

INFORME 801-4

SITUACIÓN ACTUAL DE LA TELEVISIÓN DE ALTA DEFINICIÓN

(Cuestión 27/11, Programa de Estudios 27A/11 y 27B/11)

(1974-1978-1982-1986-1990)

PARTE 1 - INTRODUCCIÓN

Actualmente, la televisión constituye uno de los medios de comunicación más extendidos. La televisión de alta definición, con pantalla grande es el objetivo de la nueva etapa de la televisión, que puede producir un nuevo sistema normalizado que sea común en todo el mundo. La televisión de alta definición desempeñará mejor esta misma función y constituirá también un poderoso instrumento para otros usos, entre ellos: producción de películas para cine y televisión, impresión, aplicaciones médicas y trabajos científicos.

La evolución hacia la producción de TVAD ofrece nuevas oportunidades para simplificar el intercambio de programas y reunir la producción para televisión y para cine. Sería beneficioso para los productores, así como para las organizaciones de radiodifusión, disponer de una norma única.

La Figura 1, que parte de una propuesta de Krivocheev, es un esquema simplificado del medio hipotético que rodeará a la televisión de alta definición en el futuro por lo que respecta a la radiodifusión. El elemento esencial es el centro de producción de televisión de alta definición, cuyas actividades de producción e intercambio de programas serán similares a las de un centro de producción actual. Si bien la mayoría de las actividades de dicho centro se realizarán en alta definición, deberá preverse la posibilidad de su funcionamiento en una serie de otros formatos de contribución, como la televisión actual de 525 ó 625 líneas en forma analógica o digital, la película, etc. La introducción de la televisión de alta definición constituye una nueva oportunidad de simplificar el intercambio de programas en directo y grabados.

Una característica de la producción de televisión de alta definición es su capacidad de hacer películas adecuadas para su proyección en salas de cine. En consecuencia, será particularmente importante que el centro de producción pueda realizar una transferencia de alta calidad de video a película.

Las señales de televisión de alta definición provenientes del centro de producción pasarán a la red de distribución en el interfaz de distribución de radiodifusión. La difusión al espectador puede realizarse recurriendo a varios métodos posibles, incluidos la radiodifusión terrestre (por ejemplo, en ondas métricas (VHF) y decimétricas (UHF)), satélites, cables (por ejemplo, coaxial o fibras ópticas - las fibras ópticas constituyen uno de los medios más prometedores para la TVAD de banda ancha) o los soportes grabados previamente (por ejemplo, casetes o discos). Cada método tiene características específicas y, por lo tanto, la señal de TVDA debe convertirse a una forma adecuada para cada método de distribución. Esta operación se efectuará en un codificador o convertidor entre la señal de TVAD en el interfaz de radiodifusión y el interfaz de distribución.

La definición de los posibles interfaces de distribución del organismo de radiodifusión y de radiodifusión, como se indica en la Figura 1, junto con la posibilidad de otros interfaces que están todavía por describir, ofrece la oportunidad de dar valores distintos a algunos parámetros en las diferentes partes del sistema TVAD "global". La inclusión de memorias de trama en esos interfaces puede proporcionar un entorno futuro más flexible para la TVAD, pero han de estudiarse cuidadosamente las conclusiones de este supuesto [CCIR, 1986-90a].

La elección del método de distribución por el espectador puede repercutir en el nivel del servicio de televisión mejorada o de TVAD que recibe. Los niveles pueden incluir la TVAD de banda completa, la TVAD de banda reducida o sistemas mejorados de 525 ó 625 líneas (véase el Informe 1232).

El receptor doméstico de TVAD debe estar adaptado para recibir los servicios de TVAD o de televisión mejorada y sería también ventajoso que pudiera recibir otros servicios, como la televisión de 525 ó 625 líneas. Dicho receptor incluiría los tratamientos de señal necesarios para reconstruir, de la manera más precisa posible, la imagen presentada en el interfaz de distribución de radiodifusión. Este tratamiento puede incluir también una conversión ascendente de visualización, filtrado del ruido, etc. Según la estrategia de radiodifusión adoptada, los receptores domésticos de 525 ó 625 líneas pueden obtener una señal utilizable de los servicios de televisión mejorados o de TVAD.

En las consideraciones y la experiencia operacionales es especialmente importante tener en cuenta las interrelaciones entre cada parte de la red de TVAD (de la producción a la emisión pasando por la contribución y distribución) en la evaluación global del sistema completo de TVAD. Además, es necesario formar una opinión en cuanto a la forma de realizar el nuevo sistema de TVAD. Para ello hay que tener en cuenta las disposiciones ya existentes de televisión convencional y las ventajas/inconvenientes operacionales y económicos que puedan derivarse de las distintas hipótesis en relación con las normas de estudio, transmisión y emisión y los métodos de distribución disponibles.

Finalmente, la tecnología necesaria para el completo tratamiento de la señal que interviene en la cadena de radiodifusión sigue el ritmo de desarrollo de la TVAD y aprovecha su sinergia con las tecnologías de las comunicaciones y la informática. El perfeccionamiento de dispositivos adecuados de visualización para receptores domésticos todavía exige un considerable esfuerzo.

En la actualidad se han recopilado los primeros resultados de los estudios relacionados con el Programa de Estudios 18U/11 [CCIR, 1986-90b]. Se reconoce que han de identificarse dichos estudios en estrecha cooperación con organizaciones tales como la CEI y la ISO, para tener totalmente en cuenta los requisitos de realización de la TVAD para los medios distintos de la radiodifusión, es decir, el cine, la impresión, las aplicaciones médicas, los trabajos científicos y la videoconferencia.

Además, ha de considerarse y tenerse en cuenta la transmisión de señales de TVAD a través de los nuevos canales o redes de transmisión digital, por ejemplo, como los definidos en la Recomendación I.121 (Aspectos de la banda ancha en la RDSI) del CCITT aprobada por su IX Asamblea Plenaria, a finales de 1988. Para dichas nuevas redes, ha de establecerse la definición de los nuevos servicios, incluyendo los relacionados con la TVAD, tal como se expresó en una declaración de coordinación [CCIR, 1986-90c], de la Comisión de Estudio I del CCITT a la Comisión de Estudio 11 del CCIR.

El avance de estos estudios puede ayudar al CCIR a completar la tarea de definición de un conjunto completo de parámetros para una norma única mundial de producción de TVAD.

En el presente Informe se resumen resultados de estudios y experimentos obtenidos en el mundo con los adelantos técnicos realizados en respuesta a la Cuestión 27/11. Puede verse también el Informe 630 para la grabación de vídeo y el Informe 1075 para la radiodifusión por satélite.

Interesan también a este respecto el Informe 1218 sobre mediciones objetivas, el Informe 1216 sobre evaluación subjetiva, el Informe 1217) sobre desarrollo futuro de la TVAD y el Informe 1232 sobre distribución de programas en diversos medios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LA PARTE I

Documentos del CCIR

[1986-90]: a. GIT 11/6-3035 (Australia) b. 11/336 (GITM 10-11/14); c. 11/394 (CCITT).

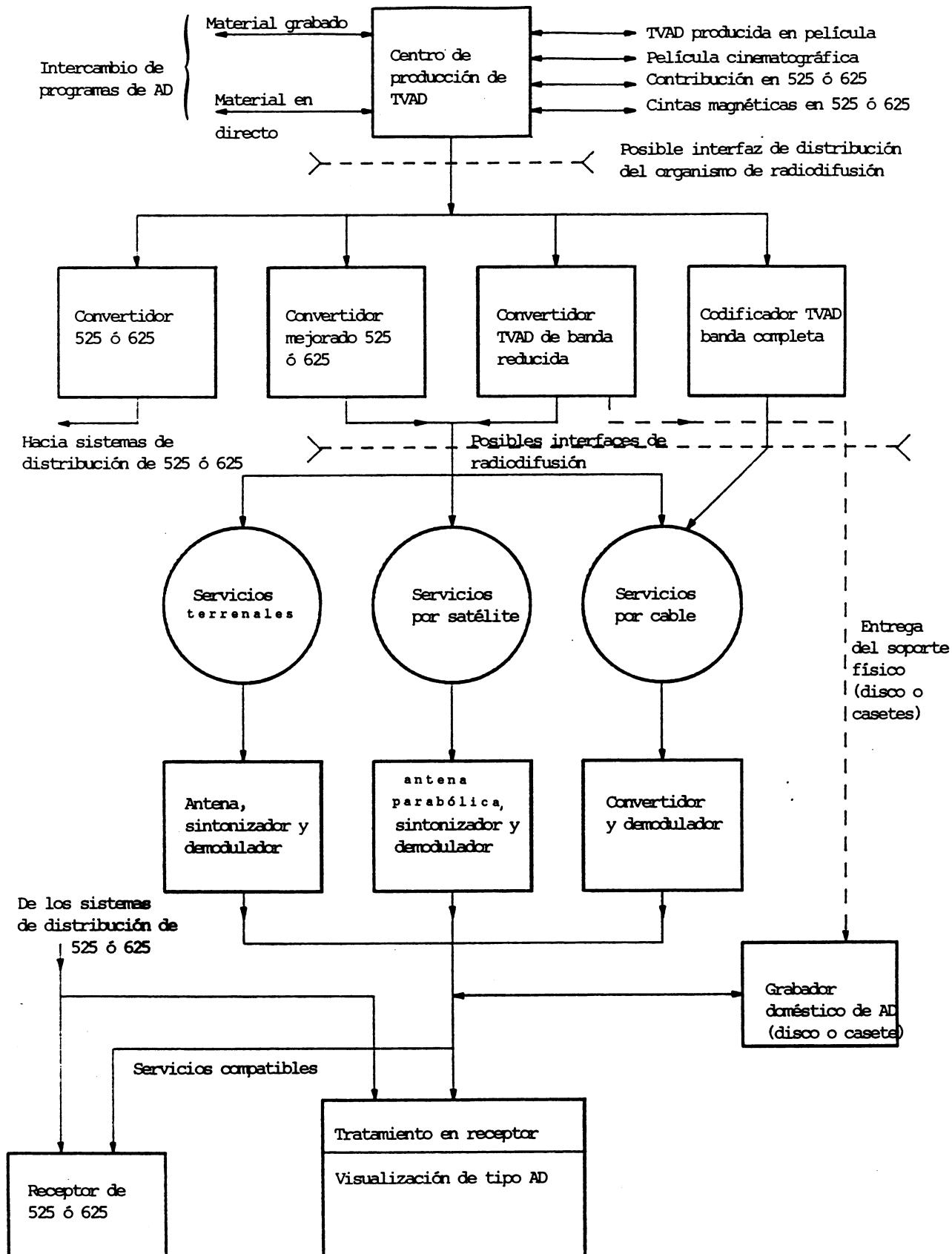


FIGURA 1 - Difusión de la TVAD: el medio ambiente futuro



PARTE 2 - ACTIVIDADES DEL CCIR

El CCIR estudia desde hace algunos años la TVAD. El trabajo inicial sobre los principios básicos de las presentaciones de TVAD se efectuó en el periodo de estudios 1974-1978. El ritmo de los trabajos se aceleró rápidamente desde ese momento y se ha prestado atención seria y urgente al estudio de todos los aspectos de la TVAD, desde cámaras a pantallas, pasando por la grabación, la producción y la emisión. Los trabajos del CCIR sobre TVAD se han centrado en la Comisión de Estudio 11, pero se han efectuado estudios sobre grabación y emisión por satélite conjuntamente con la Comisión de Estudio 10, en los Grupos de Trabajo Mixtos 10-11/R y 10-11/S respectivamente. La transmisión se estudia en la CMTT.

Seguidamente se resume la estructura con arreglo a la cual se efectuó esta labor y se indica la marcha de los trabajos.

1. Primeros progresos (1974-1986)

Los trabajos del CCIR sobre TVAD comenzaron con la adopción de la Cuestión 27/11 sobre televisión de alta definición.

Tras la adopción de la Cuestión 27/11, se aprobaron o modificaron diferentes Cuestiones, Programas de Estudios, Resoluciones y Decisiones para reconocer y promover un examen adecuado de la TVAD.

La Comisión de Estudio 11 estableció dos Programas de Estudios en respuesta a la Cuestión 27/11: el 27A/11 que versa sobre la compatibilidad de la TVAD con las normas existentes y con los canales atribuidos a la radiodifusión, y el 27B/11, que versa sobre las técnicas de presentación para TVAD.

Durante el periodo 1974-1986, se modificaron las Cuestiones 1/11 sobre normas de televisión en color y 2/11 sobre el intercambio de programas de televisión para recoger la TVAD. En los Programas de Estudios 2B/11 sobre conversión entre normas de exploración y 3A/11 sobre evaluación subjetiva de la calidad se incluyó también la TVAD.

Además, la Comisión de Estudio 11 adoptó la Decisión 58 en la que se establecía el GIT 11/6 para estudiar la TVAD y tomó disposiciones en relación con la TVAD en la Decisión 60 (GIT 11/7 sobre televisión digital), en la Decisión 66 (GIT 11/4 sobre evaluación subjetiva) y, conjuntamente con la Comisión de Estudio 10, la Decisión 59 sobre grabación vídeo. La XVI Asamblea Plenaria adoptó la Resolución 96 en la que se preveía la necesidad de una Reunión Extraordinaria sobre TVAD en la última parte del periodo de estudios 1986-1990.

Conjuntamente con la Comisión de Estudio 10, la Comisión de Estudio 11 adoptó dos Programas de Estudios sobre grabación de TVAD, el 18S/11 (Grabación de programas de TVAD) y el 18T/11 (Grabación de TVAD en película). Además las Comisiones de Estudio modificaron la Cuestión 2/10 y 11 (Características del sistema para el servicio por satélite) y establecieron o modificaron los Programas de Estudios 1E/10 y 11 (Estudios de compartición), 2F/10 y 11 (Normas para televisión por satélite), 2M/10 y 11 (Radiodifusión por satélite de TVAD) y 2N/10 y 11 (Servicios integrados) con objeto de tener en cuenta la necesidad de efectuar estudios sobre TVAD. Además, las Comisiones de Estudio prepararon la Decisión 51 (GITM 10-11/3, Radiodifusión de TVAD por satélite) para estimular los estudios sobre radiodifusión de TVAD por satélite.

2. Progresos desde 1986

Antes de las Reuniones Intermedias en 1987, la Comisión de Estudio 11, en particular el GIT 11/6, efectuó un considerable trabajo en relación con la TVAD. Además, en las Reuniones Intermedias, el Relator Principal de la Comisión de Estudio 11 inició un reexamen de las Cuestiones, los Programas de Estudios y las Decisiones para estimular y coordinar los trabajos sobre TVAD. Como consecuencia, se modificaron los Programas de Estudios 25H/11 (Filtrado y muestreo para la codificación digital), 25M/11 (Medición y supervisión) y 25J/11 (ahora AL/11, Reducción de la velocidad binaria para la codificación digital), con objeto de recoger aspectos de la TVAD. Además, se adoptaron dos nuevos proyectos de Programas de Estudios que comprendían aspectos de la TVAD: 25N/11 sobre interfaces para señales digitales y 3E/11 sobre evaluación subjetiva de la TVAD. La Comisión de Estudio aprobó también la Decisión 74 en la que se pedía la celebración de la Reunión Extraordinaria sobre TVAD y modificó las Decisiones 42 (GIT 11/5, Relaciones de protección), 58 (GIT 11/6, Normas de TVAD), 60 (GIT 11/7, Televisión digital) y 66 (GIT 11/4, Evaluación subjetiva) para permitir la realización de trabajos adicionales y la coordinación de las actividades.

En la Reunión Intermedia, la Comisión de Estudio 11 conservó el Informe 801-2, Estado actual de la televisión de alta definición, que se había preparado en el periodo de estudios precedente. También preparó cuatro nuevos Informes sobre aspectos de la TVAD: AW/11*(Enfoques para una norma unificada de ámbito mundial sobre estudios de TVAD digital), AZ/11*(Informe sobre el estado de la televisión de alta definición), AU/11*(Planteamiento general sobre sistemas de TVAD) y 1216 (Evaluación subjetiva de las imágenes de televisión de alta definición). El Grupo de Trabajo Mixto 10-11/S actualizó el Informe 1075 (Televisión de alta definición por satélite). El Grupo de Trabajo Mixto 10-11/R adoptó el Informe 1229 (Grabación de programas de TVAD en película cinematográfica).

Conjuntamente con la Comisión de Estudio 10, la Comisión 11 modificó además los Programas de Estudios 18T/11 (Grabación de TVAD en película) para tener en cuenta la necesidad del intercambio internacional y preparó el nuevo Programa de Estudios 18U/11 (Transferencia de programas de televisión de alta definición a medios distintos de la radiodifusión) para recoger los usos distintos de la radiodifusión. Además, las Comisiones de Estudio modificaron la Decisión 51 (GITM 10-11/3, Radiodifusión por satélite de señales de TVAD y normas unificadas para la inclusión de varias señales de audio en canales de TV terrenal y por satélite) para tener también en cuenta la necesidad de estudios más a fondo y de coordinación en relación con la TVAD. En el contexto de la Decisión 72 el Grupo Interino de Trabajo Mixto 10-11/S presentó contribuciones relativas a la radiodifusión de datos en un entorno TVAD.

En la Reunión Extraordinaria, la Comisión de Estudio 11 revisó las Cuestiones, los Programas de Estudios y las Decisiones existentes con objeto de cumplir más completamente sus obligaciones en relación con la TVAD. En el resto del presente Informe se dan detalles sobre los progresos de la Comisión de Estudio en esta Reunión Extraordinaria.

* La Comisión de Estudio 11 suprimió estos textos durante la Reunión Extraordinaria de dicha Comisión, relativa a la Televisión de Alta Definición, Ginebra, 1989.

PARTE 3 - CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS SISTEMAS DE TVAD

1. Definición de televisión de alta definición

Un sistema de televisión de alta definición es un sistema concebido para permitir la visión a una distancia de aproximadamente tres veces la altura de la imagen, de modo que el sistema de transmisión sea prácticamente transparente a la calidad de reproducción que percibiría en la escena o acción original un espectador con una agudeza visual elevada. Estos factores incluyen una mejor reproducción del movimiento y mejor percepción de la profundidad.

Ello implica, en general, en comparación con los sistemas de televisión convencionales:

- resolución espacial en sentido vertical y en sentido horizontal de aproximadamente dos veces la que puede obtenerse con la Recomendación 601;
- cualesquiera mejoras dignas de obtenerse de la resolución temporal con respecto a la que puede obtenerse con la Recomendación 601;
- mejor reproducción del color;
- formato de imagen más amplia;
- sonido multicanal de alta fidelidad.

Nota - Los sistemas de sonido en la TVAD son objeto de la Cuestión 47/10.

2. Medios de presentación a los que se aplicará la TVAD

La producción TVAD se utilizará para proporcionar señales fuente a numerosos medios de presentación. Entre ellos cabe citar los siguientes:

- servicios de radiodifusión por satélite en bandas de frecuencia superiores a 12 GHz;
- servicios en uno o más canales definidos por la CAMR-RS-77;
- servicios en uno o más canales definidos por la CARR RS-83;
- producción de películas cinematográficas;
- presentación electrónica de imágenes en cinematógrafos;
- servicios de radiodifusión terrenal o por redes de cable, y
- sistemas domésticos de cinta magnética o disco.

Una norma única podría ser beneficiosa para los productores de programas así como para las organizaciones de radiodifusión y espectadores.

En el presente Informe se resumen resultados de estudios y experimentos obtenidos en el mundo con los adelantos técnicos realizados en respuesta a la Cuestión 27/11. Puede verse también el Informe 630 para la grabación de vídeo y el Informe 1075 para la radiodifusión por satélite.

3. *Objetivos de presentación de la imagen*

3.1 *Ángulo de visión preferido*

Cuando los espectadores están más cerca de las imágenes, aumenta la superficie ocupada por éstas en su campo de visión, lo que les da la sensación de participar en el espacio creado por las imágenes. Esta mayor sensación de realidad es evidente cuando el ángulo de visión es superior a 20° [CCIR, 1982-86a].

3.2 *Distancia de observación*

Los experimentos con diapositivas de imágenes fijas revelan que se prefieren distancias de observación de $2H$ a $3H$ (H es la altura de la imagen). Estas distancias corresponden a un ángulo de visión de 40° a 30°. Sin embargo, con imágenes en movimiento la distancia de observación preferida es más próxima a $3H$, ya que interviene un factor adicional de mareo.

Si la distancia de observación es demasiado pequeña, los observadores experimentan fatiga ocular al cabo de cierto tiempo. Conviene limitar la distancia de observación mínima a 2 m [CCIR, 1982-86a].

3.3 *Tamaño de la pantalla*

De las evaluaciones subjetivas de la sensación de realidad con imágenes de tamaños diferentes y diversos ángulos de observación, parece desprenderse que las imágenes de gran tamaño producen una mayor sensación de realidad para un ángulo de visión constante, y que puede considerarse apropiada para la TVAD una superficie de imagen de más de $0,8 \text{ m}^2$ [CCIR, 1982-86a].

3.4 *Contraste y brillo*

Tras diversos experimentos de visualización de imágenes de televisión, se considera apropiado adoptar una relación de contraste mínima de 50 : 1 para la TVAD.

Teniendo en cuenta el efecto de la iluminación ambiente en la pantalla, puede considerarse apropiado como brillo para la TVAD un brillo de cresta de la imagen de $150-250 \text{ cd/m}^2$ [CCIR, 1982-86a, b].

4. *Consideraciones fundamentales sobre los parámetros básicos*

4.1 Definición de los términos

Las definiciones siguientes tienen el exclusivo objeto de aclarar los textos del CCIR relacionados con la TVAD.

Muestra es el valor de una imagen en un punto definido en el espacio horizontal, vertical y temporal.

Una distribución de muestras cuadrada se obtiene cuando los puntos de muestreo son equidistantes en una retícula ortogonal horizontal-vertical, en un plano de imagen discreto en el tiempo, y supuesto vertical para los fines de esta definición.

Pixel es la abreviatura de "picture element" (elemento de imagen). Es la superficie más pequeña de la imagen óptica que se puede reproducir fielmente.

Un pixel cuadrado es aquél cuyas dimensiones horizontales y verticales son iguales.

4.2 Formato de imagen

Con formatos de imagen más amplios se aumenta el interés de los observadores en las imágenes. Diversos experimentos psicofísicos han revelado que, según el tamaño de la imagen, sería atractivo para la TVAD un formato de imagen más amplio que varíe de 5 : 3 (1,67 : 1) a 2 : 1. Se han fabricado equipos experimentales con un formato de imagen de 5 : 3 [CCIR, 1982-86a].

Otros estudios realizados por una administración han revelado que aumentando el formato de imagen a 16 : 9 (5,33 : 3, 1,78 : 1) y utilizando la técnica tradicional de la industria cinematográfica consistente en centrar la acción en la superficie común más pequeña («shoot-and-protect»), puede conseguirse obtener la compatibilidad con la mayoría de los formatos de imagen de las actuales películas cinematográficas, que varían de 4 : 3 (1,33 : 1) a 2,35 : 1 [CCIR, 1982-86c].

4.3 Muestreo horizontal

En la definición de la TVAD del punto 1 se indica que la resolución horizontal de la TVAD es doble de la de los sistemas de televisión convencionales actualmente utilizados. La Recomendación 601 define un sistema de muestreo para las actuales normas de 625/50 y 525/60 que requiere 720/360 muestras (señal de luminancia/señal de diferencia de color) en el periodo de línea activa digital. Conseguir el doble de resolución exigiría 1440/720 muestras por periodo de línea activa digital para una imagen de igual formato de imagen.

Para el formato de imagen más amplio considerado para la TVAD, debe aumentarse el número de muestras por periodo de línea activa digital en una magnitud de 4 : 3. Por ejemplo, en el caso de un formato de imagen de 16 : 9 el número correspondiente de muestras por periodo de línea activa digital sería de 1920/960.

El número total de muestras por línea incluiría el número de muestras necesario para el periodo de supresión de línea. Aunque puede eliminarse la necesidad del periodo de supresión de línea mediante el uso de memorias apropiadas, existen limitaciones prácticas en las cámaras de haz electrónico y en los dispositivos de visualización que hacen esencial a corto plazo un periodo de supresión de línea [CCIR, 1982-86b].

4.4 Muestreo vertical (número de líneas activas por cuadro)

Diversos estudios que relacionan la agudeza visual con la resolución vertical estática y la distancia de observación han revelado que la resolución vertical estática, vista en un monitor de televisión, es afectada por el método de exploración (entrelazado o secuencial), por la frecuencia de cuadro/trama y por la persistencia del dispositivo de visualización.

En un experimento que utilizaba un sistema de blanco y negro con una pantalla de tubo de rayos catódicos de alta resolución de 69 cm (27 pulgadas), la mejora de la nitidez aumentando el número de líneas comenzó a saturarse para unas 1500 líneas con entrelazado 2 : 1 y una distancia de observación de 3H [CCIR, 1978-82a], y para 2125 líneas, se obtuvo una nitidez suficiente a una distancia de observación de 2H [CCIR, 1974-78].

Para una imagen de televisión con entrelazado 2 : 1 y una distancia de observación de tres veces la altura de la imagen se requieren al menos 1000 líneas activas para conseguir el doble de la resolución vertical de los actuales sistemas de televisión [CCIR, 1982-86b].

Se ha demostrado mediante estudios recientes, que con más de 1000 líneas activas, la resolución se compararía favorablemente con la de las películas de 35 mm proyectadas en locales, que tradicionalmente se ha considerado como referencia de presentación de alta calidad [Hayashi, 1981; Kaiser y otros, 1985].

