YPbPr)			
COMPONENT ANALOG VÍDEO/VGA (RGB/HV)			

13.2.8.3 SPDIF

SPDIF es un protocolo, a diferencia de los casos anteriores, que es utilizado para la transmisión de audio digital. S/PDIF viene de Sony Philips Digital Interface Format, y está regulado por IEC 958 Type II.

Es un protocolo de hardware para la transmisión de audio digital modulado en PCM entre dispositivos y componentes estereofónicos.

SPDIF permite diversos tipos de cables y conectores, dependiendo de los dispositivos a ser conectados. Se pueden basar en coaxial

con conector RCA, o en conector óptico, tipo TOSLINK, mostrado en la siguiente figura.

Conector Toslink.



La versión óptica tiene más inmunidad al ruido eléctrico que la versión coaxial. SPDIF se desarrolló a partir del estándar utilizado para audio profesional (AES/EBU), de hecho, a nivel de protocolo es idéntico, cambiando únicamente los cables y conectores.

En la siguiente tabla se resumen las características más importantes de este protocolo.

	SPIDF
CABLEADO	COAXIAL (75 OHM) O FIBRA ÓPTICA
CONECTOR	RCA, BNC, TOSLINK
NIVEL DE SEÑAL	0.5 V A 1 V
CODIFICACIÓN	BMC
INFORMACIÓN DE SUBCÓDIGO	INFORMACIÓN DE PROTECCIÓN DE COPIA SCMS
RESOLUCIÓN MÁXIMA	20 BITS (24 BITS OPCIONALES)

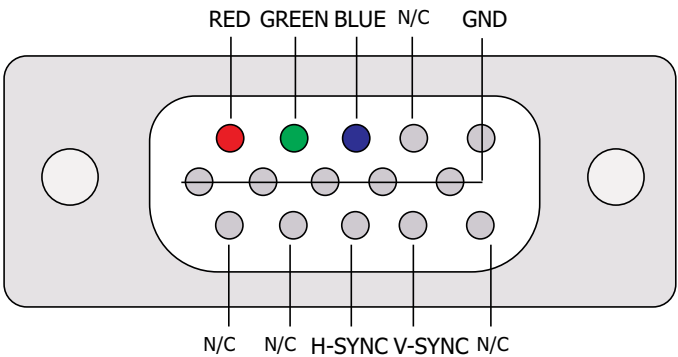
El conector coaxial u óptico suele utilizarse para conectar los receptores con salida de audio digital a sistemas de cine en casa que permiten decodificar la trama AC-3, que es lo que proporcionarían los receptores en su salida SPDIF.

13.2.8.4 Conector VGA

El conector VGA no es un conector que se utilice demasiado en receptores de TV Digital, aunque la mayoría de TVs actuales sí que disponen de una entrada VGA para conexión, habitualmente, de PCs o equipos portátiles externos.

El conector VGA dispone de 15 pines, en tres hileras. Por ello también se conoce como HD-15.

Los conectores VGA y su correspondiente cableado suelen ser utilizados exclusivamente para transportar componentes analógicos RGBHV (rojo - verde - azul - sincronización horizontal - sincronización vertical), junto con señales de vídeo DDC2, reloj digital y datos.



Conector VGA.

13.2.8.5 DVI

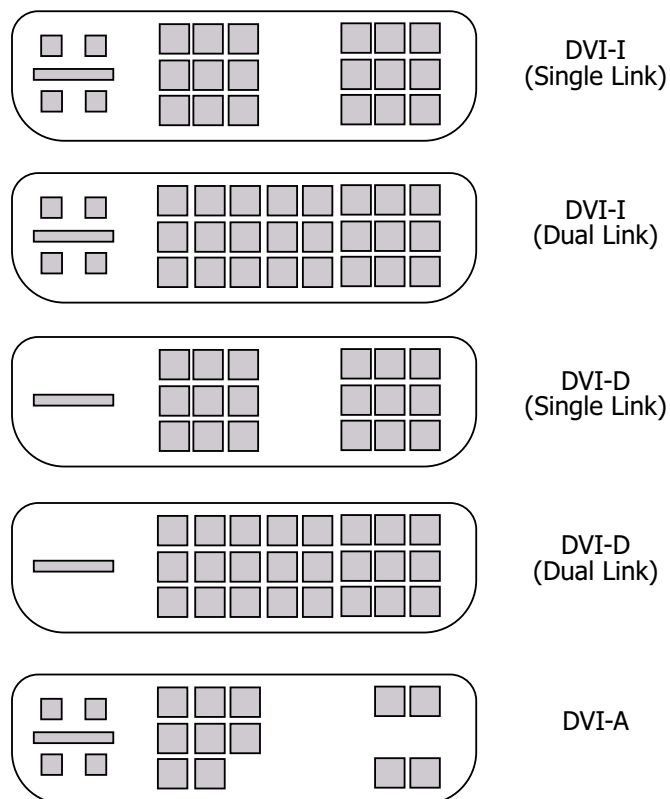
Digital Visual Interface (DVI) es una interfaz doméstica de vídeo analógico-digital, que permite la interconexión entre una fuente y un monitor. Se trata de una mejora de la interfaz VGA ya que posibilita la transmisión de vídeo digital, aumentando la distancia de conexión a 9 metros.

La interfaz DVI transmite los datos de vídeo usando el protocolo de TMDS (Transition Minimized Differential Signaling), con 4 pares,

uno dispone de la señal de reloj y el resto para los colores primarios.

Permite trabajar en modo Single Link donde la máxima resolución posible a 60 Hz es de 2,6 megapíxeles, o en modo Dual Link, añadiendo un segundo enlace, utilizando con otro conjunto de pares trenzados para el rojo, el verde y el azul. Cuando se requiere un ancho de banda mayor que el que permite un sólo enlace, el segundo se activa, y los dos pueden emitir píxeles alternos.

El estándar DVI especifica un límite máximo de 165 MHz para single link, de forma que los modos de pantalla que requieran una frecuencia inferior deben usar el modo single link, y los que requieran más deben establecer el modo dual link. Cuando se usan los dos enlaces, cada uno puede sobrepasar los 165 MHz. El segundo enlace también se puede usar cuando se necesiten más de 24 bits por píxel, en cuyo caso transmite los bits menos significativos.



Distintos tipos de conectores DVI.

Hay tres tipos de conectores DVI el DVI-I, DVI-D y el DVI-A.

- DVI-I que contiene 5 pines adicionales para la conexión de RG-BHV (analógica), además es compatible con ambas señales digitales y analógicas.
- DVI-A de 12 pines sólo para señal analógica.
- El DVI-D es compatible solamente con las señales digitales. Contiene 24 pines (3 filas de 8).

Las especificaciones para transmisión digital son:

- Frecuencia mínima de reloj: 21,76 MHz.
- Frecuencia máxima de reloj para enlace único: 165 MHz.
- Frecuencia máxima de reloj para doble enlace: limitada sólo por el cable.
- Píxeles por ciclo de reloj: 1 (enlace único) o 2 (doble enlace).
- Bits por píxel: 24.

Ejemplos de modos de pantalla (single link):

- HDTV (1920 × 1080) a 60 Hz con 5% de borrado LCD (131 MHz).
- 1920 × 1200 a 60 Hz (154 MHz).
- UXGA (1600 × 1200) a 60 Hz con borrado GTF (161 MHz).
- SXGA (1280 × 1024) a 85 Hz con borrado GTF (159 MHz).

Ejemplos de modos de pantalla (dual link):

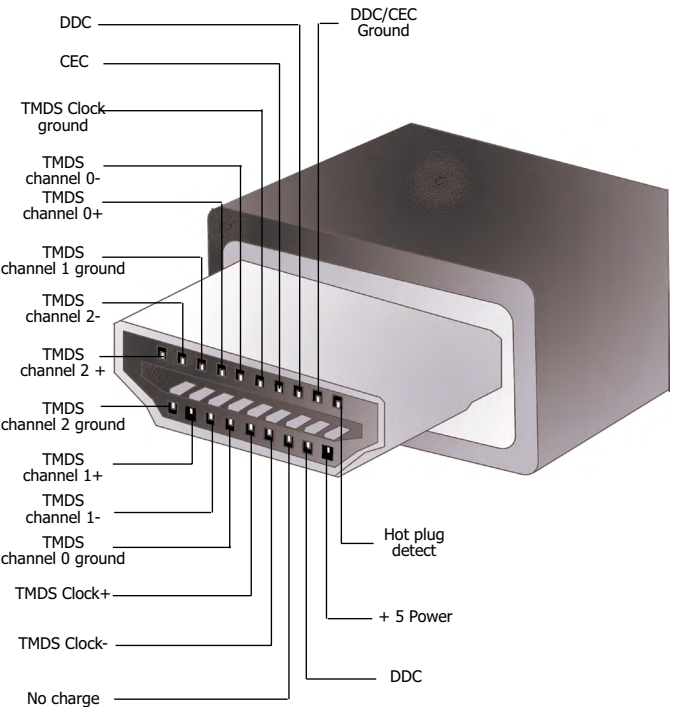
- QXGA (2048 × 1536) a 75 Hz con borrado GTF (2×170 MHz).
- HDTV (1920 × 1080) a 85 Hz con borrado GTF (2×126 MHz).

13.2.8.6 HDMI

Es una variante de la interfaz DVI digital que incorpora la transmisión de hasta 8 canales de audio digitales. La interfaz HDMI proporciona una comunicación bidireccional entre dispositivos de reproducción y pantallas de visualización, cuenta con un sistema de protección anti-copia denominado HDCP.

La interfaz HDMI ha sido diseñada por los líderes del sector como Hitachi, Panasonic, Philips, Sony, Thomson (RCA), Toshiba, Samsung y Silicon Image.

En un único cable (19 pines) es posible transmitir vídeo digital con calidad HD y SD a dispositivos como televisores, STB, reproductores de Blu-ray, vídeoconsolas etc. Permite enviar hasta 8 canales de audio a 192 KHz Dolby Digital, DTS y datos de control (Canal CEC (Consumer Electronics Control)) lo que reduce considerablemente el coste, disminuye la complejidad y evita confusiones, tal y como sucede con otros interfaces usados actualmente.



Conector HDMI macho.

Características:

La interfaz HDMI dispone de mayor ancho de banda para las señales de audio, en comparación con SPDIF y soporta formatos como Dolby True HD y DTS Máster Audio.

El HDMI tipo A es compatible con la interfaz DVI, lo que significa que puede conectarse a un monitor HDMI, o viceversa, por medio de un adaptador o cable adecuado, pero el audio y las características de control remoto HDMI no estarán disponibles.

La última versión disponible es HDMI 1.4. Además del envío de audio y vídeo en alta definición, permite enviar datos, vídeo en 3D y un canal de retorno de audio. Esta interfaz mejora las características del FULL HD incluyendo las especificaciones DCI (Digital Cinema) que posibilitan el envío de vídeo con resoluciones de 4096 × 2160 a 24 fps o de 3840 × 2160 a 30 fps. Además presenta mejoras en el soporte extendido de colores, con lo que el nuevo HDMI ofrece colores más reales.

- High-Definition Multimedia Interface.
- High-Bandwidth Digital Content Protection.

13.2.9 Nuevas Tendencias

En la actualidad, existen nuevas tendencias en cuanto a la recepción de servicios de TV Digital.

Nuevos formatos de vídeo y nuevas funcionalidades de navegación, están haciendo que la TV analógica tradicional pase a la historia, y el usuario pueda disponer de gran calidad de imagen y sonido, y servicios añadidos que dotan al espectador de nuevas experiencias de visionado y disfrute de los contenidos.

13.2.9.1 HDTV

La TV en Alta Definición, es como su nombre indica, un formato de TV que permite visualizar el vídeo con mayor definición de lo que se hacía hasta ahora.

Existen varios formatos de Alta Definición (explicados en otro capítulo) que básicamente se resumen como 720p (720 líneas, formato progresivo), 1080i (1080 líneas, formato entrelazado), o 1080p (1080 líneas, formato progresivo).

En el mercado existen multitud de receptores con capacidad de recepción, decodificación y mostrado de imágenes en HD. Hay que tener en cuenta que dichos receptores han de tener la capacidad de decodificar H.264, que es el estándar que se ha elegido para la compresión de contenidos en HD.

En cuanto a TVs integrados, es relativamente reciente la aparición de unidades en el mercado capaces no sólo de sintonizar, sino de decodificar y mostrar contenidos en HD. En ese caso se hace imprescindible que el TV permita la decodificación de contenido comprimido según H.264. Habitualmente todos los receptores y TVs con capacidad de decodificación HD en H.264, mantienen compatibilidad con los contenidos MPEG-2 en SD (Standard Definition).

13.2.9.2 3DTV

Ante la creciente expectación de los sistemas 3D estereoscópico en los cines, la TV no ha podido verse exenta de dicha oleada.

Es común ver todas las semanas anuncios de operadores que van a comenzar emisiones en 3D estereoscópico, y es significativo el anuncio de Sky en Reino Unido de que emitirá de forma continua en 3D estereoscópico.

Pero existe un problema fundamental a la hora de poder emitir en 3D, y es que el usuario ha de ser capaz de visualizar dichas emisiones. Para ello, es imprescindible que el usuario cambie su TV, independientemente del formato 3D en que se emita. No así el receptor, que dependiendo de la forma de emisión, bastaría con que fuese un receptor preparado para HDTV.

De hecho, la mayoría de emisiones que se van a realizar en el corto plazo, se vale de toda la infraestructura de HD existente, y utilizarán receptores (IRDs) estándar de Alta Definición.

Éstos enviarán la señal (habitualmente en formato side by side) al TV a través de su conexión HDMI, y será el propio TV 3D el que presente la imagen en 3D estereoscópico.

Esas TVs 3D, son las que entienden los diferentes formatos 3D estereoscópicos que le pueden llegar por la entrada HDMI. Y habitualmente permitirán la visualización con la utilización de gafas para visualización 3D en cualquiera de sus tecnologías.

14. VISUALIZACIÓN

14.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

14.2. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

14.2.1 MIGRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL CRT A LAS PANTALLAS PLANAS

14.2.2 CRT

14.2.3 TECNOLOGÍAS DE LCD

14.2.4 TECNOLOGÍAS DE PLASMA

14.2.5 TECNOLOGÍAS DE PROYECCIÓN Y RETROPROYECCIÓN

14.2.6 OTRAS MÉTRICAS DE CALIDAD EN PANTALLAS PLANAS

14.2.7 ETIQUETADO DE PANTALLAS DE LA EICTA PARA HDTV

14.2.8 TENDENCIAS FUTURAS

14.2.9 PANTALLAS ESTEREOSCÓPICAS

14. VISUALIZACIÓN

14.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Las tecnologías de visualización audiovisual, preferentemente en el mundo de la televisión convencional, necesitan más tiempo que otras para madurar, teniendo en cuenta que la gestión y manejo de los bits que componen una señal digital se ve sorprendida por un ritmo vertiginoso de avances, y la presentación de los mismos hacia el espectador no puede mantener ese ritmo al tratarse de tecnologías con gran componente de invención de nuevos materiales.

Aún así, el paso del tiempo ha hecho que los desarrollos de las nuevas pantallas y dispositivos de visualización también sufran solapamientos de tecnologías, como se está viendo ahora con la Alta Definición y los sistemas 3D.

Aunque en laboratorio estos tiempos son diferentes, hace pocos años que el consumidor solo tenía que seleccionar la marca comercial del CRT que deseaba, porque el resto de tecnologías empezaban a deslumbrar únicamente en el mercado informático, y se decantaba por el marketing que hubiera llegado a impactarle, y la supuesta calidad de los productos por lo que "le decían", ahí SONY, PHILIPS, PANASONIC y alguna otra eran los reyes de la acción, y quizá incluso añadían algún efecto diferencial para distinguirse, como los 100 Hz (doble refresco de imagen).

Ya desde hace unos años, se ha equilibrado la balanza, y ya se habla de marcas que superan a las anteriores en calidad de imagen, diseño y otros factores, como son SAMSUNG, LG, etc.

Pero es ahora en estos últimos 3 años (no nos remontamos en exceso por no querer hacer un texto de historia en esta introducción) cuando ese solapamiento es patente.

La tecnología ha variado desde los voluminosos CRTs pasando por las pantallas planas de un ancho considerable, hasta las nuevas tecnologías de empresas como SAMSUNG donde el ancho de pantalla no pasa de 2-3 centímetros, tendiendo a ser un elemento decorativo de pared más que un televisor convencional.

Igualmente los proyectores, antes con un volumen solo apto para los grandes salones, ahora se camuflan en falsos techos y su calidad es muy buena.

La selección de un sistema de visualización dentro de la gama actual es realmente difícil, pues aunque como se verá en este apartado unas tecnologías se distinguen de otras claramente en prestaciones según la exposición al exterior que se realice, y entorno de uso (por tanto contraste y luminosidad necesarios), tamaños de pantalla necesarios, aún así, con estos parámetros conocidos, la recomendación es difícil para comprender por los vendedores y comerciantes cercanos al público, que son realmente quienes tienen la última palabra para el 80% de la población.

Si dejamos de lado el tema de la selección por características (TFT, LCD, LED, PLASMA, otros) y nos adentramos en el acelerado mundo de las tecnologías, observamos cómo ahí dependemos de la cambiante tecnología de EMISIÓN de señal audiovisual, que tiene en la primera década del siglo XXI un crecimiento exponencial.

Ahí nos encontramos con que la llegada del color transformó los aparatos allá por los años 70, y hasta ahora no parecía que hubiera OBLIGACIÓN de cambiar esos aparatos, pero la hora de bajar el ciclo de vida de un sistema de visualización ha llegado, preferentemente para poder observar en casa las maravillas que se están transmitiendo en los diferentes formatos.

Concretando, nos encontramos con la llegada de la Alta Definición, para lo cual hay que tener un dispositivo de visualización HD Ready (720p y 1080p) o HD TV, pero como los precios mandan, finalmente HD Ready se ha impuesto durante unos años, y ahora las futuras transmisiones de HD 1080p no se podrán visualizar en esos televisores. Si transmitimos MPEG2 o MPEG 4 AVC también entramos en problemas.

Vamos, un lío en que se ha metido sin querer a los sistemas más estables por excelencia en la cadena de valor, dado que inciden directamente sobre el consumidor final.

Pero para poner la guinda al pastel en las fechas de este informe, ya hay en el mercado hasta 18 modelos de TVs que soportan 3D, es decir transmisiones estereoscópicas, que por supuesto son compatibles con las anteriores transmisiones, pero que ya están "tentando" al consumidor, aún sin un estándar definido en la cadena de valor 3D.

Con este panorama, debemos congratularnos por que los sistemas de visualización se han subido al carro de las novedades continuas, tecnologías avanzadas y sistemas adicionales, pero por otra parte también se ha perdido el largo ciclo de vida de las televisiones en el hogar y locales. De cualquier forma hay que hacer notar que también el precio se ha reducido lo suficiente como para que la introducción de menores tiempos de cambio sea factible.

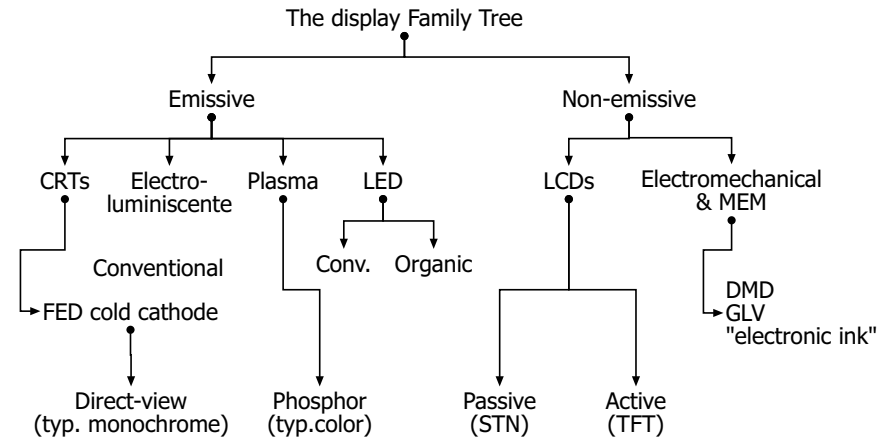
14.2 TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

14.3.1 Migración de la tecnología del CRT a las pantallas planas

La actualidad el mercado de las pantallas de televisión ha sufrido una transformación similar a la que provocó la aparición de la TV en color, debido principalmente a los avances tecnológicos acontecidos en el campo de la electrónica de visualización y al aumento de las capacidades de procesamiento digital de la señal de vídeo.

La siguiente figura muestra la jerarquía de tecnologías de pantallas de visualización.

