

Del Blanco y Negro a la Alta Definición

❖ *Pedro Vicente del Fraile*

En este artículo se trata de ofrecer una rápida visión del proceso evolutivo que la televisión ha seguido, desde sus inicios en "blanco y negro", hasta la aplicación de técnicas digitales que permiten mejoras sustanciales de la calidad ofrecida por los actuales y futuros receptores de televisión.

El artículo consta de cuatro partes: en una primera se describen los principales motivos que dieron lugar a la elección de los parámetros en los distintos sistemas actuales. En la segunda, se hace una somera descripción de la TV en el dominio frecuencial, que ayudará a

entender mejor el empleo de técnicas digitales. En la tercera se hace una introducción de las técnicas digitales en el receptor actual (TV mejorada). Por último, en la cuarta parte se comentan las distintas propuestas de TV de alta definición (HDTV).

Elección de parámetros

Cuando se introdujo el servicio de TV en blanco y negro (B/N) hubo que elegir una serie de parámetros para configurar el sistema. Desgraciadamente, por desacuerdos más o menos justificados en la elección de estos parámetros, no surgió un sistema universal, sino varios sistemas locales; lo cual ha obligado a sufrir muchas penalidades cuando hubo que transmitir informaciones televisivas entre países con diferentes sistemas. Veamos el proceso de elección de parámetros.

Para disminuir en lo posible la percepción de los defectos en las imágenes reproducidas, causados por falta de regulación de la fuente de alimentación, era recomendable tomar un número de imágenes por segundo (frecuencia de imagen) que fuera múltiplo de la frecuencia de red. Al mismo tiempo, para tener una sensación de parpadeo (flicker) tolerable, se han de visualizar más de 40 imágenes por segundo. Esto llevó a adoptar una frecuencia de imagen igual a la de red (50 Hz ó 60 Hz. según el país).

En la elección del número de líneas para explorar la imagen, se tuvo en cuenta que este número de líneas NL determina al máxima definición de la imagen en sentido vertical y que fijada la frecuencia de imagen, también determina la frecuencia de líneas número de líneas/segundo. Debido a fenómenos de magnetostricción, tanto la bobina de desviación, como los transformadores de salida de líneas, vibran produciendo un sonido apreciable y



molesto si no se toma la frecuencia de líneas en el extremo alto de la gama audible. Considerando el poder de resolución del sistema visual humano, la distancia más probable del espectador a la pantalla y las características del oído, todos los sistemas de TV eligieron una frecuencia de líneas de alrededor de 15,6 KHz., teniendo 525 líneas/imagen el grupo de 60 imág./seg. y 625 el de 50 imág./seg.

La relación de aspecto (anchura/altura) se tomó igual a la que el cine usaba en aquellos días, 4/3.

Actualmente en los futuros sistemas de alta definición, la tendencia es tomar una relación de aspecto de 16/9 dando una imagen más panorámica como lo ha hecho también el cine.

Si tomamos para F valores de 50 ó 60 imágenes por segundo, la anchura de banda resulta demasiado grande, por lo que se recurrió a hacer una exploración entrelazada 2:1, que consiste en descomponer una imagen en dos campos, uno formado por las líneas impares y otro por las líneas pares y enviarlos secuencialmente, tomando para cada campo 1/50 ó 1/60 segundos, lo cual permite dividir por dos el ancho de banda, conservando una sensación de parpadeo tolerable. Desgraciadamente, el entrelazado produce una sensación de "temblor de líneas" (lione flicker) en las partes de imagen con variaciones bruscas de brillo en sentido vertical (bordes horizontales).

En cuanto a la transmisión de la información de audio, todos los sistemas existentes eligieron la modalidad de modular en AM o FM con la señal de sonido, a una subportadora cuya frecuencia está situada inmediatamente por encima del extremo superior de la banda de vídeo, habiéndose elegido 4,5 Mhz en el grupo de 60 Hz y 5,5 Mhz en el de los 50 Hz.