Si el número de líneas activas es superior a 1024, se requiere un bit adicional en el circuito de dirección del equipo de tratamiento de la imagen [CCIR, 1978-82b].

4.5 Muestreo temporal (frecuencia de trama)

Existen dos aspectos bien diferenciados en relación con este tema. El primero es la resolución dinámica, que se refiere a la resolución espacial para imágenes que se mueven. El segundo es la frecuencia de repetición, que viene determinado por el criterio de reproducción suave del movimiento.

La resolución dinámica viene determinada por el tiempo de integración del material fotosensible utilizado en la cámara y la velocidad de muestreo temporal por la frecuencia de trama [CCIR, 1982-86b].

Las pruebas realizadas por la BBC utilizando imágenes de cámara sin obturador secuencialmente exploradas y visualizadas a frecuencias de cuadro de 50, 60, 70 y 80 Hz han demostrado una mejora progresiva de calidad en los detalles de imágenes en movimiento a medida que aumenta la frecuencia de trama. En una escala de calidad de 5 notas la calidad de imagen a 80 Hz se juzgó que era dos notas mejor que a 50 Hz y una nota mejor que a 60 Hz para velocidades representativas del movimiento continuo [Childs y Tanton, 1985; CCIR, 1982-86d].

La resolución dinámica también puede mejorarse reduciendo el tiempo de integración por obturación. Un experimento realizado con una cámara de 60 Hz ha revelado que el tiempo de integración puede reducirse en un 25% sin degradar la reproducción del movimiento, y con la correspondiente mejora de la resolución dinámica. Se han indicado mejoras análogas en señales de cámaras con obturador a 50 Hz [Stone, 1986]. La sensibilidad de la cámara y las penalizaciones causadas por la distorsión temporal por efecto alias (repliegue del espectro) deben seguir estudiándose [CCIR, 1982-86b, 1986-90a].

El [CCIR, 1986-90b] se refiere a estudios iniciales efectuados en Canadá para determinar las necesidades temporales de velocidad de muestreo que indican que la requerida para la detección del movimiento permanece casi constante a unos 70 Hz, mientras que, si no hay detección del movimiento, la velocidad de muestreo necesaria aumenta con rapidez con la velocidad del objeto en movimiento [CCIR, 1986-90c].

La frecuencia de trama y de cuadro de la señal de televisión también determina, en un sistema sencillo, la frecuencia de renovación de la visualización. Influye en la percepción del parpadeo en áreas de gran superficie [CCIR, 1982-86e]. Sin embargo, no es esencial que la frecuencia de renovación de la visualización sea la misma que la frecuencia de trama de la señal de estudio o emisión. Si se emplea el tratamiento de compensación del movimiento, las velocidades de trama de emisión y/o visualización pueden ser distintas de las de la cámara [Thomas, 1987; Fernando y Parker, 1988]. Las mejoras obtenidas con obturador son más marcadas cuando se combinan con la conversión de frecuencia ascendente de la visualización. La conversión de frecuencia ascendente de la visualización se trata más detalladamente a continuación en el punto 4.9 [CCIR, 1986-90a].

4.6 Estructura de exploración (exploración entrelazada o secuencial)

Se ha informado que la perturbación causada por las líneas de exploración con entrelazado 2 : 1 es aproximadamente la misma que produce la exploración secuencial con un 40% menos de líneas [CCIR, 1978-82a]. Sin embargo, en esas condiciones la señal explorada secuencialmente requeriría un 20% más de anchura de banda.

La estructura de exploración entrelazada puede introducir en determinadas condiciones un efecto de visualización denominado «vibración interlínea» y «corrimiento lento de las líneas». Estos efectos dependen de las características de la fuente y de la presentación así como de la frecuencia de trama y del número de líneas exploradas por cuadro; es conveniente evitar que se produzcan estos efectos. En los sistemas entrelazados, las líneas espacialmente adyacentes están desplazadas en el tiempo, lo que introduce complejidades en el tratamiento de la señal [CCIR, 1982-86b].

En el caso de una norma básica con entrelazado para estudios, la progresión jerárquica que permite pasar de exploración entrelazada a secuencial puede considerarse de dos modos. Puede utilizarse operación secuencial en partes de la cadena del estudio o en la visualización cuando puede acomodarse el doble aumento en el requerimiento de anchura de banda. La otra aplicación de un criterio jerárquico consistiría en la evolución en el futuro de exploración entrelazada al modo secuencial a medida que las limitaciones tecnológicas impuestas por la duplicación de la anchura de banda necesaria se hagan menos severas [CCIR, 1982-86b].



En el Documento [CCIR, 1986-90d], el volumen de información captado por una cámara se calcula para la exploración entrelazada, la exploración progresiva y el sistema quincuncial con el mismo número de líneas. Según dicho documento, el volumen de información captado por la cámara aumenta poco en la exploración progresiva y desciende ligeramente en el sistema quincuncial, en comparación con el sistema de exploración entrelazada. También se calcula que la relación señal/ruido de estos sistemas, es inferior en 9 dB en la exploración progresiva e inferior en 3 dB en el sistema quincuncial que en la exploración entrelazada.

En el Documento [CCIR, 1986-90d] se afirma además que, si se tiene en cuenta el soporte físico requerido, la realización de un sistema de exploración progresiva es difícil, ya que la frecuencia de la exploración horizontal y la anchura de banda de la señal requerida son el doble que en el sistema de exploración entrelazada. En particular, resulta difícil la construcción del filtro diagonal necesario para el sistema quincuncial en cuanto a su material y frecuencia de trabajo.

En el Documento [CCIR, 1986-90e] se informa de los resultados de ciertos experimentos efectuados en cámaras de barrido entrelazado y de barrido progresivo: la resolución horizontal de una cámara de barrido progresivo es idéntica a la de otra de barrido entrelazado, mientras que la resolución vertical es superior en el primer caso. En términos de resolución dinámica, el barrido progresivo proporciona una mejor separación entre las informaciones espaciales y temporales que el barrido entrelazado a una cadencia de trama doble. En el Documento [CCIR, 1986-90e] se afirma que, dado que aún no han sido definidos filtros de ponderación ni métodos de medición, las comparaciones directas de las relaciones señal/ruido no ponderadas para ambos sistemas conducen a conclusiones no realistas. Del mismo modo, la cantidad de información tomada en ambos sistemas requiere una definición más precisa, a fin de disponer de una base objetiva de comparación.

En el Documento [CCIR, 1986-90e] se informa también de la realización satisfactoria de un filtro diagonal empleando técnicas actuales. Se afirma también que las soluciones de soporte físico para fuentes y procesamiento HDP/HDQ (véase el § 2.2.1 de la Parte 5), que dependen en gran medida de la inversión inicial del fabricante, no producen argumentos objetivos para la comparación de sistemas.

El Documento [CCIR, 1986-90f] expone las ventajas que pueden obtenerse con el empleo de la exploración progresiva con muestreo quincuncial para reducir la anchura de banda en la codificación HD-MAC. La exploración progresiva permite estimar y compensar el movimiento de manera más fiable y también una conmutación de rama más fiable. Se obtiene así una mejora global de la calidad de la imagen que recibe el usuario por medio de la cadena de transmisión HD-MAC.

4.7 Aspectos colorimétricos

Es muy importante establecer un sistema colorimétrico óptimo en el sistema de TVAD para obtener una alta fidelidad del color. La compatibilidad con los sistemas convencionales existentes puede considerarse una segunda prioridad.

En [CCIR, 1982-86b, f; Powell, 1985] se estudian los aspectos colorimétricos. A continuación se indican los principales temas considerados.

4.7.1 Elección de los colores primarios

Se han propuesto conjuntos de colores primarios que comprenden los colores primarios XYZ, los luminóforos actuales de la UER y los luminóforos actuales del sistema NTSC.

Deben seleccionarse colores primarios que estén bien separados entre si, a fin de conseguir la gama de colores más amplia posible, pero no deben estar tan separados que resulte imposible realizarlos por medio de los luminóforos existentes con una eficacia de conversión suficientemente buena.

Hacen falta más estudios, preferentemente en asociación con los fabricantes de tubos de imagen, para determinar si los luminóforos más recientemente desarrollados pueden ofrecer mejor conjunto de colores primarios, y si así fuera, si serían suficientemente diferentes de una de las dos formas existentes para justificar el cambio [CCIR, 1982-86b].

En ————— [CCIR, 1986-90g] se informa sobre los estudios realizados por un Grupo de Expertos del GIT 11/6 sobre la elección de un conjunto de colores primarios de referencia.

4.7.2 Blanco de referencia del sistema

Parece haber acuerdo general en adoptar el iluminante D65 como blanco de referencia del sistema de TVAD. Se ha propuesto también un equilibrio de blancos variable, adaptativo y comutable [CCIR, 1982-86b].

4.8 Característica de transferencia electro-óptica

Se ha señalado una convergencia de los estudios relativos a la característica óptima de transferencia en lo que se refiere a la cuantificación y la sensibilidad al ruido; la ley ideal sería logarítmica. Sin embargo, un aspecto principal de esta característica de transferencia es también el margen dinámico disponible. La ley actualmente recomendada, que es una ley exponencial para valores altos de luminancia y que cambia tangencialmente a una ley lineal para valores bajos de luminancia, tiene la ventaja de corregir previamente la característica actual de transferencia de la visualización en TRC. Se reproduce con precisión una gama dinámica de 55:1 aproximadamente (conforme a la ley exponencial). [CCIR, 1986-90 h, i].

Para satisfacer el principio de la luminancia constante, se ha considerado un sistema que tiene corrección gamma en el receptor, a diferencia del actual sistema de televisión donde se aplica precorrección gamma antes de la matrización de la señal de luminancia y de diferencia de color [CCIR, 1982-86b]. Cuando se utilizan pantallas de visualización que no sean tubos de rayos catódicos (TRC), o se requiere conversión entre sistemas, las necesarias correcciones adicionales añaden nuevas distorsiones [CCIR, 1982-86f].

En la nueva propuesta, el tratamiento se hace con señales que son proporcionales linealmente a la entrada de luz. Sin embargo, debe introducirse una característica de amplitud de transmisión-recepción no lineal, o en otro caso las zonas oscuras de la imagen se harán más sensibles al ruido de transmisión. En [CCIR, 1982-86b; Schafer y Golz, 1984; Yuyama y Yano, 1984] pueden verse más detalles sobre el tema.

La influencia de este nuevo concepto de señales componentes es importante y en [Melwig y Schäfer, 1988] se ofrecen ciertos antecedentes sobre esta alternativa. Al mejorar la separación de las señales de luminancia y crominancia, mediante una codificación de la luminancia constante, puede lograrse una mayor agudeza del color y un aumento de la resistencia a la interferencia en el canal de crominancia. El concepto abre el camino hacia una mejor utilización de las nuevas tecnologías de visualización con un aumento de los colores reproducibles. En ————— [CCIR, 1986-90j] se indica la obtención de la señal E'_y mediante el principio de "luminancia constante". La diferencia principal, aparte del coeficiente relacionado con dos grupos de colores primarios, reside en la obtención de la señal de luminancia, pues en un caso se aplica una precorrección no lineal antes de la composición de la matriz y en el otro caso, después.

4.9 Parpadeo de imagen en pantalla

Pruebas subjetivas realizadas por una administración han demostrado que utilizando una tecnología de TRC, para un brillo de la pantalla de 150 cd/m^2 y una frecuencia de trama de 60 Hz, el parpadeo en gran superficie es visible pero no perturbador. Para una frecuencia de trama de 50 Hz y un brillo de pantalla de 60 cd/m^2 , el parpadeo se juzgó molesto [CCIR, 1982-86b]. Otra administración realizó pruebas utilizando una fuente luminosa y un obturador de duración variable. Las pruebas revelaron que el parpadeo en gran superficie para un brillo de 200 cd/m^2 resultaba imperceptible a frecuencias superiores a 80 Hz [CCIR, 1982-86e].

Nuevos dispositivos de visualización en desarrollo (por ejemplo, válvulas de luz) muestran características de visualización diferentes de las de los sistemas basados en los TRC, y pueden, por tanto, presentar un mejor comportamiento al parpadeo.

Utilizando memorias de cuadro y, en caso necesario, dispositivos electrónicos de interpolación, la frecuencia de renovación de la visualización puede ser superior a la frecuencia de trama de la señal de televisión [CCIR, 1982-86b]. Esto permite la posibilidad de eliminar el parpadeo en gran superficie por un tratamiento de la visualización, pero es probable que imponga una penalización de costo y posiblemente de calidad [CCIR, 1982-86g].

4.10 *Eliminación del parpadeo debido a la iluminación*

En un medio ambiente en el que la velocidad de trama de presentación de las imágenes no es igual a la frecuencia de la red eléctrica local, puede producirse parpadeo por la frecuencia de batido en algunas circunstancias. Esta situación se da desde hace tiempo en Japón, y se ha informado de técnicas utilizadas para reducir la visibilidad de este efecto [CCIR, 1982-86b, h]. Probablemente el problema tenga solución, y no sea necesario penalizar la elección de la frecuencia de trama, aunque se necesitan ulteriores trabajos para confirmarlo [CCIR, 1982-86g].

4.11 *Zumbido*

Los efectos del zumbido producido por la alimentación sobre la visión pueden eliminarse con un diseño adecuado de los equipos [CCIR, 1982-8 i].

4.12 Consideraciones de la anchura de banda y del ruido

Como primera fase del estudio, se realizaron pruebas de evaluación subjetiva del sistema de 1125 líneas en cuanto a la anchura de banda necesaria. Para las señales de luminancia y de crominancia se obtuvieron valores de 20 y 7 MHz, respectivamente [CCIR, 1974-78].

Se ha informado de una función de ponderación del ruido que puede aplicarse a sistemas que difieren en el número de líneas y en el formato de imagen; esta función se está utilizando para el cálculo de los parámetros de transmisión [CCIR, 1978-82a].

5. Operaciones de TVAD, incluida la producción de películas

5.1 Producción TVAD

En muchos documentos se describen o se hace referencia a experiencias de producción, o producciones comerciales, con equipos de TVAD de 1125/60/2 en Norteamérica, Japón y Europa, y que van desde los acontecimientos deportivos hasta los largometrajes para distribución cinematográfica. En [CCIR, 1986-90k y 1] y, en particular, en [CCIR, 1986-90m] se informa sobre la producción de un programa dramático con técnicas de película, que obtuvo un éxito tanto técnico como económico, y que además pudo convertirse de manera satisfactoria a las normas NTSC y PAL.

En [CCIR, 1986-90n] se recoge una experiencia de la CBS de producción de obras dramáticas "in situ" para ponerlas a la venta en formato NTSC. Los resultados también fueron excelentes en todos los aspectos, así como la calidad de imagen obtenida, los costes, la fiabilidad de los equipos, y la capacidad de los equipos de filmación para efectuar tomas reales.

En [CCIR, 1986-90o] se informa de que otra obra dramática titulada "Longway from home" fue producida totalmente con medios electrónicos, lo que brindó al equipo de producción de TV la ocasión de obtener un gran aprendizaje sobre los efectos especiales, y también sobre cómo trabajar con la TVAD, incluidas las técnicas de producción, el control de los procesos de producción y los diseños artísticos.

En [CCIR, 1986-90p] se informa también sobre un equipo de TVAD de 1250/50/2 que se utilizó antes de la Exposición de Brighton 88 para la producción de programas en la RAI, la ITVA y la BBC.

Según el Documento [CCIR, 1986-90q], en el curso de la IFA'89 (Berlín Occidental) se efectuaron una serie de producciones en un estudio de TVAD totalmente equipado y completado con cuatro unidades móviles de exteriores y una unidad móvil de postproducción (sistema 1250/50/2).

Se presentaron al público 20 compilaciones breves de 10 minutos de esas y otras producciones a 1250/50/2 utilizando cuatro pantallas de retroproyección.

Esas producciones cubrieron muchas horas y procedían de la RAI (Italia), la BBC (Reino Unido), la ITVA (Reino Unido), la NOB (Países Bajos), la SFP (Francia), la NDR (República Federal de Alemania), la ORF (Austria), la RTP (Portugal), la VARA (Países Bajos), RTVE (España) y la IHD (Francia).

La obra "Julia y Julia" de 90 minutos de duración producida por la RAI en TVAD fue convertida a película de 35 mm y pasada en cinematógrafos de todas partes del mundo. En el Japón, ciertas películas cinematográficas, entre ellas "Saiyuki" y "Teito Monogatari", parte de las cuales habían sido producidas mediante efectos especiales de TVAD y editadas en películas de 35 mm, fueron presentadas en cinematógrafos. Las escenas de TVAD representaban en total entre 10 y 20 minutos de la duración de cada una de estas películas [CCIR, 1986-90r].

5.2 Presentaciones de TVAD

En un restaurante de Tokio se pasó el drama "Teito Monogatari" en película de 35 mm por medio de un telecine de TVAD y una pantalla de 110 pulgadas con proyección trasera. En otro caso, se transmitieron programas de TVAD de Tokio a Nagoya a través de un satélite de telecomunicaciones, utilizando el sistema MUSE y presentándolos en pantallas grandes para hacer una prueba de distribución de programas a teatros distantes [CCIR, 1986-90s].

En [CCIR, 1986-90t] se describe el desarrollo del Segundo Festival de Cinematografía Electrónica, celebrado en Montreux (Suiza) en junio de 1989. Fue éste el primer acto internacional en el que las producciones realizadas mediante equipos de producción/post-producción TVAD competían atendiendo a sus méritos creativos. El Festival acogió producciones destinadas a la televisión o el cine, clasificadas en cinco grupos: dramas, documentales, deportes, música y publicidad. De 53 producciones presentadas, se seleccionaron 33 para las deliberaciones del Jurado Internacional, que otorgó cinco premios Astrolabium a las producciones elegidas, en las diversas categorías de programas.

5.3 Aplicaciones distintas de la radiodifusión

En [CCIR, 1986-90r] se informa sobre el interés de las industrias no dedicadas a la radiodifusión de televisión, en la aplicación de la tecnología de televisión de alta definición. Si pueden establecerse unas normas de producción de TVAD que satisfagan las necesidades de las diversas industrias no dedicadas a la radiodifusión, pueden desprenderse ventajas significativas para todos del aumento del mercado resultante para el equipo de TVAD.

Impresión

Una editorial ha puesto a la venta un libro integrado por imágenes de TVAD grabadas en cinta magnética vídeo y transferidas a cintas magnéticas de datos destinadas a la impresión. Existen también en el mercado tarjetas postales confeccionadas de una manera similar. Se ofrece también una carta de ajuste de TVAD para la publicación electrónica.

Televisión estereoscópica

En el Japón se ha realizado un sistema experimental de televisión estereoscópica de campo secuencial con equipo de TVAD. Las pruebas [Isono, 1987] mostraron que la frecuencia de campo requerida era superior a 110 Hz en el sistema de televisión estereoscópica de campo secuencial. Se presentó al público un sistema con una frecuencia de campo de 120 Hz, utilizando programas breves preparados para esta finalidad [CCIR, 1986-90u].

5.4 Distribución por cable

En [CCIR, 1986-90v] se describe la situación actual de la distribución de televisión en Estados Unidos y señala la importancia de la distribución por cable para la TVAD. El documento informa que en Estados Unidos el 83%, aproximadamente, de los hogares con televisión están servidos por líneas de cable y pueden recibir señales por él si lo desean. En la actualidad, el 52% aproximadamente de estos hogares con televisión están abonados al cable.

En [CCIR, 1986-90w] se describen experiencias con la transmisión por cable de televisión, sistema MUSE. Se presentan dos experimentos de transmisión distintos, transmisión MF y transmisión MA-BLR. El experimento de transmisión MF se realizó con una modulación de frecuencia de 400 MHz. Cuando se conectaban en tándem un enlace de microondas de dos tramos con un enlace de fibra óptica y 9 amplificadores troncales en el extremo distante, la relación S/N no ponderada era superior a 50 dB y se afirmaba que las imágenes de televisión eran excelentes.

También se realizó un experimento de transmisión de televisión por cable con modulación BLR-MA sin que se observasen deterioros en la señal MUSE o en las señales de televisión convencional.

En [CCIR, 1986-90x] se informa sobre la propuesta de transmisión MA-BLR y MF-BLR para la distribución por cable de la HD-MAC. La transmisión MA-BLR se aplica a la señal de banda de base con multiplexión en el tiempo. Se ha realizado una demostración de la utilización de una separación de canales de 12 MHz, que se recomienda como norma común. El filtrado de Nyquist de la transmisión BLR está en la gama de 500 kHz alrededor de la portadora y para obtener una recepción compatible será el mismo que para la distribución MAC/paquetes. Se está estudiando el factor de reducción progresiva de Nyquist para alta definición y la compartición entre el transmisor y el receptor. También se ha efectuado una demostración de la transmisión MF-BLR, para la que debe utilizarse una separación de canales de 16 MHz. Se están estudiando los parámetros de modulación.

6. Consideraciones y experiencias operacionales

6.1 Consideraciones operacionales sobre la conversión de normas en relación con las normas de emisión de TV convencional y de TVAD

La Decisión 58 pide que se realicen estudios encaminados a lograr una sola norma mundial para los estudios de producción y para el intercambio internacional de programas de TVAD. De los estudios se desprende que existe también una relación identificable entre los parámetros indicados en el punto 1.1 de la parte 5 del presente Informe y los sistemas de emisión.

En 1988 sólo se ha estudiado el problema de la introducción de una norma de estudio de TVAD a 60 Hz en un entorno de radiodifusión de 50 Hz [CCIR, 1986-90y]. El estudio tenía como objetivo determinar si las ventajas de una norma única de producción a 60 Hz compensarían todos los inconvenientes técnicos, económicos u operacionales de utilizar distintas frecuencias de trama para la producción y la emisión.

La referencia [CCIR, 1986-90z] aduce que la conversión de la TVAD de 60 Hz a la norma de TV 625/50 exige un convertidor de normas de frecuencia de trama costoso mientras que la utilización de la TVAD de 50 Hz requiere un convertidor de normas de frecuencia de línea que es de 10 a 40 veces más económico.

En [CCIR, 1986-90z] se indica que la radiodifusión a 50 tramas/s de material originado en película cinematográfica hará necesarias interpolaciones temporales en cascada (24 t/s a 60 t/s a 50 t/s). Esto podría exigir un procesamiento complejo y quizás costoso a fin de evitar degradaciones.

Por este motivo, durante varios años, la UER ha venido estudiando diversos aspectos de la conversión de normas [CCIR, 1986-90aa]. Inicialmente, una evaluación técnica concluía que la conversión de la frecuencia de cuadro de TVAD a TVAD con gran calidad, sería posible en el futuro, aunque relativamente costosa, utilizando la estimación y compensación del movimiento. A ello siguió un estudio sobre las consecuencias operativas y económicas de la utilización de frecuencias de trama iguales o distintas para la producción y emisión de la TVAD en un entorno de 50 Hz. Concluía que en los casos examinados, la utilización de la frecuencia de trama de 60 Hz para la producción de TVAD en un entorno de 50 Hz, era el escenario menos favorable. La medida en que la situación 50 Hz - 50 Hz era más favorable que la de 60 Hz - 60 Hz dependía de la configuración de las entidades de radiodifusión.

En [CCIR, 1986-90ab] se informa sobre la realización de estudios similares [CCIR, 1986-90p] acerca de un modelo simplificado de red nacional y sobre su evolución hacia la radiodifusión directa de programas por satélite. Se comparan dos alternativas en la elección de la frecuencia de trama de los estudios de TVAD:

Alternativa A: La norma de estudio TVAD tiene la misma velocidad de trama que la norma de emisión de la TVAD (es decir, 50 Hz).

Alternativa B: La norma de estudio TVAD tiene una frecuencia de trama distinta de la norma de emisión de TVAD (es decir, 60 Hz).

Se determinaron cinco conversiones posibles de normas con arreglo a estas alternativas.

En una primera conclusión, la alternativa A resulta sin duda más atractiva que la alternativa B porque los convertidores de frecuencia de línea son más baratos y capaces de unas prestaciones superiores a las de los convertidores de la frecuencia de trama. Además, el número de convertidores para la categoría 5 es muy inferior al de las categorías 2, 3 y 4.

Por último, se señala que puede aplicarse un argumento similar en los países de 60 Hz, si hay una norma de estudio a 50 Hz.

Esta conclusión preliminar suscita la duda entre algunas administraciones sobre si las ventajas relativas de establecer dos normas de producción (basándose en la Recomendación 601) superarían a las de una sola norma mundial de producción [CCIR, 1986-90ac].

Los resultados disponibles en relación con la opción A muestran que son factibles las conversiones de frecuencia de línea de alta calidad sin necesidad de realizar complejos filtros [CCIR, 1986-90ad]. Las pruebas subjetivas preliminares destinadas a evaluar las conversiones que implican la interpolación y el diezmado en conversiones de 1.080 líneas a otros números de líneas muestran que pueden obtenerse resultados satisfactorios con niveles razonables de complejidad [CCIR, 1986-90ae].

6.2 Consideraciones operacionales en la transferencia de película a vídeo y viceversa

En [CCIR, 1986-90af] se informa sobre estudios que demuestran que cuando se trabaja en las mismas condiciones, las cámaras de TVAD presentan características de transferencia similares a las de las películas en color de 35 mm.

En [CCIR, 1986-90ag] se informa de los trabajos de la SMPTE en su investigación del empleo de 30 tramas/s para la producción y distribución de películas. Las conclusiones del Grupo de Estudio de la SMPTE son que el aumento de la velocidad de trama de 24 t/s a 30 t/s mejora significativamente la calidad de las imágenes proyectadas, al hacer posible un mayor brillo de la pantalla sin parpadeo en todo el campo y al aumentar la resolución dinámica.