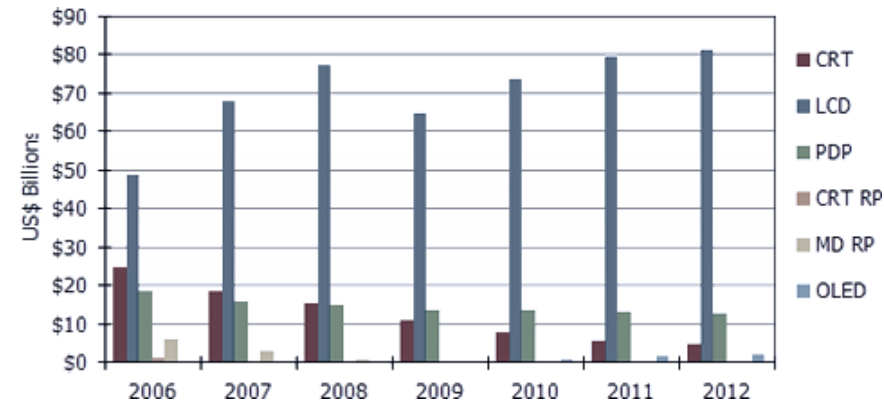
Tecnologías de pantallas existentes.



Tal y como se aprecia en la anterior figura, las pantallas se pueden dividir en dos grupos:

- Emisivas: Producen la imagen mediante una fuente de luz propia.
- No Emisivas: Producen la imagen mediante una fuente de luz externa.

Estas tecnologías han supuesto un gran cambio en el mercado, donde se aprecia el descenso de las ventas de monitores basados en CRT y un incremento de tecnologías emergentes como LCD, PDP, OLED, etc.



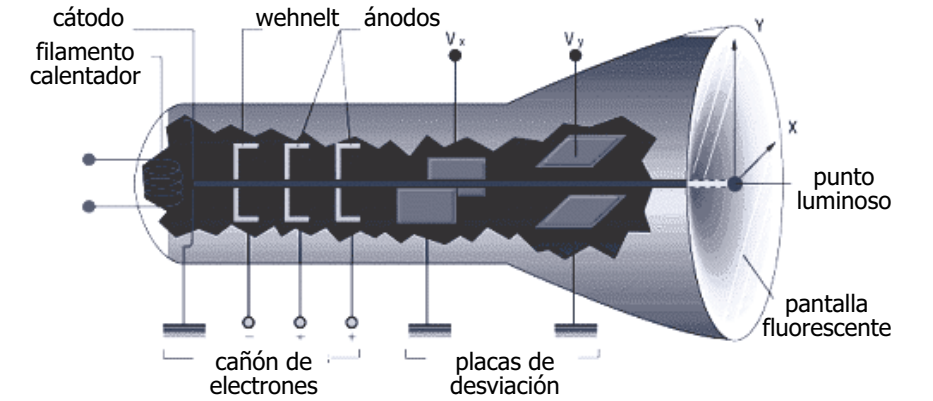
Ventas de pantallas por tecnologías.

A continuación se comentarán diversas tecnologías de visualización de pantallas tanto emisivas como no emisivas, comenzando con la tecnología CRT, para posteriormente continuar con las tecnologías PDP, LCD, de proyección y retroproyección, para finalizar con las nuevas tecnologías OLED.

14.2.2 CRT

La tecnología CRT se basa en el tubo de rayos catódicos cuya principal aplicación ha sido las pantallas de televisión, caracterizadas por su elevado volumen debido a las dimensiones de su CRT. En la actualidad esta tecnología está en desuso, y en los últimos años ha sido desplazada por otras tecnologías denominadas pantallas planas, como LCD o plasma.

El componente fundamental de la tecnología CRT es el tubo de rayos catódicos. En la siguiente figura se muestra su estructura interna.



Estructura de un tubo de rayos catódicos.

El principio de funcionamiento se basa en el impacto de un haz de electrones acelerado sobre un material fluorescente que compone la pantalla, produciendo la emisión de luz durante un

tiempo finito. La luminosidad producida, dependerá de la intensidad de la colisión de los electrones.

El haz de electrones comienza a emitir el chorro de electrones que impactarán en la parte superior izquierda de la pantalla, y a continuación la recorrerá de izquierda a derecha en sentido horizontal. Una vez haya finalizado la línea, volverá al margen izquierdo pero una línea más abajo, repitiendo este proceso hasta llegar a la última línea volviendo a repetir el proceso desde el comienzo, en el denominado barrido horizontal y vertical.

- o Ventajas e inconvenientes de la tecnología CRT.

La tecnología CRT es una tecnología muy robusta con una gran implantación en televisores y monitores. Tiene una alta calidad y control de imagen con gran capacidad de adaptación a diferentes resoluciones. Por el contrario los dispositivos que integran esta tecnología son muy voluminosos, debido a la necesidad de una distancia mínima entre el haz de electrones y la pantalla.

Otros factores negativos son:

- Alto consumo de energía.
- Tecnología de barrido analógico.
- Fragilidad del tubo.
- Emiten alto nivel de radiación de baja frecuencia.
- Imposibilidad de visualización de vídeo según nuevos estándares de TV, como la TV en Alta Definición.

Debido a estos inconvenientes han surgido otras tecnologías que corrigen algunos de los problemas de la tecnología CRT, pero que en gran medida ofrecen una mejora estética debido a lo reducido de sus dimensiones.

14.2.3 Tecnologías de LCD

La tecnología LCD apareció en el siglo XIX y se basa en fenómenos de polarización de la luz. Necesita de una luz trasera generada por un cátodo. Utiliza dos polarizadores por píxel cuya posición cambia dejando pasar mayor o menor cantidad de luz en función de un campo magnético aplicado.

Trabaja mediante luz polarizada, donde las moléculas de cristal líquido se alinean para permitir que la luz se refracte a lo largo de una cadena y alcance así el otro extremo. Se realiza un anclaje de las moléculas del cristal a cada lado de la pantalla mediante canales en el vidrio, su estado natural crea las alineaciones necesarias.

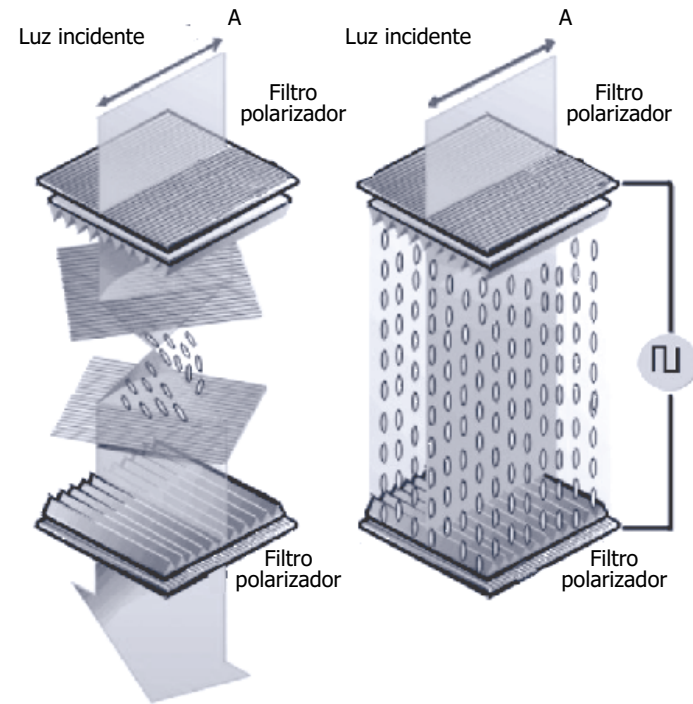
Cuando se aplica una corriente a cualquier píxel de la pantalla, las moléculas pierden la alineación necesaria, de forma que cualquier luz es bloqueada por el polarizador opuesto. El color se produce de forma similar a los CRTs, con celdas individuales de cristal líquido para cada píxel, compuesto por tres subpíxel que se corresponden con los 3 colores primarios rojo, verde y azul. La luz se filtra en el cristal líquido, permitiendo el paso sólo a los colores correspondientes.

Existen varios tipos de LCD en función de su matriz:

- **Dual Scan** (matriz pasiva):

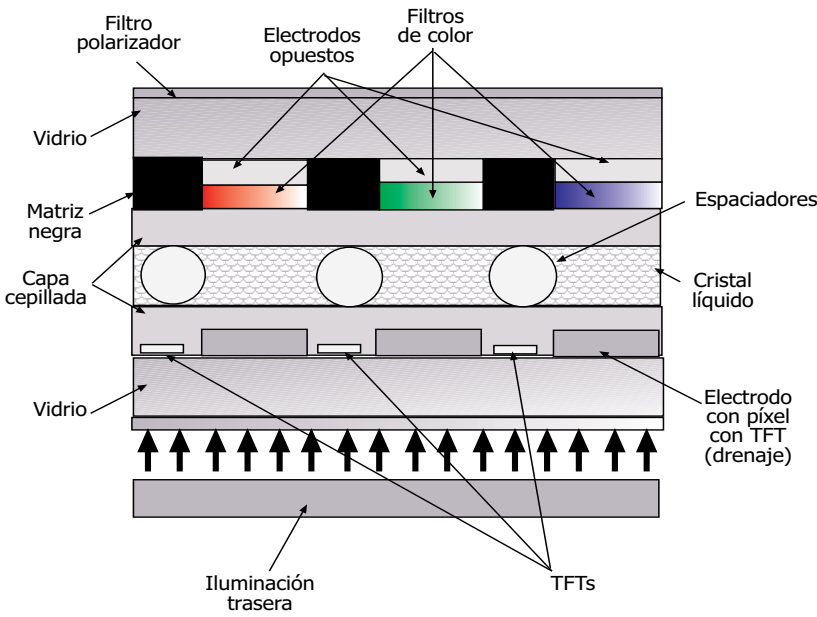
Esta tecnología está formada por dos filtros polarizadores con filas de cristales líquidos alineados de forma perpendicular y tres filtros que corresponden a cada uno de los colores básicos. Cuando se aplica una corriente eléctrica sobre los filtros, se deja pasar la luz o no, obteniendo la imagen en color. Esta tecnología se emplea en ordenadores portátiles y otros dispositivos móviles, ya que carecen de tubo y permiten la movilidad de los dispositivos. Esta tecnología también reduce el consumo de energía y las radiaciones, a costa de reducir la calidad a un precio superior, por este motivo no se emplea en pantallas de televisión.

Funcionamiento LCD matriz pasiva.



— **Matriz activa** - TFT (Thin Film Transistor):

Se trata de una variante de LCD que utiliza la tecnología de transistores de película delgada, que mejoran la calidad de la imagen. Se utilizan en televisores, proyectores y pantallas de visualización. Esta tecnología mejora notablemente la calidad de los LCD de matriz pasiva aumentando el ángulo de visión. Por el contrario las pantallas con tecnología TFT son más complicadas de fabricar, siendo su coste superior al de la matriz pasiva. La siguiente figura muestra la composición en capas de una pantalla con tecnología TFT.



Funcionamiento LCD-TFT matriz activa.

A continuación se muestran las principales características de las pantallas de TFT:

• Frecuencia de refresco.

La frecuencia de refresco es un parámetro que indica el número de frames que se representan o visualizan por segundo. Si ésta no es lo suficientemente elevada, se puede observar un efecto de parpadeo en la imagen. En las pantallas con tecnología TFT es más apropiado hablar de tiempo de respuesta, que de frecuencia de refresco. El tiempo de respuesta es el tiempo necesario para que un píxel se encienda y se apague. Se trata de un parámetro característico de la tecnología TFT. El tiempo de respuesta de esta tecnología suele ser inferior a 15ms, alcanzando un mínimo de 5ms. Esta persistencia temporal es la que limita el número de imágenes por segundo mostradas.

- Ángulo de visión.

La luz obtenida por la pantalla sale en una dirección normal al plano de la misma. Si un usuario observa la pantalla desde un ángulo determinado, su visión se ve afectada originándose una distorsión de color y en luminosidad. Por tanto la calidad se deteriora a medida que el ángulo de visión aumenta, reduciendo los contrastes y produciendo cambios en el color. Los ángulos de visualización habituales de la tecnología TFT, tanto verticales como horizontales suelen estar en el rango 170° - 178°.

El valor límite del ángulo de visión corresponde, en el caso de las TFT, al ángulo en el que el contraste cae hasta 10:1, según el criterio establecido por la norma TCO'03 Flat Panel Displays.

- Contraste.

El contraste de una pantalla es la relación de luminancias en blanco respecto a una imagen en negro, medido en una habitación oscura.

La medida de contraste se define como:

$$CR = \frac{L_w}{L_b}$$

Donde L_w es el nivel de luminancia en blanco y L_b es el nivel de luminancia en negro.

El contraste proporciona la información relativa a la calidad de la imagen presentada, siendo mejor cuanto mayor es éste. Los valores aceptables para el sistema de percepción visual humano son 250:1. En las pantallas TFT la iluminación posterior permanece constantemente encendida, no pudiendo variar el brillo. Para obtener una imagen completamente en negro, los cristales líquidos deben bloquear la luz trasera, siendo esto imposible, ya que una pequeña porción de la luz acaba pasando a través del cristal líquido. Por tanto el contraste que ofrece las pantallas con tecnología TFT tiene un valor inferior a las de tecnología de plasma, como se describe más adelante.

- Brillo.

El brillo es la relación existente entre el área de la superficie sobre la que se incide y la intensidad luminosa. La norma TCO'03 establece que el valor para las pantallas TFT sea igual o superior a 150 Cd/m².

- Color.

Cada píxel de la pantalla está dividido en tres subpíxeles, (rojo, verde y azul) la combinación de los subpíxeles determina el color representado.

La representación del color en las pantallas TFT es muy buena para la gama de los rojos y azules, aunque resulta un poco pobre para colores verdes. La siguiente figura muestra el diagrama CIE de un monitor TFT.

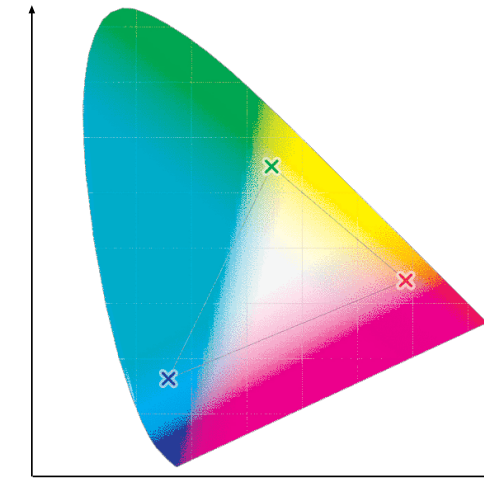


Diagrama CIE de un monitor con tecnología TFT.

- Consumo energético y radiaciones.

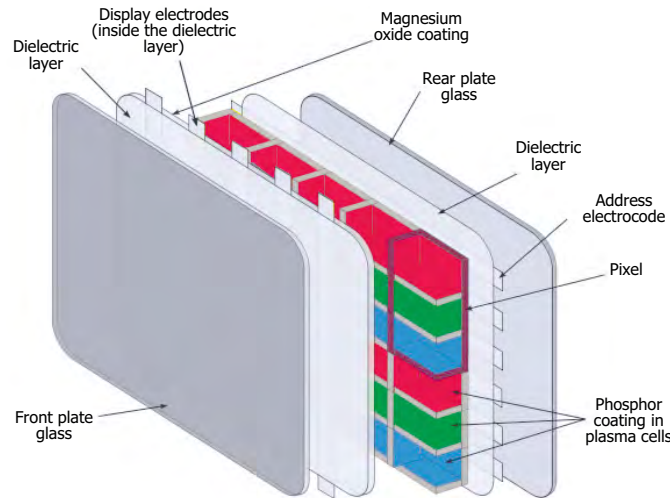
Las pantallas con tecnología TFT tienen un consumo bajo de energía en comparación con otras tecnologías. Por ejemplo reducen un 60 % el consumo respecto a las CRT. Por último, la tecnología TFT tiene un patrón muy bajo de radiación si se compara con la tecnología CRT.

14.2.4 Tecnologías de Plasma

La tecnología de plasma también conocida como PDP (Plasma Display Panel) se basa en el principio de que determinados gases emiten luz cuando se les somete a una corriente eléctrica, y en la captura del gas Neón entre dos láminas que están cubiertas por líneas conductoras. Las líneas conductoras se sitúan en ángulos rectos, de forma similar a las de las pantallas LCD de manera que según pasa la co-

rriente por las líneas conductoras, el gas de las láminas reacciona creando una imagen.

En la actualidad, las pantallas con tecnología PDP contienen una mezcla de gases que emiten radiaciones en el espectro del ultravioleta. Esta emisión se utiliza para excitar una capa de fósforo de forma similar al haz de electrones en las pantallas con tecnología CRT. El resultado de este proceso es una imagen con el brillo y velocidad equivalente al de la imagen original.



La tecnología PDP ofrece una mayor resolución que la tecnología LCD, integrándose en el mercado de los ordenadores portátiles y los televisores. Además no tienen limitación respecto al tamaño, permiten ofrecer un elevado brillo en la imagen que las hacen recomendables en ambientes con gran iluminación.

A continuación se muestran las principales características de las pantallas PDP:

- Frecuencia de refresco.

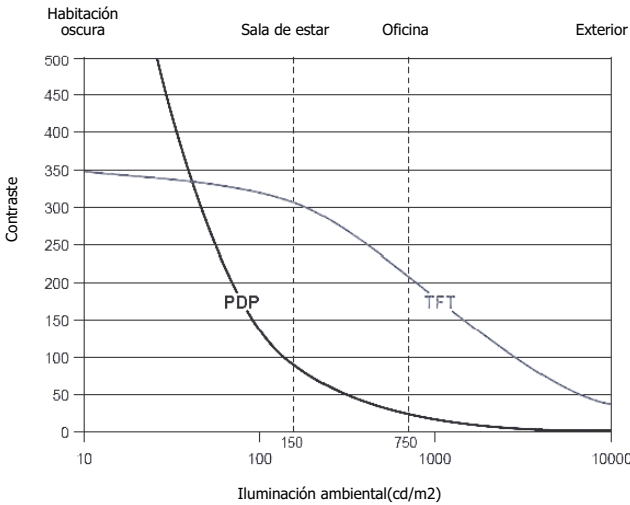
Las pantallas que integran la tecnología PDP ofrecen una sensación de continuidad sobre la imagen, ya que el proceso no se realiza línea a línea, sino la imagen por completo, disminuyendo la fatiga visual.

- Angulo de visión.

El ángulo de visión no es un factor influyente en las pantallas PDP, por lo tanto la luminancia es independiente del ángulo de visión.

- Contraste.

Las pantallas PDP ofrecen un contraste elevado. La siguiente figura muestra una gráfica comparativa de contraste ofrecido por la tecnología PDP y TFT dependiendo de la iluminación ambiente.



Las pantallas PDP reflejan la luz incidente sobre la superficie. De este modo, cuando existe mayor luz ambiente, mayor será la luz reflejada obteniendo un contraste menor.

- Brillo.

La tecnología PDP ofrece muy buenos niveles de brillo. Habitualmente suelen ser de 450 Cd/m²

- Color.

La representación de color en las pantallas PDP es buena, especialmente en los tonos con una fuerte componente de verde. La siguiente gráfica muestra el diagrama cromático CIE de una pantalla PDP. Su principal inconveniente es la dificultad que presenta para visualizar un

blanco uniforme en toda la superficie, al estar compuesto por miles de pequeños emisores con ciertas tolerancias en su fabricación.

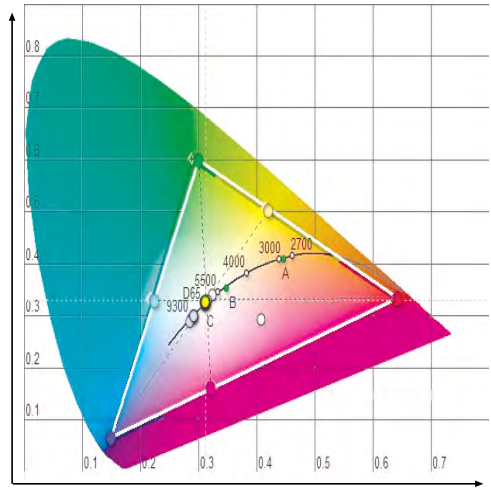


Diagrama CIE de un monitor con tecnología PDP.

• Consumo y radiaciones.

Las pantallas de plasma tienen un elevado consumo medio, siendo superior al de las pantallas TFT. En lo que respecta a las radiaciones, las pantallas PDP tienen un patrón de radiación bajo, al igual que sucedía con las TFT.