“La tendencia es tomar una relación de aspecto de 16/9 dando una imagen más panorámica”

PHILIPS LANZA UNA NUEVA GENERACION DE TV COLOR

Durante el verano, saldrán a la venta en el mercado español aparatos con los Hz y Digital Scan, con un breve intervalo, tras su presentación a los consumidores alemanes.

El precio para los modelos de 28 pulgadas rondará las 220.000 ptas., mientras que los de 36 con pantalla de 16/9 costarán 600.000 ptas.

TV EN COLOR EN EUROPA



La TV en color

A finales de la década de los 40 se iniciaron las transmisiones de TV color. En el primer sistema usado se transmitían secuencialmente tres campos completos, pertenecientes a cada uno de los tres componentes de color: rojo, verde y azul. Este sistema tenía el inconveniente de no ser compatible con los sistemas de blanco y negro ya existentes. Tras unos años de laboriosas investigaciones, los americanos adoptaron en 1953 el sistema NTSC (National Television System Committee) compatible con la TV monocroma. Este sistema logra dividir la información de una imagen, en dos señales, una que contiene la información de brillantez (luminancia Y) aprovechada por la TV en B/N y otra que contiene la información de color (crominancia C). Dado que el ojo humano tiene un poder de resolución aproximadamente cuatro veces menor para discernir detalles de colorido que detalles de brillo, es posible reducir el ancho de banda de la señal de crominancia en un factor de cuatro. Con esta señal de crominancia reducida, se modula en amplitud y fase una subportadora cuya frecuencia está situada dentro de la

parte superior del espectro de la señal de luminancia y se añade a ella para formar la señal compuesta Y+C.

En el sistema NTSC, la fase de la subportadora de crominancia lleva la información del tinte del color recuperado, por tanto distorsiones de fase se traducen en variaciones de tinte que degeneran la imagen notablemente.

Para evitar esta desventaja Francia propuso un nuevo sistema llamado SECAM (Sequentiel A Memoire) que transmite las dos componentes de crominancia secuencialmente línea a línea, usando una portadora modulada en frecuencia. Alemania propuso el sistema PAL (Phase Alternation on Lines) que como el NTSC usa una modulación en fase y amplitud para transmitir la crominancia, pero con la diferencia que una de las componentes cambia de signo línea a línea, con lo que logra convertir los errores de tinte del NTSC en errores de saturación mucho menos notables para el ojo humano.

Desgraciadamente, una vez más, no se llegó a un acuerdo en la adopción de un sistema único de TV en color, coexistiendo en este momento tres sistemas mutuamente incompatibles: NTSC, SECAM y PAL.

“Con el desarrollo de circuitos integrados VLSI, se ha alcanzado el nivel de rapidez y complejidad exigidos para la aplicación de técnicas digitales”

SIEMENS

¿Funciona bien su intercambio de datos? ¡El K1100 comprueba todos los interfaces!

El intercambio de datos entre redes diferentes es cada vez más intenso. Ejemplo: la LAN de una planta de producción automatizada conectada a una WAN y a RDSI. En esta aplicación, incluso los pequeños errores pueden tener fatales consecuencias. Es preciso comprobar continuamente el cumplimiento de los protocolos establecidos. Una difícil tarea que ahora se puede resolver con un único analizador de protocolo: el K1100, con sus módulos intercambiables para LAN, WAN y RDSI.

Estos son sus puntos fuertes:

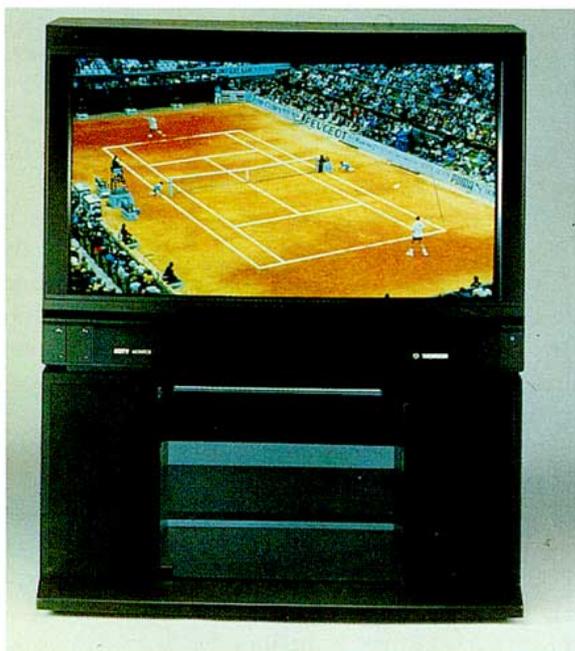
- Estadísticas, pruebas y análisis de protocolos.
- Posiciones de conexión para acomodar simultáneamente dos módulos de interfaz.
- Un único modo de presentación para todas las aplicaciones.
- Pruebas preparadas de servicio, fáciles de realizar y sin necesidad de conocimientos especiales.
- Muy adecuado para todo tipo de servicio gracias a su reducido peso.