En [CCIR, 1986-90ah] se observa que en la producción de programas existe una tendencia, en la producción cinematográfica para la televisión, a efectuar la toma original a 30 tramas/s, razón por la cual habría una sola conversión temporal al pasar a un sistema de 24 t/s ó 25 t/s.

En [CCIR, 1986-90ah] se señala que el 63% (3640 horas) del total de horas de programa producidas en "Hollywood" está destinado a la distribución por televisión "con carácter de primicia" en los Estados Unidos, con una frecuencia de trama de 60 Hz, y que posteriormente se distribuye en el mundo entero con diversos formatos. Las restantes horas de programa están destinadas a la presentación en cinematógrafo.

Seguidamente, el documento examina los parámetros de funcionamiento relacionados con la frecuencia de trama, llegando a la conclusión de que el sistema de estudio 1125/60 del Anexo II del Informe 801-2 (Ginebra, 1986) es superior desde el punto de vista de la conversión hacia otros formatos.

TVAD a película*

En [CCIR, 1986-90ai] se indica que se han desarrollado los convertidores de la norma TVAD 1125/60/2:1 a sistemas de 24 cuadros, y se están utilizando actualmente con resultados satisfactorios.

En [CCIR, 1986-90z] se indica que la combinación de material cinematográfico y originado en TVAD de 60 Hz para la presentación final en película hará necesarias interpolaciones temporales en cascada (24 t/s a 60 t/s a 24 t/s), a menos que se tomen precauciones especiales para evitar degradaciones.

La referencia [CCIR, 1986-90z] aduce también que la utilización de una norma de estudio de TVAD de 50 Hz favorecería y reduciría por tanto el coste del tratamiento y, de un modo más general, la combinación de la película y de la producción de TVAD (en particular, no se producirían los efectos debidos a la interpolación temporal en cascada).

En el Documento [CCIR, 1986-90aj] se indica que ofrece ventajas muy claras, en términos de calidad de la imagen, para la transferencia de vídeo a película, el utilizar como origen el vídeo en una norma TVAD 50 Hz 1:1. Debido a la posibilidad de reproducir a 24 imágenes/s el material obtenido en 25 imágenes/s, la calidad del movimiento en las películas cinematográficas derivadas de la TVAD 50 Hz 1:1 será idéntica a la de las películas rodadas directamente a 24 imágenes/s, estando libre de la alteración adicional producida por los componentes de trepidación de baja frecuencia.

Según el Documento [CCIR, 1986-90aj] el cambio del 4% de la tonalidad del sonido en la pista sonora que resulta de presentar películas de 24 imágenes/s a 25 imágenes/s es ya ampliamente aceptado por los organismos de radiodifusión y por el público espectador; sólo es apreciable en ciertos tipos de materiales de programa poco frecuentes por los espectadores que son músicos profesionales y tienen una percepción perfecta. Se producirá un cambio comparable de la tonalidad de la voz en una presentación de 24 imágenes/s de película derivada de vídeo de 50 Hz.

En un documento presentado en la Convención IREECON 1989 [Gilmour y Lazar, 1989] se indica [CCIR, 1986-90ak]:

El timbre es fácilmente distinguible incluso por el oído no preparado. Un cambio del 2-3% de la tonalidad puede pasar desapercibido si está aislado como un cambio de frecuencia fundamental, pero se nota a menudo como un "cambio de personalidad" en los registros de la voz hablada o como "una nueva voz o un nuevo instrumento" en la música. El cambio de velocidad del 4,2% que se produce cuando las películas aparecen en la televisión no está sólo cerca de un semitonos en la tonalidad, sino que significa también "nuevas personas, nuevas voces, nuevos instrumentos". El efecto puede compararse al aumento o la disminución de los personajes del reparto y el escenario.

En el caso de transferencia a película de las señales grabadas electrónicamente, el entrelazado que imponen las normas de televisión convencional da lugar a nuevos problemas, pues las líneas adyacentes en el sentido vertical del cuadro de la película tienen origen en tramas de televisión distintas. Ello se traduce en un "doblado" en los bordes de los objetos con movimiento; también

* En la Recomendación 713 figura información adicional sobre el tema.

aumenta el nivel de borrosidad del movimiento debido al periodo de exposición efectivo que se produce al combinarse dos tramas de televisión. En otros casos, puede eliminarse el doblado y la borrosidad del movimiento registrando únicamente una sola trama de televisión en lugar de dos de ellas; siendo así, los inconvenientes son una pérdida de la resolución vertical y un aumento de la visibilidad de la estructura de la línea en la imagen final [CCIR, 1986-90al].

Transferencia de película a TVAD*

La frecuencia de cuadro en las películas utilizada internacionalmente para la cinematografía animada es de 24 imágenes por segundo. Las prácticas actuales para la difusión de dichas películas varían entre los países que tienen sistemas de televisión con frecuencia de trama de 50 Hz y los que tienen sistemas de 60 Hz. En estos últimos, se utilizan dos cuadros de película sucesivos para formar cinco tramas de televisión, lo cual se realiza repitiendo el primer cuadro dos veces y el segundo tres veces. El efecto del proceso de repetición es una trepidación de batido a 12 Hz en los objetos con movimiento; evidentemente, a estos se añade la trepidación normal de 24 Hz debida a la propia frecuencia del cuadro en la película. Se ha informado [Childs, 1985] sobre técnicas más sofisticadas que utilizan la interpolación temporal para suavizar la trepidación, aunque siempre es necesario establecer un compromiso entre la trepidación y una excesiva borrosidad del movimiento.

En los países que tienen frecuencia de trama de 50 Hz, las películas se pasan casi invariablemente a una velocidad ligeramente superior a 25 cuadros por segundo, para simplificar el proceso de conversión [CCIR, 1986-90al].

En [CCIR, 1986-90am] se examina el interfaz TVAD-película considerando la diferencia entre 24 y 25 cuadros/segundo, la degradación debida a la repetición de trama en el sistema de 50 Hz, y una solución posible con tecnologías de compensación del movimiento. Asimismo, se expresa la opinión de que la cuestión de los interfaces no es un factor decisivo en la elección de una frecuencia de trama de 50 Hz para la norma mundial única de estudio de TVAD.

En el Documento [CCIR, 1986-90an] se comunican los resultados de estudios relativos a la zona explorada de películas de imágenes en movimiento de 35 mm en telecinematografía de TVAD. Se trata de este asunto en la Recomendación 716.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LA PARTE 3

CHILD, I. y TANTON, N.E. [6-12 de junio, 1985] Sequential and interlaced scanning for HDTV sources and displays: which? Symposium Record, 14th International Television Symposium, Montreux, Suiza, 368-381.

CHILD, I. [1985] Further developments of CCD line array telecine. BBC Research Department Report No. 1985/3.

FERNANDO, G.M.X. y PARKER, D.W. [1988] - Motion Compensated Field Rate Conversion for HD-MAC display. Proceedings of International Broadcasting Convention IBC'88. IEE Conference Publication Nº 293.

GILMOUR, I. y LAZAR, W. [1989] - Sound Spectra of Recordings at Various Playback Speeds. Proceedings of the IREECON'89 Convention, página 835.

HAYASHI, K. [marzo, 1981] Research and development of high definition television in Japan, SMPTE J., Vol. 90, 3, 178-186.

* En el Informe 294 y en la Recomendación 716 figura información adicional sobre el tema.

ISONO, H. y otros [diciembre de 1987] - Fundamental characteristics of field-sequential stereoscopic vision. NHK Technical Report. Vol. 30, N° 12.
En japonés.

KAISER, A., MAHLER, H.W. y McMANN, R.H. [1985] Resolution requirements for HDTV based upon the performance of 35 mm motion-picture films for theatrical viewing. SMPTE J., Vol. 94, 6, 654-659.

MELWIG, R. y SCHÄFER, H. [1988] - Colorimetry and constant Luminance coding in a compatible HD-MAC system. Publicación 243 de la Conferencia IGE de Londres (IBC'88).

POWELL, B. [abril, 1985] Influence of display primaries on the colorimetric characteristics of colour television. Australian Broadcasting Corporation Report No. 136.

SCHAFFER, R. Y GOLZ, U. [julio, 1984] Subjective criteria for the transmission of colour information in a digital HDTV system. Picture Coding Symposium, Rennes, Francia.

STONE, M.A., [1986] - A variable-standards camera and its use to investigate the parameters of an HDTV studio standard. BBC Research Department Report 1986/14.

THOMAS, G.A. [1987] - Television Motion Measurement for DATV and other Applications. BBC Research Department Report 1987/11.

YUYAMA, I. y YANO, S. [julio, 1984] A study of colour transmission systems for HDTV - Picture quality of gamma correction at receiver (en japonés). IECE Tech. Report, IE 84-51.

Documentos del CCIR

[1974-78]: 11/38(CMTT/13) (Japón).

[1978-82]: a. 11/76(CMTT/58) (Japón); b. 11/317 (URSS).

[1982-86]: a. 11/269 (Japón); b. 11/398 (GIT 11/6); c. 11/258 (USA); d. 11/283 (Reino Unido); e. 11/304 (Francia); f. 11/377 (Canadá); g. 11/405 (UER); h. 11/403 (Japón); i. 11/329 (UER).

[1986-90]: a. GIT 11/6-1034 (CBS); b. GIT 11/6-2029 (CBS); c. GIT 11/6-1017 (Canadá); d. GIT 11/6-2024 (CBS); e. GIT 11/6-2036 (Japón); f. GIT 11/6-2056 (Rev.1) (Thomsom-CF); g. GIT 11/6-2025 (CBS); h. GIT 11/6-2032 (Japón); i. GIT 11/6-2019 (EE.UU.); j. GIT 11/6-2041 (Japón); k. GIT 11/6-2096 (Francia); l. GIT 11/6-1040 (UER); m. 11/160 (Francia); n. GIT 11/6-2008 (UER); o. GIT 11/6-1033 (CBS); p. GIT 11/6-1062 (Reino Unido); q. GIT 11/6-2027 (CBS); r. 11/135 (CBS); s. 11/133 (CBS); t. GIT 11/6-1066 (Japón); u. GIT 11/6-2046 (Bélgica y otros); v. GIT 11/6-2087 (Japón).

PARTE 4 - EVALUACION DE LA CALIDAD DE TVAD

1. Introducción

En la Reunión Extraordinaria de la Comisión de Estudio 11 se examinaron los aspectos de la evaluación subjetiva y objetiva de la TVAD. Además de los textos existentes del CCIR se consideraron diez documentos. Resultaron de particular interés para los trabajos las contribuciones completas del GIT 11/4 sobre evaluación subjetiva y un proyecto de nuevo Informe sobre medición objetiva del GIT 11/6.

En aras de la presentación de un Informe conciso y legible sobre las actividades de la Reunión Extraordinaria de la Comisión de Estudio 11 sobre aspectos de calidad de la TVAD, en la reunión se adoptó, en primer lugar, el Informe AT/11 (MOD Ex) (Evaluación subjetiva de sistemas vinculados con el entorno de la TVAD) y Informes 1216 y XF/11 (Mediciones en TVAD), actualmente Informe 1218.

En la Reunión Extraordinaria se aprobaron también los siguientes textos:

- La Recomendación 710 sobre Métodos de evaluación subjetiva de la calidad de la imagen en TVAD.
- Programa de Estudios 3E/11 sobre Procedimientos de evaluación subjetiva de las señales que se originan en un estudio de TVAD. Nuevo Programa de Estudios 27C/11 sobre Mediciones objetivas en el entorno de la TVAD.

Se examinó también el texto de la Decisión 66-1, pero se consideró que aún era completo y pertinente y no se propuso modificación alguna.

2. Resumen del Informe 1216

El Informe 1216 es un compendio de los conocimientos actuales sobre los métodos de evaluación subjetiva para la televisión de alta definición. En el Informe se consideran las evaluaciones de formatos de estudio de TVAD, de imágenes de estudio tradicionales derivadas de los formatos de estudio de TVAD, de los sistemas de emisión de TVAD derivados de los formatos de estudio de TVAD y de las imágenes compatibles recibidas en las emisiones de TVAD. En el Informe se consideran también las evaluaciones comparativas de los formatos de estudio de TVAD y de los formatos de emisión de TVAD.

2.1 Formatos de estudio de TVAD

Para la evaluación de la calidad básica se propone emplear el método de escala de calidad continua de doble estímulo (DSCQ). La referencia proporcionaría una calidad superior a la del sistema que se está ensayando (por ejemplo, una escena o representación vista directamente). Los materiales de prueba deben permitir la atribución de reacciones subjetivas a atributos concretos tales como: resolución estática y dinámica, luminancia, color, reproducción del movimiento, parpadeo, etc.

Para la evaluación de la calidad obtenida después de varios tipos de tratamiento en sentido descendente, se sugieren diferentes métodos. Para la evaluación de la incrustación cromática se puede utilizar el método de la escala de degradación de dos estímulos (DSI), con materiales de prueba críticos para

las operaciones de incrustación cromática. Para la cámara lenta y otras manipulaciones de la imagen, en ausencia de una referencia de alta calidad, se ha propuesto la utilización del método de escala proporcional y se están estudiando otros métodos posibles. Para las conversiones de normas de TVAD-TVAD en estudio, en las evaluaciones primarias se podría utilizar el método DSCQ con materiales de prueba críticos brevemente presentados, en tanto que en la evaluación auxiliar se podría utilizar el método de la escala de calidad continua de estímulo único (SSCQ) con presentaciones más prolongadas de materiales menos críticos.

En todos los casos las condiciones de visualización serán las que se indican en la _____ Recomendación 710 --- (Método de evaluación subjetiva de la calidad de la imagen en TVAD). No obstante, al interpretar los resultados es necesario tener en cuenta las posibles influencias en el estado técnico de la aplicación del sistema de TVAD en estudio.

2.2 Formatos de estudio tradicionales derivados de los formatos de estudio de TVAD

Para evaluar las pequeñas degradaciones y la gama limitada de degradaciones que se prevén, se considera que el método más útil es el DSCQ. Durante las pruebas, los asesores visualizarán pares de presentaciones, de los cuales uno se prepararía directamente en formato tradicional y el otro se convertiría de un formato de estudio de TVAD. Las condiciones de visualización deben ajustarse a las que dispone la Recomendación 500.

2.3 Sistemas de emisión de TVAD

Para determinar la calidad básica, en las evaluaciones primarias se puede utilizar el método DSCQ tomando como referencia el sistema de estudio, mientras que para las evaluaciones auxiliares se puede utilizar el método SSCQ. En el primer caso, las presentaciones serían breves y se utilizaría material "crítico, pero no excesivamente" y, en el segundo caso, las presentaciones serían más largas y se utilizaría material representativo de una programación normal.

Para evaluaciones de las características de fallo, las características en cuanto al eco y la interferencia, se puede utilizar el método DSI tomando como referencia el sistema de estudio o el formato de emisión sin degradación. Los materiales de prueba han de ser breves y "críticos, pero no excesivamente".

En todas las evaluaciones, las condiciones de visualización serían las indicadas en la _____ Recomendación 710 — (Métodos de evaluación subjetiva de la calidad de imagen en TVAD).

2.4 Imágenes compatibles recibidas en las emisiones de TVAD

Para determinar la calidad básica, se puede utilizar el método DSCQ tomando como referencia un material preparado directamente en el formato de emisión convencional o material convertido directamente a partir del formato de estudio de TVAD. Para determinar las características de fallo, las características en cuanto al eco y la interferencia, se podría utilizar el método DSI, tomando como referencia material preparado directamente en el formato de emisión convencional (pero por otra parte sin degradación) o material convertido directamente a partir del formato de estudio de TVAD (pero sin degradación por otra parte).

Las condiciones de visualización serían las indicadas en la Recomendación 500.



2.5 Evaluaciones comparadas de formatos de estudio de TVAD

Para estas evaluaciones cabe pensar en tres procedimientos.

Comparaciones directas en las que se compararían directamente entre sí los posibles formatos de estudio. Se han planteado ciertos problemas en cuanto a la idoneidad de estos procedimientos, que figuran en [CCIR, 1986-90a, b].

Comparaciones indirectas en las que se ensayarian alternativamente los posibles formatos de estudio en comparación con escenas de referencia comunes visualizadas directamente. Según la gama de calidad observada, se utilizaría el método DSCQ o el método DSI. Las condiciones de visualización serían las indicadas en la Recomendación 710. Conviene observar que en este caso es fundamental utilizar un material de origen constante para todos los sistemas ensayados. Se considera también útil cerciorarse de que las escenas de origen son compuestas, para permitir la emisión de juicios subjetivos sobre factores particulares del diseño (véase el punto 2.1).

Comparaciones teóricas, en las que se comparan los sistemas de estudio examinadas, parámetro por parámetro, para determinar el grado en que responden a los ideales psicofísicos pertinentes. Se dan ejemplos de este procedimiento en [CCIR, 1986-90c, d].

Se considera esencial tener en cuenta en las pruebas de comparación la posible influencia de la fase técnica de realización.

2.6 Evaluaciones comparadas de formatos de emisión de TVAD

Estas evaluaciones pueden efectuarse del modo descrito en el punto 2.3, salvo que en este caso el propósito es efectuar una comparación cruzada de sistemas, calidad básica, características de fallo, características de eco e interferencia.

2.7 Imágenes de prueba

Es conveniente unificar el método de evaluación y las imágenes de prueba porque las diferencias en estos asuntos pueden producir diferentes resultados en la evaluación subjetiva de la calidad de la imagen de TVAD.

En el Japón se seleccionaron nueve imágenes fijas para utilizarlas como imágenes de prueba normalizadas en la evaluación de la calidad de la imagen de TVAD. Se efectuaron algunas demostraciones ante el público y se manifestó gran interés por la excelente calidad de la imagen proporcionada. Se utilizan ya en distintas pruebas en el Japón. En la próxima etapa se estudiarán secuencias de imágenes móviles [CCIR, 1986-90e].

3. Resumen del Informe 1218 sobre mediciones objetivas

El Informe 1218, _____ basado en [CCIR, 1986-90f, g, h] contiene un examen del importante tema de la medición objetiva de los parámetros de la señal de televisión de alta definición. Se llama la atención sobre tres puntos: en primer lugar el examen de las características de transferencia de las distorsiones que se producen durante diversos intervalos de tiempo; en segundo lugar, propuestas sobre la naturaleza de las señales de prueba que se han de utilizar para caracterizar la señal de imagen de TVAD; y en tercer lugar, elementos de cartas de ajuste para TVAD y ejemplos de estas cartas de ajuste.

Este Informe se completa con cuatro diagramas detallados de señales de prueba utilizadas como ejemplo y dos imágenes de cartas de ajuste utilizadas como ejemplo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LA PARTE 4

Documentos del CCIR

- [1986-90]: a. GIT 11/4-160 (GIT 11/4); b. GIT 11/4-169 (Francia);
c. GIT 11/4-146 (Francia); d. GIT 11/4-172 (Canadá); e. 11/589 (Japón)
f. 11/340 (URSS); g. 11/341 (URSS); h. 11/342 (URSS).

PARTE 5 - NORMAS DE ESTUDIO Y EQUIPOS ASOCIADOS

5.1 INFORME DE LOS ADELANTOS RELATIVOS A LAS NORMAS DE ESTUDIO Y EQUIPOS ASOCIADOS

Se ha adelantado considerablemente en la producción de equipos de estudio diseñados en torno a dos proyectos de Recomendaciones que se han presentado al CCIR. Si bien ninguno de los dos conjuntos de parámetros de estos proyectos ha sido aprobado por el CCIR como aceptables para una norma mundial única, ambos han recibido suficiente apoyo para su uso práctico en zonas específicas a fin de estimular a los fabricantes en la producción de equipos.

1.1 Propuesta basada en un sistema de 1125/60

La siguiente propuesta de un proyecto de Recomendación sobre una norma de estudio de TVAD basada en 60 Hz se presentó al CCIR, inicialmente en 1985 y ha alcanzado el nivel de realización indicado en los cuadros[I a V].

CONSIDERANDO

- a) que una norma para los estudios de televisión de alta definición (TVAD) debe proporcionar imágenes que tengan aproximadamente dos veces la resolución espacial horizontal y vertical y un formato de imagen más ancho que las que pueden obtenerse con las fuentes de estudio que utilizan las normas actuales;
- b) que existe una amplia gama de aplicaciones de la TVAD;
- c) que se ha producido un notable avance en la tecnología del equipo de producción para la televisión de alta definición;
- d) que una norma para estudios de producción de TVAD permitiría mejorar considerablemente la calidad de la imagen con respecto a la de los sistemas convencionales de 525 ó 625 líneas al observarla en una pantalla grande que tenga una diagonal de 1 m como mínimo;
- e) que una norma para estudios de producción de TVAD permitiría observar las imágenes en una pantalla grande con una definición espacial comparable a la de la película cinematográfica de 35 mm;
- f) que las señales de TVAD se utilizarán igualmente para las emisiones en los sistemas actuales y propuestos, así como para las películas cinematográficas;
- g) que la norma de estudio de TVAD debe especificarse en forma digital con una relación simple respecto a la Recomendación 601;
- h) que la transferencia hacia y desde película puede realizarse con una calidad adecuada,

RECOMIENDA:

Que se utilicen los parámetros que se indican a continuación para la producción de señales en los estudios de televisión de alta definición.

1.1.1 Características básicas de la señal vídeo

La señal vídeo es el resultado de la exploración de una cuadricula con las características que se muestran en el cuadro I:

CUADRO I - Características básicas de las señales vídeo

Punto	Características	
1	Número de líneas por cuadro	1125
2	Número de líneas de imagen por cuadro	1035
3	Relación de entrelazado	2:1
4	Formato de la imagen (H:V)	16:9
5	Frecuencia de trama (trama/segundo)	60,00
6	Frecuencia de línea (Hz)	33 750

Características colorimétricas

CUADRO II

Punto	Características	
1	Coordenadas de cromaticidad supuestas (CEI 1931) para los colores primarios de la pantalla	$x \quad y$ R 0,630 0,340 G 0,310 0,595 B 0,155 0,070
2	Cromaticidad para señales primarias iguales ($E'_R = E'_G = E'_B$ es decir, blanco de referencia) (1)	Iluminante D ₆₅ $x \quad y$ 0,3127 0,3290
3	Característica de la transferencia electro-óptica del reproductor de referencia	$L=((V+0,1115)/1,1115)^{(1/0,45)}$ para $V > 0,0913$ $L=V/4,0$ para $V < 0,0913$ (2)
4	Gamma supuesta del reproductor de referencia para la cual se efectúa la precorrección de la señal primaria	2,2 (aprox.)
5	Característica de la transferencia optoelectrónica de la cámara de referencia	$V=1,1115xL^{(0,45)}-0,1115$ para $L \geq 0,0228$ $V=4,0xL$ $L < 0,0228$

Características colorimétricas

CUADRO II - (Continuación)

Punto	Características		
6	Señales transmitidas	$\begin{bmatrix} E'_G \\ E'_B \\ E'_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,000 & -0,227 & -0,477 \\ 1,000 & 1,826 & 0,000 \\ 1,000 & 0,000 & 1,576 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E'_Y \\ E'_P_B \\ E'_P_R \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} E'_Y \\ E'_P_B \\ E'_P_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,701 & 0,087 & 0,212 \\ -0,384 & 0,500 & -0,116 \\ -0,445 & -0,055 & 0,500 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E'_G \\ E'_B \\ E'_R \end{bmatrix}$	(1) (3)
7	Ponderación de las señales de diferencia de color (derivadas)	$E'_P_R = \frac{E'_R - E'_Y}{1,576}$ $E'_P_B = \frac{E'_B - E'_Y}{1,826}$	

Nota 1 - E'_R , E'_G , E'_B son las señales adecuadas para excitar los colores primarios del reproductor de referencia (habiéndose sido precorregidas para la característica de transferencia electro-óptica del reproductor).

Nota 2 - L - nivel de luz

V - nivel de la señal video.

Nota 3 - E'_Y , E'_P_B , E'_P_R pueden derivarse de E'_R , E'_G , E'_B mediante una matriz lineal.

1.1.2 Representación analógica

La imagen es representada por tres señales vídeo paralelas, coincidentes en el tiempo. Cada una incorpora una forma de onda de sincronización.