• Otras subtecnologías de pantallas PDP:

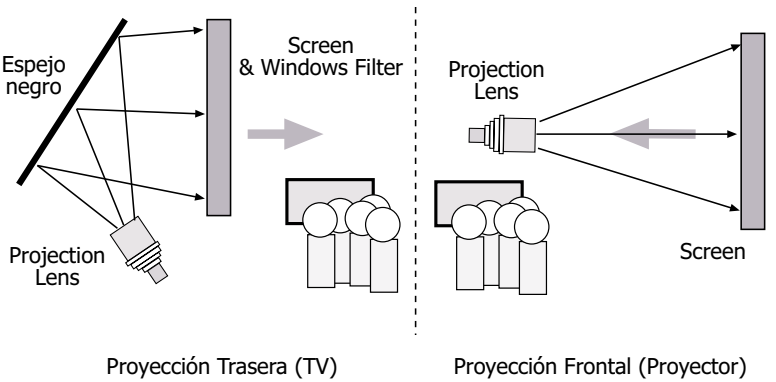
- ALiS (Alternate Lighting of Surfaces). Tecnología desarrollada por Fujitsu que mejora la resolución de las pantallas PDP. Usa un procedimiento de entrelazado que aumenta la resolución de la pantalla.
- PALCD (Plasma Addressed Liquid Crystal Display). Es una mezcla de tecnología LCD y PDP, desarrollado por Tektronix y Sony. Utiliza una matriz activa diseñada para TFT con una rejilla de ánodos y cátodos que usa la descarga del plasma para la activación de los elementos del LCD.

- ThinCRT: Tecnología que usa una lámina conductora con perforaciones, en las que se introducen cátodos que emiten luz fría y activan los elementos de fósforo de la pantalla. Estos cátodos tienen un tamaño muy reducido, de modo que se usan varios para la activación de un píxel, siendo la imagen mostrada muy resistente ante degradaciones. Esta tecnología tiene grandes ventajas, como mayor ángulo de visión, menor consumo, mayor brillo que sus competidoras, mayor resolución que otras tecnologías como LCD-TFT o CRT.

14.2.5 Tecnologías de proyección y retroproyección

Las tecnologías de proyección se han implantando poco a poco en los mercados domésticos debido al descenso de sus costes de producción.

Existen dos tipos de proyección, la proyección frontal y la proyección trasera o retroproyección. En la proyección frontal, el proyector se coloca frente a la pantalla visible por los espectadores, sin embargo en la retroproyección, la lente proyectora se coloca en la parte posterior de la pantalla. La siguiente figura muestra un ejemplo de los dos tipos de proyección.



Proyección trasera y frontal.

Hace algunos años aparecieron las primeras pantallas de retroproyección que consistían en enormes televisores con gran calidad de imagen pero con grandes limitaciones en lo que respecta al ángulo de visión. Este tipo de retroproyectores utilizaba tubos CRT, pero poco a

poco han sido sustituidas por otras tecnologías más compactas.

Actualmente, existen tres grandes tipos básicos de tecnología de proyección: CRT, LCD y DLP, algunas de ellas con diversas variaciones tecnológicas.

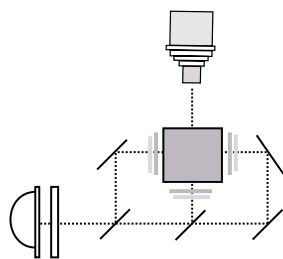
14.2.5.1 Sistema de retroproyección basado en CRT

Los primeros retroproyectores utilizaban la tecnología basada en CRT. En un retroproyector de CRT, tres pequeños CRT, uno para cada color primario, junto con una lupa de luz, creaban una imagen que enviaban al espejo. Con el correcto procesamiento de los circuitos de vídeo, el tamaño del CRT, la combinación de lentes producía excelentes imágenes de alta resolución.

En la actualidad los CRT no se comercializan por parte de las grandes marcas, por lo que se considera una tecnología en desuso debido principalmente a la profundidad de la pantalla.

14.2.5.2 Sistema de proyección basado en LCD

A diferencia de los sistemas de retroproyección CRT, los basados en LCD no funcionan con un tubo de proyección. En realidad funcionan mediante una potente fuente de luz que actúa sobre un chip LCD transparente compuesto por píxeles individuales que muestra la imagen de vídeo en movimiento y proyecta esa imagen a través de una lupa, a un espejo, que refleja la imagen en la pantalla.



Pantalla LCD.

Ventajas de los sistemas de proyección LCD:

- Los proyectores basados en LCD son mucho más delgados y más ligeros.

- Tecnología de alto contraste y capacidad de brillo, así como menor consumo de energía.

- Tamaño de pantalla mayor a un precio mucho menor.

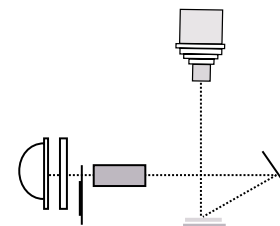
Limitaciones de proyección de vídeo LCD:

- Mayor pérdida de luz.
- Degradación temporal.
- Lámparas de gran consumo.
- Absorción de calor.

Otras variantes de proyección de vídeo LCD en uso son: LCOS (cristal líquido sobre silicio), D-ILA (Digital Imaging Light Amplification), y SXRD (Silicon Crystal Reflective Display).

14.2.5.3 Tecnología de proyección DLP

DLP es una tecnología de procesamiento de luz que incluyen los equipos de proyección y retroproyección. El sistema de retroproyección DLP se ha convertido en el favorito entre los entusiastas del cine en casa, ya que su experiencia de visualización es lo más próximo a tener un cine en casa a coste asequible.



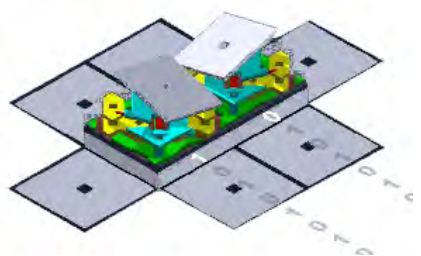
Pantalla DLP.

Se basa en la convergencia de una luz blanca proyectada a través de una rueda de color. En primer lugar se separa la luz en colores primarios y reflejando la luz mediante un prisma TIR se envía a un

chip DMD. El DMD está formado por millones de microespejos colocados sobre un sustrato semiconductor y una memoria SRAM CMOS, cuyos ángulos cambian conectándolos y desconectándolos, controlando la luz de un píxel que la transmite a través de las lentes proyectoras.

La rotación del espejo es realizada por la atracción electrostática, producida por la diferencia de voltaje desarrollada entre el espejo y la célula de la memoria subyacente. Tiene un tiempo de conmutación mecánica de 15us y un tiempo de conmutación óptica de 2us.

Rotación de microespejos en la tecnología DLP.



Características de la tecnología DLP:

- Imagen progresiva.
- Diseño óptico simple.
- Tamaño de píxel cuadrado con resolución de imagen fija.
- Excelente precisión del color.
- No necesita ajuste de convergencia.
- Usa una lámpara simple.

El principal problema de esta tecnología es el efecto Rainbow o arco iris. Se trata de un efecto muy común, producido por la rueda de color. Aparece como un arcoiris o un resplandor tenue multicolores, visible cuando se cambia el enfoque de una parte de la pantalla a

otra. Éste aparece como una imagen secundaria, que se muestra en la visión periférica del observador y es generalmente notoria cuando se cambia el enfoque de una área con alto contraste o muy brillante.

Para solucionar este problema, se usa la tecnología que sustituye la lámpara y la rueda de color por 3 LEDs de alta potencia, permitiendo mayor velocidad en la proyección de colores, reduciendo de este modo el consumo de energía.

14.2.6 Otras métricas de calidad en pantallas planas

Además de los parámetros clásicos de medida de calidad en pantallas, comentados anteriormente, existen otros parámetros que aportan información relevante de las prestaciones y características de una pantalla como son la Luminancia relativa, Contraste dinámico, Temperatura de color, Black Level, Flat Fielding etc. A continuación se describe cada uno de ellos.

• Luminancia relativa.

La luminancia es la medida de intensidad de luz promediada por el sistema visual humano. Se realiza sobre una imagen de color usando la matriz de conversión RGB a XYZ. El resultado será una imagen monocroma con los valores de las muestras de luminancia.

• Contraste dinámico.

El "contraste dinámico" es una técnica de mejora utilizada para optimizar artificialmente el contraste en cada imagen. Se usa sobre todo en pantallas LCD para mejorar el bajo contraste obtenido por éstas en comparación con las pantallas de plasma. Cuando el contraste dinámico está activado, el procesador de la pantalla analiza cada píxel de la imagen entrante para así, mediante el uso de filtros y modificando la potencia de la retroiluminación, ajustar automáticamente el contraste en cada imagen. Se trata de que el televisor juegue automáticamente con la cantidad de luz de la pantalla en función de si las imágenes que se muestran en ese momento son claras u oscuras.

• Temperatura de color.

Se trata de una medida del color de la pantalla, que habitualmente se establece en 9300° para la mayoría de los monitores. Este valor se corresponde con el blanco de referencia.

o Black level.

Las pantallas LCD suelen tener problemas para mostrar los tonos grises y negros. Black level, es una medida del nivel de negro en ambientes oscuros, que consiste en una variación del brillo de la pantalla y comprobar el nivel de negro.

o Tasa de uniformidad.

Esta tasa se calcula a partir de la desviación estándar, la cual ofrece una medida del grado de dispersión de la luminancia respecto a la media. La ventaja de la desviación estándar es que es muy poco sensible a pequeñas cantidades de valores extremos que pueden estar presentes en los bordes de las pantallas.

Tasa de uniformidad=100% - STDEV (relative luminance data)

o Resolución.

La resolución es el número de píxeles que pueden ser mostrados en una pantalla obtenidos por el producto del número de píxeles horizontales multiplicado por el número de píxeles en sentido vertical.

14.2.7 Etiquetado de pantallas de la EICTA para pantallas de HDTV

Los miembros de la European Information & Communications Technology Industry Association (EICTA) han acordado unas etiquetas para los dispositivos de sintonización y visualización, que proporcionan garantías de compatibilidad con las emisiones en alta definición:

— HD-Ready:

Se trata de una etiqueta para los dispositivos de visualización que sean compatibles con HD como monitores, plasma, LCD-TFT, proyectores etc. Define la obligatoriedad de soportar formatos 720p/50, 1080i/25 720p/60 y 1080i/30 con entradas analógicas o digital. Para la interfaz HDMI deberá incluir protección HDCP.

— HD TV:

Etiqueta diseñada para receptores (STB integrados) que pueden recibir y descodificar las emisiones en alta definición para los formatos 720p/50, 1080i/25 720p/60 y 1080i/30.

— HD Ready 1080p:

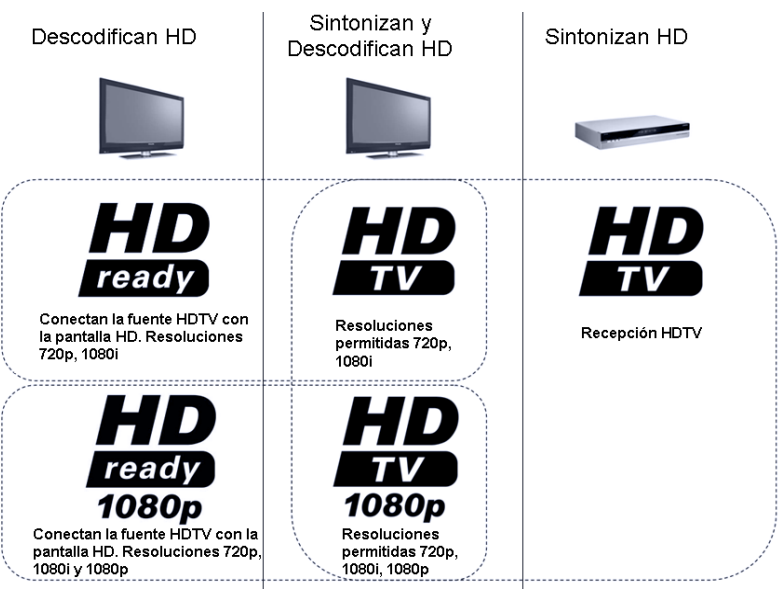
Es una etiqueta para dispositivos de visualización que acepten los anterio-

res formatos 720p, 1080i y adicionalmente señales con formato 1080p50 y 60Hz. Para poder visualizar emisiones HDTV estos dispositivos se utilizaran conjuntamente con dispositivos etiquetados con HDTV para poder recibir y descodificar las señales (necesitan un receptor de alta definición externo).

— HD TV 1080p:

Etiqueta para dispositivos de visualización que permiten la recepción y descodificación de los formatos 720p, 1080i, 1080p ofreciendo una resolución de pantalla de 1920x1080, y la visualización de 1080p50 y 60.

La siguiente figura muestra un resumen del etiquetado EICTA.



Etiquetado EICTA.

En la actualidad existe en el mercado de las pantallas de consumo otro etiquetado muy común, que no aseguran la visualización de forma correcta de las imágenes de alta definición, y que no está reconocido por ningún organismo de estandarización internacional.

— Full-HD:

Se trata de un etiquetado comercial no estandarizado por EICTA, creado por los fabricantes de dispositivos de reproducción debido a la lenta respuesta de las organizaciones de estandarización.

14.2.8 Tendencias futuras

14.2.8.1 TDEL

Thick-film dielectric electroluminescent (TDEL) es una tecnología de pantalla plana desarrollada por iFire Technology. TDEL se basa en la tecnología Electroluminescencia Inorgánica (Inorganic Electroluminescence, IEL) también utilizada en TFEL (Thin-Film Electroluminescence).

La tecnología TDEL tiene una gran durabilidad y un bajo coste de producción, reduciendo a la mitad sus costes de fabricación con respecto a otras tecnologías como LCD o PDP.

Básicamente está formado por un dispositivo IEL que genera una luz aplicando un campo eléctrico alternativo a fósforos luminescentes inorgánicos.

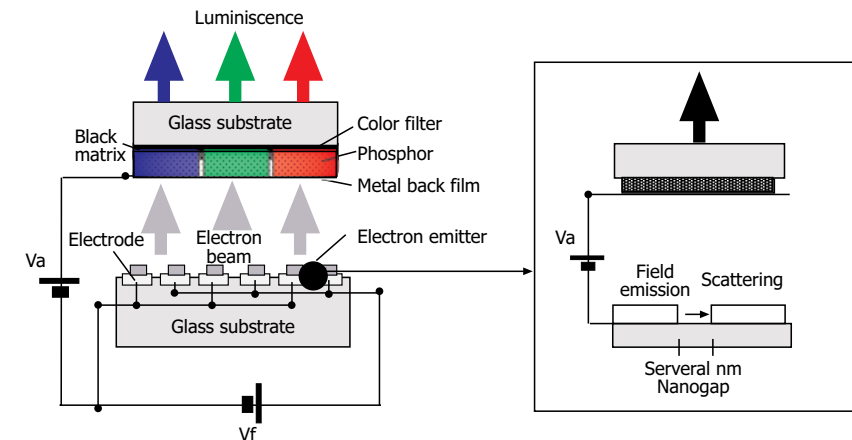
Las pantallas tradicionales de IEL son brillantes, muy rápidas en tiempo de respuesta de vídeo y altamente tolerantes a condiciones ambientales extremas. Sin embargo, la carencia de capacidad de color completo y de escalabilidad a gran tamaño ha limitado su uso en el mercado de consumidores habituales de televisión. La tecnología iFire trata estas limitaciones substituyendo el dieléctrico de película fina, de la tecnología tradicional de IEL, por un diseño patentado de película gruesa, y un material de alta constante dieléctrica. El resultado es una tecnología de pantalla plana que proporciona pantallas con un buen funcionamiento y bajo coste potencial.

La estructura de TDEL está desarrollada sobre un sustrato de vidrio consistente en una capa dieléctrica de película gruesa y una capa de fósforo de película fina situadas entre dos grupos de electrodos para formar una matriz de píxeles. Básicamente trabaja cuando los fósforos emiten luz en presencia de un campo eléctrico. TDEL utiliza fósforos en estado sólido en vez de líquido (como con LCD), gases (como con PDP) o vacío (como en TRC), de este modo es probablemente la nueva tecnología más robusta, siendo menos propensa a descargas y vibraciones.

14.2.8.2 SED

Los paneles SED (Surface-conduction Electron-emitter Display) han sido desarrollados por Canon y Toshiba. Se trata de una tecnología para pantallas planas que se caracteriza por utilizar un microCRT para

cada píxel. Ofrece las ventajas de la tecnología CRT y TFT eliminando sus defectos, obteniendo un excelente contraste y ángulo de visión sin aumentar el consumo. Además permite ampliar las dimensiones de las pantallas.



Sección pantalla SED.

Los televisores con tecnología SED tendrán una calidad de imagen igual a todos los televisores CRT, consiguiendo mejorar de una manera excelente las deficiencias de los aparatos de pantalla plana LCD, Plasma o TFT.

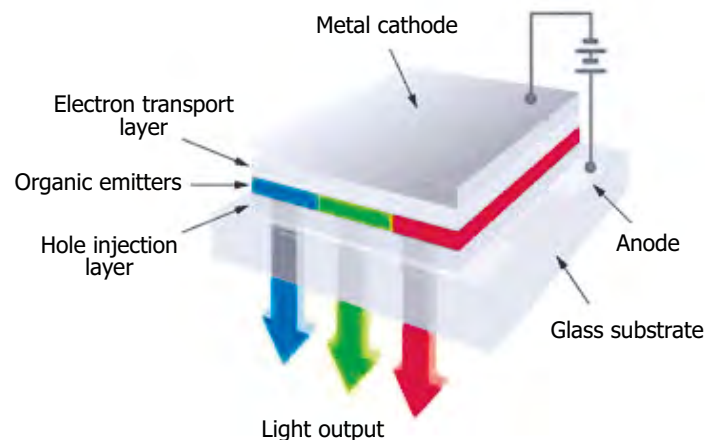
- Buena representación de la gama de colores.
- Buen contraste y luminosidad.
- Reducción de consumo.
- Proceso de fabricación sencillo.
- Eliminación de problemas de refresco.

En la actualidad no se comercializan pantallas con tecnología SED debido a problemas en el diseño y producción, unido al descenso de los precios de las pantallas con tecnología LCD y a los éxitos de otras tecnologías emergentes como OLED que ponen en peligro la comercialización de las pantallas con tecnología SED.

14.2.8.3 OLED

OLED (Organic Light-Emitting Diode), es un diodo que se basa en una capa de material electroluminiscente formada por una película de componentes orgánicos que reacciona a una determinada estimulación eléctrica, generando y emitiendo luz por sí mismos.

Las principales ventajas de los OLEDs son: menor coste, mayor escalabilidad, mayor rango de colores, más contrastes y brillos, mayor ángulo de visión, menor consumo y en algunas tecnologías, flexibilidad. A continuación se muestran las capas que forman una pantalla con tecnología OLED.



La degradación de los materiales OLED han limitado su uso por el momento. Actualmente se está investigando para dar solución a los problemas derivados, hecho que hará de los OLEDs una tecnología que puede reemplazar la actual hegemonía de las pantallas LCD (TFT) y de la pantalla de plasma.

La tecnología OLED se está implantando poco a poco en todo tipo de aplicaciones: pantallas de televisión, pantalla de ordenador, pantallas de dispositivos portátiles etc. Sus formatos pueden tener dimensiones pequeñas (2") hasta grandes tamaños como los existentes en las pantallas LCD.

◦ Funcionamiento.

Se aplica voltaje a través del OLED de manera que el ánodo es positivo respecto del cátodo. Esto causa una corriente de electrones que fluctúa en este sentido. Así, el cátodo da electrones a la capa de emisión y el ánodo lo hace en la capa de conducción.

Seguidamente, la capa de emisión comienza a cargarse negativamente, mientras que la capa de conducción se carga con huecos. Las fuerzas electrostáticas atraen a los electrones y a los huecos, los unos con los otros, y se recombinan. Esto sucede más cercanamente a la capa de emisión, porque en los semiconductores inorgánicos los huecos son más movidos que los electrones (no ocurre así en los semiconductores inorgánicos).

Finalmente, la recombinación causa una emisión de radiación a una frecuencia que está en la región visible, y se observa la luz en un color determinado.

Existen varias tecnologías relacionadas con OLED:

- PLED (Polymer Light-Emitting Diodes). Se basan en un polímero conductivo electroluminiscente que emite luz cuando lo recorre una corriente eléctrica. Se utiliza una película de sustrato muy delgada y se obtiene una pantalla de gran intensidad de color que requiere relativamente muy poca energía en comparación con la luz emitida.
- SM-OLED (Small-molecule OLED). Es una tecnología desarrollada por Kodak. Requiere una deposición en el vacío de las moléculas, mediante sustratos de vidrio obteniendo baja flexibilidad en las pantallas.
- TOLED (Transparent OLED). TOLED usan un terminal transparente para crear pantallas. Mejoran el contraste con el entorno, haciendo mucho más fácil el poder ver las pantallas con la luz del sol.
- SOLED (Stacked OLED). Utilizan una arquitectura de píxel novedosa que se basa en almacenar subpíxeles rojos, verdes y azules, obteniendo grandes mejoras en la resolución de las pantallas.

Sección pantalla OLED.

Además de las tecnologías anteriores, las pantallas OLED pueden ser activadas mediante un método de conducción de la corriente por matriz que puede tener dos esquemas diferentes y da lugar a las tecnologías AMOLED y PMOLED.