¿Le interesa?

Envíe este cupón a:

Siemens, S.A.
Div. Telecomunicaciones (T3)
Pza. Carlos Trías Bertrán, 7
28020 Madrid
Tel. 555 00 02 (ext. 3325)

Siemens, analizadores de protocolo para comunicaciones fiables.



dad con los sistemas de blanco y negro, pero implica problemas de información cruzada entre Y y C (crosstalk): Las componentes de alta frecuencia de luminancia pueden ser interpretadas como señales de crominancia (cross-color) produciendo irisaciones coloreadas superpuestas en las zonas de la imagen con detalle muy fino, la señal de crominancia puede ser interpretada como luminancia dando un granulado en la imagen (cross-luminancia).

TV mejorada (procesado digital de vídeo)

Con el reciente desarrollo de circuitos integrados VLSI, se ha alcanzado el nivel de rapidez y complejidad exigidos para la aplicación de técnicas digitales en los decodificadores de imagen, sonido y teletexto.

Las ventajas que se esperan obtener del uso de técnicas digitales en televisión son:

- 1) Mayor economía.
- 2) Mejor calidad.
- 3) Nuevas prestaciones.

Los tres sistemas tienen en común que las señales de luminancia "Y" y crominancia "C" comparten la misma banda de frecuencias, aunque con distribuciones espectrales diferentes dentro de dicha banda, formando la llamada señal compuesta Y+C. Esto permite compatibili-



Deseo mayor información sobre el analizador de protocolo K1100.

Nombre _____

Empresa/Organismo _____

Cargo _____

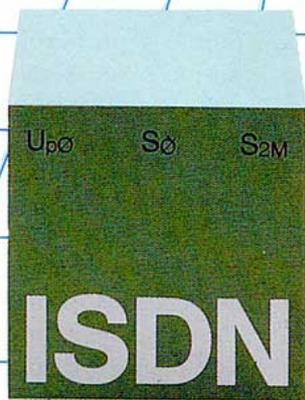
Dirección: _____

Código Postal/Ciudad _____

Provincia _____

Teléfono Nº _____

B - 7-8/9;



“La mejora de calidad se hará notar en la casi total eliminación de los efectos indeseados”

La mayor economía se obtendrá reduciendo el número de componentes y sustituyendo los componentes relativamente caros (por ejemplo, las líneas de retardo analógicas de cristal) por otros más baratos (memorias digitales). Por otra parte, los costes de producción bajarán gracias a la mayor fiabilidad de los productos y a la simplificación de los procedimientos de ajuste. La mejora de claridad se hará notar en la casi total eliminación de los efectos indeseados producidos por la interacción entre la luminancia y la crominancia, en la reducción de ruido y de los efectos negativos debidos a la forma de barrido usada, tales como el parpadeo causado por el escaso número de imágenes por segundo (25 ó 30) y el temblor de líneas debido a la exploración entrelazada. Esta clase de defectos resultan mucho más molestos con imágenes mayores y más brillantes (caso de las futuras pantallas planas y actuales tubos de alto brillo).

Las nuevas prestaciones que se pueden obtener están íntimamente relacionadas con la aplicación de las memorias digitales de campo o de imagen. Algunos de los ejemplos son: “imagen parada” que posibilita hacer copias sobre papel u otros soportes; “Multi-imagen en imagen”, de visualización de varias imágenes captadas en un momento (muy conveniente para la selección de programa); y “Teletexto de adquisición-multipágina”, de respuesta instantánea al seleccionar una página.