Las señales serán de cualquiera de los conjuntos siguientes:

$$\left[\begin{array}{l} E'_G \text{ "verde"} \\ E'_B \text{ "azul"} \\ E'_R \text{ "rojo"} \end{array} \right] \quad \left[\begin{array}{l} E'_Y \text{ "luminancia"} \\ E'_P^B \text{ "diferencia de color azul"} \\ E'_P^R \text{ "diferencia de color rojo"} \end{array} \right]$$

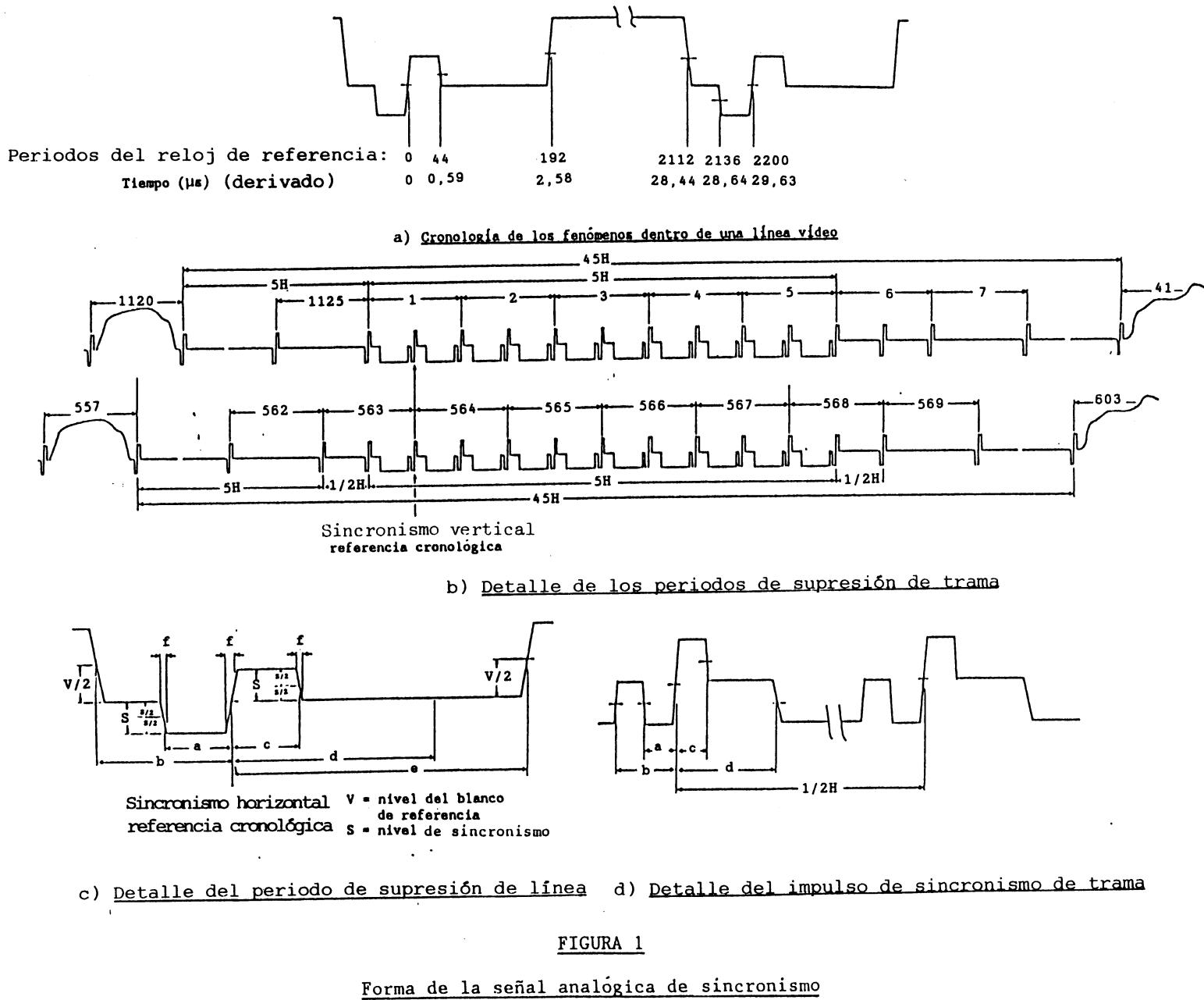
Las señales vídeo se describen ampliamente en los cuadros III y IV y en la fig. 1.

CUADRO III

Punto	Características		
1	Niveles nominales de E'_Y y E'_G E'_R E'_B con sincronización	Nivel del negro de referencia (mV) Nivel del blanco de referencia (mV) Nivel de sincronización (mV) (1)	0 700 ± 300 (bipolar trinivel)
2	Niveles nominales de E'_P^R E'_P^B con sincronización	Nivel cero de referencia (mV) Nivel de cresta de referencia (mV) Nivel de sincronización (mV) (1)	0 ± 350 ± 300 (bipolar trinivel)
3	Anchura de banda	E'_R , E'_G , E'_B E'_Y E'_P^B , E'_P^R	30 MHz (nominal) 30 MHz (nominal) 15/30 MHz (nominal) (2)

Nota 1 - Basado en una impedancia de circuito (nominal) de 75 ohmios.

Nota 2 - 15 MHz cuando se obtienen de fuentes digitales.



1.1.3 Sincronización y temporización analógica

CUADRO IV

Punto	Características	
1	Forma de la señal de sincronización	Bipolar trinivel
2	Intervalo nominal de supresión de línea (μ s)	3,77
3	Periodo de supresión de trama	45 H
4	Frecuencia del reloj de referencia (MHz)	$74,25 \pm 10$ ppm
5	Periodo τ del reloj de referencia (ns)	$\tau = 13,47 = H/2200$
6	Temporización de línea H (véase la fig. 1) Frente de subida de sincronización (ref. de la temporización) Frente posterior de sincronización Comienzo de la señal video activa Fin de la señal video activa Frente anterior de sincronización	0 44 192 2112 2156 Periodos del reloj de referencia Tiempo (derivado) (μs)
	Fig. 1:	
	a	44 0,593
	b	88 1,185
	c	44 0,593
	d	132 1,778
	e	192 2,586
	f (Tiempo de subida de sincronización)	4 0,054
	Línea total	2200 29,63
	Línea activa	1920 25,86

1.1.4 Representación digital

Las señales video se representan en forma digital conforme al cuadro V.

CUADRO V

Punto	Características	
1	Señales codificadas: Y, C_R, C_B	Estas señales se obtienen a partir de señales con precorrección gama es decir: $E'_Y, E'_R - E'_Y, E'_B - E'_Y$
2	Número de muestras por línea completa: - señal de luminancia (Y) - cada señal de diferencia de color (C_R, C_B)	2200 1100
3	Estructura de muestreo	Ortogonal, repetitiva en cada línea, en cada trama y en cada cuadro. Las muestras de las señales C_R y C_B coinciden en el espacio con las muestras impares (1 ^a , 3 ^a , 5 ^a , etc.) de la señal Y en cada línea
4	Frecuencia de muestreo: - señal de luminancia (MHz) - cada señal de diferencia de color (MHz)	74,25 (nominal) 37,125 (nominal)
5	Forma de codificación	MIC con cuantificación uniforme, N bits por muestra, tanto para la señal de luminancia como para cada señal de diferencia de color ⁽¹⁾
6	Número de muestras por línea activa digital: - señal de luminancia - cada señal de diferencia de color	1920 960

CUADRO V - (Continuación)

Punto	Características	
7	Relación de temporización horizontal analógico-digital: - desde el final de la línea activa digital hasta 0_H	Se determinará
8	Correspondencia entre los niveles de la señal de video y los niveles de las señales de cuantificación: - escala - señal de luminancia - cada señal de diferencia de color	0 a (2^N-1) (1) Requiere estudio Requiere estudio
9	Uso de palabras de código	Requiere estudio

Nota 1 - N es el número de bits necesarios (requiere ulterior estudio).

1.2 Propuesta basada en un sistema 1250/50

El siguiente proyecto de Recomendación sobre una norma TVAD de producción en estudio basada en 50 Hz se presentó por primera vez al CCIR en 1987 y ha alcanzado el nivel de desarrollo indicado en los cuadros [I a VII] [CCIR, 1986-90a].

CONSIDERANDO

- a) que una norma para los estudios de Televisión de Alta Definición (TVAD) debe proporcionar imágenes que tengan aproximadamente dos veces la resolución espacial horizontal y vertical y un formato de imagen más ancho que las que pueden obtenerse con las fuentes de estudio que utilizan las normas actuales;
- b) que existe una amplia gama de aplicaciones de la TVAD;
- c) que se ha producido un notable avance en la tecnología del equipo de producción para la televisión de alta definición;
- d) que, en el futuro, una pluralidad de normas diferentes causará dificultades entre los organismos de radiodifusión;
- e) que las señales de estudio TVAD se utilizarán también como fuentes para los sistemas de radiodifusión de televisión existentes y actualmente propuestos;
- f) que la conversión a las normas existentes de señales compuestas 625/50 y 525/60 pueden efectuarse con buena calidad;
- g) que la norma de estudio de TVAD debe especificarse en forma digital con una relación simple respecto a la Recomendación 601;

- h) que la frecuencia de trama de 50 Hz presenta ventajas para la transferencia a las normas existentes, hacia la película y desde ella, que continuará siendo un formato para el intercambio;
- i) que la reproducción del movimiento es satisfactoria con frecuencias de trama de 50 Hz o superiores;
- j) que, para una anchura de banda y un factor de entrelazado determinados, la frecuencia de trama de 50 Hz proporciona una resolución espacial mayor que las frecuencias de trama superiores;
- k) que la mayoría de los países utilizan hoy día normas de emisión basadas en una frecuencia de trama de 50 Hz;
- l) que se están considerando simultáneamente las normas de emisión, transmisión y estudio de TVAD;
- m) que todos los parámetros de una norma de estudio de TVAD deberían optimizarse a fin de efectuar la conversión a la norma de emisión de TVAD respectiva (tanto la de 50 Hz como la de 59,94/60 Hz),

RECOMIENDA :

Que se utilicen los parámetros normalizados que se indican a continuación para la generación de señales, para la producción de televisión de alta definición y para el intercambio internacional de programas de televisión de alta definición:

1.2.1 Parámetros de exploración

CUADRO I

Punto	Características *	
1.1	Número total de líneas por imagen	1250
1.2	Número de líneas activas por imagen	1152
1.3	Método de exploración	Progresivo 1:1
1.4	Formato de la imagen	16:9
1.5	Frecuencia de trama (tramas/s)	50 Hz
1.6	Frecuencia de línea	62,5 kHz

* Esta es la norma adoptada como objetivo. La primera realización puede basarse en un sistema de anchura de banda reducida. En el § 2.2.2 se describe un sistema con anchura de banda reducida.

1.2.2 Colorimetría en el interfaz de estudio

El contenido de los puntos 1.2.2, 1.2.3 y 1.2.4 concuerda con los estudios que están terminándose, pero la confianza en estos resultados, aún sujetos a pruebas de confirmación, es actualmente suficientemente elevada para presentar esta información.

CUADRO II

Punto	Características			
2.1	Coordenadas de cromaticidad de colores primarios en el interfaz de estudio (1) (2)	Rojo Verde Azul	x 0,6915 0,0000 0,1440	y 0,3083 1,0000 0,0297
2.2	Coordenadas de cromaticidad del blanco de referencia: iluminante D ₆₅ (2)	D ₆₅	x 0,3127	y 0,3290

Nota 1 - Los colores primarios rojo y azul son colores monocromáticos reales (620 nm y 460 nm), el "Verde" es un color irreal denominado "verde" por razones de simplicidad.

Nota 2 - En la fig. 1 se muestra la posición del interfaz de estudio cuando los colores primarios están etiquetados R,G,B y las señales equilibradas para una referencia de blanco D₆₅.

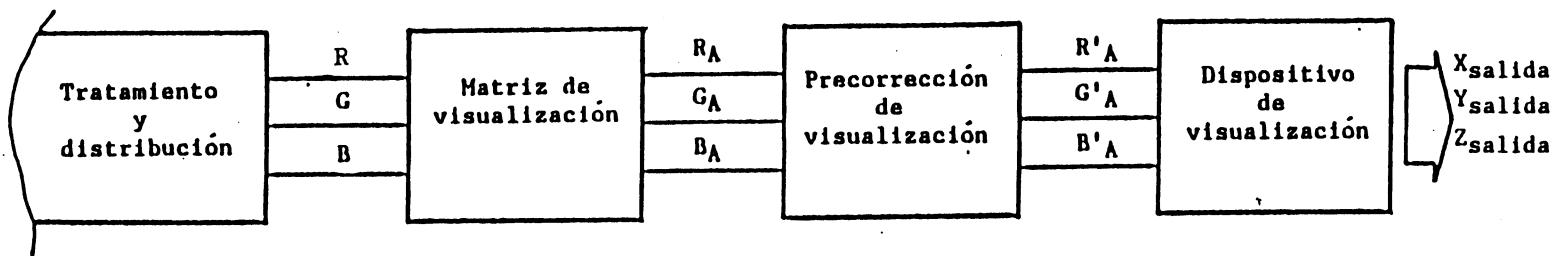
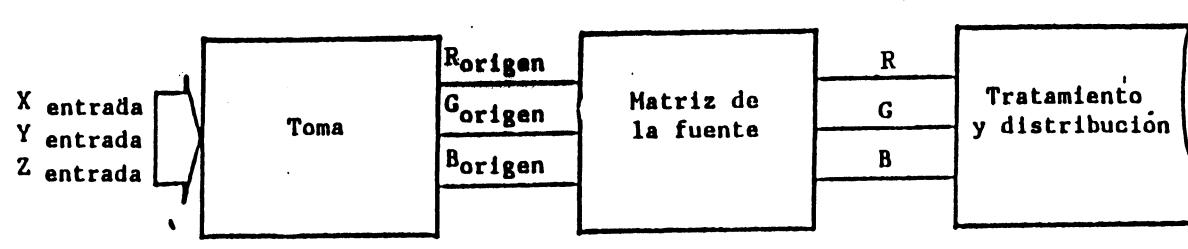
1.2.3 Características de transferencia

Véase el párrafo de introducción del punto 1.2.2 precedente.

CUADRO III

Punto	Características	
3.1	Transferencia optoelectrónica de la fuente de referencia	Lineal Gamma = 1
3.2	Transferencia electro-óptica global de la cadena de TVAD	Gamma = 1,26 (3)
3.3	Preacentuación no lineal de las señales primarias y de luminancia en el interfaz de estudio	Gamma = 0,45

Nota 3 - Se supone una visualización en pantalla TRC convencional que tiene una gamma de 2,8 y señales de fuente precorregidas según la misma ley que la preacentuación no lineal indicada en el punto 3.3.

FIGURA 1Esquema colorimétrico de una cadena en televisión

1.2.4 Representación de señal analógica

Véase el párrafo de introducción del punto 1.2.2.

La señal de imagen analógica comprende tres señales vídeo paralelas sincronas de uno de los dos conjuntos siguientes (fig. 2):

a)	E_R	"rojo"	o	b)	E'_Y	"luminancia"
	E_G	"verde"			E'_{C1}	"diferencia de color 1"
	E_B	"azul"			E'_{C2}	"diferencia de color 2"

- * La impedancia de la fuente es 75 ohmios.
- * La notación ' denota la preacentuación no lineal de las señales primarias lineales o de luminancia (véase el parámetro 3.3).
- * En general, es necesario precorregir las señales primarias E_R , E_G y E_B antes de aplicarlas a una pantalla: en la práctica se utilizan 4 correctores gamma en una cámara para obtener E'_Y , E'_R , E'_G y E'_B .

CUADRO IV

Punto	Características	
4.1	Ecuación de preacentuación para señales primarias	$E'_R = E_R^{0,45}$ voltios $E'_G = E_G^{0,45}$ voltios $E'_B = E_B^{0,45}$ voltios
4.2	Ecuación de la señal de luminancia	$E'_Y = (0,3392 E_R + 0,6217 E_G + 0,0391 E_B)^{0,45}$ donde E_R , E_G , E_B varían de 0,0 a 1,0
4.3	Ecuación de las señales de diferencia de color	$E'_{C1} = 1,8 (E'_R - E'_Y)$ $E'_{C2} = 0,8 (E'_B - E'_Y)$
4.4	Niveles nominales de las señales E'_Y , E'_R , E'_G , E'_B	Nivel del negro de referencia 0 mV Nivel del blanco de referencia 1000 mV
4.5	Niveles nominales de las señales de E'_{C1} y E'_{C2} (4)	Nivel acromático de referencia 0 mV Nivel de cresta de referencia +/-650 mV
4.6	Anchura de banda de señal nominal	E_R , E_G , E_B , E_Y 60 MHz E'_{C1} y E'_{C2} 30 MHz

Nota 4 - Representan E'_{C1} y E'_{C2} recortadas al nivel de cresta de referencia.

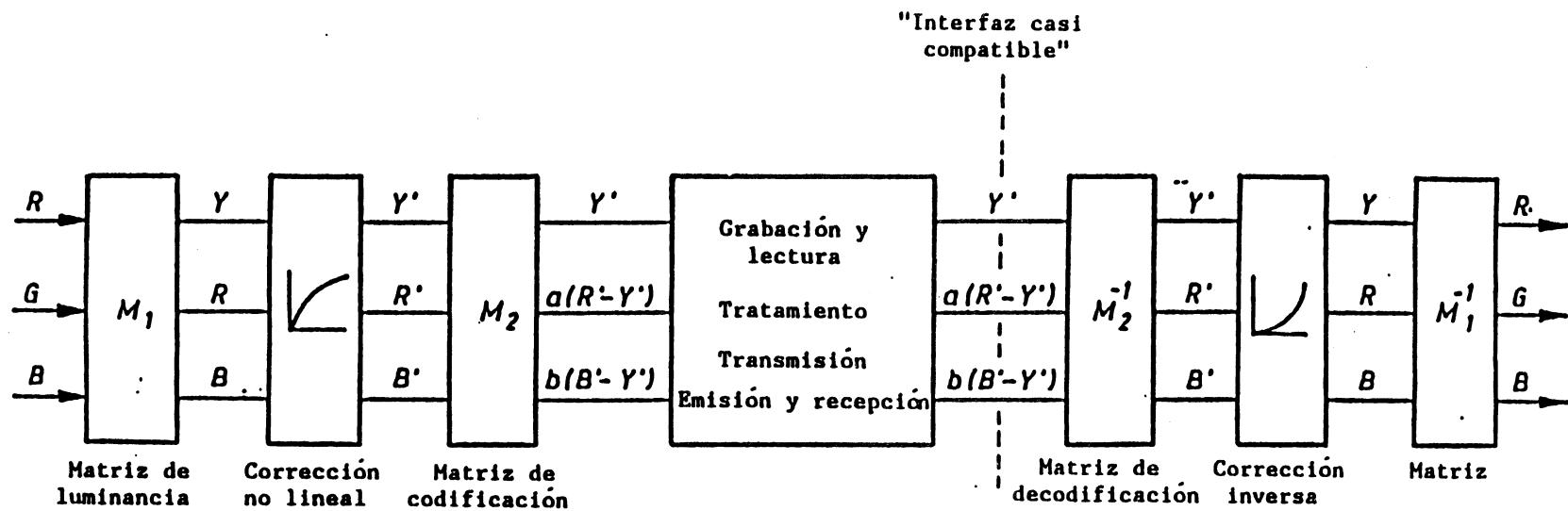


FIGURA 2

Tratamiento y distribución en televisión

1.2.5 Representación de señal digital

Actualmente sólo el conjunto b) del § 1.2.4 se considera para digitalización. El número necesario de bits por muestra para las señales E_R , E_G , y E_B está aún en estudio.

CUADRO V

Punto	Características	
5.1	Forma de codificación y longitud de palabra para Y, C_1 , C_2	E'_Y , E'_C_1 y E'_C_2 uniformemente cuantificadas en MIC con 8 bits/muestra para Y 8 bits/muestra para C_1 o C_2 , por lo menos
5.2	Estructura de muestreo: - de la señal de luminancia - de las señales de diferencia de color	Ortogonal, repetitiva en cada línea y en cada imagen Quincunce de línea, repetitiva en cada imagen Las muestras C_1 y C_2 coinciden entre sí y con las muestras Y numeradas impares en líneas impares, con muestras Y numeradas pares en líneas pares
5.3	Número de muestras por línea activa digital: - señal de luminancia - señales de diferencia de color	1920 960
5.4	Número total de muestras por línea completa - señal de luminancia - señales de diferencia de color	2304 1152
5.5	Frecuencia de muestreo - Y - C_1 y C_2	144 MHz 72 MHz
5.6	Relación de temporización horizontal analógico/digital desde el final de la línea activa digital hasta O_H	En estudio
5.7	Correspondencia entre los niveles de las señales de video y los niveles de cuantificación: - escala - señal de luminancia - señales de diferencia de color	En estudio
5.8	Utilización de palabras de código	En estudio

1.2.6 Forma de onda de sincronización analógica

1.2.6.1 Detalles de las señales de sincronización de línea (véase la fig. 3).

a) Forma de onda de sincronización

- Sincronización bipolar de tres niveles
- Amplitud ± 300 mV cresta en 75 ohmios

b) Temporización

Frecuencia de reloj de referencia: 2,25 MHz

CUADRO VI

Símbolo	Características	μs	Periodos de 2,25 MHz
H	Periodo de línea nominal	16	36
a	Intervalo de supresión de línea	2,667	6
b	Intervalo entre la referencia de temporización (0_H) y el frente posterior del impulso de supresión de línea	1,778	4
c	Pórtico anterior	0,889	2
d	Impulsos de sincronización	0,444	1
f	Tiempos de establecimiento (10% a 90%)	En estudio	

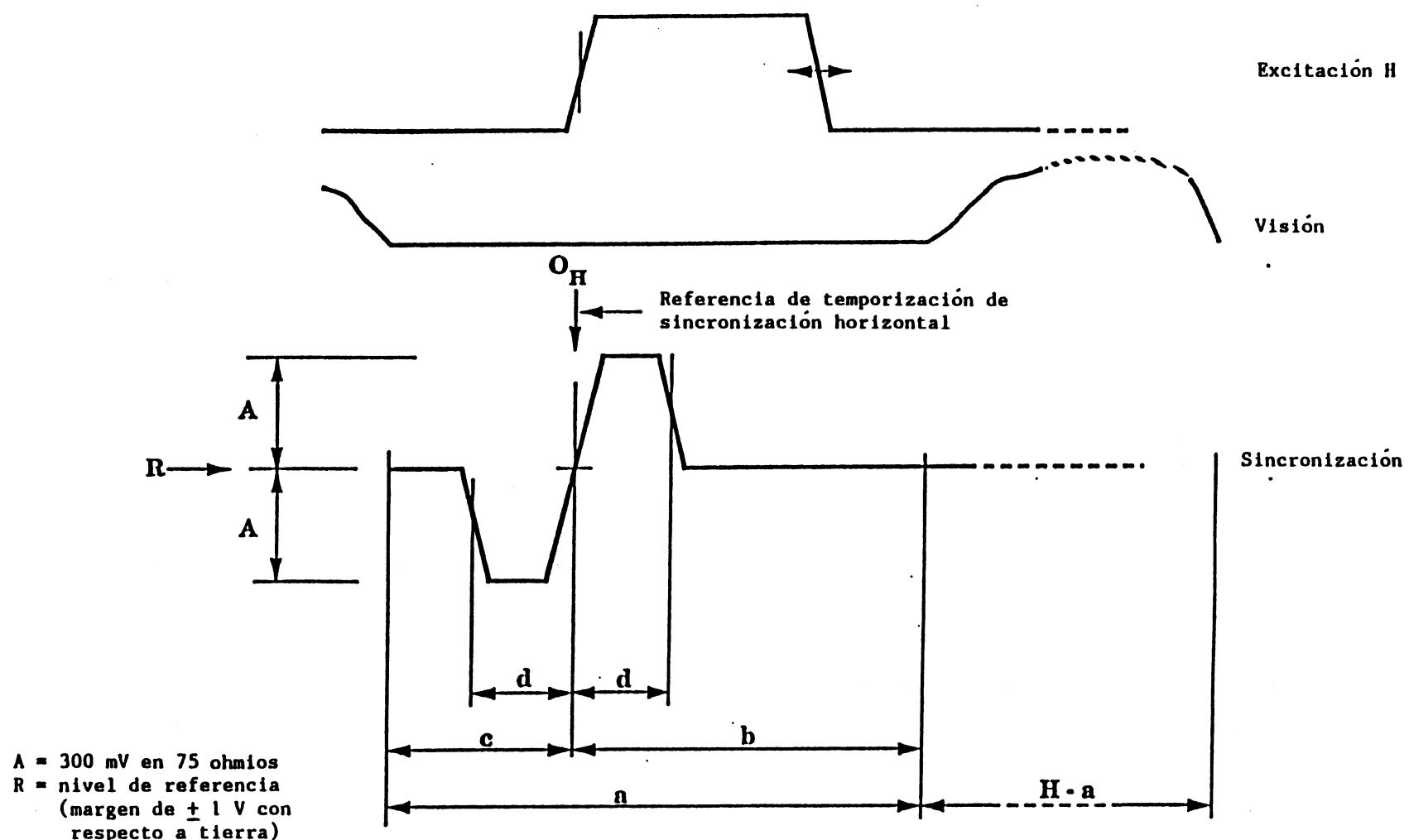
1.2.6.2 Detalles de las señales de sincronización de trama (véanse las figs. 4 y 5)

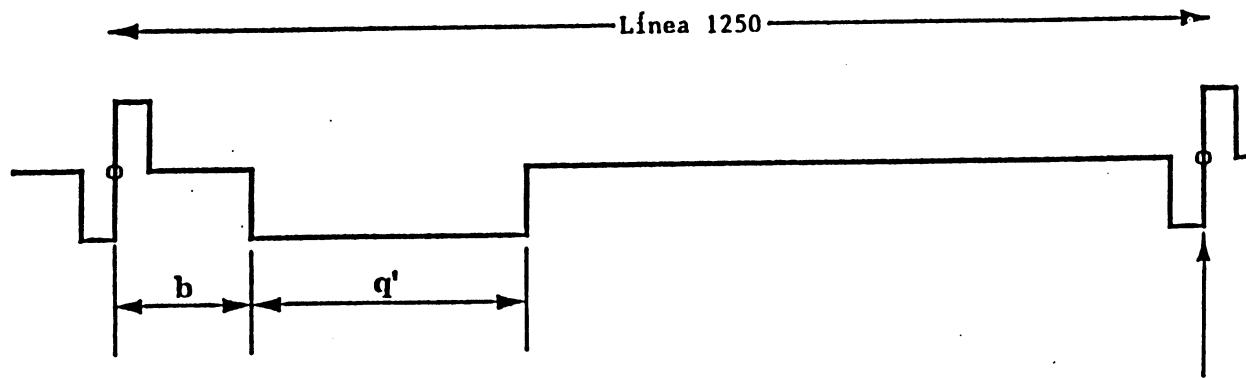
Referencia: periodo de línea

 $H = 16 \mu s$

CUADRO VII

Símbolo	Características	Duración	Periodos de línea
v	Periodo de trama	20 ms	1250
j	Intervalo de supresión de trama	1568 ms	98
q'	Duración del impulso de sincronización de trama	8 μs	1/2