AMOLED (Active-matrix OLED): Las pantallas con matriz activa OLED están formadas por capas completas de cátodos, moléculas orgánicas y una capa de ánodo. Sobre la capa de ánodo se sobrepone una matriz de transistores de película fina TFT. La matriz TFT es la circuitería que determina qué píxeles encender para formar la imagen.

Las pantallas con tecnología AMOLEDs tienen un consumo bajo porque la matriz TFT requiere menos potencia que una circuitería externa. Así, AMOLEDs es una tecnología muy eficiente y consigue tener velocidades de refresco muy rápidas, ideales para vídeo. Las mejores aplicaciones donde se sitúan los AMOLEDs son monitores de ordenador, grandes pantallas de televisión.

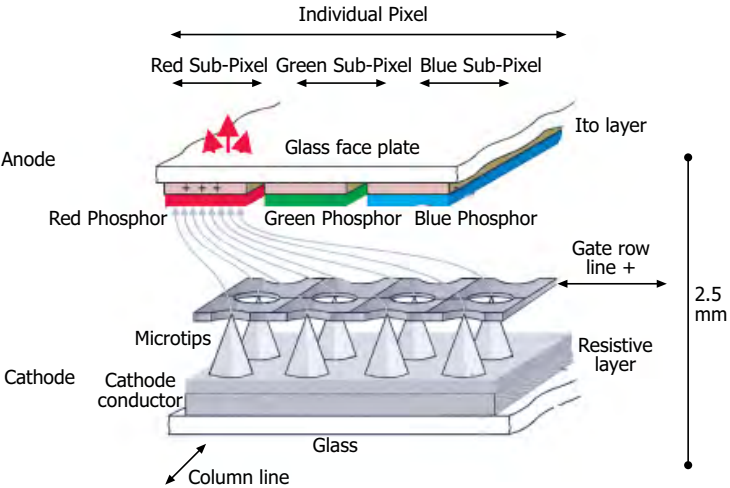
PMOLED (Passive-matrix OLED): Las pantallas que integran PMOLEDs están formadas por pistas de cátodos, pistas de ánodos perpendiculares a los de cátodos, y capas orgánicas en medio de las capas de cátodos y ánodos. Las intersecciones entre cátodos y ánodos componen los píxeles donde la luz se emite. Una circuitería externa aplica corriente a las pistas adecuadas, determinando qué píxeles se encenderán y cuáles permanecerán apagados. El brillo de cada píxel es proporcional a la cantidad de corriente aplicada, que se distribuye de manera uniforme en todos los píxeles.

Las pantallas con tecnología PMOLEDs son fáciles de construir, tienen un consumo más elevado que otros tipos de OLEDs, debido a la potencia necesaria para la circuitería externa y el consumo que requiere la iluminación variable de los píxeles. Los PMOLEDs se utilizan en teléfonos móviles, PDAs y reproductores de música portátiles.

14.2.8.4 FED

Las pantallas FED (Field Emission Display) son un tipo de pantallas planas desarrolladas por Sony que usan capas de fósforo. Se basan en la tecnología CRT combinada con una matriz LCD obteniendo niveles de brillo y contraste como el ofrecido por los CRT.

Las pantallas FED están formadas por miles de haces de electrones de un material como el molibdeno. Éstos se aplicarán a las diferentes capas de fósforo (rojo, verde y azul) mostrando el color de forma secuencial, obteniendo una variación de imagen más rápida.



Sección pantalla FED.

Las pantallas con tecnología FED ofrecen un alto brillo y contraste. Además el coste de producción es similar al de las tecnologías TFT. El consumo es menor al ofrecido por las pantallas CRT obteniendo una mayor velocidad de variación de imagen. A continuación se muestra una tabla comparativa de tecnologías de visualización.

TECNOLOGÍA	BRILLO	COLOR	CONTR.	ANGULO VISIÓN	FRECUENC REFRESCO	CONSUMO	VIDA ÚTIL	COSTE
CRT	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	EXCEL.	BUENA	ALTO	ALTA	BAJO
LCD	MUY BUENO	BUENO	MEDIO	MEDIO	MEDIA	MEDIO	MEDIA	MED-ALTO
PDP	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	BUENA	ALTO	MEDIO	MEDIO
TDEL	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTA	-	ALTA	BAJO
SED	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	BUENA	MEDIO	-	BAJO
OLED	MUY BUENO	EXCELENTE	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENA	BAJO	-	ALTO
FED	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENA	MED-ALTO	-	MED-ALTO

Tabla tecnologías de visualización.

14.2.9 Pantallas estereoscópicas

En la actualidad muchos usuarios están mostrando un gran interés en las pantallas 3D. Existen varias configuraciones de este tipo de pantallas como retroproyectores 3D, plasmas, proyección DLP equipados con gafas polarizadas.

Las pantallas 3D se pueden dividir en diferentes categorías:

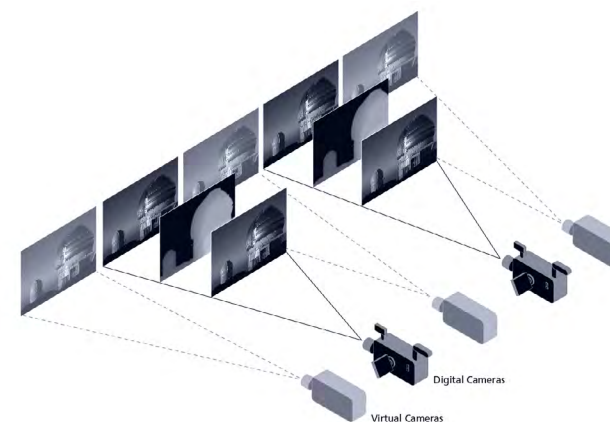
— **Pantallas estereoscópicas:** ofrecen un efecto estereoscópico al presentar a cada ojo una vista que se corresponde con la perspectiva que percibiría cada ojo en una visión natural. Se trata del tipo de pantallas más extendidas en la actualidad y dispone de diferentes técnicas.

- Barrier o técnica basada en micro-lentes. Usa la misma tecnología que las pantallas multiview, pero sólo para dos imágenes, donde el espectador está obligado a mantener su cabeza inmóvil, pero no es necesario utilizar gafas especiales.
- Gafas con micro-displays dedicados a cada ojo.
- Separación espectral con gafas: La manera más sencilla es el anaglifo (rojo/verde), pero la hay más sofisticada. Es posible obtener una reproducción completa de color usando dos colores espectralmente separados para cada uno de los primarios rojo, verde y azul con filtros notch o filtros comb entrelazados y mediante las gafas se separan las parejas de primarios.
- Separación por polarización. Se basa en el uso de tecnología LCD. Utiliza gafas en las que cada ojo dispone de una polaridad distinta, circular opuesta generalmente, que coincide con la polaridad con la que se emite cada una de las vistas.
- Separación por multiplexación en el tiempo: requiere de unas gafas activas conmutadas en las que se recibe cada una de las vistas en un intervalo distinto de tiempo, por lo que la pantalla funciona a una frecuencia de refresco temporal doble al de la secuencia original. Es posiblemente el tipo de pantalla que alcance una mayor penetración de mercado... Los dos últimos tipos de

pantallas estereoscópicas, (ambas con gafas) son las más comunes en el mercado actual. En ambos casos la calidad de los efectos 3D depende ampliamente del nivel crosstalk percibido entre las imágenes (visibilidad de la imagen derecha hacia el ojo izquierdo y viceversa).

— **Pantallas auto-estereoscópicas:** su objetivo es ofrecer una vista estereoscópica distinta en función de la posición de observación. Se dividen en dos tipos:

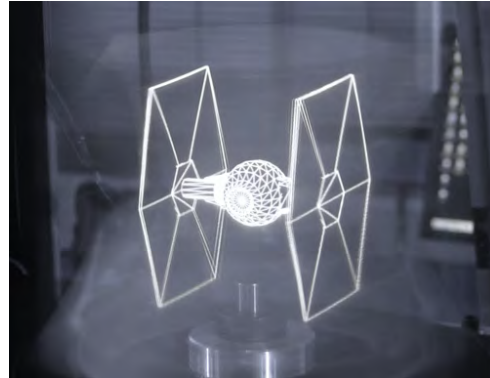
- Head-tracking displays: Proveen una imagen apropiada para cada ojo, según la posición de la cabeza del espectador. Las pantallas para un único espectador ya son viables y la investigación en el seguimiento para proporcionar imágenes para múltiples usuarios, están muy avanzadas.
- Multi-view displays: Permiten al usuario mover la cabeza en una determinada área, y sus ojos podrán ver diferentes imágenes dependiendo de dónde se encuentren. Hasta que no haya pantallas con mucha más resolución a la actual, los sistemas multiusuario tendrán baja resolución para cada espectador. La multinacional Philips desarrolló una pantalla que permitía la visualización de 9 vistas, pero recientemente ha anunciado el fin de su actividad comercial en este campo debido a lo costoso de esta tecnología para las prestaciones que ofrece.



Procesado de imagen para pantallas auto-estereoscópicas.

Fuente:
Fraunhofer
Heinrich Hertz
Institute.

— **Pantallas volumétricas:** Forman una imagen 3D, pudiendo ser visualizada por un número infinito de espectadores, evitando muchos de los problemas existentes en la visualización 3D que se producen con otras tecnologías, y siendo una técnica muy difícil de implementar en televisión.



Pantalla
volumétrica.

Usan reproducción Wave-front (también conocida como Holographic) que podría considerarse como el más novedoso sistema de representación 3D, pero la implementación práctica de este tipo de pantallas en la actualidad no es posible, habrá que esperar al desarrollo futuro de esta tecnología.

15. CINE DIGITAL

15.1. INTRODUCCIÓN

15.2. ESTANDARIZACIÓN DE CICLO DE VIDA DEL CINE DIGITAL

15.3. ARQUITECTURA DEL CINE DIGITAL

15.4. DISTRIBUCIÓN

15.5. EXHIBICIÓN

15.6. TECNOLOGÍA DE PROYECCIÓN

15. CINE DIGITAL

15.1 INTRODUCCIÓN

En la era de la digitalización, el cine no puede ser una excepción, y como gran industria se ha familiarizado y adaptado a las nuevas tecnologías en todos los puntos de su cadena de producción y posproducción, así como en la distribución.

Hace 20 años en la década de los 90 se introdujeron nuevas herramientas y utilidades para la transformación del negocio cinematográfico, especialmente en el proceso de posproducción, donde la tecnología digital tiene su gran ventaja competitiva. En esta época inicial solo los grandes directores se aventuran con la digitalización de todos los procesos, pero así llegamos a la década de los 90 donde se comienzan a generalizar algunos procesos de digitalización, y por supuesto en los comienzos del siglo XXI, que aun con ciertas incertidumbres en los modelos de negocio.

Obviamente el proceso de digitalización comenzó mucho antes que el boom de los contenidos digitales, pues ya anteriormente a los 80 se escaneaban imágenes y se etalonaba digitalmente, pero es ahora cuando se fortalecen las diferentes partes de la cadena digital, como la distribución, proyección, abaratamiento de costes y por supuesto la piratería.

Se puede fijar una fecha clave para este proceso en el verano de 2005 cuando se publican oficialmente los principales principios de la DIGITAL CINEMA INITIATIVES, consorcio que fomenta la digitalización y aporta la normalización de los procesos.

En la actualidad, una vez establecidos los estándares de apoyo para su desarrollo, se puede decir que el cine digital es aquel que realiza un procesado digital de los contenidos audiovisuales en las fases de captura, postproducción o exhibición. Asimismo, sus principales ventajas, desventajas y nuevas oportunidades se enumeran a continuación.

Las principales ventajas que introduce el cine digital respecto al cine analógico son:

- Reducción de costes en el proceso de Captura, debido principalmente a la eliminación del negativo cuyo coste era muy alto.
- Regeneración de contenidos. Es posible realizar copias exactas del material original sin que ésta sufra ningún deterioro.
- Modificación de contenidos. Permite realizar procesos de creación, transformación de objetos y modificación de color con mucha más precisión que en el dominio del fotoquímico.
- Entrega de contenidos: Mediante el uso de las redes de transmisión digitales, no es necesario el envío de contenido de forma física. A día de hoy esto no es una realidad, ya que el envío se sigue haciendo de forma física.

Las principales desventajas del cine digital son:

- Alta inversión económica en renovación del equipamiento en las áreas de producción, postproducción y exhibición.
- Menor calidad de captación de imagen respecto al negativo, aunque en estos años se ha igualado enormemente dicha calidad.
- Mayor riesgo de copia ilegal de contenidos.

Con la llegada de la tecnología digital aparecen también una serie de oportunidades como:

- Conservación del máster en alta calidad. Las tecnologías digitales permiten que máster digital de cine se conserve en alta calidad

durante un período de tiempo aún por determinar. Sin embargo en el cine tradicional basado en fotoquímico, sólo se aseguraba una duración por un plazo aproximado de 100 años.

- Mayor flexibilidad para empresas distribuidoras y exhibidoras.
- Mejoras en la calidad de presentación: La proyección digital iguala a la proyección del fotoquímico en todos los aspectos, ya que ofrece una presentación limpia, libre de suciedad. Respecto a la señal de audio, el cine digital proporciona 11 canales de audio sin compresión.
- El lector también podría pensar en la reducción de costes en el proceso de impresión, envíos y exhibición, pero en la actualidad no es así, ya que existe el concepto de Virtual Print Fee (VPF). El VPF es un mecanismo que obliga a una compensación económica a las salas de exhibición, para que realicen su reconversión a la tecnología de proyección digital.

Los procesos digitales realizados en la fase de postproducción están sustituyendo a las etapas fotoquímicas tradicionales, tales como el corte de negativo, el etalonaje de color, el positivado y los efectos ópticos dando lugar a una nueva arquitectura.

15.2 ESTANDARIZACIÓN DE CICLO DE VIDA DEL CINE DIGITAL

En el año 2002 se creó la asociación Digital Cinema Initiatives, formada por siete grandes estudios de cine de Estados Unidos, creada para establecer unas especificaciones de generación, distribución y exhibición de cine digital.

A continuación se indican los principales objetivos y los estándares de nueva creación que surgen a raíz de esta nueva iniciativa.

— DCI (Digital Cinema Initiatives):

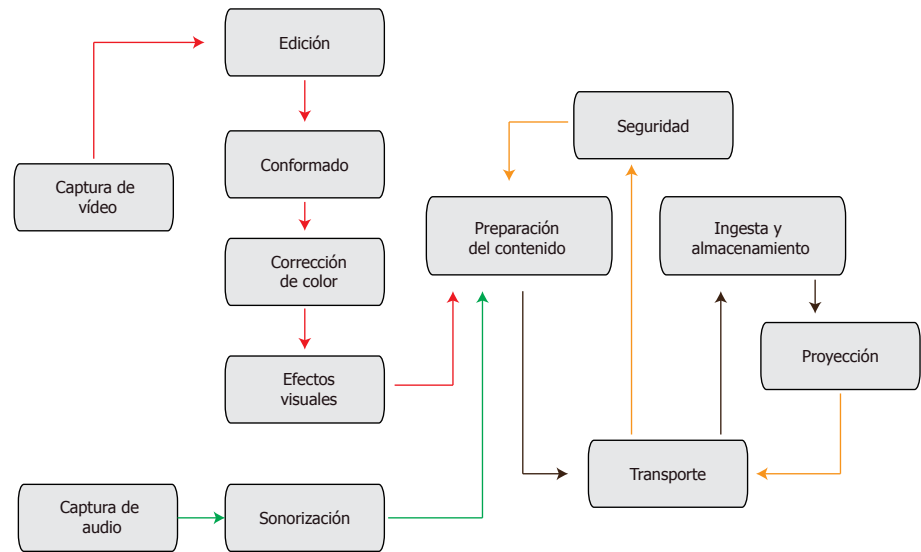
Esta asociación tiene como principales objetivos garantizar la seguridad anticopia, procesos de transmisión y establecer un alto nivel de calidad sobre los contenidos audiovisuales (imagen, audio, textos).

Se basa en una arquitectura abierta, un nivel alto de calidad de exhibición, fiabilidad, seguridad y realización técnica utilizando las tecnologías digitales de nueva creación.

Todo ello propició la adopción por parte del SMPTE del estándar DC-28 para cine digital, que surge para estandarizar la recomendación de la asociación DCI. Está formado por 3 grupos de trabajo: Masterización DC:10, Distribución y Exhibición DC:30, sin entrar en áreas de producción y post-producción. Actualmente está trabajando en la creación de nueva documentación relacionada con los procesos en las áreas de distribución y exhibición.

15.3 ARQUITECTURA DEL CINE DIGITAL

Para presentar los diferentes aspectos y tecnologías relacionadas con el cine digital, se ha tomado como referencia la división que se presenta a continuación.



Arquitectura del Cine digital.

15.3.1 Proceso

En la actualidad, la producción es un proceso híbrido película/digital, el cual no es efectivo en cuanto a costes, por tanto se está modificando dicho proceso para que sea completamente digital desde el inicio, de este modo es posible una mejora de rentabilidad.

15.3.1.1 Captura

La captura es el primer paso del proceso. Se realiza la adquisición del contenido de imagen procedente de una cámara digital o de película impresionada. Algunos de los parámetros más importantes en el proceso de captura de imagen son: Tamaño, resolución espacial, relación de aspecto, rango dinámico, profundidad de bit.

La fase de postproducción cinematográfica cambió hace algunos años de forma significativa con la llegada del proceso Digital intermediate (DI). El flujo de trabajo tradicional se transformó completamente debido a los progresos en el escaneado y la tecnología informática.

Digital Intermediate.

- El proceso de DI consiste en el escaneo del negativo de la cámara con la ayuda de un escáner de alta resolución que digitalizará los fotogramas y los convertirá a ficheros digitalizados.



Digital Intermediate.

A continuación se le aplicarán los procesos de postproducción (conformación, corrección de color, efectos especiales etc). Los ficheros obtenidos después de realizar el proceso de postproducción se renderizarán y darán como resultado un máster digital.

Ofrece numerosas ventajas en las diferentes áreas de creación de películas sin incrementar el coste siendo sus principales ventajas:

—Flexibilidad y control creativo, ya que permite la visualización, corrección y modificación del material en todas sus fases.

—Independencia del formato, que permite la creación de cualquier formato de distribución.

Para ampliar información relacionada con las tecnologías de captura, visite el capítulo de CAPTACION Y REALIZACION.

15.3.1.2 Edición

Proceso mediante el cual se combinan diferentes planos y secuencias que han sido rodados. Para ello se consideran los códigos de tiempo dentro de cada sistema de almacenaje de grabación.

15.3.1.3 Conformado

Una vez realizada la edición se procede a la “organización” de los planos seleccionados.

15.3.1.4 Corrección de color

Es el proceso de ajuste de color de cada plano de la película con la ayuda de un corrector de color. Este ajuste permite realizar una corrección primaria de los tres colores primarios. También permite realizar una corrección secundaria de color, para modificar o ajustar colores u objetos específicos, emular tipos de iluminación, crear un “look” o ambiente, etc. El color obtenido de esa corrección en tonos cálidos o fríos está directamente relacionado con la intención del Director de Fotografía y la temática de la película.

15.3.1.5 Efectos visuales y transiciones

Durante la postproducción digital también se añaden efectos ópticos comunes como:

- Transiciones, fundidos, encadenados.
- Títulos y textos.
- Fotogramas congelados o acelerados.
- Reposicionamiento de imágenes, modificación de encuadre y dimensiones.
- Inserción de gráficos, composiciones digitales y animación 3D.

15.3.1.6 Sonorización

La sonorización requiere de gran cantidad de trabajo especializado, ya que hay que añadir la banda sonora y las pistas de audio de los diferentes idiomas. En este bloque se realizará la mezcla de las pistas de audio, dando como resultado un fichero modulado en el estándar PCM en formato WAV o AIF, permitiendo las configuraciones multicanal 5.1 y 7.1.

La sonorización de una producción cinematográfica requiere la sincronización del audio con la imagen, la mezcla de las pistas de audio y la realización de la banda sonora. Es necesario que el sonido se incorpore al internegativo, de modo que realice la unión física del mismo con la imagen, para ello se deben seguir los siguientes pasos:

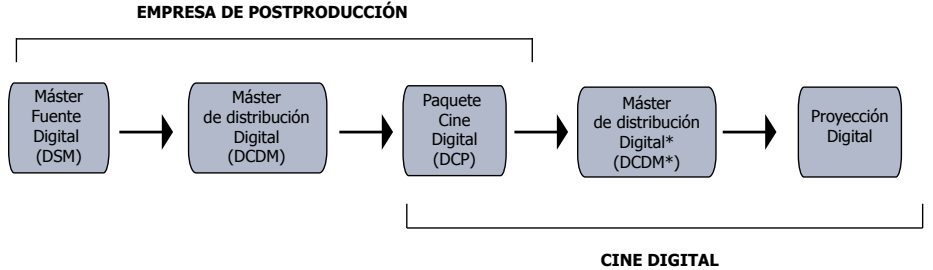
- Apertura de OMF y conformado de EDL del sonido directo.
- Montaje de diálogos.
- Doblajes.
- Montaje de especiales.
- Grabación de efectos sala.
- Montaje de músicas.
- Mezclas.