Las emisoras, por su parte, están obligadas a atenerse a las especificaciones propias del sistema, pudiendo hacer muy poco para evitar los efectos de “cross-color”, “cross-luminancia”, “parpadeo” y “temblor de líneas” y por tanto las mejoras han de llevarse a cabo en el receptor.

La mejora de calidad de imagen está principalmente basada en la distribución espectral de la señal de TV (Ver figura). Una vez digitalizada la señal compuesta de vídeo Y+C, para separar sus componentes Y, U y V se usan filtros digitales. Si sólo se pretende lograr el grado de separación que alcanzan los televisores analógicos actuales, bastaría con usar filtros digitales paso-banda y banda-eliminada.

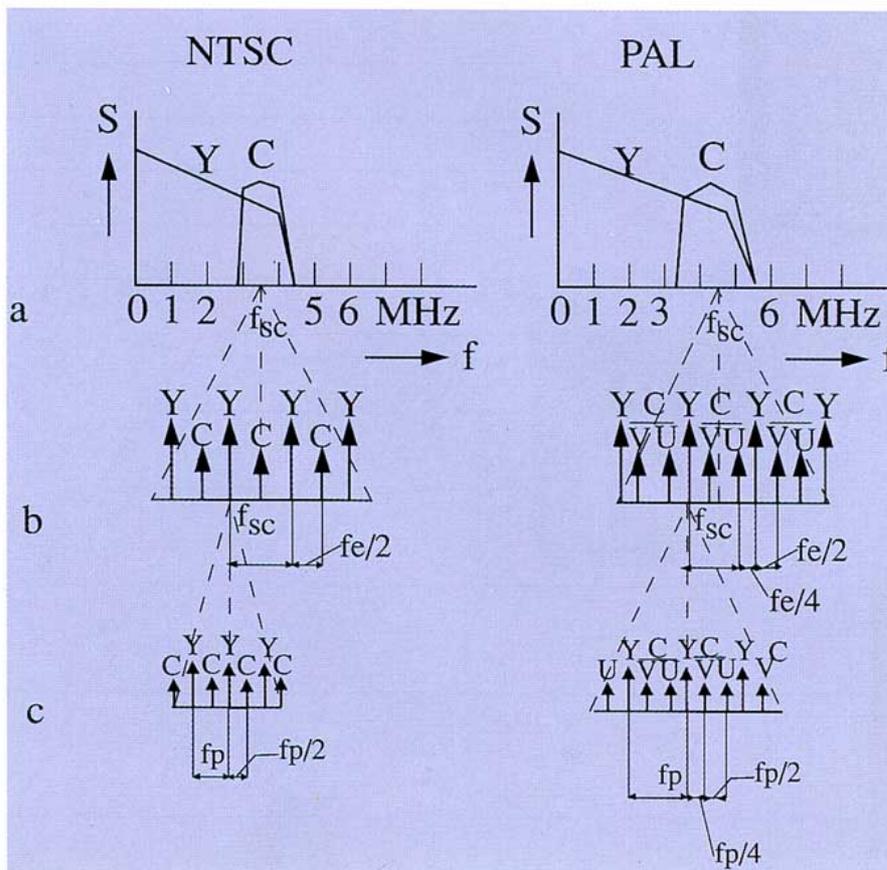
Con estos filtros no se obtiene una mejora significativa del “cross talk”, puesto que las componentes de alta frecuencia de luminancia siguen estando en la señal de crominancia separada. No obstante, se mejora por la exactitud de esta clase de filtros y principalmente por su respuesta de fase lineal (cosa difícil de lograr con filtros analógicos).