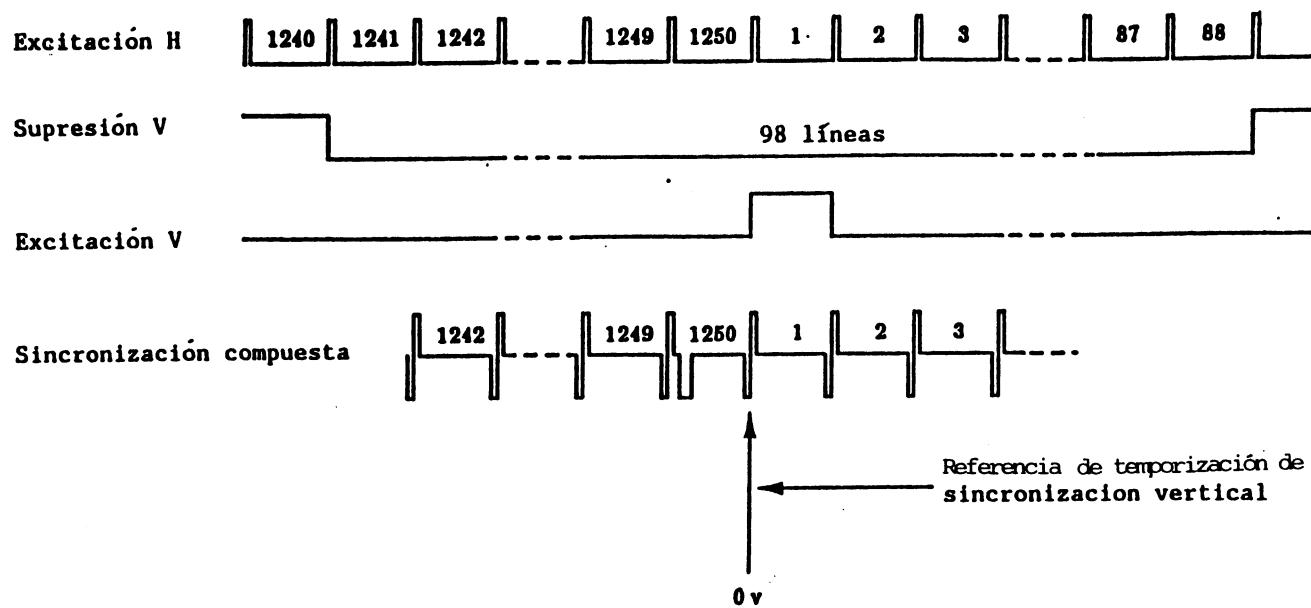
**FIGURA 3**Detalle de la señal de sincronización de línea



Referencia de temporización
de sincronización vertical

FIGURA 4

Detalle de la señal de sincronización de trama

**FIGURA 5****Detalle de intervalo de supresión de trama vertical y señales derivadas**

PARTE 5.2 - DESARROLLO DEL EQUIPO (CON EXCEPCIÓN DE LOS CONVERTIDORES Y MAGNETOSCOPIOS)

2.1 Equipo de estudio del sistema TVAD 1125/60

Se ha montado una instalación de producción de programas de TVAD que tiene la capacidad de producción necesaria para la radiodifusión experimental de TVAD durante una hora al día. Incorpora el sistema de producción de TVAD 1125/60/2:1 y las conversiones de normas entre la TVAD y los sistemas de televisión convencionales. Estos equipos han sido desarrollados por NHK durante varios años, en un programa a largo plazo [CCIR, 1986-90b].

Los desarrollos que se describen en los puntos siguientes completan toda una gama de equipos de producción, incluyendo cámaras, registradores, dispositivos para efectos especiales, etc., que ya se comercializan [CCIR, 1986-90c].

2.1.1 Cámaras

a) Cámara portátil de TVAD

Se ha construido una cámara TVAD portátil de tubos Saticon. Ofrece una resolución elevada (1200 líneas), alta sensibilidad (F:4,5 a 2000 lux), es compacta y liviana (8 kg) y tiene un bajo consumo de energía (35 W).

Los tubos Saticon de esta cámara son de enfoque y deflexión estáticos. Posee una capa fotoconductora mejorada, con sensibilidad del canal verde 1,5 veces mayor y del canal rojo dos veces mayor que la capa Saticon clásica. También se ha perfeccionado el preamplificador mediante un transistor JFET de características superiores.

b) Cámaras HARP* para TVAD

Se ha construido una cámara TVAD de mano con tubos HARP de 2/3 de pulgada. Su sensibilidad es diez veces superior a la de las cámaras TVAD tradicionales y puede funcionar con F:2,8 a 200 lux. Produce imágenes de alta calidad incluso en eventos deportivos al aire libre o representaciones en teatros o anfiteatros con reducidos niveles de iluminación.

Para obtener una buena relación señal/ruido (45 dB) se recurre a un preamplificador FET de $A_s G_a$ de bajo nivel de ruido, y para facilitar el ajuste en la grabación se emplea un sistema automático en línea. Gracias a la tecnología de integración a gran escala (LSI) y a un diseño compacto de los circuitos esta cámara de mano es liviana (6,5 kg).

c) Dispositivos de captación de imagen de estado sólido

Se han diseñado dispositivos tomavistas de estado sólido que cumplen la norma de estudio 1125/60. Se trata de un sensor de imagen con formato de una pulgada basado en un dispositivo por acoplamiento de carga (CCD - "Compled Charge Device") con dos millones de elementos de imagen, y de un sensor de imagen CCD laminado. Con uno de ellos se ha construido una cámara de TVAD en color de estado sólido de nueva generación, que es compacta y dos veces más sensible que los modelos convencionales.

* HARP: High gain avalanche rushing photoconductor (Tubo fotoconductor amorfo de avalancha rápida y alta ganancia)

2.1.2 Sistema de videoincrustación

Se ha diseñado un sistema de videoincrustación para TVAD que ofrece una nueva técnica de producción para la síntesis de imágenes TVAD. Por medio de un dispositivo gráfico informatizado se genera una señal clave para la síntesis que se presenta en un monitor de TVAD. Es posible así sintetizar dos imágenes sin ningún fondo azul, como por ejemplo, imágenes captadas en sitios distintos.

Este equipo se ha llevado ya a la práctica en la producción teatral y de películas de largo metraje mediante técnicas de TVAD, y crea una imagen sintetizada tan real y natural que los espectadores tienen la impresión de estar observando una escena real.

2.1.3 Camión para la producción de TVAD en exteriores

Este camión, salido recientemente de fábrica, se utilizará para la difusión en directo y el montaje en tiempo real de programas como eventos deportivos, representaciones teatrales y festivales. Está concebido de manera que pueda desplazarse fácilmente de un sitio a otro pero ofreciendo todos los medios necesarios para una producción de larga duración, como una amplia sala de producción (3 m de longitud) y monitores grandes (30 pulgadas de diagonal).

Está equipado con tres cámaras con 1500 m de cable de transmisión de fibra óptica, dos magnetoscopios, un explorador opaco, un conmutador vídeo analógico con ocho entradas y funciones de mezcla triple, agrandamiento gradual de la imagen, superposición y clave cromática suave, un mezclador de audio de cuatro canales con ocho entradas y un transmisor FPU de 42 GHz con codificador vídeo TCI.

2.1.4 Televisión estereoscópica

En Japón, se ha desarrollado un sistema de televisión estereoscópica experimental de trama secuencial, utilizando equipo de TVAD.

El equipo de producción utilizado, es decir las cámaras y magnetoscopios eran del sistema de TVAD 1125/60/2:1.

Un proyector de vídeo de desarrollo reciente visualiza alternativamente estas imágenes derecha e izquierda con una frecuencia de trama de 120 Hz y 1.125 líneas para un cuadro completo derecho o izquierdo. La pantalla utilizada tenía un tamaño de 110 pulgadas. Los observadores llevaban unas gafas con obturadores de cristal líquido que se abrían y cerraban alternativamente, dependiendo de la trama para el ojo derecho o el izquierdo [CCIR, 1986-90d].

2.2 Equipo de estudio para el sistema de TVAD 1250/50 [CCIR, 1986-90e]

En [CCIR, 1986-90f] se propone una jerarquía de formatos en el estudio, relacionadas simplemente con la Recomendación 601. Todos los miembros de la jerarquía son evolutivos, con un alto grado de compatibilidad, por lo menos entre un miembro y el siguiente.

2.2.1 Equipo de exploración progresiva (AD-P y AD-Q)*

Este equipo de estudio a nivel de prototipo incluye:

- una cámara en blanco y negro de la que se efectuó una demostración en Montreux en 1987 [CCIR, 1986-90g] [Boyer y Eouzan, 1987];
- dos cámaras en color con distintos tipos de lente y un tubo de captación de saticon de una pulgada.

El desarrollo de la cámara AD-P fue un hito del proyecto EU95; en particular, su sensibilidad es similar a la de la cámara con exploración entrelazada y tiene una relación S/N ponderada bastante equivalente. Incluye un sistema de corrección de apertura digital de 2D en el canal, y trabaja a 144 MHz con 8 bits de cuantificación y una máscara de convolución de 3 líneas por 5 pixels;

- convertidores A/D y D/A a 144 MHz;
- convertidores AD-P/AD-Q y AD-Q/AD-P (filtro e interpolador). Los convertidores incluyen procesadores de la luminancia y de la diferencia de color. El procesador de luminancia es un filtro bidimensional diagonal que permite efectuar un submuestreo quincuncial posterior. El procesador de color es un filtro vertical que permite realizar un submuestreo vertical. A la salida del filtro se entrelazan las muestras de luminancia y se efectúa una conversión de la frecuencia de línea de 16 a 32 μ s. Con esto se obtiene a la salida del filtro un mltiplex AD-P, cuya estructura y frecuencia de reloj concuerdan con las del mltiplex AD-E;

* Nota explicatoria para descripción del equipo de estudio del sistema TVAD 1250/50:

Norma AD-P [CCIR, 1986-90h]

Exploración progresiva de alta definición con muestreo ortogonal para la señal de luminancia y muestreo quincuncial para cada señal de diferencia de color.

AD-Q

Formato progresivo de alta definición obtenido a partir de la norma AD-P por prefiltrado diagonal de la señal de luminancia, que da como resultado un muestreo espacial quincunce, y prefiltrado vertical de la señal de diferencia de color que da como resultado un muestreo ortogonal. Permite ahorrar la mitad de la anchura de banda o de la velocidad de datos de la AD-P.

AD-E

Formato de entrelazado de alta definición con muestreo ortogonal para señales de luminancia y de diferencia de color. La velocidad de datos en AD-E es equivalente a la velocidad de datos en AD-Q.

para la transmisión RGB paralelo de señales de TVAD 1250/50/1:1 en forma analógica, se ha utilizado equipo disponible comercialmente con 60 MHz de anchura de banda en la interconexión de equipos dentro de un centro de producción y en los enlaces punto a punto entre estudios. También se ha realizado equipo de transmisión para señales de TVAD en forma digital con reducción de la velocidad binaria [CCIR, 1986-90i].

En [CCIR, 1986-90j] se dan las características del formato AD-Q que es una realización digital de anchura de banda limitada de la norma AD-P, con el fin de utilizar la tecnología de registro y procesamiento digital actual en el estudio. El documento explica además que, al tener la misma velocidad binaria, las normas AD-Q y AD-E tienen mucho en común y podrían utilizar el mismo interfaz de señal digital, por lo cual muchas partes de los equipos, tales como conmutadores, mezcladores y registradores, pueden utilizarse tanto en el entorno AD-E como en el entorno AD-Q.

2.2.2 Equipo con exploración entrelazada (AD-E)*

Cámaras

Todas las cámaras incluyen unidades bidimensionales de apertura digital y corrección de contornos cuyos valores de sensibilidad y de relación S/N responden a las técnicas más modernas y utilizan tubos de captación de tipo Saticon o Primicon de una pulgada o tubos Plumbicon de 30 mm [CCIR, 1986-90k].

Mezcladores y conmutadores

Se han presentado conmutadores y mezcladores simples analógicos. Se han desarrollado nuevos mezcladores que se caracterizan por dos niveles de mezcla, tres entradas en cada nivel con facilidades de fundido, cambio gradual e incrustación cromática, cuatro programas y dos salidas de visión previa que permiten un tratamiento completo en una anchura de banda 30 MHz [CCIR, 1986-90k].

Paleta gráfica

Se ha adaptado una paleta de colores de funcionamiento con arreglo a la norma 1250/50/2 que ha sido presentada en Montreux (junio de 1989). Incorpora entradas y salidas de 1250/50 que, con el desarrollo de nuevos soportes lógicos, permiten extraer las imágenes, retocarlas y sacarlas en la forma clásica de paleta, lo que aporta una capacidad gráfica esencial para la producción de alta definición en 1250/50 [CCIR, 1986-90k].

Camión para producción en exteriores

En la IBC 1988 se efectuó una demostración de un conjunto de equipos operacionales montado en dos camiones para producción en exteriores que incluía cámaras, mezcladores, telecines y magnetoscopios tales como los que se mencionan en otros puntos.

Un camión para producción en exteriores en la versión entrelazada de la norma 1250/50 descrita en [CCIR, 1986-90l] se está construyendo actualmente para RTVE. Este camión está diseñado para la producción de programas experimentales de TVAD en general y, principalmente, para eventos deportivos. Posee facilidades de sincronización y control para trabajar junto con otro camión para producción en exteriores de características similares [CCIR, 1986-90m].

* Véase el asterisco de la página anterior, así como la llamada del cuadro I, punto 5.2.1.

En las exposiciones de Montreux (1989) e IFA (1989) se ha efectuado la demostración de un nuevo camión para producción en exteriores de TVAD dedicado a la grabación. El equipo de este camión incluye 3 cámaras de TVAD, 2 magnetoscopios analógicos de TVAD, 1 mezclador y monitores de TVAD. El conjunto incluye un dispositivo para efectos y un generador de caracteres. También se instaló un sistema de sonido estereofónico y una consola de mezcla en audio para las operaciones de producción. Incorpora también un sistema de conversión que genera:

- componentes Y, CR, CB en forma digital o analógica según la norma 625/50/2:1 con un formato 4/3;
- señales convencionales PAL (formato 4/3), y
- señales PAL (formato 16/9) para visualización de imágenes de TVAD en toda su amplitud, con monitores PAL convencionales de bajo coste.

También se efectuó en la IFA (1989) una demostración de otro camión para post-producción de grabaciones de video. Incorpora 3 magnetoscopios analógicos de TVAD, 1 mezclador de TVAD, monitores y un sistema de edición para el tratamiento de la señal a nivel de video y audio. Se ha previsto que estos dos camiones funcionen independientemente o conectados entre sí [CCIR, 1986-90k]

En [CCIR, 1986-901] se describen los parámetros de la versión entrelazada de la norma de estudio 1250/50 actualmente utilizada en Europa a título experimental. (Véase § 1.2 de la parte 5.)

2.2.3 Componentes

Se han estudiado algunos componentes críticos para la TVAD y continúan los desarrollos futuros. Entre ellos se incluyen las lentes de acercamiento para las cámaras de TVAD, las formaciones en líneas de CCD para los dispositivos de exploración de diapositivas y para los telecines con 2048 pixels, un tubo de captación Primicón* de una pulgada con enfoque electromagnético y desviación electroestática. Se ha desarrollado un tubo Plumbicon de 30 mm para equipar las cámaras, que permite mejorar la sensibilidad y las características de retardo. Los aspectos principales de este tubo que utiliza una capa fotoconductora de óxido de plomo son un nuevo tipo de cañón electrónico (tetrodo) para alta resolución, una elevada reserva de haz electrónico, un reducido retardo de 2,5% como máximo después de 60 ms, una baja capacidad de salida (típicamente 5 pF), desviación electroestática, enfoque magnético y una pequeña longitud del tubo, que es de 172 mm como máximo [CCIR, 1986-90k]. Se está desarrollando una disposición en línea de dispositivos de CCD con 5184 pixels para los dispositivos de exploración de diapositivas.

2.2.4 Interfaces para el entorno digital

En [CCIR, 1986-90n] se propone que con un estimador de movimiento sencillo y eficaz situado en el estudio cerca de la fuente, los equipos a cuyas características afecte el conocimiento del movimiento utilicen información del "vector de movimiento" hasta un cierto grado mediante un tratamiento jerárquico. El objetivo es llegar de esta manera a una velocidad binaria reducida para la información de movimiento, dependiendo de la aplicación, a fin de evitar pérdidas de la información importante sobre el movimiento, cuando es necesario aplicar un procesado en cascada.

Como ejemplo de este tipo de aplicaciones en la reproducción, especialmente en los interfaces de entrada/salida, se citan la conversión de la frecuencia de trama, el movimiento en la cámara lenta, la transferencia a película y la codificación para transmisión o emisión. Los datos de movimiento pueden por ejemplo, insertarse en el intervalo de supresión vertical de la señal de video, grabarse en cinta, o utilizarse para intercambio de programas.

* Primicón: marca de fábrica de TCSF.

2.2.5 Otros desarrollos

Se recibieron contribuciones donde se informa que la aplicación de una exploración progresiva afecta fundamentalmente a la cámara, al equipo de conversión A/D y al registrador del estudio. En lo que respecta al resto del equipo de estudio, en particular al mezclador y los efectos especiales correspondientes, sólo es necesario efectuar ligeras modificaciones cuando se pasa de la exploración con entrelazado a la exploración progresiva [CCIR, 1986-90o]. Como se expone en [CCIR, 1986-90p] la primera aplicación se basará en el formato digital AD-Q para utilizar magnetoscopios digitales de 1,15 Gbit/s, cuya factibilidad se ha demostrado.

En [CCIR, 1986-90q] se afirma que es posible obtener una mejor calidad de movimiento para una cámara de TVAD a 50 Hz mediante un obturador sincronizado, y que esta mejora será más acusada cuando se utilice al mismo tiempo una conversión ascendente en la pantalla, compensando el movimiento.

2.3 Sistemas de visualización

Nota: En relación con las pantallas destinadas al público telespectador en general, véase la Parte 10, punto 2.

2.3.1 Visualización en tubo observado directamente

En Japón se están desarrollando tubos de rayos catódicos (TRC), dando prioridad al aumento de tamaño y a la mejora de la resolución. En relación con el aumento de tamaño, en 1985 se desarrolló un TRC de 40 pulgadas que se presentó en la "EXPO 1985", de Tsukuba, Japón. Este TRC pesa aproximadamente 80 kg y tiene un formato de 5:3. En 1987 se desarrolló un TRC de 41 pulgadas y un formato de 16:9 que pesaba 105 kg y lograba un brillo de 95 cd/m² para las señales de blanco. Equipada con una unidad de convergencia digital, una pantalla que utiliza este TRC lograba un error reducido de convergencia de 0,5 mm o menos, en todas las partes de la pantalla. El peso total y las dimensiones exteriores de dicha pantalla eran de 170 kg y 1030 (anchura) x 760 (altura) x 850 (profundidad) mm.

En 1987 se desarrolló un TRC de 32 pulgadas con la máscara de sombra de acero Invar. Alcanzaba un brillo máximo de 230 cd/m² [CCIR, 1986-90r].

En [CCIR, 1986-90s] se describen las características básicas de los dispositivos de presentación para los sistemas de televisión de alta definición de 1125 líneas y 60 tramas. El documento también indica que existen hoy en día TRC de visión directa con brillos superiores a 100 cd/m² en tamaños de hasta 750 mm de diagonal.

También existen dispositivos de visualización de TRC con una dimensión en diagonal de 931 mm y valores de brillo del orden del 68 cd/m².

En Bélgica, República Federal de Alemania, Francia, Italia, Países Bajos y Reino Unido se han desarrollado en 1988 monitores de imagen de color por tubos de 51 cm, 76 cm y 81 cm (20 pulgadas, 30 pulgadas y 32 pulgadas) con formato de 16:9. Utilizando elementos de puntos de fósforo de unos 0,3 mm y anchuras de banda de imagen de unos 60 MHz en los primeros diseños, se lograron resoluciones horizontales de 1000 líneas, o más de 1400 elementos de imagen por línea activa y resoluciones verticales acordes con las 1250 líneas de exploración. La luminancia máxima de la imagen y las relaciones de contraste aproximadas llegaron hasta 90 candelas/metro cuadrado y 50:1, respectivamente. Aparte de una exploración entrelazada de 2:1 con 1250 líneas por imagen y frecuencia de trama de 50 Hz (1250/50/2:1) con una frecuencia de exploración de línea de 31 kHz, se ha demostrado también que el funcionamiento a 62 kHz da una

exploración progresiva de 1250 líneas a una frecuencia de trama de 50 Hz (1250/100/1:1) o una exploración entrelazada de 2:1 de 1250 líneas a la frecuencia de trama de 100 Hz (1250/100/2:1) como alternativas para eliminar el parpadeo entre líneas o el parpadeo de zonas amplias, respectivamente. Las técnicas utilizadas incluyen la exploración bidireccional [CCIR, 1986-90e y t].

2.3.2 Dispositivos de visualización mediante proyección

Existen dispositivos de proyección que utilizan pequeños TRC (7-9 pulgadas) para la imagen fuente con tamaños de pantalla de hasta 3000 mm, una luminancia de cresta superior a 100 cd/m² y una ganancia de pantalla de 13 [CCIR, 1986-90s].

Una pantalla de proyección trasera de 50 pulgadas con tubos de proyección de 7 pulgadas ha logrado una luminancia de cresta de 400 cd/m², manteniendo la profundidad del aparato en 65 cm (fig. 2). Además se logra una elevada relación de contraste de 35:1 o superior, rellenando los espacios entre los tubos de proyección y las lentes con un material que tiene casi el mismo índice de refracción que el cristal. Se han desarrollado pantallas de este tipo entre 50 y 110 pulgadas con una alineación automática simplificada de la convergencia.

Una pantalla de 180 pulgadas que utiliza tres tubos de proyección de 12 pulgadas, alcanza una luminancia máxima de 55 cd/m² con una ganancia en pantalla de 3,5. Esta pantalla puede utilizarse con tamaños de proyección de hasta 200 pulgadas. También se ha desarrollado una pantalla de 200 pulgadas utilizando seis tubos de proyección de 9 pulgadas. Con una ganancia en pantalla de 3,0, alcanzaba una luminancia de cresta de 40 cd/m² [CCIR, 1986-90r].

Pueden adquirirse en varios suministradores pantallas muy grandes que utilizan tecnología de válvula ligera y óptica de Schlieren adecuada para las salas de proyección de electrónica [CCIR, 1986-90s].

Los sistemas de proyección, ya sean para aplicaciones a nivel de consumidor o profesionales llevan unidades de visualización con dimensiones diagonales superiores a unos 100 cm. En Bélgica, República Federal de Alemania, Italia y Países Bajos se han logrado varios sistemas de proyección por tubos de rayos catódicos.

A continuación se indican la naturaleza y los valores de los parámetros de un ejemplo típico, diseñado teniendo en cuenta prioritariamente los requisitos del consumidor: se eligió la técnica de proyección trasera para mejorar la estabilidad, el brillo y el contraste, y para maximizar la adaptabilidad dimensional del equipo a una utilización en el hogar; la diagonal de la imagen tiene 127 cm (50 pulgadas) con un formato de 16:9 y un sistema de exploración entrelazada de 1250 líneas que funciona a una frecuencia de trama de 50 Hz (1250/50/2:1); la luminancia de cresta de 400 candelas/m² era casi la más alta que se puede obtener con los reflectores convencionales de 625 líneas, confiando el diseñador en que con la conversión a 100 Hz, en el futuro podrá contarse con un valor dos veces superior; mayor importancia tenía, tal vez, lograr una relación de contraste estable y relativamente elevada de 50:1.

En la IFA'89 de Berlín Occidental se ha presentado una pantalla de proyección de 70 [CCIR, 1986-90u].

Un segundo ejemplo lo constituye un proyector frontal concebido para un formato de 16:9 en pantalla de gran diagonal, llegándose a 250 cm (98 pulgadas). La utilización de un circuito de deflexión automática que va desde una frecuencia de línea de 16 kHz a 62 kHz y una frecuencia de trama de 50 Hz a 100 Hz,

permitía efectuar una exploración de la pantalla de 1250/50/2:1 y 1259/100/2:1. Puede llegar a lograr una luminancia máxima de 300 candelas/m² con una ganancia de pantalla y una función de transferencia de modulación de 10%, con 1000 líneas de televisión [CCIR, 1986-90e y t].

2.3.3 Pantallas de TVAD en desarrollo

En Estados Unidos se ha desarrollado un TRC de máscara de tensión plana que, según se dice, aumenta el brillo hasta un 80% y la relación de contraste hasta un 70% respecto a los diseños convencionales. La máscara metálica delgada se estira y mantiene plana detrás de la cara plana de vidrio del tubo. Esta disposición es más estable para temperaturas elevadas de la máscara. Se ha previsto aplicar esta tecnología a las pantallas de TVAD de gran tamaño.