15.4 DISTRIBUCIÓN

15.4.1 Empaquetamiento y unificación de contenidos:

Durante la fase de distribución, es necesario aglutinar todos los elementos necesarios para la exhibición en las salas comerciales, por tanto se preparará el material para su distribución bien sea física o por satélite como se augura en un futuro.

La siguiente figura muestra el nuevo flujo de funcionamiento de los sistemas de cine digital en relación al contenido.



Flujo de funcionamiento del Cine digital.

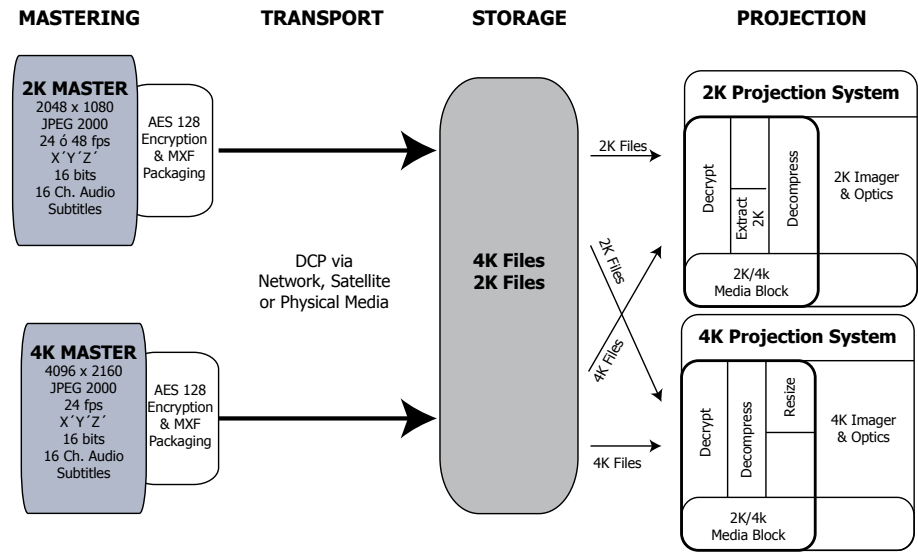
DSM (Digital Source Master):

Es el elemento inicial del proceso de creación del archivo digital de proyección. Se obtiene a partir del material resultante de la fase de posproducción, vídeo, audio, careciendo de compresión y encriptación, obteniendo un fichero de gran tamaño.

DCDM (Digital Content Distribution Master):

Es el resultado de realizar el proceso de postproducción digital formado por vídeo, audio, imágenes, subtítulos etc, permitiendo modificaciones de su contenido. Al igual que al DSM tampoco se aplican procesos de compresión y encriptación. Deberá utilizar una estructura jerárquica de imagen 4K y 2K para que pueda ser usados en proyectores 2K y 4K.

Estructura de jerarquía de imagen en Cine Digital.



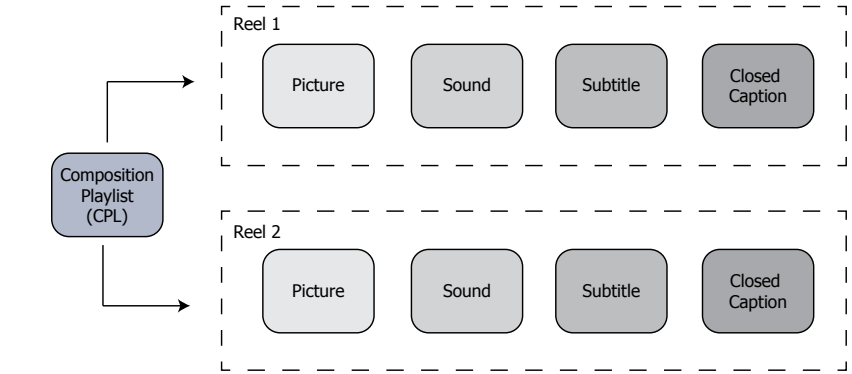
DCDM* es el resultado de realizar el proceso de desempaquetado, descompresión y desencriptación en la fase de exhibición. Básicamente convierte el contenido de imagen a las resoluciones 2K y 4K indicadas por DCI para convertirlo a TIFFs en espacio de color X'Y'Z' con una profundidad de 16 bits y el contenido de audio lo convierte a ficheros de audio WAV de 24 bits.

DCP (Digital Cinema Package):

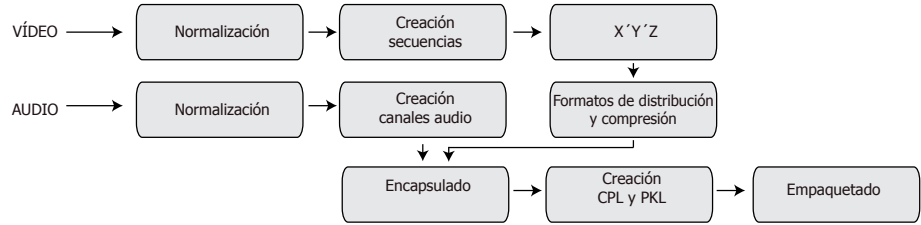
Representa una colección de ficheros que se envían al exhibidor. Contiene la película. Se trata del resultado de aplicar el proceso de empaquetado al DCDM, de este modo se reduce el tamaño del fichero.

A partir del DCP es posible la creación de todos los formatos de distribución, empleando metadatos para procesos automáticos de transcodificación, comportándose en definitiva de manera similar a un máster.

Los DCP contienen ficheros MXF con las pistas de vídeo, audio y ficheros XML. Estos ficheros XML incluyen las listas de reproducción (CPL), que indicarán como se reproducirán las pistas después del proceso de composición. La composición es el término utilizado para los metadatos digitalizados de vídeo, audio, subtítulos etc. Estos datos se organizan en bloques llamados bobinas o reels. El resultado se muestra en la siguiente figura:



A continuación se muestra el proceso necesario para la creación del fichero DCP.



Composición.

Creación del DCP.

15.4.1.1 Procesado de vídeo

Inicialmente es necesario un proceso de normalización de vídeo y la creación de las secuencias. Habitualmente los ficheros correspondientes al contenido de imagen se almacenan en un formato propietario RGB, para posteriormente convertirlos a un espacio de color X'Y'Z' y también realiza la compresión de los contenidos de imagen.



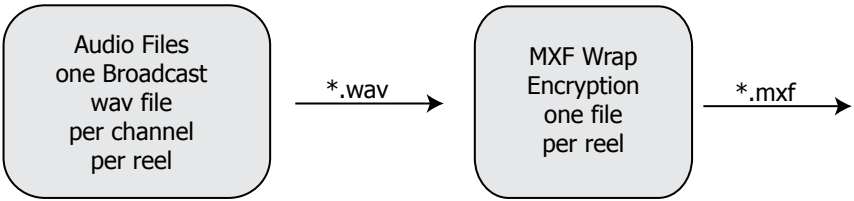
Procesado de vídeo en el DCP.

El proceso de compresión implica una reducción de bitrate a valores de 250 Mbits/s, para poder transmitir el contenido por diferentes canales de transmisión. Para ello, el estándar seleccionado por DCI fue JPEG2000 ISO 15444-1. Este estándar no realiza ningún tipo de submuestreo de color (4:4:4), por tanto la mayoría de la información se encuentra en la componente Y, obteniendo una tasa muy alta de compresión sobre las componentes Cz – Cx. La elección del estándar JPEG2000 por parte del DCI se debe a sus altas expectativas de calidad, cumple los requisitos para la proyección digital en grandes pantallas, es escalable en calidad y resolución y se trata de una especificación abierta.

Como resultado de la compresión, se obtienen ficheros comprimidos con el formato .j2c que se encapsularán en un archivo MXF.

15.4.1.2 Procesado de audio

Al contenido de audio no se aplica ningún tipo de compresión. Se usa 1 fichero .wav modulado en PCM muestreado a 48 o 96 KHz a 24 bits para cada canal y por cada reel. A continuación se encapsulará en un fichero MXF y se aplicará si se estima oportuno el proceso de cifrado, obteniendo el fichero MXF.



Procesado de audio en el DCP.

Las características y formato soportado por DCI para el contenido del audio para Cine Digital se puede observar en la siguiente tabla:

Nº DE CANALES	FRECUENCIA DE MUESTREO	COMPRESIÓN	BITS DE MUESTREO
16	48 KHZ	SIN COMPRESIÓN	24
16	96 KHZ	SIN COMPRESIÓN	24

Características y formato soportado por DCI

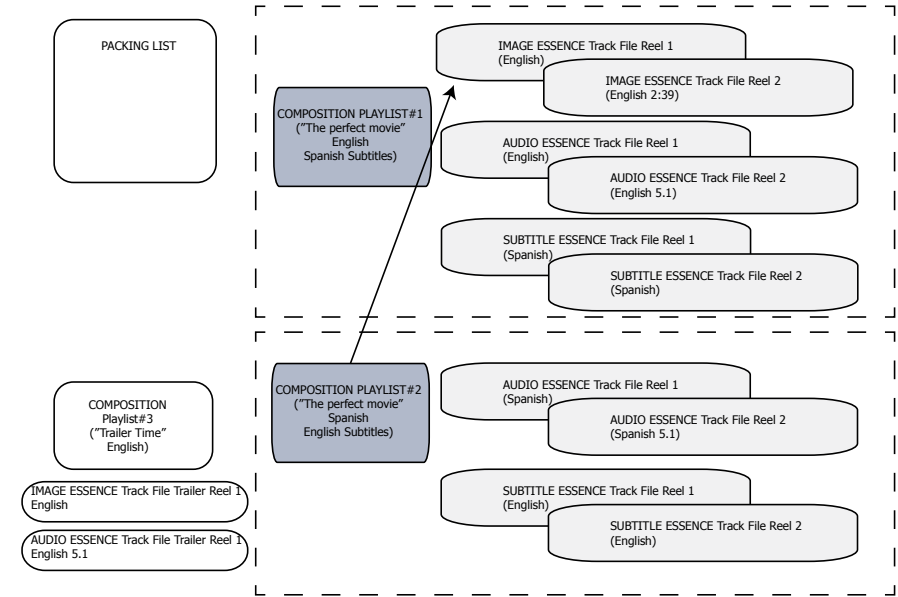
15.4.1.3 Empaquetado

La recomendación DCI obliga a dividir todo el contenido en REELS cuya duración máxima de 20 minutos para cada REEL, de este modo se obtendrá un fichero MXF perteneciente a la imagen y varios ficheros MXF de audio según el número de canales utilizados para ello. El material resultante se añade a una carpeta junto con los ficheros XML generados en el proceso que incluye todo el material incluido en el DCP y de este modo el servidor de exhibición conoce todo el material que ha de transmitir y lo trasmite al sistema de almacenamiento.

Los ficheros XML mencionados contienen el CPL (Composition Playlist), PKL (Packing list), ASSETMAP y VOLINDEX.

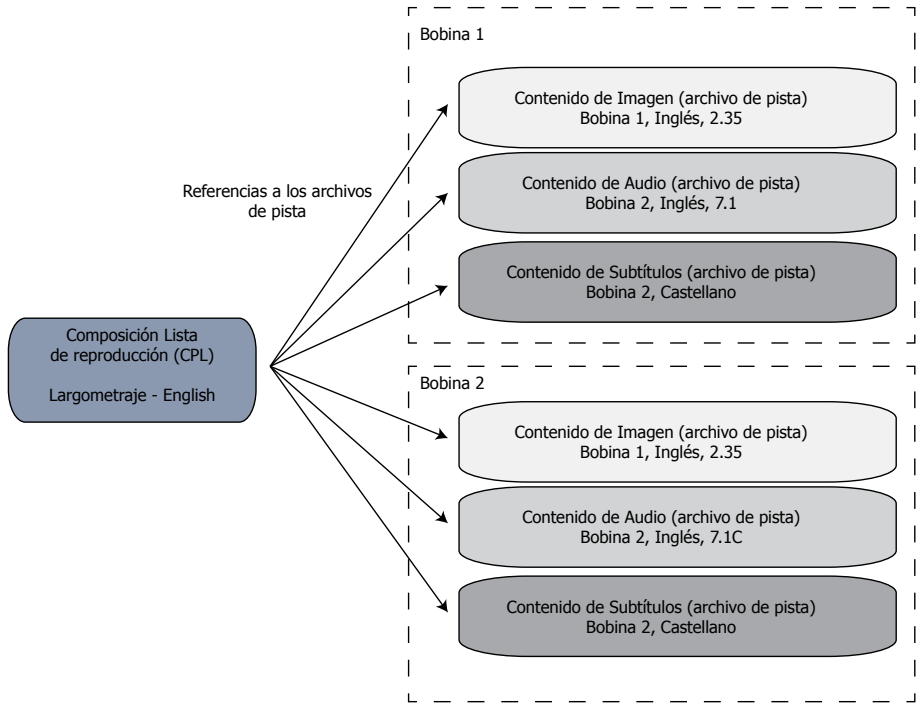
Ejemplo de DCP.

Fuente: Digital Cinema System Specification v 1.2



- CPL:** Indican cómo se reproducirán las PKL, identificando cada REEL con un identificador único (UUID) evitando de este modo que se produzcan errores en la reproducción.
- PKL:** Es un fichero XML que contiene un hash checksum, que no es más que una operación matemática que obtiene una clave alfanumérica a partir de los valores de los datos de los ficheros utilizando SHA-1. En el proceso de ingesta del material se comprueba este fichero para verificar si han sufrido algún tipo de manipulación los ficheros XML contenidos en el DCP.
- ASSETMAP:** Fichero que contiene un listado de la composición del DCP.
- VOLINDEX:** Fichero que indica el orden del material cuando se realiza una distribución del contenido DCP en distintos medios de almacenamiento.

En la siguiente figura se muestra la composición del DCP.



Composición del DCP.

15.4.2 Transporte y seguridad de contenidos

Para el envío de los contenidos de cine digital a los centros de exhibición, se usan tecnologías digitales que permiten la reducción de costes y tiempos de entrega. Pero es necesario incluir mecanismos de seguridad en todo el proceso entre empresas de distribución y empresas de exhibición para evitar que se produzcan copias no autorizadas.

15.4.2.1 Transporte de contenidos

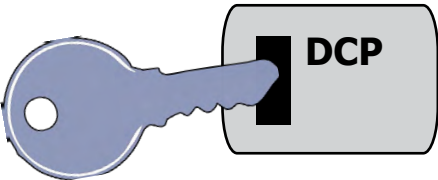
Actualmente la tecnología más utilizada es IP, usando canales físicos habituales de transmisión como el satélite o la fibra óptica para el envío de contenidos a los centros de emisión, aunque también se pueden utilizar soportes físicos. Para efectuar el transporte, será necesaria una segmentación de contenidos, para adecuarlos al ancho de banda disponible y al canal de transmisión. Los contenidos

se recibirán en el centro de exhibición y se almacenarán (salvo en los eventos con exhibición en directo), para posteriormente poder proyectarse sin limitaciones de ancho de banda en el canal de transmisión. Por último es obligatorio que la interfaz de ingesta de contenidos sea compatible con las clausulas 34 y 44 del IEEE 802.3-2005 para 1000Mb/s o 10Gb/s.

Como se ha comentado anteriormente, es necesario proporcionar mecanismos de seguridad al proceso de distribución de cine digital entre las empresas de distribución y exhibición mediante el uso de de Key Delivery Messages.

15.4.2.2 Seguridad de contenidos: Key Delivery Messages (KDM)

Para la protección de contenidos, se usan los KDM, que son básicamente un fichero XML cifrado usando el estándar RSA. A partir de una clave pública de un único servidor de exhibición, genera un KDM que incluye de forma cifrada la clave que permite el descifrado de los contenidos audiovisuales del MXF. El fichero KDM generado es único y solo puede abrirse en el servidor que contiene la clave privada correspondiente con la clave pública usada para generar el KDM durante un acuerdo de exhibición pactado entre la empresa distribuidora y la empresa de exhibición. También incluye un certificado digital encriptado en RSA, pareado con la clave privada del sistema utilizado para crear el DCP.

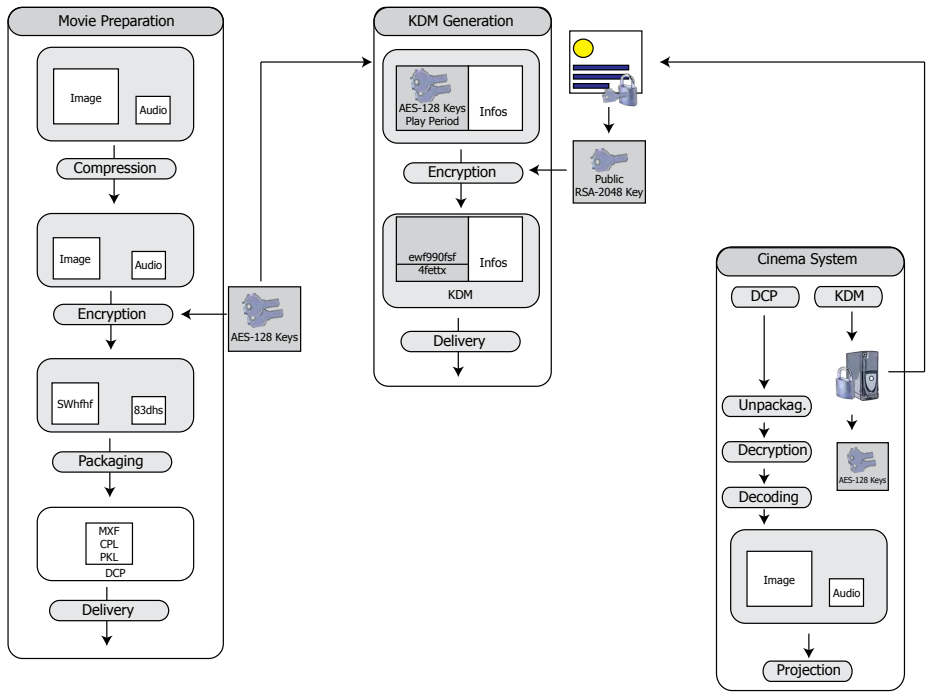


Descifrado del DCP.

Este sistema es usado para el cifrado de los MXF, usando como medida de seguridad el Packing List de los ficheros XML que incluyen los metadatos con una comprobación hasp. Los contenidos de media se cifran usando un algoritmo de 128 bits basado en el estándar de cifrado AES (Advanced Encrytion Standard), para seguidamente enviarlos a los centros de exhibición.

En dichos centros se realizará la descifrado utilizando el fichero XML que incluye el DCP y los KDM.

La siguiente figura muestra el proceso de cifrado y descifrado de contenidos en cine digital.



Proceso de cifrado y descifrado.

15.5 EXHIBICIÓN

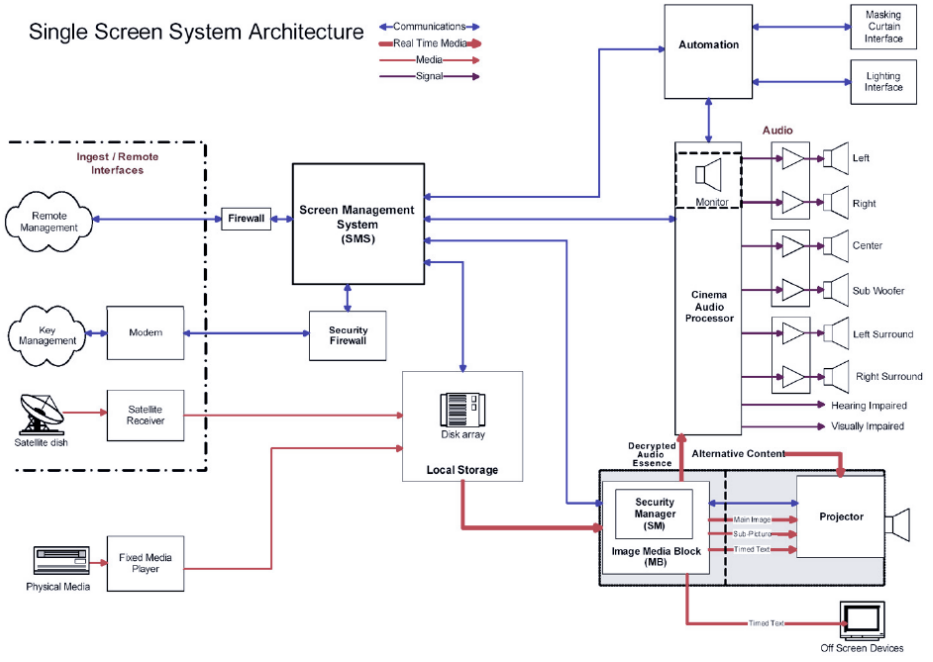
El último proceso en la cadena de cine digital es la exhibición que consiste en la proyección de contenido audiovisual digital. Básicamente lo forman un servidor y un equipo de proyección digital.