Para obtener un mayor grado de separación, a nivel de paquetes especiales, hemos de usar filtros cuyas respuestas tengan polos y ceros separados una frecuencia de imagen f_p para NTSC y media frecuencia de imagen para PAL, lo que exige filtros con unidades de retardo de un período de línea TL en NTSC o dos períodos de línea 2TL en PAL. Puesto que en estos filtros se combina el valor de una muestra correspondiente a un determinado elemento de imagen (pixel), con el valor de la muestra correspondiente a otro pixel retardado justamente un período de línea y por tanto situado debajo del anterior, a este filtrado se le llama filtrado vertical.

Para un grado de separación superior aún, a nivel de componentes espectrales, hemos de emplear filtros cuyos polos y ceros estén separados una frecuencia de imagen f_p para NTSC y media frecuencia de imagen para PAL, lo cual requiere filtros con unidades de retardo de uno o dos períodos de imagen, respectivamente. En estos filtros se combina la muestra correspondiente a un pixel con la correspondiente al mismo pixel de la imagen o imágenes siguientes; a este filtrado se le denomina filtrado temporal.

Las unidades de retardo usadas en los filtros verticales y temporales suelen ser memorias lógicas del tipo FIFO y están organizadas como larguísimos registros de desplazamiento en las que en cada célula se almacena la información correspondiente a una muestra y esta información pasa a la célula siguiente a cada período de muestreo. Por tanto, la capacidad de memoria

Distribución espectral de la señal de TV



necesaria será proporcional a la frecuencia de muestreo fs y al tiempo de retardo de la unidad de retardo que requiera el filtro.

Reducción del parpadeo

Actualmente, debido a la introducción con el mercado que los tubos de imagen de alto brillo y con pantallas de mayores dimensiones, (formato 16/9), el parpadeo (filcker) es mucho más acusado. Una forma de reducir este efecto es visualizar cada campo dos veces, para lo cual se emplean dos memorias de campo de tal forma que mientras una se grava, la otra se lee a doble velocidad recirculando la información. Esta acción lleva consigo el tener que duplicar la frecuencia de líneas en los circuitos de barrido horizontal y duplicar también el ancho de banda de los amplificadores de vídeo.

Reducción del temblor de líneas

Como ya se ha dicho antes, debido al entrelazado, en imágenes con cambios bruscos de luminancia paralelos a las líneas de barrido (bordes horizontales) se aprecia un temblor del límite de transición. Esto se puede evitar pasando a exploración progresiva mediante una interpolación, lo cual exige memorizar tres campos consecutivos e insertar por ejemplo las líneas pares en un campo impar promediandolas líneas de los dos campos pares adyacentes y lo mismo con los campos pares.

Todas estas mejoras están siendo introducidas actualmente en los receptores de alta calidad y en un futuro inmediato estarán en cualquier televisor. En la publicidad se anuncian con distintos nombres "Digivision", "100 ciclos sin parpadeo", etc.

Formato 16/9

Actualmente han aparecido en el mercado receptores que incorporan pantallas con "relación de aspecto" igual a 16/9. Estos receptores suelen estar dotados de complicados circuitos de conmutación, que los capacitan para exhibir una imagen, recibida en 4/3, en distintas modalidades a elección del usuario, por ejemplo mostrando todas las líneas útiles y dejando una franja sin imagen a cada lado, o bien mostrando toda la pantalla llena pero escondiendo líneas útiles en las partes superior e inferior, y otras más, entre ellas por supuesto las captadas en formato 16/9 con sus verdaderas dimensiones.

Estos receptores, sólo si van dotados de un decodificador MAC adecuado, serán capaces de captar las emisiones en MAC 16/9 y las emisiones de HD-MAC de alta definición, pudiendo en

este caso mostrar los programas HD-MAC con una calidad ligeramente inferior (presencia de algunos artefactos debidos al shuffling y al submuestreo "folding") que la de un programa emitido en MAC normal.

Sistema MAC

La aparición de los satélites de radiodifusión directa (DBS) hizo que los radiodifusores reconsiderasen la forma de reestructurar la señal de television. En 1981 EBU propuso el sistema MAC (Multiplexed Analogue Component) que sobrepasaba las limitaciones del PAL y cubría las necesidades de la distribución por satélite y cable, ofreciendo ventajas como la eliminación de la distribución por satélite y cable, ofreciendo ventajas como la eliminación de las subportadoras, evita el "crosstalk", mantiene las 625 líneas permitiendo, sin embargo, compatibilidad con formatos de pantalla ancha 16/9 y con señales de alta definición HD-MAC.

