

# Evolución de la televisión (II)

Pedro Vicente del Fraile

## 1.- TV MEJORADA (PROCESADO DIGITAL DE VIDEO)

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 la decodificación 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.

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 calidad 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 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 «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. 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). Puesto que estos filtros combinan el valor de una muestra con el valor de las muestras

consecutivamente adyacentes en una misma línea de TV. (unidades de retardo cortas), este proceso se denomina filtrado horizontal.

Para obtener un mayor grado de separación, a nivel de paquetes espectrales, hemos de usar filtros cuyas respuestas tengan polos y ceros separados, una frecuencia de línea para NTSC y media frecuencia de línea 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 (fig.9) donde FPB es un filtro paso banda.

Puesto que en estos filtros se combinan 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 periodo 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 periodos de imagen, respectivamente. En estos filtros (fig. 10) 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 filtra-

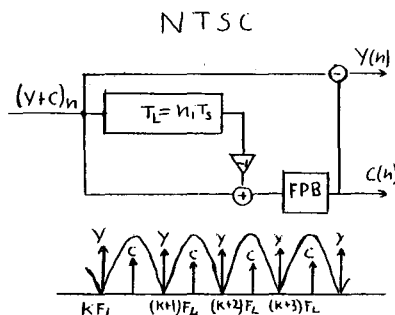


fig.9a

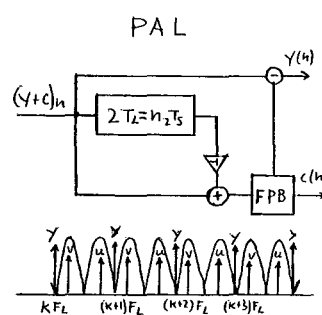


fig.9b

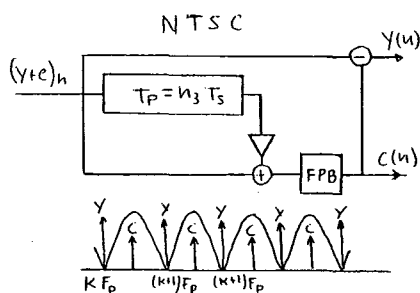


fig. 10a

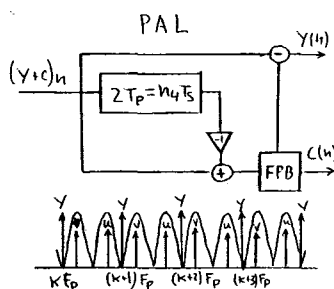


fig. 10b

do temporal.

Las unidades de retardo usadas en los filtrados 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 periodo de muestreo  $T_s$ . Por tanto, la capacidad de memoria necesaria será proporcional a la frecuencia de muestreo  $f_s$  y al tiempo de retardo de la unidad de retardo que requiera el filtro.

## 2.-REDUCCION DEL PARPADEO

Actualmente, debido a la introducción en el mercado de los tubos de imagen de alto brillo y con pantallas de mayores dimensiones, (formato 16/9), el parpadeo (flicker) 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 graba la otra se lee a doble velocidad recirculando la información (fig. 11). 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.

## 3.-REDUCCION DEL TEMBLOR DE LINEAS

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 tem-

blor 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 promediando las líneas de los dos campos pares adyacentes y lo mismo con los campos pares. Esto exige nuevamente duplicar la frecuencia de línea y el ancho de banda, una forma de evitar esto es el empleo de circuitos como el de la figura 12, en el que se obtiene (salida 2) campos A y B alternados y visualizados a doble frecuencia de campo, reduciendo así drásticamente el temblor de líneas. El inconveniente de esta secuencia es que el orden de aparición de los campos es diferente del que se emplea en la cámara para tomar la escena, por lo que para escenas muy activas empeora la sensación de movimiento. Si se dispone de un detector de movimiento se pueden conmutar las salidas 1 y 2, esta conmutación es válida puesto que el temblor de líneas es apenas apreciable en imágenes con movimiento.

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 «Digivisión», «100 ciclos sin parpadeo», etc.

## 4.-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 debido al «shuffling» y al submuestreo «folding») que la de un programa emitido en MAC normal.

## 5.-SISTEMA MAC

La aparición de los satélites de radiodifusión directa (DBS) hizo que los radiodifusores reconsiderasen la forma de reestructurar la señal de televisión. En 1981 EBU propuso el

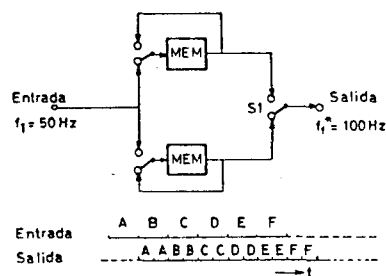


fig. 11

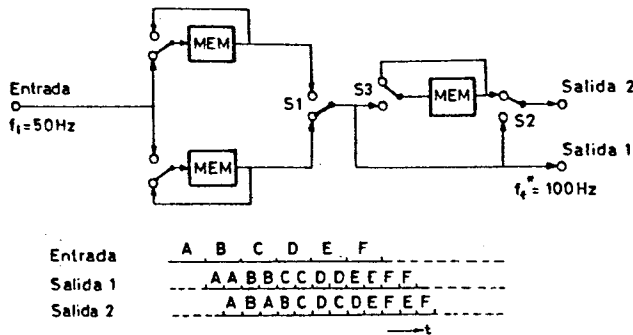


fig. 12

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 las subportadoras, evita el «cross talk», mantiene las 625 líneas permitiendo sin embargo compatibilidad con formatos de pantalla ancha 16/9 y con señales de alta definición HD-MAC.