En Estados Unidos se está desarrollando una válvula ligera de estado sólido. Una agrupación de transistores CMOS de película delgada dispuesta en forma de cuadricula de televisión produce un campo de deformación electroestático de 20 voltios. En la parte superior del circuito integrado hay una capa deformable y una película fina reflectante. Las fuerzas electrostáticas deforman estas capas produciendo una representación física de la imagen de televisión. Con una fuente luminosa y una óptica de Schlieren separadas se puede proyectar la imagen en la pantalla. Un proyector de color utilizaría tres moduladores simultáneos en una lente de un solo objetivo [CCIR, 1986-90s].

La pantalla de panel plano es conveniente para hacer extensible la utilización de receptores de TVAD a muchos hogares. Las pantallas de descarga de gas son las más factibles para la realización de dichos paneles dada la capacidad de producción de paneles de gran tamaño y porque tienen una velocidad de funcionamiento rápida aplicable a la TVAD. Se ha fabricado recientemente un panel por descarga de gas de 20 pulgadas con memoria interna, como primer paso hacia el desarrollo de una pantalla de panel plano para la TVAD. Este estudio mostró la posibilidad de realizar una pantalla de panel plano mayor para la TVAD. También se ha desarrollado una pantalla de cristal líquido de 14 pulgadas en color que utiliza transistores de película delgada (TFT) de silicio amorfo [CCIR, 1986-90c y v].

Se ha desarrollado un panel de 33 pulgadas (84 cm) con la misma estructura que el de 20 pulgadas, para establecer las técnicas de fabricación de paneles mayores, hasta del orden de un metro.

Para el panel de 33 pulgadas se ha seguido la aplicación del mismo método de excitación basada en el esquema de memoria de impulsos, y el diseño del panel se hizo también siguiendo el del panel de 20 pulgadas que presentaba características superiores en cuanto a estabilidad y uniformidad. No obstante, en la actualidad, el panel de 33 pulgadas se excita por medio de un direccionamiento simple de líneas secuenciales y sólo pueden visualizarse esquemas de colores patrón que incluyen ocho colores sin variaciones saturadas de intensidad.

Aunque la luminancia obtenida con este panel no era suficiente debido al método sencillo de excitación, se obtuvieron características de luminiscencia uniforme, así como una gran pureza de color en toda la pantalla [CCIR, 1986-90w].

2.3.4 Conversión ascendente en la pantalla

En [CCIR, 1986-90x] se analiza el problema de la reducción del parpadeo de trama resultante de una velocidad de muestreo temporal, aumentando la velocidad de renovación de la visualización. Este planteamiento requiere una conversión de velocidad temporal adaptable al movimiento para minimizar los efectos secundarios de éste. Señala además la necesidad de aplicar esta tecnología a todos los receptores de estudio en los que puede no ser práctico utilizar el método de la señal con complemento digital.

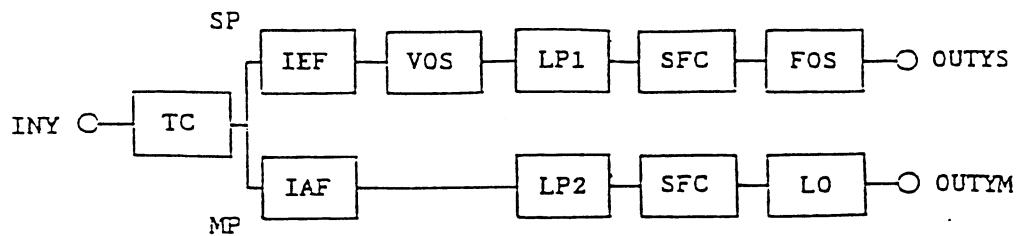
Un problema asociado a las pantallas grandes de TRC es el del parpadeo de zonas amplias. En las pantallas grandes y muy amplias, éste es un aspecto de preocupación importante para la observación de la TVAD, y puede ser necesario visualizar la imagen recibida a una frecuencia de trama distinta de la frecuencia transmitida de 50 Hz. Las pruebas subjetivas han indicado que son necesarias frecuencias de trama en la pantalla de unos 80 Hz y superiores para eliminar el efecto de parpadeo en la luminancia, y a distancias que habrá probablemente que determinar [Bourguignat, 1985].

Para eliminar el parpadeo de zonas amplias y la vibración entre líneas, puede utilizarse la repetición de imágenes en lugar de la repetición de tramas. Este algoritmo, conocido como conversión ascendente AB-AB consigue la visualización de elementos fijos de la imagen aunque, como la información se presenta en orden cambiado, la representación de los objetos con movimiento no es satisfactoria, debido a la trepidación.

Los canales MAC y MAC de alta definición (HD-MAC) pueden cursar volúmenes significativos de datos y para ello puede utilizarse la televisión con asistencia digital (DATV) [Storey, 1986] que ofrece la posibilidad de adoptar formas perfeccionadas y más sofisticadas de conversión ascendente, manteniendo a un nivel discreto los aumentos del coste del receptor. La presencia del canal de DATV permite al estudio pasar instrucciones al receptor que puede evitar los problemas asociados a una trama simple o la conversión ascendente de la repetición de la imagen.

Una de las formas de lograrlo ha sido la utilización de la conversión adaptada en movimiento. En este sistema, el conversor ascendente puede seleccionar el modo de visualización de trama repetitiva o de imagen repetitiva al recibir la información pasada a través del canal DATV. El modo de trama repetitiva puede utilizarse para los elementos con movimiento de la imagen y el modo de imagen repetitiva para las zonas estáticas. También se han efectuado estudios sobre la utilización del procesamiento previo para mejorar la calidad del movimiento del modo AB-AB, en las zonas de movimiento lento.

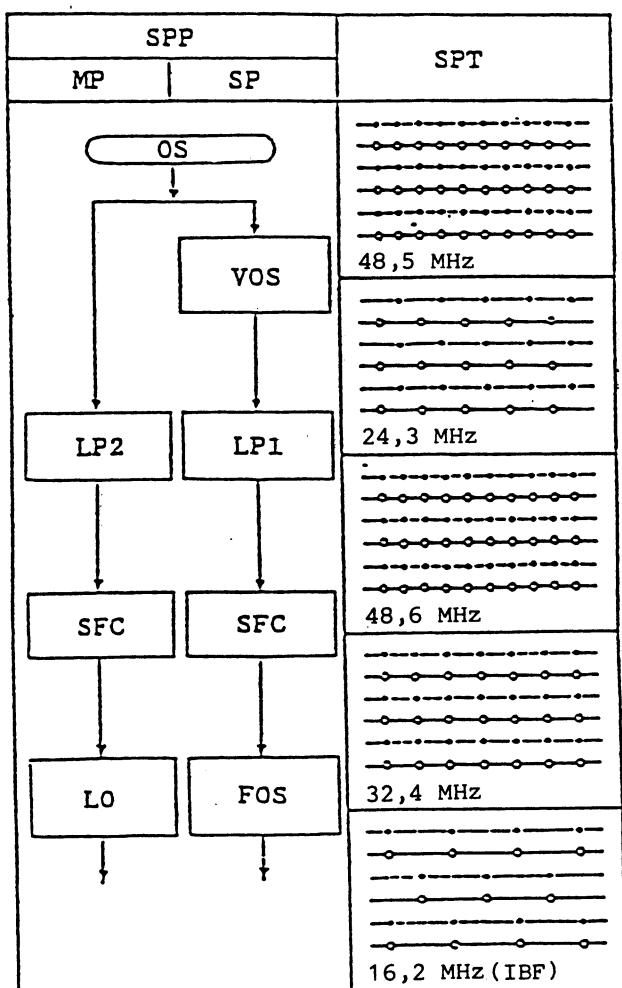
En 1988 se efectuaron demostraciones de equipos procedentes de los Países Bajos, la República Federal de Alemania e Italia, que incluían varios tipos de convertidor ascendente de pantalla de 50/100 Hz. Uno empleaba un algoritmo de conversión ascendente fija AA-BB sin acompañamiento de información DATV. Un segundo conversor ascendente utilizaba una señal DATV adaptable al movimiento. Ambos equipos funcionaban digitalmente con la frecuencia de reloj de la DATV en las señales componentes [CCIR, 1986-90t].



a) Disposición del filtro para la señal de luminancia



b) Disposición del filtro para las señales de diferencia de color



c) Diagrama de muestreo

TC : compresión temporal
 SP : porción estacionaria
 MP : porción en movimiento
 IEF : prefiltrado intertrama
 IAF : prefiltrado intratrama
 VOS : submuestreo de desplazamiento de trama
 LP1 : filtrado de paso bajo en 12 MHz
 LP2 : filtrado de paso bajo en 16 MHz
 SFC : conversión de la frecuencia de muestreo
 FOS : submuestreo de desplazamiento de cuadro
 LO : submuestreo de desplazamiento de línea
 INY : entrada de la señal de luminancia
 INC : entrada de la señal de diferencia de color
 OUTYS : salida de la señal de luminancia para porciones estacionarias
 OUTYM: salida de la señal de luminancia para porciones en movimiento
 OUTC : salida de la señal de diferencia de color
 SPP : procedimiento de procesamiento de la señal
 SPT : diagrama de muestreo
 OS : muestreo original
 (IBF): inversión por cuadro
 o_ : trama impar
 ----: trama par

FIGURA 2- Principio del sistema MUSE

ANEXO I A LA PARTE 5.2

PRIMERA REALIZACION DEL SISTEMA DE PRODUCCION DE TVAD 1250/50

La norma de estudio TVAD 1250/50 se basa en un método de exploración progresivo. La primera realización de esta norma objetivo puede basarse en un sistema con anchura de banda reducida que toma en cuenta el estado actual de la tecnología disponible. La versión entrelazada 2:1 descrita en este anexo cumple este criterio tanto en la forma analógica como en la digital.

Equipos que operan según estos parámetros han sido mostrados y están siendo utilizados actualmente en Europa para la producción de programas experimentales de TVAD. Los valores de parámetros específicos para la versión entrelazada se dan a continuación (los números que figuran entre paréntesis se refieren a los puntos del § 1.2):

- a) Frecuencia de línea (1.6 del cuadro I) - 31 250 Hz.
 - b) Colorimetría (2 del cuadro II) - De conformidad con la especificación de la UER (UER, Tech. 3213).
 - c) Preénfasis (4.1 del cuadro IV) - De conformidad con la Rc. 601.
 - d) Ecuación de la señal de luminancia (4.2) - De conformidad con la Recomendación 601.
 - e) Ecuación de la señal de diferencia de color (4.3) - De conformidad con la Recomendación 601.
 - f) Niveles de señal nominales (4.4/4.5) - De conformidad con la especificación de la UER (UER, norma técnica Nº 10).
 - g) Anchura de banda de señal nominal (4.6) - 1/2 de las de la norma objetivo.
 - h) Estructura de muestreo de la señal de diferencia de color (5.2) - De conformidad con la Recomendación 601.
 - i) Frecuencias de muestreo (5.5 del cuadro V) - 1/2 de las de la norma objetivo.
 - j) Relación de tiempo horizontal analógico a digital desde el final de la línea activa digital hasta O_H (5.6) - 128 T (T = periodo de muestreo).
 - k) Correspondencia entre los niveles de la señal video y los niveles de cuantificación (5.7) - De conformidad con la Recomendación 601.
 - l) Utilización de palabra código (5.8) - De conformidad con la Rc. 601.
 - m) Periodo de trama - 40 ms (1250 períodos de línea).
 - n) Intervalo de supresión de trama - 1,56 ms (49 períodos de línea).
 - o) Duración del impulso de sincronización de trama - 8 μs (1/4 periodo de línea).
- Todos los demás valores de parámetro: De conformidad con la norma objetivo (§ 1.2).

PARTE 5.3 CONVERSIÓN DE NORMAS

3.1 Conversión de normas TVAD-TVAD

Cualquiera que sea la norma de estudio de TVAD en el futuro, será necesaria la conversión de normas de alta calidad: por una parte, en el caso de una norma única mundial de estudio de TVAD se requiere la conversión de normas cuando se aplican frecuencias de trama distintas para el estudio y la emisión. Por otra parte, si coexisten normas de estudios de TVAD distintas, la conversión de normas será inevitable entre ellas.

Estos algoritmos se han evaluado de forma subjetiva por medio de un método de doble escala de degradación con estímulo continuo, utilizando 45 observadores no experimentados, en tres laboratorios europeos. El [Documento [CCIR, 1986-90y] informa que las diferencias entre las valoraciones obtenidas por una imagen de 50 Hz no convertida y las secuencias de 50 Hz después de la conversión a 59,94 Hz, son menores de 0,4 en una escala de degradación de cinco notas para el algoritmo óptimo ensayado. La diferencia media para las cuatro secuencias utilizadas (una imagen fija y tres secuencias en movimiento que contienen movimientos complejos de textura fina) es aproximadamente de 0,16 de una nota.

En [CCIR, 1986-90z] se informa de la realización de un estudio sobre la conversión de 1250 líneas 50 Hz a 1050 líneas 59,94 Hz para evaluar la calidad de las imágenes de 59,94 Hz convertidas, producidas originalmente conforme a la propuesta europea de producción.

Para dicha conversión es obvio que los convertidores convencionales no actúan satisfactoriamente: dichos convertidores crean efectos visibles importantes, especialmente en los objetos con movimiento, que representan la situación normal de las escenas de televisión. Esta es la razón por la que debe introducirse una técnica de compensación del movimiento para hacer frente a la interpolación de objetos móviles (especialmente con movimientos rápidos y complejos).

Se han desarrollado algoritmos en paralelo con el diseño de la arquitectura de circuitos, conforme a las funciones o bloques indicados a continuación.

a) Conversión de exploración entrelazada a secuencial

El formato de entrada del convertidor de normas es de 1250/50/1:1; se obtiene de una fuente de exploración progresiva o de la salida de un convertidor de exploración entrelazada a secuencial.

b) Estimación del movimiento

Consiste en una descripción del movimiento medido entre dos imágenes sucesivas en la secuencia de 50 Hz; el formato de entrada al estimador de movimiento es de 1250/50/1:1. Entre las distintas clases de estimadores de movimiento, el método diferencial resulta atractivo porque ofrece un compromiso equilibrado entre complejidad y rendimiento. Se han desarrollado dos esquemas recursivos que utilizan el método diferencial para calcular desplazamientos locales tales como los que se presentan en las escenas de rotación o acercamiento, en base al bloque o al pixel [Robert y otros, 1988].

c) Asignación del movimiento

Se asigna un vector de movimiento a cada pixel de la imagen que ha de generarse. Se supone un movimiento lineal entre dos imágenes de entrada sucesivas.



d) Detección de fallos

Se han de identificar los pixels en los que el movimiento medido no es fiable, en el sentido de que existen ciertos riesgos de defectos visibles creados por la interpolación con compensación de movimiento correspondiente.

e) Interpolación adaptable al movimiento

Se consideran dos tipos de interpolación correspondientes al modo de compensación del movimiento y al modo de repliegue. La elección entre estos dos interpoladores viene determinada por el vector de fallos; los pixels en los que hay un movimiento auténtico (sin detección de fallos) son generados por el interpolador de compensación del movimiento. Los pixels en los que el movimiento no es fiable (se detectan fallos) son generados por el modo de repliegue.

Resultados

Para evaluar la calidad del procedimiento algorítmico, se han procesado en una simulación por computador, un gran número de secuencias de imágenes representativas en un formato reducido (625/50 a 525/59,94). Los resultados de estos procesos se han sometido a la opinión de los expertos y se ha hecho una demostración en la IBC 1988, en Brighton. La opinión de los expertos y de los visitantes es que dichos resultados son excelentes con una calidad superior a la de cualquier otro trabajo en esta materia mostrado anteriormente. El procesamiento presentado da una calidad muy buena desde el punto de vista de agudeza y resultado del movimiento sin efectos secundarios perceptibles, aun cuando se utiliza la velocidad reducida (movimiento lento) tras la conversión para mirar a las imágenes. Estos resultados constituyen la base de una conversión de normas transparente.

Debe insistirse además, en que las simulaciones por computador se han realizado con la limitación del diseño de los circuitos. Dichos circuitos se encuentran actualmente en fase de montaje.

3.2 Conversión de normas TVAD a televisión convencional

Nota - Para los convertidores destinados al público, véase la Parte 10, punto 4.

Las pruebas realizadas por la BBC sobre la conversión de la frecuencia de trama de las señales de imagen utilizando interpolación invariante en el tiempo (no adaptativa) han demostrado que puede conseguirse una calidad apreciablemente superior de la imagen convertida cuando la conversión se realiza desde una frecuencia de trama de 80 Hz a 60 ó 50 Hz, que cuando la conversión se realiza entre 60 y 50 Hz. La conversión desde 80 Hz se estimó que producía una calidad de imagen hasta dos notas mejor que la conversión de 60 a 50 Hz ó de 50 a 60 Hz con un lote de imágenes similar. Sin embargo, en todos los casos se consideró que las imágenes convertidas eran inferiores a las imágenes producidas según la norma utilizada en la salida [Childs y Tanton, 1985].

Se ha desarrollado en Japón un nuevo convertidor de normas que permite pasar de TVAD de 1125/60/2:1 a PAL de 625/50/2:1, basado en técnicas de adaptación al movimiento. En el sistema, se obtiene primero una señal de 625/60 explorada secuencialmente a partir de la señal de 1125/60 original por medio de un interpolador de dos tramas o de un interpolador de líneas intratrama. A continuación, se obtiene la conversión de la velocidad de trama de 625/60 secuencial a 625/50 secuencial por medio de un sistema complejo que selecciona la salida sea de uno de los cuatro procesos de movimiento compensados o de un proceso de interpolación lineal. El selector es controlado por una señal de movimiento. Por último, la señal se somete a conversión de exploración secuencial a exploración entrelazada [CCIR, 1982-86a].

En los Países Bajos se elaboró un convertidor reductor para el entorno del estudio de difusión entre el sistema de TVAD 1250/50/2 y el sistema de definición normal de 625 líneas. Esta función tendrá que realizarse con bastante frecuencia al mezclar material procedente de una fuente de TVAD con material de 625 líneas.

El convertidor incluye un filtro vertical y un convertidor de velocidad de muestreo horizontal. Posee una entrada digital Y, U, V y una analógica R, G, B. La salida digital es conforme a la Recomendación 656 del CCIR interfaces de estudio. El cambio del formato de imagen de 16:9 a 4:3 se logra descartando los bordes laterales.

En el entorno de un estudio de difusión también se presentará la necesidad de convertir la señal existente de 625/50/2 a una señal de TVAD 1250/50/2. Esta conversión puede hacerse mediante un circuito duplicador de línea que comprimirá primero el tiempo de línea de $64 \mu s$ a $32 \mu s$; a continuación un interpolador vertical interpolará las líneas perdidas.

En el entorno de un estudio de difusión se necesitará con frecuencia la conversión (reducción o elevación) entre la TVAD y la televisión de definición normal. La relación simple existente entre las normas 1250/50/2 y 625/50/2 tiene la ventaja de que la conversión entre una y otra puede realizarse mediante filtros simples de dos o tres derivaciones, cuya complejidad es insignificante en lo relativo al soporte físico [CCIR, 1986-90aa].

Se han realizado pruebas subjetivas en varios países utilizando una técnica de evaluación subjetiva de un solo estímulo y la escala de calidad de cinco notas. Dado que la reproducción del movimiento era un tema crítico, las imágenes de prueba se componían de secuencias en movimiento clasificadas como "críticas, aunque no exageradamente" [CCIR, 1982-86b, c].

En pruebas realizadas en Japón, se determinó que la reproducción del movimiento de las imágenes convertidas era casi la misma que la de las imágenes PAL directas, excepto en las secuencias en que aparecían discos giratorios; (se midió el tiempo de aparición de escenas similares a las de los discos giratorios, comprobándose que era de un 0,04% del tiempo de programa en dos canales de televisión japoneses durante una semana). En algunas secuencias, se determinó que las imágenes convertidas eran superiores a las imágenes PAL directas. En promedio, las imágenes convertidas se puntuaron aproximadamente con la nota 4,2 y la diferencia entre las imágenes convertidas y las imágenes PAL directas era aproximadamente 0,35 utilizando la escala de cinco notas en la evaluación efectuada por observadores expertos [CCIR, 1982-86a].

Pruebas de tipo similar realizadas en Europa han demostrado que la diferencia de calidad de reproducción del movimiento entre las imágenes PAL directas y las convertidas era todavía perceptible (diferencia de notas entre cero y uno). Sin embargo, mirando hacia el futuro, los especialistas de la UER consideraron, a la vista de los resultados de las evaluaciones subjetivas y de un análisis inicial de las posibles áreas de evolución de la calidad de funcionamiento de este convertidor, que sería posible obtener una calidad esencialmente equivalente a la del sistema PAL en un periodo de tiempo razonable [CCIR, 1982-86c].

Se informó también que la calidad de reproducción del movimiento de las imágenes convertidas PAL era considerablemente mejor (diferencia de notas entre 1,5 y 3,5) que la reproducción del movimiento a la frecuencia de actualización de imagen de 25 Hz (representativa de películas exploradas en un telecine) [CCIR, 1982-86c].

Se ha efectuado la conversión de la norma 1125/60/2:1 de TVAD a la norma digital para estudios 625/50 4:2:2, habiéndose realizado recientemente la evaluación subjetiva de la calidad de la conversión en relación con imágenes en movimiento [Wood y Habermann, 1986]. En [CCIR, 1986-90ab] se señala que, para las siete escenas estudiadas, la pérdida de calidad que supone la conversión de normas varía entre 0,56 de un nivel (escena 12) a 0,98 de un nivel (escena 2), y la degradación media es aproximadamente 0,7 de un nivel. Comparándola con la conversión de la norma 1125/60/2:1 a la PAL evaluada con anterioridad, los resultados de la conversión 4:2:2 señalan una degradación media superior (una degradación media de 0,7 de un nivel para la conversión 4:2:2, en comparación con una degradación media de 0,5 de un nivel para la conversión a PAL, con las mismas siete escenas). Esto puede atribuirse a los efectos encubiertos del sistema PAL (por ejemplo, diafotía de color y luminancia) sobre los pequeños errores en la presentación del movimiento.

Una producción realizada en el Canadá, basada con carácter general en los parámetros del anexo II del Informe 801-2 (Dubrovnik, 1986), se va a proyectar según la norma de televisión NTSC de 525 líneas, y ya ha sido adquirido por cuatro entidades nacionales de radiodifusión, dos de las cuales efectúan la explotación con arreglo a la norma PAL de 625 líneas y 50 Hz [CCIR, 1986-90ac].

En Japón se ha realizado un sistema de TVAD conforme a la norma 1125/60,00, mientras que el sistema NTSC define su frecuencia de trama a 59,94 Hz. Para solventar esta diferencia entre frecuencias de trama de la TVAD y el sistema NTSC, se han desarrollado y utilizado convertidores de normas de 1125/60,00 a 525/59,94. Al realizar esta conversión, tras el paso de la frecuencia de línea de 1125/60 a 525/60, los datos de imagen se inscriben en una memoria de almacenamiento de cuadros que posteriormente se leen según el sincronismo NTSC 59,94 en los altos de cuadro que puede haber durante la transición a los mensajes comerciales, un desvanecimiento, un corte de escena y una imagen fija [CCIR, 1986-90ad].

Cuando se dejan de lado los aspectos temporales, la conversión de normas se reduce a la conversión de la frecuencia de línea. En [CCIR, 1986-90ae] muestra que la complejidad de los filtros digitales necesarios para este fin depende de la relación de conversión, L/M, en la que la longitud del filtro es función del valor máximo del factor de interpolación, L, o del factor de diezmado, M. Se ha demostrado que con estructuras de filtro polifase la complejidad del filtro de conversión aumenta sólo marginalmente en relación con los valores de estos factores. En [CCIR, 1986-90af] se indica que los efectos de replegue causados por el diezmado y la interpolación pueden reducirse mediante un diseño adecuado del filtro y que los requisitos mínimos del filtro pueden determinarse únicamente mediante evaluación subjetiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LA PARTE 5

- BOURGUIGNAT, E. [1985] Bases psychovisuelles de l'amélioration des images. Revue de Radiodiffusion-Télévision, N° 88, páginas 6-15.
- BOYER, R. y EOUZAN, J.Y. [1987] High definition cameras using interlaced scanning and progressive scanning. XV Int. TV Symp. Montreux, Symposium Records, Broadcast. Sessions, páginas 320-333.
- CHILDS, I. y TANTON, N.E. [6-12 de junio, 1985] Sequential and interlaced scanning for HDTV sources and displays: which? Symposium Record, 14th International Television Symposium, Montreux, Suiza, 368-381.

ROBERT, P.H., LAMNABHI, M., LHUILIER, J.J. [1988] "Advanced high definition 50 to 60 Hz standards conversion", IBC'88.

STOREY, R. [1987] HDTV motion adaptive bandwidth reduction using DATV, BBC Research Department Report 1986/5.

WOOD, D. y HABERMANN, W. [1986] Images of the future - The EBU's part to date in HDTV system standardization. EBU Review (Techn.) Nº 219, octubre 1986, páginas 267-80.

Documentos del CCIR

[1982-86]: a. 11/270 (Japón); b. 11/398 (GIT 11/6); c. 11/405 (UER).