El parque actual de receptores MAC en Europa es relativamente bajo. Se espera que este parque aumente rápidamente, debido al aumento de programas emitidos en MAC, que el cumplimiento de la Directiva Comunitaria Europea ocasionará. Este parque ha de servir de cuna para la implantación evolutiva del sistema Europeo de alta definición HD-MAC.

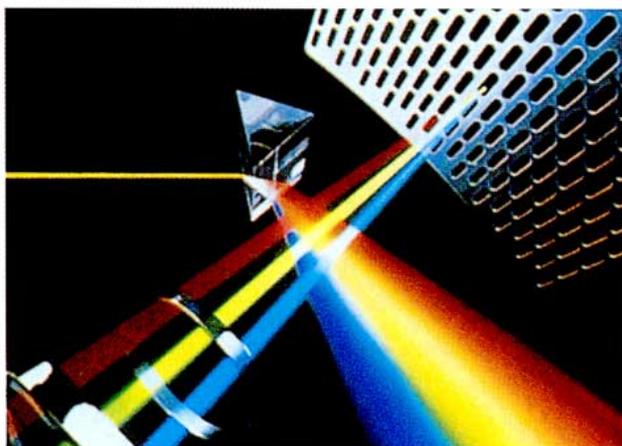
Alta definición

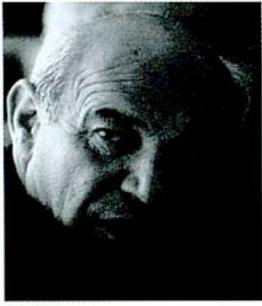
El report 801 de CCIR define la Alta Definición (HDTV) en comparación con los sistemas actuales PAL, NTSC o SECAM como un sistema que tenga doble definición vertical, doble definición horizontal de alta, señales de diferencia de color U y V separadas de la señal de luminancia (no crosstalk), mayor relación de aspecto y sonido de alta fidelidad.

El cumplimiento de estas prestaciones exige una anchura de banda del orden de 7,5 veces mayor que la usada en TV normal BN.

Está claro que si se quiere difundir HDTV por satélite (DBS) con 27 Mhz. de canal y modulación en FM, hay que reducir la banda al menos en un factor de 4. Para transmisiones vía canales terrestres, el factor de reducción ha de ser aún mayor.

Se emplean dos técnicas para reducir ancho





Pedro Vicente del Fraile.

Doctor Ingeniero de Telecomunicación. Empezó su carrera profesional en 1961 en la empresa Iberia Radio, donde ocupó el cargo de Jefe de la División de Radio y Jefe de Laboratorio, sucesivamente. En 1967 se incorpora a Copresa, S.A. también como Jefe de los Laboratorios; desde 1978 es Asesor Técnico de Dirección de dicha empresa, dedicándose al estudio y promoción de nuevas tecnologías, en especial las relacionadas con la televisión.

Director de la revista Minihwatt, ha escrito más de 60 artículos en ésta y otras publicaciones especializadas. Es miembro del Consejo Asesor de Mundo Electrónico.

Profesor de la asignatura de Televisión en la ETSIT de Barcelona, ha impartido también numerosos cursos y seminarios sobre temas afines.

En la actualidad es miembro de la Junta Directiva y Presidente de la Comisión de Tecnología, Normalización y Homologación de ANIEL, así como miembro del Comité Organizador de Exponetrónica.

de banda.

- Empleo de algoritmos de submuestreo.
- Empleo de algoritmos de compresión digital.