Es de suma importancia en cine digital, que la tecnología sea totalmente transparente a la hora de exhibir el contenido, ya que cualquier modificación de factores como áreas oscuras, iluminación, color etc, alterarían el contenido artístico de la película.

El servidor tiene como misión recibir el contenido audiovisual y almacenarlo, para posteriormente procesarlo y seguidamente se enviará al proyector. La proyección digital es uno de los factores clave para la implantación del cine digital, se trata por tanto del componente más costoso y visible en cadena de valor.

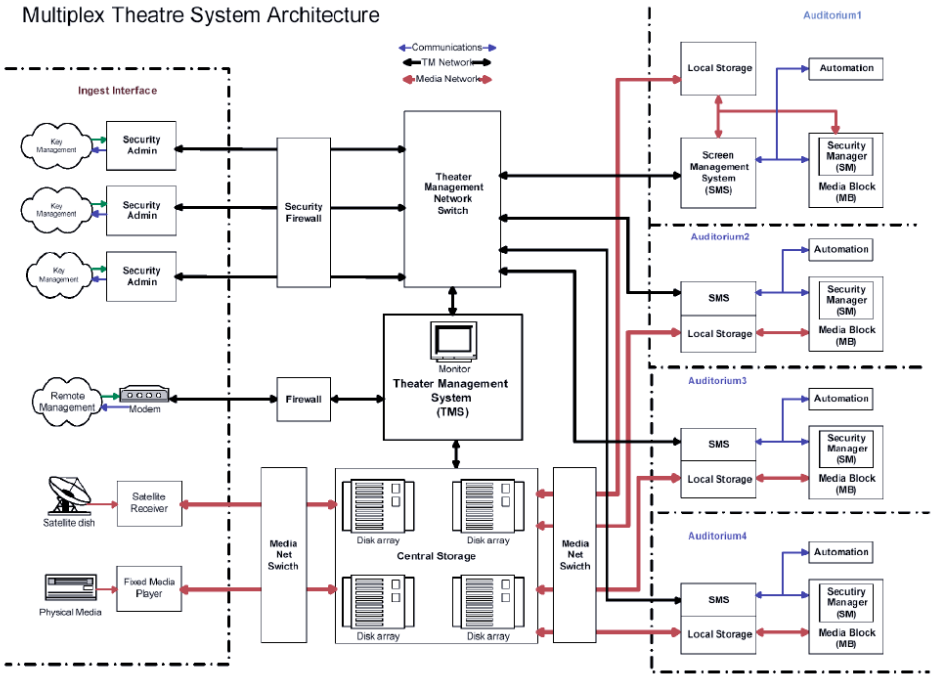
15.5.1 Arquitecturas de exhibición

Para la proyección de contenidos existen dos arquitecturas de exhibición de contenidos, una arquitectura unisala (SMS) o multisala (TMS). Las siguientes figuras muestran ambas arquitecturas.



Arquitectura Single Screen.

Fuente: Digital Cinema System Specification.



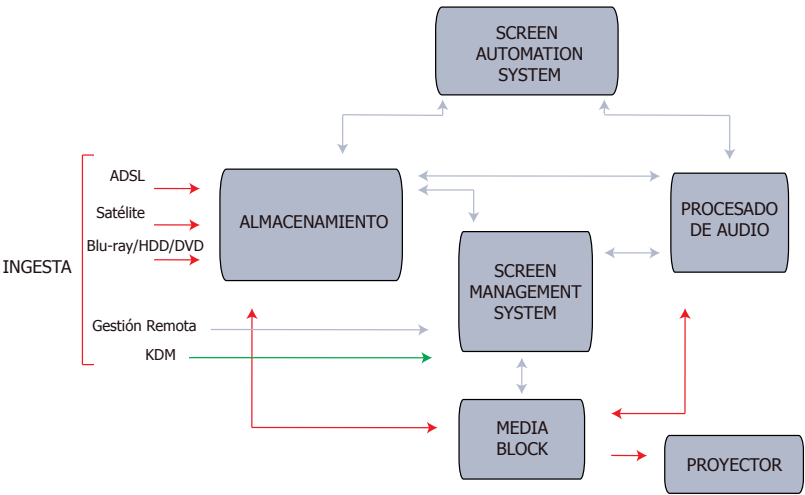
Las dos arquitecturas son muy similares, salvo que la arquitectura TMS incluye cada uno de los SMS de las diferentes pantallas en el sistema central. Desde el módulo MTS se envían las instrucciones correspondientes a la gestión y seguridad.

Aunque es posible que en los complejos donde existen gran número de salas se pueda implantar la arquitectura Single Screen System, normalmente se suele implantar Multiplex Theater System Architecture, ya que cuenta con innumerables ventajas como mayor flexibilidad, centralización de contenidos, reducción de costes etc.

Arquitectura Multiplex Theater System.

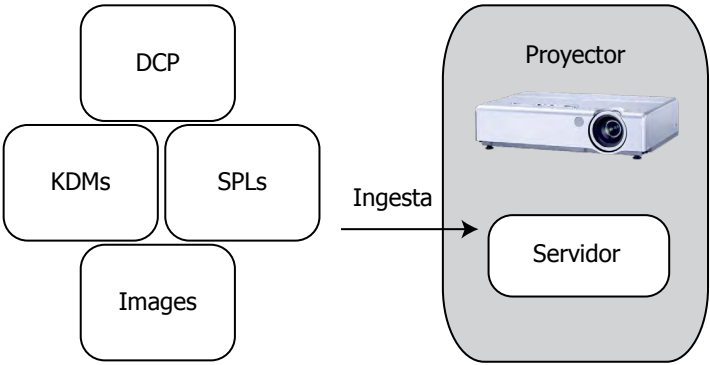
Fuente: Digital Cinema System Specification.

15.5.2 Diagrama funcional del sistema de Exhibición



15.5.2.1 Ingesta

Es el proceso de recepción del contenido audiovisual o DCP (Digital Cinema Packets) y los KDMs (Key Delivery Message) en el proceso de exhibición. A la hora de recibir contenidos se puede utilizar cualquier interfaz de entrada, sin embargo para la información de seguridad se utiliza habitualmente, la interfaz Gigabit Ethernet [IEEE802.3ab], fibra óptica [IEEE802.3z], un disco SATA o un dispositivo de almacenamiento USB.



Existen varias fuentes de entrada de los contenidos A/V (con almacenamiento local), como es el caso de transmisiones satelitales, transmisiones terrestres procedentes de fibra óptica o fuentes de entrada fijas como DVD o Blu-ray. Para el envío de la información de seguridad y control se utiliza la interfaz estandarizada ETM (Extra-Theater Message) que registra y reporta la interfaz de comunicaciones. Una vez se ha ingestado el DCP, el módulo TMS o SMS se encargan de verificar que el KDM está disponible y muestra la duración del contenido.

15.5.2.2 Almacenamiento

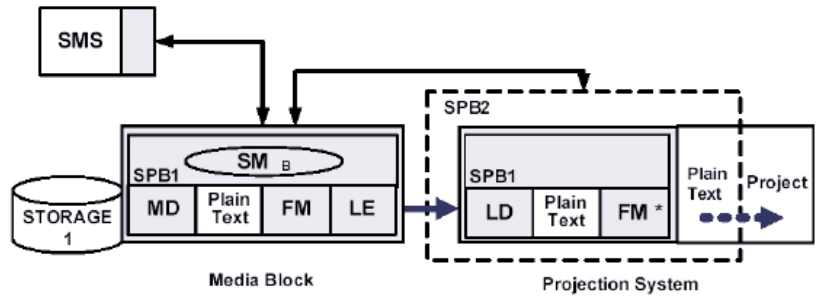
Para almacenar el contenido se puede utilizar dos configuraciones, un almacenamiento local, donde cada pantalla tiene su propio contenido o un almacenamiento centralizado, en la que el contenido puede ser exhibido en cualquiera de las pantallas. Un factor muy importante es la seguridad, por lo que se utiliza una configuración RAID adecuada que proporcione redundancia necesaria en caso de fallo en alguno de los discos durante la reproducción del contenido.

15.5.2.3 Media Block.

Este módulo se integra en un servidor, es el responsable de obtener a partir del paquete comprimido y cifrado el contenido en bruto de imagen, sonido y subtítulos. Existen dos configuraciones para este módulo que se muestran en las siguientes figuras.

Media Block Server Configuration:

Esta configuración obtiene el contenido en bruto y lo transmite al sistema de proyección, manteniendo un enlace encriptado para proteger el contenido descomprimido.

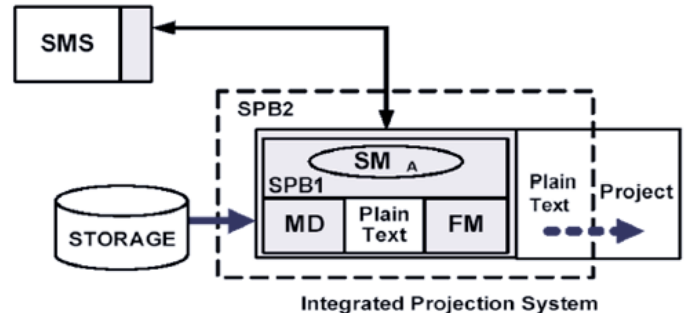


Configuración Media Block Server.

Fuente: Digital Cinema System Specification

— **Media Block in Projector Configuration:**

Es similar al método anterior pero no necesita del enlace de cifrado con el sistema de proyección.



15.5.2.4 Proyección.

El sistema de proyección además de ofrecer la imagen en la pantalla principal, proporciona también los subtítulos, imágenes etc. Requiere de interfaces adicionales para la comunicación con el Media Block, en el caso de que el media Block no esté instalado en el proyector. Estas interfaces son: Subpicture, Timed Text y Control and Status.

15.5.2.5 Sistemas de audio.

Se encarga de reproducir el contenido de audio a los espectadores. Recibe el contenido digital de audio sin comprimir procedente de Media Bock y lo convierte en analógico para enviarlo a las cajas acústicas. Permite la reproducción de hasta 16 canales de audio a 24 bits con una frecuencia de muestreo de 48 KHz o 96 KHz en formato estéreo, 5.1 o 7.1.

15.5.2.6 Screen Automation System.

Es el sistema encargado de interactuar con otros elementos de la sala, como el motor de las cortinas, los dimmers para la iluminación, proyectores de 35mm existentes u otras fuentes como procesadores de audio o fuentes de efectos especiales.

15.5.2.7 SMS

El Screen Management System proporciona al usuario el control de la sala para realizar las funciones de Start, Stop, seleccionar o editar

un playlist. Además del control, puede cargar y ejecutar rutinas de diagnóstico en los equipos de la sala.

1.6 TECNOLOGÍAS DE PROYECCIÓN

Actualmente existen 3 tecnologías muy utilizadas en la exhibición de cine digital: DLP, D-ILA y SXRD.

— **DLP Cinema (Digital Light Processing):**

Se trata de una tecnología desarrollada por Texas Instruments, que usa como base un chip DMD (Digital Mirrow Device) formado por miles de microespejos que procesan la luz reflejada y la envían a una rueda de color permitiendo reproducir imágenes con una gran calidad. Esta tecnología es la más extendida y la explotan comercialmente 3 grandes empresas del sector. En el capítulo de Visualización se amplía la información relativa a la tecnología DLP.

— **D-ILA (Digital Image Light Amplifier):**

Adoptada por JVC, está basada en la tecnología de cristal líquido conocida como LCOS (Liquid Crystal On Silicon), formada por múltiples cristales líquidos que bloquean o reflejan la luz procedente de una lámpara. Utiliza un chip CMOS reflectante de cristal líquido que modula la luz en el proyector digital. Permite ofrecer una resolución de 2K (2048x1536), cumpliendo la recomendación SMPTE DC28.8. Esta tecnología se utiliza en cine digital debido a su alta calidad ya que ofrece unos valores muy altos de resolución, brillo y contraste.

— **SXRD:**

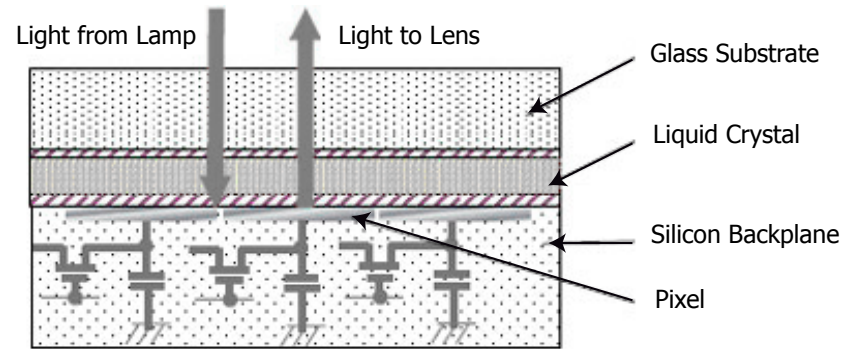
SXRD (Silicon X-tal Reflective Display) es una tecnología de proyección 4K desarrollada por Sony en 2003, sobre una variante de la tecnología LCD, similar a la tecnología D-ILA.

Es un tipo de micropantalla de cristal líquido reflectivo, diseñado para obtener un contraste mejorado que incluye materiales que soportan LCAV (Liquid Crystal Alignment Vertically). Estos materiales permiten alinear las celdas con las moléculas en modo vertical, además de reducir el tamaño de los píxel y el espacio entre los mismos. De este modo es posible obtener un alto nivel de contraste ofreciendo una buena calidad a los usuarios de cine digital.

Configuración Media Block in Projector.

Fuente: Digital Cinema System Specification

Funcionamiento
básico de la
tecnología SXRD.



Permite entregar hasta 200 frames/s e incorpora una reducción en los defectos de la imagen, aumentando la vida útil del equipo. Ofrece una resolución de 4096 x 2160 píxels con un contraste de 3000:1, siendo en la actualidad una de las tecnologías que más destaca.

• Tecnología Láser:

Debido a las nuevas investigaciones realizadas, están apareciendo mejoras en las tecnologías de proyección existentes, que permiten reducir costes en las lámparas de proyección, reducción del consumo eléctrico y mejora de los niveles de iluminación para algunas tecnologías de imagen. Los principales fabricantes están trabajando en la tecnología de iluminación Laser Light Engines.

NOTA: Queremos agradecer la ayuda prestada por Jose Luis Acha, profesional reconocido de gran experiencia, en la redacción de este capítulo.

16. LA TELEVISIÓN CONECTADA

16.1. TIPOLOGÍAS DE TELEVISIÓN CONECTADA

16.1.1 SMART TV

16.1.2 TELEVISIÓN HÍBRIDA

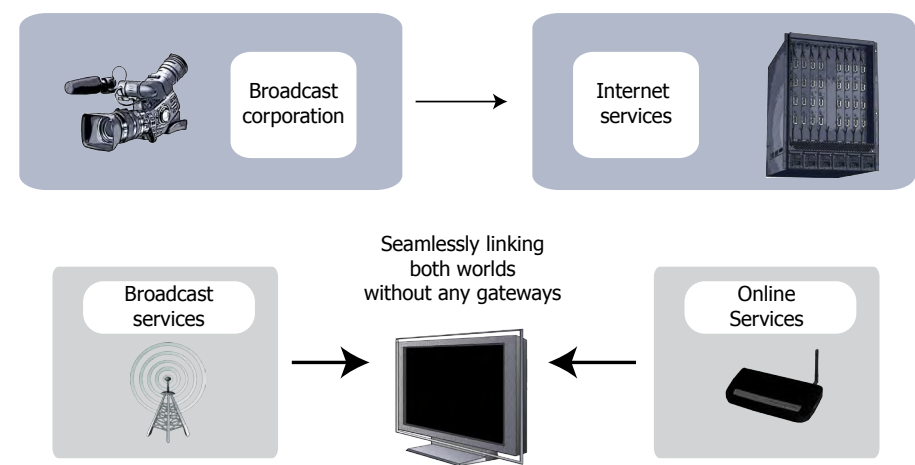
16.1.3 HBBTV

16.1.4 DLNA

16. LA TELEVISIÓN CONECTADA

16.1 TIPOLOGÍAS DE TELEVISIÓN CONECTADA

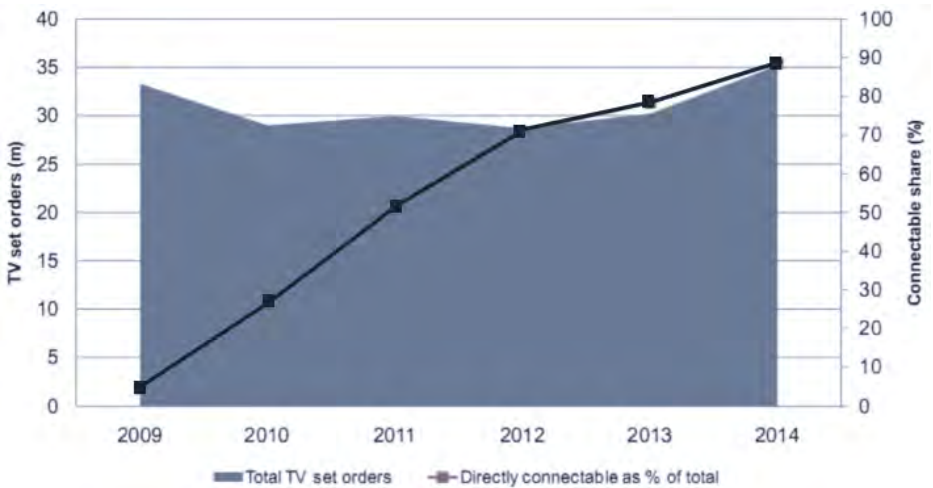
Para la mayoría de profesionales, la TV Conectada es un término comercial que abarca los modelos denominados “Smart TV” y “TV Híbrida”, usado para referirse a las televisiones o STB de nueva generación que tienen la capacidad de conectarse a dos redes simultáneamente, la red tradicional de tipo Broadcast (DVB-T, DVB-S o DVB-C) para el consumo de contenidos lineales clásicos, y una segunda red de banda ancha, que ofrece servicios adicionales a través de internet, para consumo principalmente de contenidos no-lineales en modalidad de streaming o descarga off-line.



La anterior figura muestra la arquitectura conceptual global que permite el consumo audiovisual sobre TV conectadas, donde se puede apreciar como los contenidos pueden ser accedidos por ambas redes Broadcast y banda ancha a través de los ISPs (Internet Services Providers) de internet.

En la actualidad, debido al despliegue de redes con tecnologías IP, la televisión conectada ofrece numerosas oportunidades ya que permite ofrecer a los usuarios nuevas formas de interactividad con multitud de servicios y aplicaciones. Esta tecnología permite la visualización de imágenes, películas, vídeos y los diferentes contenidos disponibles en internet, pero sobre todo permite su consumo de un modo distinto al tradicional de la radiodifusión, datándolo a los horarios del usuario.

La siguiente figura muestra la evolución de mercado de televisores que permiten la Tv conectada.



Porcentaje de televisores conectados.

Fuente: Screen Digest.

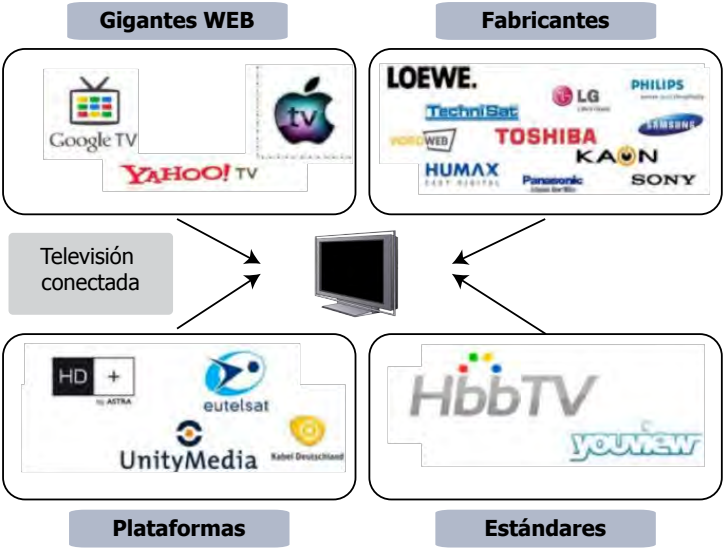
Al igual que en los servicios de Broadcast existen desde sus orígenes un modelo horizontal, y gratuito por lo general, y un modelo vertical, soportado por las plataformas de pago, en la nueva TV conectada se han posicionado dos modelos muy diferenciados. Por un lado los radiodifusores que promulgan un modelo abierto y estándar con un mercado horizontal, y por otro lado los fabricantes de pantallas y los proveedores de servicios de OTT (Over-The-Top) que pujan

por introducir su plataforma propietaria en lo que se ha denominado "Walled garden".