[1986-90]:

a. 11/356 (España); b. 11/582 (Japón); c. GIT 11/6-2032 (Japón);
d. 11/585 (Japón); e. GIT 11/6-2056 (Thomson-CSF); f. 11/298
(Thomson-CSF); g. 11/164 (GIT 11/6); h. GIT 11/6-2023(Rev.1) (Bélgica y
otros); i. 11/28 (Thomson-CSF); j. 11/312 (Thomson-CSF); k. 11/507
(Thomson-CSFs, Philips); l. 11/297 (Italia y España); m. 11/351 (RTVE);
n. 11/27 (Thomson-CSF); o. GIT 11/6-1055 (Thomson-CSF); p. GIT
11/6-2054 (Thomson-CSF); q. GIT 11/6-2091 (Reino Unido); r. GIT 11/6-
2037 (Japón); s. GIT 11/6-2022 (EE.UU); t. GIT 11/6-2047 (Bélgica y
otros); u. 11/547 (Bélgica y otros); v. GIT 11/6-2038 (Japón);
w. 11/588 (Japón); x. GIT 11/6-2026 (CBS); y. GIT 11/6-3046 (Francia,
Países Bajos, Reino Unido); z. GIT 11/6-2053 (Thomson-CSF); aa. 11/457
(Países Bajos); ab. GIT 11/6-1010 (EBU); ac. GIT 11/6-1017 (Canadá);
ad. GIT 11/6-2035 (Japón); ae. 11/358 (Canadá); af. 11/562 (Canadá).

PARTE 6 - GRABACIÓN DE PROGRAMAS DE TVAD

Nota - Para los magnetoscopios destinados al público, véanse la Parte 10, § 5 y el Informe 1233.

1. Sistemas de cinta magnética

Nota - Para más información, véase el Informe 1230.

a) Magnetoscopio analógico

Un sistema magnetoscópico TVAD de la primera generación que es de uso corriente en los estudios es un sistema analógico de carrete abierto con formato de tipo C de una pulgada. Consta de magnetoscopios y una unidad correctora/procesadora de la base de tiempo y tiene una duración máxima de grabación de una hora en cinta magnética de una pulgada con revestimiento de óxido, en carrete de 11,75 pulgadas. Como entrada/salida, el sistema utiliza las señales componentes, y graba las señales RGB, con lo que se obtienen imágenes de excelente calidad.

Los magnetoscopios analógicos, basados en una consola de cinta de formato B, realizan la grabación con una anchura de banda de 20 MHz para la componente de luminancia y de 10 MHz para cada diferencia de color. Con cintas de 26 μ m en carrete abierto de 12,5 pulgadas se obtiene una hora de grabación. Ofrecen la capacidad de edición basada en un código temporal. En un intervalo de 20 μ s, el error residual de la base de tiempo es de $\pm 3,5 \mu$ s. La relación S/N (no ponderada) es ≥ 40 dB. Los modos de funcionamiento son: grabación, reproducción, repetición de secuencia de lectura, ensamblado e inserción. Se dispone de tres canales de audiofrecuencia, uno de los cuales es compatible con el código temporal. En _____ [CCIR, 1986-90a] figura más información técnica detallada.

b) Magnetoscopios digitales

Se ha construido un magnetoscopio digital que emplea cinta magnética de partículas metálicas y tiene una capacidad de grabación elevadísima de 1,188 Gbit/s.

El mecanismo de transporte es del tipo C de una pulgada. Las frecuencias de muestreo de las señales de entrada/salida son de 74,25 MHz para la señal de luminancia y 37,125 MHz para las dos señales de diferencia de color, conforme especifica la norma de estudio 1125/60. Este magnetoscopio admite hasta 8 canales de audio digitales, y es el primer magnetoscopio para TVAD que ofrece la función de cámara lenta.

c) Magnetoscopio de casete analógica

Se están diseñando magnetoscopios de TVAD de casete de 1/2 pulgada y se han construido ya algunos prototipos. Las principales aplicaciones, además de las de radiodifusión, a que está destinado este equipo son la distribución de programas de TVAD a videoteatros, la educación, la medicina, la imprenta, etc.

Tiene capacidad para una señal de luminancia de 20 MHz de anchura de banda, señales de color de secuencia de línea de 7 MHz de anchura de banda y cuatro canales de sonido MIC con muestreo a 48 kHz y resolución de 16 bits/muestra. Este equipo se lanzará al mercado en el verano de 1989.

2. Sistemas de discoa) Lector de videodiscos de TVAD

Se ha diseñado un lector de videodiscos que ofrece gran anchura de banda y alta definición, con audio MIC en dos canales. Su capacidad de

reproducción es de 15 minutos por cara con un disco CLV de 30 cm (en lugar de 8 minutos/cara del disco CAV). Las anchuras de banda son de 20 MHz para la señal luminancia (Y) y 6 MHz para cada una de las señales de diferencia de color (Pb/Pr). Se ha obtenido una relación señal/ruido elevada, de 42 dB (Y).

Para la señal de audio, la anchura de banda es de 20 Hz a 20 kHz y la gama dinámica de 90 dB. La distorsión armónica es de 0,05% y la diafonía del canal de -80 dB.

b) Sistema de disco de imágenes fijas de TVAD

Se ha construido un sistema de disco digital que reproduce las imágenes fijas digitales de TVAD con un disco del tipo CD-ROM.

Un disco tipo CD-ROM puede almacenar 240 imágenes fijas.

Para la señal audio pueden utilizarse CD separadas que existen en el mercado, de acuerdo con un modo de funcionamiento síncrono proporcionado por el sistema.

Posee también funciones de cambio sin transición, cambio gradual, desfile ascendente/descendente, y una multiplexación de imágenes segmentadas que permite obtener un efecto de animación como si las imágenes fuesen de movimiento.

3. Sistemas de película

3.1 Telecines

Para el telecine láser de TVAD se ha diseñado un convertidor de frecuencia de trama mediante una tecnología de compensación del movimiento ya experimentada, que se estudió originariamente en relación con la concepción de un convertidor de normas de TVAD a PAL.

En el nuevo convertidor, la magnitud y dirección del movimiento de la imagen se detectan a partir de dos cuadros consecutivos de una película en forma de vectores de movimiento. Para la detección se emplea el método de adaptación del diagrama.

Se ha visto que este tipo de convertidor resuelve el problema de la trepidación del movimiento que existe en el telecine clásico debido a la repetición de trama o al descenso 2-3, permitiendo una reproducción natural del movimiento de la imagen en la pantalla vídeo.

Se ha desarrollado un telecine de punto móvil que utiliza una película de 35 mm que pasa a 25 imágenes por segundo con corrección de apertura total en el sentido horizontal y vertical y un almacenamiento de imágenes avanzado, y que ofrece la facilidad de suministrar programas confeccionados a partir de películas de 35 mm en la norma de TVAD 1250/50/2:1 [CCIR, 1986-90b]

En [CCIR, 1986-90c] se examinan los avances en el desarrollo de equipos para exploración de la película en televisión. Ofrece un significado particular la introducción de la compensación adaptable al movimiento que supone una mejora importante en la representación de éste. Con la introducción de la compensación del movimiento, la cuestión del "interfaz" óptimo entre la película y el vídeo pierde interés. El GITM 10-11/4 ha propuesto una revisión del Informe 294-6 que incluye los desarrollos recientes en cuanto a dispositivos de exploración de película en televisión.

3.2 Explorador de diapositivas con dispositivo por acoplamiento de cargas

La exploración se efectúa progresivamente utilizando una formación de sensores de 2048 pixels/línea. Se lleva a cabo una digitalización de las señales RGB con una cuantificación de 12 bits y se aplica una función de corrección gamma digital. El sistema incluye también el almacenamiento y procesamiento colorimétrico a 72 MHz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LA PARTE 6

Documentos del CCIR:

- [1986-90]: a. 11/456 (República Federal de Alemania, Países Bajos);
b. 11/507 (Thomson-CSF, Philips); c. GIT 11/6-2028 (CBS).

PARTE 7 - EMISIÓN DE SEÑALES DE TVAD**1. Radiodifusión por satélite****1.1 Introducción**

En esta parte se presenta un informe de situación, de carácter general relativo a los estudios de los parámetros técnicos en radiofrecuencia y de emisión, comprendidas la modulación, la codificación del canal y la multiplexación de la radiodifusión de TVAD, principalmente desde el punto de vista de la radiodifusión por satélite, preparado en consulta con los Grupos Interinos de Trabajo pertinentes de la Comisión de Estudio 11. Se han emprendido estudios de esta clase en relación con los siguientes aspectos:

- el sistema de banda estrecha de RF con MF;
- el sistema de banda ancha de RF con MF;
- el sistema con modulación digital;
- aspectos de la compartición entre servicios y dentro de un mismo servicio, desde el punto de vista del servicio de radiodifusión por satélite;
- técnicas de radiodifusión aplicables a varias señales de audio y a las señales de datos asociadas a la señal de TVAD en los canales de radiodifusión por satélite.

1.2 Técnicas de emisión de señales de TVAD**1.2.1 Aspectos generales**

Las características importantes de los sistemas de estudio de TVAD previstas en la parte 3 del presente Informe y que vienen al caso para el diseño de sistemas de radiodifusión son:

- resolución espacial en las direcciones vertical y horizontal: aproximadamente el doble de la indicada en la Recomendación 601;
- cualesquier mejoras de importancia en la resolución temporal más allá de las que se consiguen según la Recomendación 601, sin introducir incrementos de coste significativos;
- una mejor reproducción del color;
- señales separadas de diferencia de color y de luminancia;
- un mayor formato de imagen con presentación en pantalla grande;
- sonido multicanal de alta fidelidad.

La anchura de banda en radiofrecuencia requerida es función de la anchura de banda en banda de base de la señal codificada. La potencia de los sistemas por satélite está limitada y resulta importante optimizar la eficacia espectral tanto como sea posible.

El objetivo de cualquier norma de TVAD es reproducir lo más fielmente posible las señales obtenidas en el estudio.

Las normas de emisión pueden estar sujetas a restricciones debidas a planificación, como ocurre en la banda de 12 GHz, en la que se utilizan canales con anchura de banda de 24 MHz o 27 MHz.

Pueden aparecer otras limitaciones si se atribuye una nueva banda de frecuencias de acuerdo con la Resolución N° COM5/3 de la CAMR ORB-88.

La tecnología utilizada en estos dos casos puede ser distinta.

Los principales problemas que hay que resolver en relación con las técnicas de emisión son:

- el ruido;
- la interferencia;
- la distorsión del canal.

La fuente principal de degradaciones de la calidad de la imagen está constituida por los mayores niveles de ruido durante los períodos en que la señal se atenúa por causa de los hidroemeteoros (véase el punto 4 del Informe 1075 del CCIR). Debe prestarse una especial atención al problema del compromiso entre la calidad de la señal (relación portadora/ruido) y el periodo del tiempo en que ésta se alcanza o se supera. Para las diferentes zonas de lluvia, diferentes compromisos pueden resultar adecuados.

En las bandas 12 GHz, los planes del SRS tienen relaciones de protección estrictas, de modo que la interferencia, en el peor de los casos, sea apenas perceptible. Cualquier señal de TVAD en éstas u otras bandas tendrá que respetar también este requisito. Sin embargo, la sensibilidad a la interferencia puede ser diferente debido al tipo diferente de codificación y a condiciones de observación modificadas. Asimismo, puede ser necesario tratar diferentemente el efecto de la interferencia sobre las señales digitales. Esto se analiza más ampliamente en el § 11 del Informe 1075 del CCIR.

El efecto de las distorsiones del canal sobre la calidad de la señal recibida debe incluirse igualmente en el diseño del sistema. Los objetivos de calidad se indican en el punto 2 del Informe 1075 del CCIR.

Los efectos del ruido, la interferencia y la distorsión de canal variarán según la norma de emisión adoptada.

En los puntos siguientes se describen las técnicas de emisión de la señal de TVAD, presentándose ejemplos de formatos de emisión y sus características necesarias de radiofrecuencia.

1.2.2 Técnicas de multiplexión y de reducción de la anchura de banda

La multiplexión de las señales de luminancia y de diferencia de color puede ser MDF o MDT, pero las señales MDT son menos sensibles al ruido MF y a las ganancia y fase diferenciales cuando se aplican al SRS (véase el Informe 1074). Por este motivo, la mayoría de los formatos propuestos para la transmisión de TVAD utilizan un esquema MDT.

Las relaciones de compresión de luminancia y crominancia se encuentran entre 2:1 y 4:1. Las señales de diferencia de color se multiplexan mediante el método de alternancia de líneas. La adopción de un tratamiento con luminancia casi constante resulta eficaz para la reducción de la degradación debida al ruido en el trayecto de transmisión.

Las normas de estudio de TVAD actualmente propuestas tienen una anchura de banda de video o velocidad binaria 4 a 5 veces superiores a las correspondientes a las normas convencionales analógicas (Informe 624) y digitales (Recomendación 601). No hay espectro de radiofrecuencia suficiente para poder aumentar de 4 a 5 veces la anchura de banda RF, por lo que se necesitan técnicas de compresión que permitan alojar una señal de TVAD en un canal de banda relativamente más estrecha, del orden de una o dos veces la anchura de los ya planificados en las bandas de 12 GHz.

El submuestreo es una técnica ampliamente utilizada para la reducción de la anchura de banda de una señal, despreciando parte de la información que está presente en la señal original sin causar una seria degradación de la calidad de la imagen. El submuestreo quincuncial diagonal en el dominio espacial de dos dimensiones es el más utilizado para este fin. Cuando se necesita una posterior reducción de la anchura de banda para la transmisión en banda estrecha puede aplicarse el submuestreo en el dominio temporal al submuestreo diagonal. Este método se denomina submuestreo múltiple o submuestreo 3D.

También es posible un filtrado espacial bidimensional para reducir la anchura de la banda, sin utilizar la técnica de submuestreo, de la manera siguiente:

se utiliza una secuencia repetida en varios períodos de línea (por ejemplo, de 2 a aproximadamente 4) a la frecuencia horizontal, en la que cada línea tiene una anchura de banda horizontal distinta. Para la transmisión se expande cada línea en el tiempo, con o sin compresión de la anchura de banda horizontal.

Con el fin de aumentar la velocidad de muestreo vertical se propone, junto al submuestreo, la conversión línea-columna (arrastre de campo o de cuadro) cuando se emplea un número bastante pequeño de líneas de exploración, como por ejemplo 525 ó 625 líneas, para la transmisión en sistemas de TVAD compatibles.

En este caso, la mejora de la compatibilidad para la ondulación de los bordes en zonas fijas se obtiene mediante un filtrado intratrama vertical.

Mediante la utilización de filtros digitales adecuados es posible también reducir el número de líneas en el formato de transmisión (típicamente en un 35%) mediante la conversión de exploración de entrelazado a secuencial. El principio se basa en el hecho de que la exploración de entrelazado, en particular, no proporciona toda la calidad posible que pudiera atribuirse teóricamente al número de líneas correspondiente.

Se propone disminuir la información de la señal de diferencia de color reduciendo la frecuencia de cuadro a 12 ó 15 cuadros por segundo. También se aplica la misma técnica a las señales de luminancia transmitiendo componentes espaciales elevadas con una baja frecuencia temporal, de 7,5 a aproximadamente 15 cuadros por segundo.

Para lograr una mejor calidad de imagen se utiliza ampliamente la técnica de control con adaptación al movimiento del prefiltrado y postfiltrado y/o de la estructura de muestreo.

El esquema más sencillo con codificación de adaptación al movimiento es el de dos ramas: una rama para las zonas de la imagen con baja actividad temporal y otra para las zonas de la imagen con elevada actividad temporal.

La elección de la rama, que asegura para cada pequeña subzona de la imagen la mejor combinación posible de información espacial y temporal, se indica al decodificador a través del canal de televisión con asistencia digital (DATV "digitally assisted TV"). También puede elegirse la rama para cada pixel, mediante la detección del movimiento en el receptor. El esquema de codificación de dos ramas puede mejorarse aumentando el número de ramas.

Las técnicas de compensación del movimiento también son eficaces para la interpolación temporal de las señales submuestreadas en caso de un movimiento uniforme, como ocurre en las tomas panorámicas con movimiento de cámara horizontal o vertical. Puede mejorarse la eficacia de las técnicas de compensación del movimiento utilizando más extensamente las técnicas de asistencia digital (DATV) para controlar el receptor.

La detección y medición del movimiento se realizan en el codificador en la señal fuente no corrompida y se transmite una señal de control de movimiento digital con la señal video (analógica) y comprimida para seleccionar el modo de decodificación en el receptor. La mayor parte de la complejidad se traslada entonces al transmisor de radiodifusión, lo que permitirá fabricar receptores mejores y de más bajo costo.

Para sistemas de TVAD totalmente digitales pueden aplicarse técnicas de compresión adicionales tales como codificación predictiva (MICD dentro de la trama y entre tramas), codificación de transformación y codificación de entropía, como ya se ha hecho con la transmisión de televisión digital convencional (véase el Informe 1089). Sin embargo, las velocidades de datos más altas que requiere la TVAD exigen una tecnología más desarrollada, y los estudios están en una etapa preliminar.

1.2.3 Técnicas de multiplexación de sonido y datos

Debido a los requisitos de calidad y a la necesidad de obtener una aleatorización segura, la información de sonido debe transmitirse en forma digital. El múltiple de sonido y datos puede comprender varios canales de sonido y datos auxiliares para otros propósitos.

Debe reservarse una capacidad de transmisión adecuada para los servicios de datos (es decir teletexto, subtítulación multilingüe y otros; véase el Informe 802) que pueden ofrecer características de presentación mejoradas y exigen unas estrategias de protección contra errores adecuadas.

Las velocidades binarias actualmente necesarias se encuentran en el intervalo de 1,35 a 3,4 Mbit/s según el esquema de codificación y el método de protección de errores utilizados. Debe preverse una cierta capacidad para datos adicionales, incluida la necesaria para cualquier sistema de control de televisión con complemento digital y datos auxiliares para uso de la identificación del servicio y del acceso condicional.

1.2.4 Acceso condicional

Los sistemas de acceso condicional son necesarios para hacer fiable el acceso de los usuarios autorizados a la recepción de algunos o todos los programas e informaciones distribuidos por los satélites de radiodifusión, impidiendo a la vez el acceso a los usuarios no autorizados. La información sobre acceso condicional se encuentra en los Informes 1074 - Transmisión por satélite - y 1079 - Características generales de un sistema de radiodifusión de acceso condicional.

La arquitectura completa del sistema de acceso condicional debe concebirse de manera que ofrezca un grado de seguridad extremadamente elevado.

Muchos elementos del sistema son esenciales para obtener esta seguridad. Uno de ellos es un algoritmo de encripción "inexpugnable" (es decir, no debe ser posible determinar el algoritmo aun si se conocen las dos versiones del mensaje, la original y la encriptada).

Por lo general, los datos del acceso condicional consistirán en cierto número de capas de información de clave encriptada. Se envían por turno a cada abonado y se conocen con el nombre de "datos de direccionamiento radiotransmitido". Si ciertos abonados comparten una misma clave, podrá reducirse la cantidad de datos necesaria.

1.2.5 Técnicas de modulación

En el Informe 1075 aparece información sobre diversas técnicas de modulación para la radiodifusión por satélite. Se examinan las técnicas de modulación tanto analógicas MF como digitales.

1.2.5.1 Sistemas MF

En sistemas analógicos MF, se utiliza normalmente preacentuación para mejorar la relación S/N compensando la naturaleza triangular del espectro del ruido de demodulación. Nuevos adelantos permiten ahora mejorar la relación señal/ruido en MF mediante una preacentuación y desacentuación no lineal. También puede utilizarse con el mismo fin la acentuación adaptativa.

Acentuación no lineal para el sistema MUSE

Cuando se transmite una señal MUSE con modulación de frecuencia, se utiliza con eficacia una acentuación no lineal. Sus características pueden definirse por la composición del circuito de desacentuación de los receptores. (véase el Anexo II al Informe 1075.) Se ha mencionado una mejora de 9,5 dB de la relación "señal/ruido no ponderado" recibida.

Acentuación compatible no lineal para los sistemas C-D-D2-MAC y HD-MAC

El E7 es un sistema de compresión expansión instantáneo dependiente de la frecuencia. Es "compatible" en el sentido de que no produce ningún efecto en las frecuencias bajas de la señal de video, de tal manera que la excursión estática de la señal MF no resulta afectada. Los receptores no equipados con desacentuación E7 pueden presentar una imagen prácticamente exenta de degradación a partir de una transmisión con preacentuación E7. En esta situación, se produce una ligera acentuación de los contornos de la imagen. Muchos espectadores parecen juzgar este fenómeno como una mejora en la calidad de la misma. Se ha señalado una mejora equivalente a 4,5 dB de la relación portadora/ruido recibida.

1.2.5.2 Sistemas digitales

Teniendo en cuenta la influencia de la tecnología digital en el campo de la radiodifusión y en el mercado de la televisión comercial, la modulación digital pudiera resultar la técnica más adecuada para un futuro sistema de TVAD mundial.

Las velocidades binarias típicas de las señales codificadas oscilan entre 140 y 160 Mbit/s (Informe 1075 del CCIR) lo que exige una modulación con elevada eficacia espectral. Los métodos de modulación adecuados son MDP-4, MDP-8, MAQ-16 e incluso posiblemente MAQ-64, que ofrecen buenas posibilidades de compensación entre parámetros tales como la potencia, la anchura de banda y la facilidad de compartición.

Una característica fundamental de estos métodos de modulación es su mayor inmunidad a la interferencia en comparación con la modulación MF. Sin embargo, son necesarios más estudios para evaluar la influencia de un canal por satélite no lineal sobre las características del sistema, especialmente en el caso de modulación digital de orden elevado (MAQ 16-64).

Otra característica importante de los sistemas digitales es su capacidad para proporcionar constantemente una imagen de elevada calidad, a condición de que se asegure un margen adecuado contra el ruido y la interferencia a fin de mantener una proporción de bits erróneos suficiente.

1.2.6 Formatos de exploración para TVAD

En la actualidad las administraciones estudian las ventajas relativas de una serie de enfoques alternativos para introducir la radiodifusión de TVAD. En los puntos siguientes se trata de reflejar las opiniones consideradas en cada caso. Un consenso mundial sobre uno de los enfoques redundaría en beneficio del público y contribuiría a la normalización.

1.2.6.1 Introducción de la TVAD a través de los formatos convencionales de exploración actuales

En [CCIR, 1986-90a] se explica que, junto a otras estrategias alternativas, se está estudiando lo que se denomina enfoque de evolución hacia la radiodifusión de TVAD. En esencia, se utilizaría un formato de emisión de TVAD (denominado HD-MAC) que permitiría la recepción, virtualmente sin degradaciones, en receptores de radiodifusión directa por satélite, según norma 625/50 MAC/paquetes. En otras palabras, el sistema sería compatible con los servicios europeos de radiodifusión directa por satélite que se prevé iniciar en 1987/1988. Para lograr la degradación mínima de la calidad de la imagen conviene establecer una sola norma de estudios de TVAD con margen adecuado, utilizando una frecuencia de trama conforme a la norma MAC/paquetes y que tenga preferentemente el doble del número de líneas activas [Sandbank y Stone, 1987] y [Storey, 1986].

1.2.6.2 Introducción directa de la TVAD mediante un formato de exploración no compatible

En [CCIR, 1986-90b] se señala que se ha desarrollado el sistema MUSE para la radiodifusión de TVAD utilizando un formato de exploración tal como el que se especifica en la parte 5, punto 1.1, del presente Informe. Algunas administraciones consideran que con este método se imponen pocas limitaciones a la utilización total del sistema, ya que no existen restricciones debidas a la compatibilidad y como consecuencia pueden utilizarse tecnologías para optimizar el sistema de emisión; se prevé que la calidad de la imagen sea superior a la del sistema compatible en la misma anchura de banda de radiofrecuencia.

1.2.6.3 Introducción de la TVAD mediante receptores convencionales ágiles

En [CCIR, 1986-90c y d] se describe una situación que podría traducirse en una cadena común a nivel mundial de radiodifusión de TVAD y, en cualquier caso, dar margen para el desarrollo evolutivo de los sistemas actuales de televisión. Si se desarrollan y ponen a disposición del público receptores que puedan configurarse automáticamente para una señal 625/50 MAC/paquetes o para una 525/60 MAC/paquetes, en fecha posterior podría introducirse un sistema de 60 Hz/HD-MAC entendiendo que los receptores normales continuarían recibiendo un servicio normal de una señal HD-MAC. La producción y emisión de la televisión convencional puede ser a 50 o a 60 Hz.

1.3 Los sistemas de radiodifusión por satélite de TVAD y el espectro1.3.1 Banda de RF estrecha

Los sistemas de TVAD de banda de RF estrecha utilizarán las bandas planificadas de 12 GHz, en las que tienen que cumplirse ciertos requisitos en materia de anchura de banda del canal y de relación de protección. Estas clases de sistemas exigen un amplio procesamiento de la señal (lo que añade complejidad al sistema) para lograr el grado de compresión de la anchura de banda relativamente elevado que exige la transmisión de la señal de TVAD en un solo canal de 24/27 MHz. Sin embargo, en estos sistemas la resolución en las partes en movimiento de la imagen será aproximadamente la mitad de la resolución de las imágenes estáticas. Los estudios realizados han puesto en evidencia que se necesitará una relación de compresión de bits extremadame elevada (10:1) para transmitir una señal de TVAD completamente digital en un canal de 24/27 MHz. Por consiguiente, se considera que los sistemas de TVAD de banda de RF estrecha deben utilizar modulación analógica.