El MAC muestrea la señal de luminancia a 13.5 Mmuestras y las señales diferencia U y V a 6.75 Mmuestras, una vez memorizada una línea se lee primero la señal diferencia a 20.25 MHz y después la señal de luminancia también a 20.25 MHz disponiéndolas temporalmente una detrás de la otra, ver figura 13. Con esta maniobra la señal de croma sufre una compresión de 3 a 1 y la luminancia de 3 a 2, quedando multiplexadas en el tiempo. Así se evitan los artefactos producidos por las interacciones entre luminancia y croma pero la anchura de banda se multiplica por 3/2. El sonido se transmite digitalmente durante el periodo de borrado de líneas.

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.

### 6.-ALTA DEFINICION

El report 801 del 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, 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 BA del orden de 7.5 veces mayor que la usada en TV normal BN.

$$B'A = BN * 2 * 2 * 16/9 : 4/3 = 5'33 BN.$$

En la fórmula anterior se ha tenido en cuenta solamente el doblar las definiciones horizontal y vertical y el paso de relación de aspecto de 4/3 a 16/9 en la señal de luminancia, hay que añadir B'A/4 ocupado por la señal de color más la banda ocupada por el sonido.

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 BA al menos en un factor 4. Para transmisiones vía canales terrestres el factor de reducción ha de ser aún mayor.

Se emplean dos técnicas para reducir ancho 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) o cuánto se ha trasladado este bloque (estimación del vector de 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 bloques 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

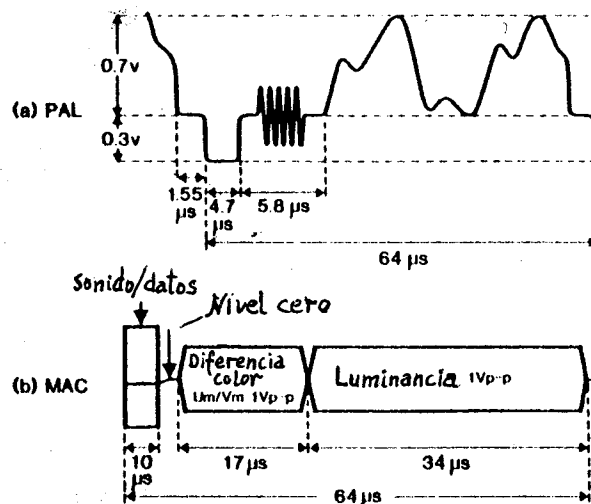


fig. 13

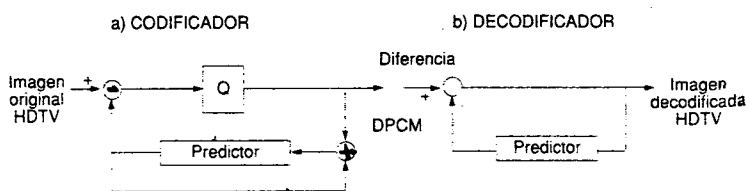


fig 14

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).

La incorporación de DATV aporta indudables ventajas. 1a.) La parte complicada del circuito, detector de movimiento y toma de decisiones, reside en el extremo emisor, haciendo por tanto el receptor mucho más sencillo. 2a.) El DATV suele estar codificado con protección de errores por movimiento. 3a.) En caso de introducción de posibles mejoras, se pueden ir añadiendo en la codificación del DATV de una forma compatible con los receptores ya existentes. 4a.) Cuando se hace interpolación con compensación de movimiento el DATV suministra el vector de interpolación de cada bloque.

**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 existen 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 (DPCM)  
-técnicas de transformación unitarias.

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 (fig. 14). 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).

$$[V]=[A]^T*[P]*[A]$$

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 (fig.15).

Los sistemas que usan estos algoritmos han de usar transmisión digital. Entre ellos está el proyecto Eureka 256 desarrollado por RTVE,



fig.15

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 6 MHz.

Actualmente se han presentado 4 sistemas diferentes al «FCC Advisory Committee on Advanced Television Service» para ser evaluados. Todos estos sistemas emplean algoritmos de compresión digital.

## 7.-PANORAMA ACTUAL

Existen dos sistemas de HDTV totalmente desarrollados, que basan la reducción de banda en temas de submuestreo, ambos usan transmisión analógica y multiplexado temporal de las componentes Y, U y V; el MUSE por el procedimiento TCI (Time Compression Integration) y el HD-MAC mediante 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 cuatro 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.

### 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. En 1967 se incorpora a Copresa S.A. desde 1978 es Asesor Técnico de Dirección en dichas empresas, Director de la revista Miniwatt. Es miembro del consejo asesor de Mundo Electrónico. Profesor de la asignatura de TV en la ETSETB.