Los fabricantes como LG, SAMSUNG y otros, se han posicionado con su propia marca de interactividad para cautivar a los clientes y ofrecer mundos nuevos a su alcance, de tecnologías y contenidos, con el mismo objetivo, la venta de sus televisores.

En paralelo, tenemos a empresas ligadas al sector de la informática, que también aprovechan la oportunidad este nuevo tipo de consumo, para entrar con fuerza en el sector de los contenidos audiovisuales, como antes ya hicieron en internet. En este punto destacan Netflix, Apple TV, y Google TV, dos de los grandes gigantes de la tecnología actual.

Con independencia del modelo de negocio y modelo comercial, en la actualidad existen múltiples tecnologías soportadas por la televisión conectada como la iniciativa europea denominada HbbTV (Hybrid Broadcast Broadband TV, MHEG-5(Multimedia and Hypermedia Experts Group), y MHP (Multimedia Home Platform) entre otros. Por lo general sus diferencias se concretan en los protocolos de comunicaciones soportados, los formatos de encapsulado de los contenidos de audio y video, así como los protocolos de señalización y sincronización.



Ecosistema completo de la TV conectada.

En la anterior figura se representa el ecosistema completo que compone la TV conectada, compuesto por los actores principales de la Web como Apple y Google, la totalidad de fabricantes de pantallas y receptores, las plataformas de pago y por último los radiodifusores en abierto agrupados bajo distintos estándares abiertos.

De modo conceptual, el escenario de la TV conectada se puede clasificar en dos grandes grupos: Smart TV, basado en su propio sistema operativo que hace del televisor un elemento donde ejecutar aplicaciones propietarias por cada fabricante u operador de forma independiente, y la TV Híbrida representada de modo mayoritario por el estándar HbbTV (Hybrid broadcast broadband TV), que pretende ser el estándar abierto e independiente de transmisión que permita acceder a los servicios ofertados por los diferentes operadores y sobre el que ya, los radiodifusores en Europa están lanzando su oferta.

16.1.1 SMART TV

Como ya se ha descrito, las Smart TV permiten el consumo a contenidos alternativos a los lineales distribuidos por la red de Broadcast, utilizando para ello el portal de media al cual se accede por medio de la red de banda ancha. Los contenidos suministrados por lo general están controlados y restringidos por los fabricantes y operadores de OTT.

El usuario puede acceder a contenidos diferentes sin tener en cuenta el horario en el que hayan sido emitidos gracias a las aplicaciones especiales de cada cadena, a las funciones de búsqueda de contenidos o a las posibilidades de rebobinar, grabar o seleccionar favoritos.

El mando a distancia conserva las características básicas de sus antecesores, con la posibilidad de utilizar el mando mediante gestos o el uso de las funciones puntero y scroll (como en un ordenador), pero mejoradas y con un formato más práctico para manejo del usuario. También incorporan una opción específica para conectar con Facebook o Twitter, y realizar y visualizar comentarios sobre un determinado contenido.

En la siguiente gráfica se muestran algunos ejemplos de navegación que ofrecen distintos fabricantes sobre sus pantallas para el acceso a contenido por banda ancha, desde sus portales propietarios.



Ejemplos de navegación que ofrecen distintos fabricantes.

Destaca en este punto la SMART TV ALLIANCE, donde los fabricantes de televisores y algunas empresas de desarrollo, se han unido para crear funcionalidades "smart" más allá de la TV convencional. LG y PHILIPS lideran esta iniciativa, con la intención de crear una plataforma universal para aplicaciones de TV, atractiva a los desarrolladores para conseguir un buen conjunto de aplicaciones.

Con esta alianza, se intenta cubrir toda la cadena de valor de proveedores y clientes, partiendo de una plataforma común, un amplio set de desarrolladores y utilidades, y por supuesto una visión del usuario interesante para un mejor y mayor consumo.

El SDK de esta plataforma estará basado en tecnologías web, tales como HTML5, y correrá sobre las televisiones y dispositivos adaptados para SMART TV.

Con otro punto de vista menos global pero igualmente válido, esta Google, quien se ha unido a Intel y Sony para trabajar sobre un televisor basado en Android y se bautizó como Google TV. El objetivo es facilitar al usuario la navegación por internet sobre todo por aplicaciones como twitter o picassa. Intel contribuirá con los procesadores Atom para los dispositivos mientras que Sony diseñará el hardware y Logitech para los periféricos: mandos a distancia, altavoces o incluso un teclado.

16.1.2 Televisión Híbrida

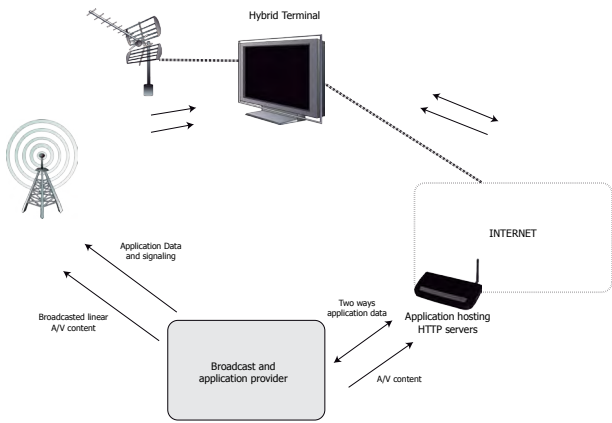
En Febrero del 2009, la EBU lanzó su recomendación. (EBU R 127-2009) con el objetivo de alentar la interoperabilidad y consistencia en el desarrollo de receptores de televisión híbridos Broadcast/Broadband entre los radiodifusores y fabricantes, para cubrir una necesidad del mercado horizontal, y ante la amenaza de que dichos servicios quedaran al margen de los radiodifusores.

Este hecho constituyo el primer hito para el desarrollo del estándar europeo conocido como HbbTV y que ha sido recogido igualmente en el Reino Unido en su recomendación D-Book 7 Part B para cumplir con los requisitos de los proveedores de servicios del Reino Unido (incluyendo HTML5).

16.1.3 HbbTV

La HbbTV (Hybrid Broadcast Broadband TV) es una plataforma abierta de emisión de televisión híbrida que incluye servicios accesibles mediante banda ancha sobre el formato tradicional de televisión digital. En junio de 2010, se aprobó la norma 1.1.1 por la ETSI como ETSI TS 102 796.

Este estándar es independiente del medio de transmisión, pudiendo ser implantado en DVB-T, DVB-S, DVB-C etc, mejorando las carencias de otros estándares de televisión interactiva como es el caso de MHP, proporcionando sencillez, manejabilidad, tiempos de carga de aplicaciones muy satisfactorios a los usuarios y mejorando la calidad.

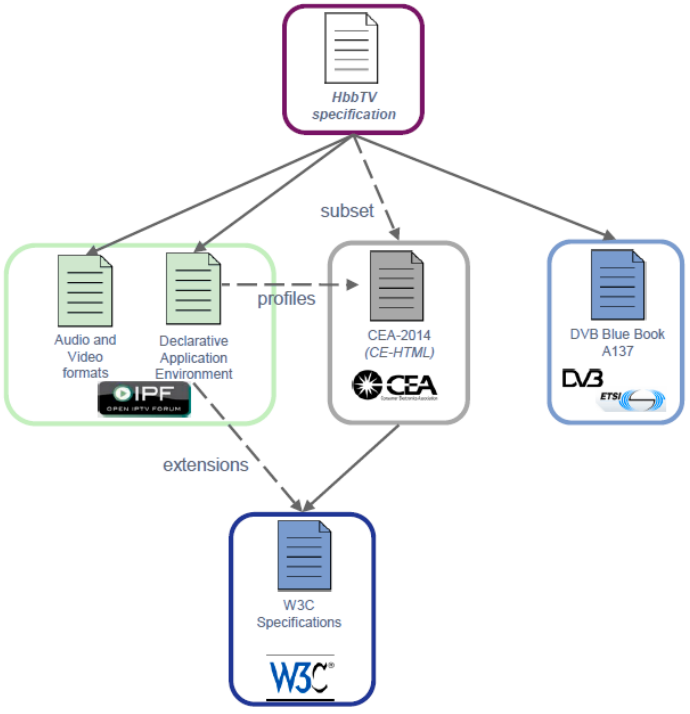


Emission de contenidos HbbTV sobre una red híbrida.

La anterior figura muestra una red híbrida que permite la emisión de contenidos sobre un receptor híbrido de HbbTV.

• Funcionamiento:

Mediante la red broadcast el terminal híbrido puede recibir el contenido de audio y vídeo, la señalización y las aplicaciones. Si el terminal no está conectado a la red de banda ancha, es posible recibir las aplicaciones que se emiten en broadcast, y con la señalización se sincronizan con el contenido de audio y vídeo. Si el terminal híbrido está conectado a la red IP o banda ancha, es posible la comunicación bidireccional con los proveedores de aplicaciones, permitiendo recibir la aplicación de datos y/o contenidos de audio y vídeo mediante streaming.



Concepto técnico de la especificación HbbTV.

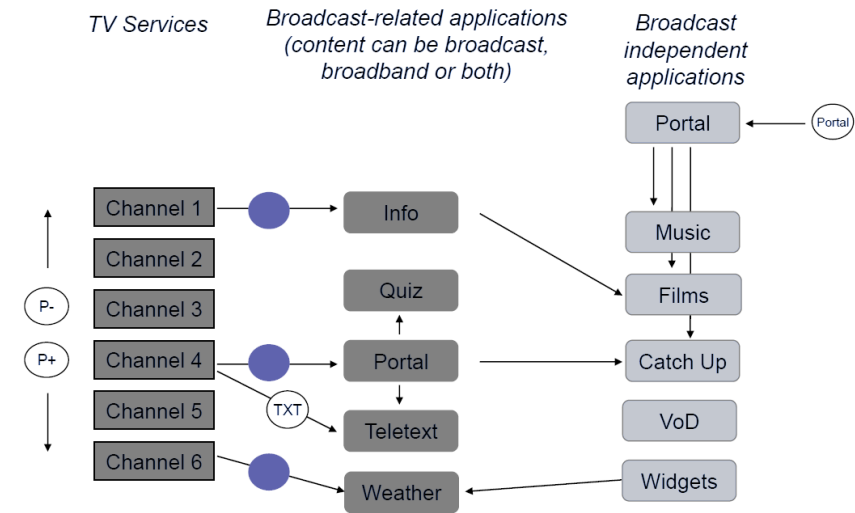
Fuente: EBU

Los servicios que ofrece la Hbbtv permiten aplicaciones de votación, VoD, navegación web, acceso a redes sociales, juegos etc. Por tanto la tecnología HbbTV ofrece nuevas posibilidades de negocio a las empresas y nuevos servicios a usuarios de televisión digital.

HbbTV se basa en los estándares existentes y en las tecnologías Web OIPF (Open IPTV Forum), CEA, DVB y W3C (HTML, CSS, JS DOM) proporcionando una estandarización sobre:

- Control de los APIs de vídeo.
- Acceso a la lista de canales.
- Selección de servicios de difusión.
- Streaming de vídeo vía http y RTSP.
- Acceso a la tabla EIT-pf.
- DSM-CC stream events.
- Incluye soporte para object carousel DSM-CC o http, que permite cargar archivos o aplicaciones que usen cualquiera de los protocolos.
- Opción de descarga de media.
- Opción de PVR schedulling.

La siguiente figura muestra la navegación de los usuarios por los distintos servicios interactivos HbbTV, donde el usuario puede cambiar entre diferentes servicios de TV en los que existen aplicaciones que se iniciarán pulsando un botón, con un pop-up etc.



Ciclo de vida de contenidos y aplicaciones independientes broadcast.

Fuente: EBU

16.1.4 DLNA

DLNA (Digital Living Network Alliance) es una asociación de fabricantes de electrónica e informática sin ánimo de lucro fundada por Sony en junio de 2003. Su objetivo es definir directrices de interoperabilidad que permitan compartir medios digitales entre dispositivos de consumo como ordenadores, impresoras, cámaras, teléfono móviles y otros dispositivos multimedia. Estas directrices toman como base estándares públicos ya existentes, pero sólo pueden obtenerse previo pago. DLNA especifica la forma de utilizar estos estándares con el fin de que los distintos dispositivos que pueda haber dentro de una misma red se interconecten entre ellos para compartir sus contenidos.

DLNA utiliza Universal Plug and Play (UPnP) para la gestión, descubrimiento y control multimedia. UPnP define los tipos de dispositivos que DLNA soporta ("server", "renderer", "controller") y los mecanismos para acceder a los medios a través de la red.



Tipos de dispositivos que DLNA soporta.

Las directrices DLNA suponen una capa de restricciones acerca de los tipos de formatos de fichero multimedia, codificaciones y resoluciones que los dispositivos deben soportar. La ventaja que ofrece es una fácil configuración y gran versatilidad. Este sistema puede funcionar tanto en redes Wi-Fi como Ethernet. Las directrices

de interoperabilidad DLNA permiten a los fabricantes participar en el creciente mercado de los dispositivos en red y se dividen en los siguientes componentes tecnológicos clave.

- Trabajo en Red y Conectividad.
- Formatos Multimedia y Modelo de Transporte.
- Gestión de Derechos Digitales y Protección de Contenidos.
- Descubrimiento y Control de Dispositivos y Servicios.
- Gestión Distribución y Control de Medios.
- Gestionabilidad.

Los miembros de la alianza han establecido el objetivo común de utilizar tecnologías estandarizadas que hagan más sencillo a los consumidores el uso y compartición de sus fotografías, música y vídeos. En enero de 2011, ya eran más de 9,000 dispositivos diferentes los que habían obtenido el estado de "Certificado DLNA", indicado por un logo en su embalaje que confirma su interoperabilidad con los demás dispositivos DLNA. Se estima que ya se han vendido más de 440 millones de dispositivos certificados, desde cámaras digitales a videoconsolas y televisores.

Dentro de una red DLNA se pueden encontrar varios tipos de dispositivos con diversos roles que fundamentalmente se resumen en tres bien diferenciados:

Los servidores (Digital Media Servers) disponen de todo el contenido, típicamente son aparatos con dispositivos de almacenamiento masivo conectado que lo exportan a la red DLNA en forma de flujo compatible. En este segmento pueden encontrarse TV con disco duro o memorias USB conectadas, PCs con discos duros compartidos por DLNA, sistemas NAS, tabletas o móviles con almacenamiento interno disponible etc.

Los controladores (Digital Media Controllers) son los que controlan la red DLNA. Definen el origen y el destino de los flujos de datos (vídeo, audio o fotos) así como permiten controlar la forma de reproducción: pausa, avance, retroceso etc. Típicamente son TV, tabletas o teléfonos móviles.

Los renderers (Digital Media Renderers) son los dispositivos capaces de negociar y recibir un flujo de datos compatible e interpretarlo para visualizarlo. Son generalmente dispositivos que tienen salida de audio o vídeo como pueden ser TV, móviles, PCs, etc.

Un mismo dispositivo (por ejemplo una TV) puede cumplir con los tres roles a la vez o solo con alguno. Típicamente los dispositivos que no tienen almacenamiento interno no pueden ser Digital Media Servers y muchos Digital Media Renderers pueden no ejercer de Digital Media Controllers si no es para reproducir un flujo utilizando el propio dispositivo como Digital Media Renderer.

El caso más versátil sería un Digital Media Controller (por ejemplo un teléfono móvil) que selecciona un Digital Media Server como origen (por ejemplo un PC) y un Digital Media Renderer como destino (por ejemplo una TV). El Digital Media Server y el Digital Media Renderer se pondrán de acuerdo en el formato óptimo de envío y recepción para poder visualizar el fichero seleccionado por el Digital Media Controller.

DLNA está dirigida por una junta directiva formada por nueve miembros. Hay ocho representantes permanentes de las siguientes compañías: Broadcom, Intel, Microsoft, Nokia, Panasonic, Samsung Electronics, Sony Electronics, Technicolor y un representante elegido por los miembros promotores.

ANEXOS

I. GLOSARIO DE TÉRMINOS

II. BIBLIOGRAFÍA

ANEXO I: GLOSARIO

AAC	Advanced Audio Coding
3GGP	3rd Generation Partnership Project
AAF	Advanced Authoring Format
AAL	ATM Adaptation Layers
AC3	Dolby Digital
AES	Advanced Encrytion Standard
AES/EBU	Audio Engineering Society/European Broadcasting Union
AFC	Automatic Frequency Control
AGC	Automatic gain control
AHS	Adaptative HTTP Streaming
ALiS	Alternate Lighting of Surfaces
AMOLED	Active-matrix OLED
AMVP	Advanced motion vector prediction
APS	Active Pixel Sensor
ARC	Aspect Ratio Converter
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses
ATM	Asynchronous Transfer Mode
ATSC	Advanced Television System Committee
AVC-I	Advanced video Coding Intra
AVR	Available Bit Rate
AWS	Amazon Webservices
BAT	Bouquet Association Table
BCH	Bose Chaudhuri Hocquengham
BER	Bit Error Rate
BGP	Border Gateway Protocol
BIT	Broadcaster Information Table
BXF	Broadcast eXchange Format
CA	Conditional Access
CABAC	Context-based Adaptative Binary Arithmetic Coding
CAT	Conditional Access Table
CAVLC	Context Adapataive Variable Lenght Codes
CBR	Constant Bit Rate
CCD	Charge Coupled Device
CDMA	Multiplexación por división de código

CEA	Consumer Electronics Association
CEC	Consumer Electronics Control
CIF	Common Image Format
CIFS	Microsoft Common Internet File System
CLUT	Color LookUp Table
CMOS	complementary metal-oxide-semiconductor
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
CP	Content Packet
CPCS	CommonPartConvergenceSublayer
CPL	Composition Playlist
CPU	Central processing unit
CRC	Código de redundancia cíclica
CRT	Cathode Ray Tube
CTB	Coding Tree Block
CU	Codification Unit
CVBS	Composite Video Baseband Signal
CW	Control Word
CWG	Control Word Generator
DAS	Direct Attached Storage
DASH	Dinamic Adaptative Streaming over HTTP
DAT	Digital Audio Tape
dBFS	Decibels relative to full scale
dbLU	Decibels Loudness Unit
DC	Direct Current
DCCSCT	Directed Channel Change Selection Code Table
DCCT	Directed Channel Change Table
DCDM	Digital Content Distribution Master
DCI	Digital Cinema Initiatives
DCP	Digital Cinema Package
DCT	Discrete Cosine Transform
DD+	Dolby Digital Plus
DEDSEC	Double Error Detection – Single Error Correction
D-ILA	Digital Imaging Light Amplification
DIT	Discontinuity Information Table
DLNA	Digital Living Network Alliance
DLP	Digital Light Processing
DLT	Digital Linear Tape
DMD	Digital Micromirror Device

DPCM	Differential Pulse Code Modulation
DSM	Digital Source Master
DSNG	Digital Satellite News Gathering
DTE	Data Terminal Equipment
DTMB	Digital Terrestrial Multimedia Broadcast
DTS	Decoding Time Stamp
DV	Digital Vídeo
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-C	Digital Video Broadcasting - Cable
DVB-C2	Digital Video Broadcasting - Cable version 2
DVB-S	Digital Video Broadcasting Satellite
DVB-S2	DVB-Satélite version 2
DVB-T	Digital Video Broadcasting – Terrestrial
DVB-T2	Digital Video Broadcasting – Terrestrial version 2
DVI	Digital Visual Interface
E-AC3	Enhanced Dolby Digital
EAV	End Active video
EBU	European Broadcasting Union
ECM	Entitlement Control Messages
ECMG	Entitlement Control Message Generator
EDH	Error Detection and Handling
EDL	Edit Decision Lists
EICTA	European Information & Communications Technology Industry Association
EIS	Event Information Scheduler
EIT	Event Information Table
EMM	Entitlement management Messages
EMMG	Entitlement Management Message Generator
ENG	Electronic News Gathering
EPROM	Erasable programmable read only memory
ERT	Event Relation Table
ES	Elementary Stream
ETM	Extra Theater Message
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
ETT	Extend Text Table
FDMA	Multiplexación por división de frecuencia
FEC	Forward Error Correction
FED	Field Emission Display
FEF	Future Extension Frames