Empleo de algoritmos de submuestreo. Se aprovecha la baja capacidad del sistema visual humano para apreciar alta definición en imágenes con gran cantidad de movimiento. Se subdivide la imagen en pequeñas subimágenes (bloques), normalmente de $8 * 8$ pixels, se compara cada bloque con el bloque que ocupa el mismo lugar y con los bloques adyacentes en las imágenes anterior y posterior y se estima así, si se ha trasladado este bloque (detección de movimiento bloque) o cuanto se ha trasladado este bloque (estimación del vector movimiento). Los bloques que no acusen movimiento se envían con alta definición espacial (se envían los $8 * 8$ pixels) pero se invierte más tiempo en enviar el bloque. Por el contrario, los bloques afectados de movimiento son enviados con menos definición espacial (menos pixels por bloque) pero se envían más bloque por unidad de tiempo. Hay dos formas de operar en el extremo receptor, a) El receptor va dotado de un detector de movimiento similar al del transmisor, que dictamina el tratamiento que se ha de dar a cada bloque. b) El transmisor envía al receptor una información adicional DATV (Digitally Assisted Television) que le va indicando el tratamiento que ha de dar a cada bloque.

Los sistemas japonés MUSE y europeo HD-MAC utilizan esta tecnología, el MUSE en la forma a) y el Hd-MAC en la forma b).

Empleo de algoritmos de compresión digital. En esta tecnología se trata de eliminar la redundancia estadística de las imágenes.

En una imagen, existe gran probabilidad de que un pixel sea igual o parecido a los que le rodean (redundancia espacial), también existe gran probabilidad de que un pixel sea igual o muy parecido a su homólogo de la imagen siguiente (redundancia temporal).

En lugar de enviar los valores de las muestras obtenidas de una imagen se envían otras magnitudes deducidas de estos valores, por lo cual es imposible obtener sistemas compatibles con los existentes.

Los algoritmos más empleados son:

- Técnicas predictivas (D.P.C.M.).
- Técnicas de transformación unitaria.

Las técnicas predictivas consisten en deducir el valor que va a tener un pixel a partir de los pixels anteriores y enviar la diferencia entre el valor estimado y el valor real. El valor de esta diferencia es generalmente mucho menor, con

lo que se puede codificar con menos bits. En el extremo receptor usando el mismo algoritmo de predicción se recupera el pixel original.

En las técnicas de transformación, con las muestras de cada bloque de una imagen se forma una matriz (P), se premultiplica por una matriz unitaria de transformación (A) traspuesta y se postmultiplica por (A). La matriz resultante es la matriz de coeficientes (V).

Estas transformaciones tienen la propiedad de conservar la energía y concentrarla en unos pocos coeficientes, siendo los demás de valores despreciables. Lo que se hace es enviar los coeficientes más significativos despreciando los demás. En el extremo receptor mediante una transformación inversa se recuperan los pixels del bloque con muy poco error.

Los sistemas que usan estos algoritmos han de usar transmisión digital. Entre ellos está el proyecto Eureka 256 desarrollado por RTVE, la Universidad Politécnica de Madrid, la RAI y Telettra.

Los americanos tienen el objetivo de normalizar un sistema de HDTV para transmisión terrenal con anchura de banda de 6Mhz.

Actualmente se han presentado cuatro sistemas diferentes al "FCC Advisory Committee on Advanced Television Service" para ser evaluados. Todos estos sistemas emplean algoritmos de compresión digital.

Panorama actual

Existen dos sistemas de HDTV totalmente desarrollados, que basan la reducción de banda en técnicas de submuestreo, ambos usan transmisión analógica y multiplexado temporal de las componentes Y, U y V; El MUSE por el procedimiento ICI (Time Compression Integration) y el Hd-MAC mediante el procedimiento llamado shuffling pasa de una exploración progresiva 625 1:1 a una exploración entrelazada 625 2:1 y luego aplica una codificación MAC lo cual le hace compatible con este sistema, lo que hace suponer que los receptores MAC actualmente capaces de recibir imágenes de HDTV vayan evolucionando hasta convertirse en receptores de HD-MAC con todas sus prestaciones.

Por otra parte en América se intenta tener un sistema terrestre de HDTV que ocupe una banda de 6 Mhz. con transmisión digital, actualmente se están evaluando 4 sistemas: El Digicipher, el DSC-HDTV, el ADTV y el ATVA-P de los que probablemente saldrá uno definitivo que posiblemente integrará partes de cada uno.