FO	Fibra Óptica
FTP	File Transfer Protocol
GbE	Gigabit Ethernet
GOP	Group of Pictures
GPU	Graphics Processing Unit
GXF	General eXchange Format
HANC	Horizontal Ancillary Data Space
HAS	HTTP Adaptative Streaming
HbbTV	Hybrid Broadcast Broadband TV
HD	High Definition
HDCP	High-bandwidth Digital Content Protection
HDD	hard disk drive
HDMI	High-Definition Multimedia Interface
HDS	HTTP-based Dinamic Streaming
HE-AAC	High Efficiency Advanced Audio Coding
HEVC	High Efficiency Video Coding
HLS	HTTP Live Streaming
HSM	Hierarchy Storage Management
HSPA	High-Speed Packet Access
IaaS	Infraestructure as a Service
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Professional Association Advancing Innovation and Technological Excellence
IETF	Internet Engineering Task Force
INT	IP/MAC Notification Table
IP	Internet Protocol
IRDs	Integrated Receiver Decoder
ISAN	International Standard Audiovisual Number
ISDB	Integrated Services Digital Broadcasting
ISO/IEC	International Organization for Standardization
ISP	Internet Service Provider
IT	Information Technologies
ITT	Program Index Transmission Information Table
ITU	International Telecommunication Union
JBOD	Just a Bunch of Disk
JPEG	Joint Pictures Expert Group
KDM	Key Delivery Messages
LAD	línea digital activa
LAN	Local Area Network

LCAV	Liquid Crystal Alignment Vertically
LCD	Liquid Crystal Display
LCOS	Liquid crystal on silicon
LDP	Label Distribution Protocol
LDT	Linked Description Table
LIT	Local Event Information Table
LKFS	Loudness, K-Weighting, and Full Scale
LNA	Low noise amplifier
LRA	Loudness Range
LSP	Label Switched Path
LTC	Lineal Time Code
LTE	Long Term Evolution
LU	Loudness Unit
LUFS	Loudness Unit Full Scale
MAM	Media Asset Management
MAN	Metropolitan area network
MBMS	Multimedia Broadcast/Multicast Service
MBS	Maximun Burst Size
MBSFN	Multimedia Broadcast Over Single Frecuency
MCR	Minimun Cell Rate
MGT	Master Guide Table
MHEG-5	Multimedia and Hypermedia Expert Group
MIMO	Multiple-input Multiple-output
MIPs	Millones de instrucciones por segundo
MISO	Multiple Input Single Output
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
MPD	Media Presentantion Description
MPE	Multiprotocol Encapsulation
MPEG	Moving Picture Experts Group
MPLS	Multi-Protocol Label Switching
MVC	Multiview Video Coding
MXF	Material Exchange Format
NAL	Network Abtraction Layer
NAS	Network Attached Storage
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NBC	Non Backward Compatible
NBIT	Network Board Information Table
NIM	Network Interface Module
NIT	Network Information Table

NTSC	National Television System Comitee
OBS	Olympic Broadcast Service
OIPF	Open IPTV Forum
OLED	Organic Light Emitting Diode
OSD	On Screen Display
OSI	Open System Interconnection
OSPF	Open Shortest Pass First
PaaS	Platform as a Service
PAL	Phase Alternation Line
PALCD	Plasma Addressed Liquid Crystal Display
PAT	Program Association Table
PCAT	Partial Content Announcement Table
PCR	Peak Cell Rate
PCR	Program Clock Reference
PDG	Private Data Generator
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PDP	Plasma Display Panel
PDU	Protocol Data Unit
PES	Packetised Elementary Stream
PKL	Packing List
PLED	Polymer Light Emitting Diodes
PLP	Physical Layer Pipes
PMOLED	Passive-matrix OLED
PMT	Program Map Table
PPM	Peak Programme meter
PRS	Pseudo-random sequence
PS	Program Stream
PSI	Program Specific Information
PSIP	Program and System Information Protocol
PTS	Presentation Time Stamps
PU	Prediction Unit
PVR	Personal video recorder
QCIF	Quarter Common Interchange Format
QoS	Quality of Service
RAID	Redundant Array of Independent Disks
RAM	Random access memory
RGB	Red Green Blue
RISC	Reduced instruction set computer
ROM	Read only memory

RRT	Rating Region Table
RST	Running Status Table
RSVP	Resource reservation Protocol
RTCP	Real Time Control Protocol
RTP	Real Time Protocol
RTSP	Real Time Session Protocol
S/N	Signal to noise
SAN	Storage Area Networks
SAO	Sample adaptative offset
SAR	Segmentacion and Reassembly Sublayer
SAS	Serial Attached SCSI
SATA	Serial ATA
SAV	Start Active video
SCART	Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radiorécepteurs et Téléviseurs
SC-FDMA	Single Carrier FDMA
SCH	Secuencia de Color
SCR	Scrambler
SCR	Sustainable Cell Rate
SCR	System Clock Reference
SCS	Symulcrypt Synchronizer
SD	Secure Digital
SD	Standard Definition
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SDI	serial digital interface
SDT	Service Description Table
SDTI	Serial Digital Transport Interface
SDU	Service Data Units
SECAM	Sequential Couleur À Memoire
SED	Surface-conduction Electron emitter Display
SEI	Supplemental Enhancement Information
SFN	Single Frecuency Network
SI	Service Information
SIG	Custom Service Information
SIT	Selection Information Table
SM-OLED	Small-molecule OLED
SMPTE	Society of Motion Picture and Television Engineers
SMS	Screen Management System
SMS	Single-Screen System Architecture

SMS	Suscriber Management System
SOLED	Stacked OLED
SPDIF	Sony/Philips Digital Interconnect Format
ST	Stuffing Table
STB	Set top box
STC	System Time Clock
STL	Studio to Transmitter Link
STT	System Time Table
SVC	Scalable Video Coding
SXRD	Silicon Crystal Reflective Display
TCP	Transport Control Protocol
TDEL	Thick film dielectric electroluminescent
TDMA	Multiplexación por división de tiempo
TDT	Time and Date Table
TFEL	Thin-Film Electroluminescence
TFT	Thin Film Transistor
TLS	Tri-Level Sinc
TMDS	Transition Minimized Differential Signaling
TMS	Multiplex Theatre System Architecture
TOLED	Transparent OLED
TOSLINK	Toshiba LINK
TOT	Time Offset Table
TRC	Cathode Ray Tube
TRS	Timing Referente sequences
TS	Transport Stream
TSDT	Transport Stream Description Table
TU	Transformation Unit
TVAD	TV Alta Definición
UBR	Undefined Bit Rate
UDP	User Datagram Protocol
UHDTV	Ultra High Definition Television
UHF	Ultra High Frequency
UIMD	Unique Material Identifier
UML	Unified Modeling Language
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UPID	Unique Program Identifier
UPnP	Universal Plug and Play
UTC	Universal Time Coordinated
VANC	Vertical Ancillary Data Space

VBR	Variable Bit Rate
VCT	Virtual Channel table
VESA	Video Electronics Standards Association
VGA	Video Graphics Array
VGX	Variational Graphics eXtended
VITC	Vertical Interval Time Code
VLAN	Virtual LAN
VLC	Variable Length Coding
VPN	Virtual Private Network
VPS	Video Paramenter Set
VTR	Video tape recorder
VUI	Video Usability Information
W3C	World Wide Web Consortium
WAN	Wide Area Network
WDMA	Multiplexación por división de onda
WGS	World Geodetic System
WHDI	Wireless Home Digital Interface
WiDI	Intel Wireless Display
WPP	Waveform Parallel Proccesing
xDSL	Digital Subscriber Line
XML	Extensible Markup Language

ANEXO II: BIBLIOGRAFÍA

- [.] Pinnacle . Manual de Referencia Pinnacle Systems. Pinnacle Edition 2002
- [709Media] Los paquetes de cine digital: DCI y los DCPs (III). La encriptación. 709 Media Room. 2011
- [A/65] Document A/65 . ATSC Standard: Program and System Information Protocol for Terrestrial Broadcast and Cable(PSIP)
- [Abbe] François Abbe Martin Holmes, John Shike. New Approach to Ingest of Audio Visual Assets. Octubre 2002
- [ABNT-NBR-15603-1] ABNT-NBR-15603-1 . Digital terrestrial television – Multiplexing and service information (SI) Part 1: SI for digital broadcasting systems
- [ABNT-NBR-15603-2] ABNT-NBR-15603-2 . Digital terrestrial television – Multiplexing and service information (SI) Part 2: Data structure and definitions of basic information of SI
- [ABNT-NBR-15603-3] ABNT-NBR-15603-3 . Digital terrestrial television – Multiplexing and service information (SI) — Part 3: Syntaxes and definitions of extension information of SI
- [ANSI/SMPTE-258M-1993] ANSI/SMPTE-258M-1993 . Transfer of Edit Decision Lists. Febrero 1993
- [ANSI/SMPTE-259M-1997] ANSI/SMPTE-259M-1997 10-Bit 4:2:2 Component and 4fsc Composite Digital Signals. Serial Digital Interface
- [Apple] Apple. Introducing Thunderbolt. 2011
- [Arias] Campos Arias , Ortega Parra, Terán Padilla. Redes SAN AVID Unity. Septiembre de 2002
- [ATTo] ATTo Technology Inc. RAID Overview: Identifying What RAID Levels Best Meet Customer Needs. 2002
- [Austerberry] David Austerberry. The Technology of Video and Audio Streaming. Focal Press Second Edition 2005.
- [Barti] Robert Barti y Enric Gaus. Desniveles de Sonido entre Publicidad y Programas en TV. Tecniacústica 1999
- [Belenguer] Ángel Belenguer Martínez. Nuevas Tecnologías en Vídeo y Televisión. Abril 2002
- [Benoit] Herve Benoit Digital Television: Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework. Focal Press 3ª Edición 2006.
- [Betherncourt] Tomás Betherncourt Machado. Sistemas de Televisión Clásicos y Avanzados. IORTVE 1991
- [Bovik] Al Bovik . Image & Video Processing. Academic Press 2005
- [Camerer] On the way to Loudness Nirvana. EBU Florian Camerer 2010
- [Canalis] María S. Canalis . MPLS "Multiprotocol Label Switching": Una Arquitectura de Backbone para la Internet del Siglo XXI

- [Carrillo] J. Carrillo Saucedo. Tecnología OLED. UDEM
- [Comparing] Brocade. Comparing Storage Area Networks and Network Attached Storage. 2001
- [Computadores] Conexión entre Subsistemas: Buses. Apuntes Arquitectura y Organización de Computadores 1.
- [DCSI] Digital Cinema System Specification v 1.2 2008.
- [Delgado] A. Delgado Gutiérrez: Flujos de Programa y de Transporte MPEG-2. Aplicación a DVB. UPM Junio 2001
- [Devlin] Bruce Devlin . The The Material eXchange Format. EBU Technical Review. Julio 2002
- [Dituc] Dituc . Estudio: Análisis de estándares
- [Duarmu] Soportes de grabación: Cintas, tarjetas y HDD. Especial video (VI) URL <http://www.duamu.com>
- [Dueñas] Luis Dueñas Fernández. El Sistema ATSC. Septiembre 2009
- [DVB] Digital Video Broadcasting (DVB); DVB interfaces to Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH) networks
- [EBU-N10-1998] EBU-N10-1998 Parallel interface for analogue component video signals
- [EBU-TECH-3299] EBU-TECH-3299 High Definition (HD) Image Formats for Television Production
- [Efectos] Efectos de Vídeo: Croma y Luma Key.
- [EHU] EHU Tecnologías de pantallas de visualización. Escuela Universitaria de Ingeniería Vitoria Gasteiz.
- [ETSI_EN_300_468] ETSI_EN_300_468. Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems
- [ETSI_EN_300_744] ETSI_EN_300_744 v1.5.1. Digital Video Broadcasting (DVB) Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television.
- [ETSIT] ETSIT. Digital Video Broadcasting (DVB); DVB interfaces to Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH) networks. Diciembre 1997
- [Ferrer]M._D. Ferrer Martínez. Multiprotocol Label Switching (MPLS)
- [Fischer] Walter Fischer . Digital Video and Audio Broadcasting Technology. A Practical Engineering Guide. R&S Springer 2008
- [Focus] EBU Focus Group B/MCAT. EBU Guidelines for Multichannel Audio in DVB. Enero 2006
- [Foessel] Tecnología de Cine Digital, DCI, SMPTE, ISO y Digital Cinema Packages. Sigfried Foessel 2009
- [Fujitsu] Fujitsu España. Un paseo por IEEE-1394(FireWire). Marzo de 2000
- [Futuro] Futuro Digital . La tecnología de las pantallas de retroproyección. Octubre 2008
- [García-Yagüe] Adolfo García-Yagüe . Transporte de V Transporte de Vídeo

- sobre ATM, M-JPEG, MPEG-2 y DVB. Julio 2001
- [Geyte] Matthias_De Geyte . MXF & AAF. VRT Medialab Octubre 2008
- [Gilmer] Brad Gilmer Ingest, Data and Metadata. 2000
- [Goñi] Jon Goñi Amatriain.IPTV. Protocolos empleados y QoS.
- [Graves] Robert_K. Graves . ATSC Estado Actual de la TV Digital. ATSC Forum Abril 2007
- [Guil] Nicolás Guil Mata. Sistemas de comunicación audiovisual. Dep. Arquitectura de Computadores UMA.
- [Hall] Michael Hall . Blue Laser Recording Technologies for High Density Archival Storage. Octubre 2004
- [Hernandez] L. Hernandez Vargas. DLP Training. LG Electronics Octubre 2005
- [Hernando] José_M. Hernando Rábanos. Transmisión por Radio. ETSIT UPM 1993
- [Hopper] Richard Hopper y Tim Cowin. How the SMPTE UIMD Enables Conventional Technology to Support Metadata & Automated Asset Management.
- [Imaginar] Imaginar Interactive. Ethernet: Pasado, Presente, y futuro
- [Imax] IMAX Digital MPX Theatre System User Guide. 2008
- [INGVID] Sistemas de Producción basados en Ficheros. Apuntes Ingeniería de Vídeo. Noviembre 2009
- [Interfaces] Interfaces de comunicación para la televisión digital (parte II)
- [International] The International Engineering Consortium.Synchronous Digital Hierarchy
- [ITIS] 3º ITIS . Periféricos e Interfaces. 3º ITIS
- [ITU-R-BT.601-5] ITU-R-BT.601-5 SECTION 11B: Digital Television.
- [Izquierdo] Distribución y Exhibición cinematográficas en España. Jessica Izquierdo 2007
- [Izquierdo1] Jesús Izquierdo. La Documentación del Vídeo y los Metadatos. Azervus
- [Izquierdo2] Jesús Izquierdo. La Protección de los Contenidos Audiovisuales. Azervus
- [Jack] Keith Jack. Video Demystified A Handbook for the Digital Engineer Fourth Edition. Newnes 2005
- [James] Jack James . Fit in Post. Solution for Postproduction Problems. Focal Press 2009
- [Kahsnitz] Michael Kahsnitz . Visual audio-signal monitoring. Penton Media 2008
- [Karagosian] Digital Cinema 2011: Trends in Rollouts, Financing and Technologies. Michael Karagosian 2011.
- [Kobalic] Al Kobalic . Video Systems in an IT Environment. Focal Press 2º Edición 2009
- [Lennon] Chris Lennon . BxP – How It's Working in the Real World. Harris Corporation

- [Leonardo] Nicolás Leonardo Vetromile. *Professional Disc Vs Professional Plug-in*
- [López] A. López Yepes y J.A. Giménez Blesa. *Gestión de Contenidos en la Era Digital*. Noviembre 2001.
- [Mains] Jim Mains . *Media Asset Management Databases*. Octubre 2000
- [Martín] Alfonso Martín Marcos. *Sistemas de Televisión*. Ciencia 1996
- [Martinez] Nuevos formatos en cinematografía digital. Enrique Martínez del Molino 2009
- [Martínez] José M. Martínez . *Distribución y Recepción de Señales de Televisión Digital Multiplexación DVB*. Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid. 2008
- [MAYAIT] MAYAIT . *Documentación NAS "Network Attached Storage"*
- [Merkel] HbbTV. *A hybrid broadcast-broadband system for the living room*. EBU Klaus Merkel. 2010
- [Morgan] Oliver Morgan *Wrappers and Metadata*. EBU Technical Review .1998
- [Moser]Gerald Moser . *Audio Coding for DVB: MPEG HE-AAC v2*
- [Myers]Robert L. Myers . *Display Interfaces Fundamentals and Standards*. Willey Marzo 2003
- [NHT] Storage Area Network Information Center URL: <http://www.nth.com>
- [Ochoa] Ochoa y Mireles. *Descripción del nuevo estándar de video H.264 y comparación de su eficiencia de codificación con otros estándares*. diciembre de 2006
- [Ohanian] Thomas Ohanian . *Edición No Lineal*. IORTVE 1ª Edición: 1996
- [Onneweer] Barend Onneweer . *What is 'Color Grading'?*
- [Oretano] Soportes de almacenamiento digital en vídeo. URL <http://oretano.iele-ab.uclm.es>
- [Pérez] Constantino Pérez Vega. *Introducción a la compresión de audio*. 2005
- [Picerno] Alberto Picerno . *La Biblia del LCD y Plasma*.
- [Polo] Vicente Polo y Juan Navalpotro. *Conmutación del audio imbricado en la señal SDI*. Abacanto Digital. Diciembre 2003
- [Popp] Hermann Popp *Camera CMOS Technology* Geneva, Nov. 2005
- [Poulin]Felix Poulin and Maxime Caron. *Display Measurement*. EBU Technical Review 2009
- [Richardson] Iain Richardson . *H.264 and MPEG-4 Video Compression*. Ed. Wiley 2003
- [Robin] Michael Robin y Michel Poulin. *Digital televisión Fundamentals*. Mc Graw Hill 2º Edición 2000.
- [Ruiz1] Damián Ruiz Coll. *Introducción a la Producción en TVAD*.
- [Ruiz2] Damián Ruiz Coll. *Medidas de Calidad en SDI*.
- [Ruiz3] Damián Ruiz Coll . *Análisis de la Arquitectura MXF*
- [Ruiz4] Damián Ruiz Coll. *Formatos de Almacenamiento e Intercambio de Programas*.

- [Ruiz5] Damián Ruiz Coll . *Formatos de Difusión de Contenidos*
- [Salgado] Luis Salgado . *Televisión Digital: fundamentos, estándares y multiplexación*. E.T.S. Ing. Telecomunicación Universidad Politécnica de Madrid. Febrero 2006
- [Salmon1] Richard Salmon *TV Displays, a progress report*. EBU Technical Review 2009
- [Salmon2] Richard Salmon. *The Changing world of TV Display*. EBU Technical Abril 2004.
- [Sheldon] Ian Sheldon *CCD Technology for HD Production*. Noviembre 2006
- [Shishikui] Yoshiaki Shishikui , Yoshihiro Fujita and Keiichi Kubota *Super Hi-Vision* September 2008
- [Silva] Oscar_G. Silva . *El Camino hacia HDTV*. LADE Profesional. Agosto 2005
- [Simpson] Wes Simpson . *Video Over IP. A Practical Guide to Technology and Applications*. Focal Press 2006
- [SMPTE-292M-1998] SMPTE-292M-1998 *Bit-Serial Digital Interface for High-Definition Television Systems*
- [SMPTE-305.2M-2000] SMPTE-305.2M-2000 *Serial Data Transport Interface (SDTI)*
- [Somers] Steve Somers . *HD-SDI, HDMI, and Tempus Fugit*. URL: <http://www.extron.com>
- [Sony1] Cine digital de 4K: <http://www.sony.es>
- [Sony2] Sony Corporation. *Contents Creation Asset Management using Metadata*. Marzo 2005
- [Spikofski] Gerhard Spikofski and Siegfried Klar. *Levelling and Loudness in radio and television broadcasting*. IRT, Enero 2004.
- [SSR-ETSIT-UPM] SSR-ETSIT-UPM . *Producción y edición de vídeo no lineal*. Lab. de Tecnologías de Audio y Vídeo.
- [Staten] Greg Staten Steve Bayes. *The AVID Handbook. Advanced Techniques, Strategies, and Survival Information for Avid Editing Systems* 5th Edition. 2009
- [Swartz] *Understanding Digital Cinema. A Professional Handbook*. Charles S. Swartz. Focal Press 2005.
- [Tarrés] Francesc Tarrés Ruiz. *Sistemas Audiovisuales 1 - Televisión analógica y digital*. Ediciones UPC Junio 2000
- [Tektronix1] Tektronix . *A Guide to MPEG Fundamentals and Protocol Analysis*.
- [Tektronix2] Tektronix . *Preventing Illegal Colors*. 2002
- [Tektronix3] Tektronix. *A Guide to Digital Television Systems and Measurements*. 1997
- [TVAD1] Foro TVAD España. *Formatos de Producción, Intercambio y Difusión de contenidos en TV de Alta Definición v1.0*. Abril 2008
- [TVAD2] Foro TVAD V1 R1. *Alta Definición: Nuevas Tendencias*.
- [TVAD3] Foro TVAD. *Alta Definición y Acceso Condicional*. Foro de la TV de alta definición. 2008

*[Visca] Massimo Visca and Hans Hoffmann. HDTV production codec tests.
EBU TECHNICAL REVIEW – 2008 Q3*

*[Visual] Venta Visual . Formato DVCAM: Visión global, Concepto y Ventajas.
URL: <http://www.venta-visual.com>*

[WHEVC] Wikipedia: High Efficiency Video Coding. 2012