1.3.2 Banda de RF ancha

Para solventar las limitaciones inherentes a los sistemas de banda de RF estrecha y mejorar el funcionamiento del sistema (por ejemplo, una calidad de imagen y una reproducción del movimiento lo más parecidas posibles a las de la señal del estudio) será necesario aumentar la anchura de la banda base de la señal video y, en consecuencia, la anchura de banda en RF. Tales sistemas de banda de RF ancha, para los que se considera tanto la modulación analógica como la digital, requieren típicamente una anchura de banda de canal RF del orden de 50 a 120 MHz. Estas necesidades de anchura de banda son tan grandes que los sistemas de banda de RF ancha pueden establecerse únicamente en una banda de frecuencias que no esté sujeta a las limitaciones impuestas por la planificación de las bandas de 12 GHz, excepto en algunos países de la Región 2.

1.3.3 Compartición entre servicios y dentro de un mismo servicio

La compartición impondrá limitaciones a las normas de emisión de TVAD pero no hay ningún indicio que permita relacionar directamente los factores de compartición con la elección de la normas de estudio.

Al considerar la interferencia producida a otros sistemas, el parámetro más importante es el tipo de modulación utilizado, es decir, analógica o digital. El resto de los factores no tienen tanta importancia.

En la interferencia causada a los sistemas de TVAD influirá no sólo la elección del tipo de modulación, analógica o digital, sino también el sistema de procesamiento de la señal en el receptor, relacionado con cualquier técnica de reducción de la anchura de banda o de la velocidad binaria que pueda utilizarse.

Puede ser adecuado establecer algunas directrices que ayuden a elegir la norma de estudio. Es importante evitar un contenido bajo de energía útil en ciertos intervalos de tiempo o de frecuencia del formato de la señal en emisión.

En los puntos 1.3.3.1 y 1.3.3.2 aparecen los resultados de estudios recientes sobre la compartición.

1.3.3.1 Interferencia dentro del mismo servicio

En el Informe 1075 y en el Informe del CCIR a la Segunda Reunión de la CAMR-ORB-88 se examina la compartición con el servicio de TVAD.



Todavía no se han determinado todas las relaciones de protección para los diferentes sistemas candidatos de TVAD. Se necesita un ulterior estudio sobre este importante tema no sólo para el caso de la evaluación de la interferencia entre transmisiones de TVAD sino también para la evaluación de la interferencia entre la TVAD y los formatos convencionales tales como NTSC, PAL, SECAM y MAC. En los sistemas de TVAD orientados a su utilización en la banda de 12 GHz, las relaciones de protección deben satisfacer los requisitos de la CAMR RS-77 y la CARR-83.

Sin embargo, se espera que en los sistemas analógicos de TVAD, las relaciones de protección cocanal serán del mismo orden que en los sistemas convencionales y disminuirán igualmente a medida que la excursión de frecuencia aumente.

Los sistemas de TVAD que hacen uso de técnicas digitales sencillas (por ejemplo, MDP-2 ó MDP-4) son más tolerantes a la interferencia y provocan menos interferencias a los sistemas analógicos que otros sistemas analógicos. Los sistemas digitales de orden elevado (como el sistema de MAQ-16) puede que no presenten las mismas ventajas. El parámetro fundamental que debe considerarse en los sistemas de modulación digital, que puede tener alguna influencia sobre la utilización del espectro, es la velocidad binaria necesaria. Una reducción de la velocidad binaria tiene como consecuencia una mayor eficacia en la utilización del espectro.

1.3.3.2 Compartición con otros servicios

En los Informes 631, 807 y 951 y en el Informe del CCIR a la Segunda Reunión de la CAMR ORB-88 se examina la compartición con otros servicios.

Por su Resolución N.º COM5/3, la CAMR ORB-88 amplió la gama de frecuencias que ha de considerarse al elegir una nueva banda para la TVAD, a fin de incluir la banda de 12,7 a 23 GHz.

Aún no se han completado los estudios de la compartición con los servicios que funcionan en esta gama. Los estudios recientes llevados a cabo por la ESA para frecuencias de 20 GHz proporcionan nueva información sobre las posibilidades y los problemas de compartición entre el SRS y otros servicios.

1.4 Técnicas de recepción de TVAD

1.4.1 Receptores de radiodifusión por satélite

Nota - Para los receptores destinados al público, véase la Parte 10, § 3.

1.4.1.1 Factor de calidad necesario del receptor

En el punto 9 del Informe 1075 aparece el balance del enlace para el enlace descendente de un sistema de radiodifusión por satélite de TVAD y su ecuación general.

De acuerdo con los ejemplos del balance del enlace de diversos sistemas de transmisión, como se indica en el cuadro IX del Informe 1075, se considera que un valor adecuado del factor de calidad del receptor es 13 dB para 12 GHz y 17 dB para 23 GHz.

La densidad de flujo de potencia necesaria para obtener una calidad de recepción aceptable depende de diversos parámetros, como la p.i.r.e. del satélite, el tamaño de la zona de servicio y el tiempo aceptable de degradación del servicio en función de la atenuación debida a la lluvia. Cabe señalar que la elección de la p.i.r.e. o del factor de calidad depende del formato y del tipo de modulación de la señal de emisión, incluido al efecto de la acentuación.

Para conseguir la p.i.r.e. deseada es necesario utilizar un TOP de alta potencia. En estudios llevados a cabo recientemente se ha podido determinar que será posible obtener una potencia de salida de 500 W con TOP aptos para funcionar en el espacio en la banda de 20 GHz en un periodo de unos 10 años.

1.4.1.2 Factor de calidad

El factor de calidad de un equipo de recepción depende de la ganancia de antena y del factor de ruido del receptor.

Para resolver los problemas de utilizar frecuencias más elevadas existe un compromiso: si el diámetro de la antena se mantiene constante, se produce un rápido incremento de la precisión de puntería necesaria. Mientras que si el diámetro se reduce en relación con la longitud de onda, se produce una seria disminución de la apertura de la antena. También se advierte que no deberá pasarse por alto el efecto del aumento del ruido debido a la atenuación por la lluvia al calcular el factor de calidad.

De acuerdo con el Informe 473, el factor de ruido más comúnmente aceptado para un receptor en la banda de 12 GHz se encuentra entre 2,5 y 4 dB. Con los últimos avances de los dispositivos semiconductores, tales como el transistor de alta movilidad electrónica (HEMT), en la actualidad es posible lograr un factor de ruido de 1,5 dB. Por consiguiente, como valor conservador puede considerarse adecuado un factor de calidad basado en un factor de ruido de 2,5 dB, y sería posible incluso un factor de ruido de 1,5 dB, lo que permitiría utilizar antenas más pequeñas.

Se están desarrollando un gran número de elementos de amplificación de bajo nivel de ruido que pueden aplicarse en la gama de 20 GHz, siendo especialmente interesante el HEMT. Utilizando HEMT a 20 GHz, se ha conseguido un factor de ruido (FR) de 1 dB y un FR del amplificador de 2 dB.

En el cuadro I aparecen los resultados de los cálculos del factor de calidad en las condiciones antes indicadas y de acuerdo con la definición de factor de calidad utilizable que aparece en el Anexo I al Informe 473, pero sin tener en cuenta la pérdida de puntería, los efectos de polarización y el envejecimiento del equipo.

CUADRO I - Ejemplo de factor de calidad

Frecuencia (GHz)	12	23	42
Diámetro de antena (m)	0,9	0,9	0,5
Anchura del haz a potencia mitad (grados)	1,9	1,0	1,0
Ganancia de antena (dB) ($\eta = 65\%$)	39,2	44,6	44,2
Factor de ruido (dB)	2,5	4,0	7,0
Factor de calidad (dBK^{-1})	13,1 ⁽¹⁾	17,0 ⁽²⁾	12,2

(1) Se prevé un factor de calidad del 16 (dBK^{-1}) suponiendo una antena de 1,2 m de diámetro y un factor de ruido de 2,5 dB en condiciones de atmósfera despejada.

(2) Se prevé un factor de calidad de 18 (dBK^{-1}) suponiendo una antena de 0,9 m de diámetro y un factor de ruido de 4 dB en condiciones de atmósfera despejada.

1.4.1.3 Etapa de FI y demodulador

Por el sistema analógico, la etapa de FI y demodulador para la recepción de TVAD es muy parecida a la del demodulador de televisión convencional, según se ha comprobado con un cierto número de receptores y pruebas prácticas de funcionamiento. Aunque se utiliza generalmente un discriminador convencional, puede utilizarse también un demodulador con extensión de umbral (bucle de enganche en fase o filtro adaptable, etc.) que ofrece una mejora de aproximadamente 3 dB del umbral en los sistemas de MF.

En una señal totalmente digital, se espera poder mejorar la proporción de errores mediante estrategias de decodificación complejas.

1.5 Ejemplo de sistemas de emisión de TVAD por satélite

1.5.1 Ejemplos de formatos de TVAD y sus necesidades de anchura de banda RF

En el cuadro II se dan ejemplos de formatos de transmisión de TVAD. Los primeros dos ejemplos son para los sistemas de banda de RF estrecha descritos en el § 1.3.1.

CUADRO II

Características de sistemas de radiodifusión de TVAD por satélite

Parámetro	Sistema 1 (MUSE)	Sistema 2 (HD-MAC)	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5	Sistema 6
Factor de imagen	16:9	16:9	16:9	16:9	16:9	16:9
Velocidad de imagen (Hz)	30	25 ⁽¹⁾	25	30	25	30
Líneas activas por imagen	<u>1032</u>	1152	1152	1035	1152	1035
Frecuencia básica de muestreo (MHz)	<u>Y:44,55/C:14,85</u>	54	54 ó 72	<u>Y:59,4/C:29,7</u>	72	<u>Y:74,25/C:37,125</u>
Muestras activas por línea: ⁽⁴⁾ Luminancia diferencia de color	1122 <u>376</u>	1440 720	1440 ó 1920 720 ó 960	<u>1536</u> <u>768</u>	1920 960	1920 960
Tipo de codificación	analógico	analógico	analógico posiblemente con asistencia digital TVCAD	<u>analógico</u>	digital	digital
Método de compresión	Submuestreo adaptable al movimiento y compensación de movimiento	Submuestreo adaptable al movimiento con compensación de movimiento	Compensación de movimiento y submuestreo adaptable posiblemente con compensación de movimiento	Submuestreo adaptable al movimiento	Submuestreo y codificación por transformada con predicción y adaptable de longitud variable	transformación TCD predictiva adaptable codificación de bloques de longitud variable
Máxima anchura de banda de luminancia (MHz) ⁽²⁾	<u>20</u>	21	21 ó 24	<u>27</u>	21 - 24	30
Máxima anchura de banda de la diferencia de color (MHz) ⁽²⁾	7	10,5	10,5 - 12	<u>13,5</u>	10,5 - 12	15
Submuestreo de la luminancia (horizontal)	<u>3:1</u>	2:1	2:1	2:1	3:2	ninguno
Submuestreo de la diferencia de color (horizontal)	<u>4:1</u>	2:1	2:1	4:1	3:1	ninguno
Submuestreo de la diferencia de color (vertical)	2:1 <u>12:11</u>	2:1 3:2	2:1 3:2	2:1 <u>25:22</u>	2:1 8:3 ⁽⁷⁾	ninguno 8:1,33
Compresión de la luminancia						
Compresión de la diferencia de color	<u>48:11</u>	3:1	3:1	<u>50:11</u>	8:2 ⁽⁷⁾	8:0,67
Anchura de la banda de base transmitida (MHz) ⁽³⁾	8,1	10,125	18	<u>16,875</u>	-	

CUADRO II (Continuación)

Características de los sistemas de radiodifusión de TVAD por satélite del ejemplo

Parámetro	Sistema 1 (MUSE)	Sistema 2 (HD-MAC)	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5	Sistema 6
Ayuda digital (Mbit/s)	-	1 - 2	hasta 8	0 - 8	Incluido en la velocidad binaria de video	
Velocidad binaria de vídeo codificada (Mbit/s)	-	-	-	-	127 - 147	120
Multiplex digital de sonido y datos (Mbit/s)	1,35	1,5 ó 3	1 a 4	<u>2,7</u>	2,5	3,072
Anchura de banda de la señal de sonido (kHz)	20/15	15	≥ 15	<u>20/15</u>	A especificar	20
Frecuencia de muestreo (kHz)	48/32	32	≥ 32	<u>48/32</u>	A especificar	48
Número de canales de sonido	2/4	2/4 ó 4/8	$\geq 2/4$	<u>4</u>	A especificar	4
Método de codificación/modulación	MICD/ternaria	MIC/duobinaria		<u>MICD/MIC ternaria</u>	A especificar	MIC
Ley de compresión/expansión	16 a 11 (6 intervalos) /15 a 8 (8 intervalos)	Lineal 14/ 14 - 10 NICAM	Lineal 14/ 14-10 NICAM o se especificará	<u>16 a 12/16</u>	A especificar	ninguna
Compresión digital del tiempo	13,5:1	6,6:1	6,6 ó 6:1	<u>13,5:1</u>	-	
Codificación con protección de errores	Incluido anteriormente	Incluido anteriormente	Incluido anteriormente	<u>Incluido anteriormente</u>	10,5	12 Mbit/s aprox.
Velocidad de símbolo (Mbaudio)	12,15	Ternario	-	<u>24,3</u> ternario	-	-
Velocidad binaria instantánea (Mbit/s)	-	10,125/ 20,25 ^(5,6)	54 ⁽⁴⁾ ó 72 ^(4,5)	-	140 - 160	
Tipo de modulación y excursión de frecuencia	MF	MF	MF o familia	MF	Digital a) MDP4 b) MDP8 c) MAQ-16	
ΔF_L (MHz)	10,2	9,55	MF+MDP-4 9,55 a 18	<u>12-21</u>	a) 105 - 120 ⁽⁸⁾ b) 70 - 80 ⁽⁸⁾ c) 52,5 - 60 ⁽⁸⁾	
Anchura de banda necesaria en RF (MHz)	21 - 24	27	45 - 54	41 - 54	a) 81 b) 54	

Notas relativas al cuadro II:

- (1) La presentación en un receptor de TVAD se realizaría normalmente después de la adecuada conversión, por ejemplo, 1250/100/2:1 (líneas/velocidad de trama/entrelazado).
- (2) Se producirá una cierta pérdida de resolución en las zonas de la imagen en movimiento, en relación con la naturaleza y/o velocidad del movimiento; ésta será inferior para sistemas de banda ancha.
- (3) Durante los períodos de transmisión analógica.
- (4) Formato de la fuente.
- (5) Durante los períodos de transmisión digital.
- (6) Compatible con la familia MAC/paquete del Informe 1073.
- (7) Reducción de la precisión media de cuantificación, bits/muestra.
- (8) Factor de forma 1,5.

Los ejemplos restantes se refieren a los sistemas de banda de RF ancha descritos en el § 1.3.2 y requieren una anchura de banda mayor, que posiblemente podría acomodarse en la banda 23 GHz (en las Regiones 2 y 3) o en una nueva banda de frecuencias mundial adecuada no atribuida aún.

Las columnas tercera y cuarta muestran las alternativas existentes para varios sistemas analógicos (incluyendo los sistemas compatibles con MAC/paquetes) pensadas para obtener una buena calidad pero cuyos requisitos de anchura de banda son tales que sólo podrían llevarse a la práctica en una banda de frecuencias no sometida a las restricciones de planificación de la banda de 12 GHz. Se sugiere por tanto una banda en la gama de 20 GHz adecuada para sistemas de banda ancha en RF.

1.5.1.1 MUSE (sistema 1) [Ninomiya y otros, 1987]

El sistema 1 es el sistema MUSE desarrollado en Japón para la radiodifusión de TVAD utilizando un solo canal planificado.

El diseño tiene realmente en cuenta las propiedades del sistema visual humano. La técnica de compensación de movimiento se aplica para mejorar el efecto del submuestreo en el caso de movimiento uniforme de la imagen.

La anchura de banda de la señal de banda de base es de 8,1 MHz. Utiliza un submuestreo con entrelazado de puntos 4:1 y con desviaciones entre tramas y entre cuadros.

Se utiliza una tecnología para la transmisión de valores muestreados analógicos que incluye la igualación automática de la forma de onda y un codificador y un receptor.

En el cuadro III se resumen las características básicas de vídeo del sistema MUSE.

CUADRO III

Características video básicas del sistema MUSE

Descripción del sistema		Sistema de submuestreo múltiple con compensación de movimiento (el multiplexado de las señales Y y C se efectúa con formato TCI)
Velocidad de exploración		1 125 líneas/60 tramas/entrelazado 2:1
Anchura de banda de la señal de transmisión en banda de base		8,1 MHz
Velocidad de reloj del muestreo		16,2 MHz
Anchura de banda de la señal reproducida	Señal Y	22 MHz (para las porciones estacionarias de la imagen) 14 MHz (para las porciones móviles de la imagen) (1)
	Señales C	7,0 MHz (para las porciones estacionarias de la imagen) 3,5 MHz (para las porciones móviles de la imagen) (1)
Señal sincronizadora		polaridad positiva con respecto a la polaridad de la señal video

(1) Estos valores deberían ser: 16 MHz para Y y 4 MHz para C respectivamente, si pudiera utilizarse un filtro digital bidimensional perfecto.

En la figura 2a) se muestran las disposiciones del filtro para la señal de luminancia, en que se indican diferentes trayectos para las porciones estacionarias y las porciones en movimiento de la imagen. En la fig. 2b) se muestra la disposición del filtro para las señales de diferencia de color. Estas se muestran por separado solamente como explicación sencilla. Sin embargo, en el codificador real, las señales de luminancia y de diferencia de color se combinan en una señal TCI, y se procesan simultáneamente. Las señales de luminancia de las porciones estacionarias y de las porciones en movimiento se combinan también en una sola señal durante el proceso. Por tanto, la señal de salida es una sola señal MUSE.

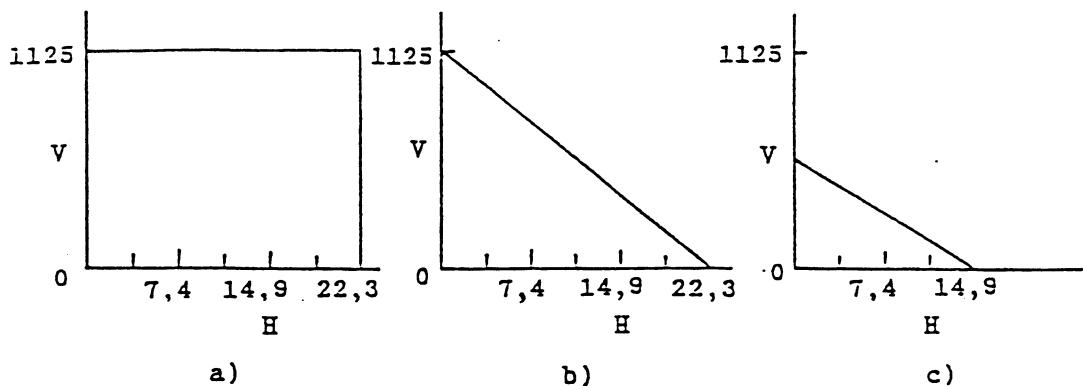
La finalidad de la fig. 2c) es mostrar el diagrama de muestreo aplicado en el sistema MUSE, tomándose una frecuencia de muestreo original de 48,6 MHz. Sin embargo, en el codificador real se efectúa antes del muestreo original una conversión de frecuencia de 44,55 MHz a 48,6 MHz. Esto aparece como "TC" en las figs. 2a) y 2b).

En la fig. 3 se muestra la gama de transmisión en el dominio espacial de la frecuencia. En este caso, ya se ha tenido en cuenta la conversión de frecuencia mencionada anteriormente.

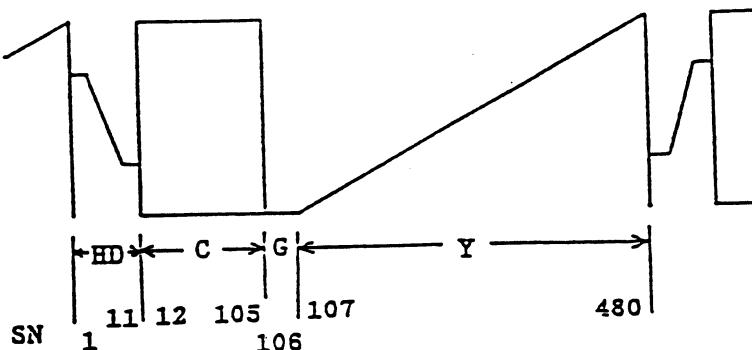
En la fig. 4 se muestra la señal video en el formato TCI utilizado en el sistema.

En la fig. 5 se muestra la estructura de la señal MUSE.

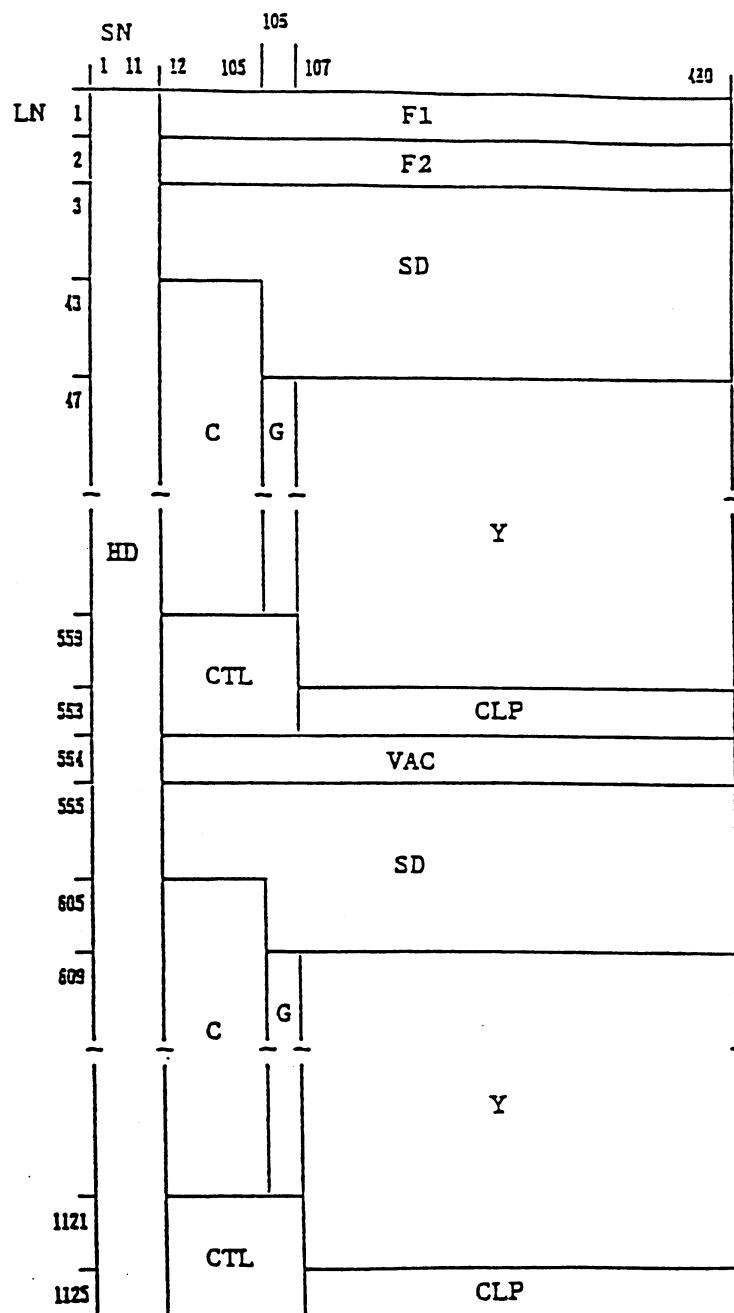
Las señales de control, incluyendo el vector de movimiento y las señales digitales sonido/datos van multiplexadas en la señal video de banda de base durante el intervalo de supresión de trama, como se indica en la fig. 5.

FIGURA 3- Gama de transmisión en el dominio espacial de la frecuencia

- a) Muestreo original
 - b) Interpolación intercampo e intertrama para porciones estacionarias
 - c) Interpolación intratrama para porciones en movimiento
- H:frecuencia horizontal (MHz)
 V:frecuencia vertical

FIGURA 4 - Señal vídeo en formato TCI

HD	: señal de sincronización de línea	G:zona de guarda
C	: señales de diferencia de color (secuencial-linea)	Y:señal de luminancia
		SN:número de la muestra



SN	:	número de la muestra	LN	:	número de línea
HD	:	señal de sincronización de linea	F1	:	VITS (señal de prueba de intervalo vertical) N° 1 e impulso de cuadro N°1
SD	:	señales de sonido y de dato	F2	:	VITS (señal de prueba de intervalo vertical) N° 2 e impulso de cuadro N°2
C	:	señales de diferencia de color (secuencial-línea)	G	:	zona de guarda
Y	:	señal de luminancia	CTL	:	señales de control
CLP	:	nivel de fijación (128/256)	VAC	:	vacante

FIGURA 5- Mapa de distribución de señales

Las señales de sonido y datos se transmiten insertándolas en el periodo de supresión de trama. Se ha adoptado la multiplexación de la banda de base, lo que ofrece ciertas ventajas tales como la adaptabilidad a los sistemas de distribución por cable. La velocidad binaria es de 1,35 Mbit/s y con esta técnica pueden transmitirse cuatro canales sonoros muestreados a 32 kHz o dos canales muestreados a 48 kHz.

En este sistema, se aplica una compresión-expansión casi instantánea a la señal MIC diferencial. La calidad sonora de la señal resultante con un muestreo de 32 kHz y una compresión-expansión de 15 a 8 bit es ligeramente mejor que la del muestreo a 32 kHz de la señal MIC uniforme a 14 bit.

Con este método pueden transmitirse también como alternativa dos canales sonoros con calidad MIC de 16 bit con una anchura de banda de 20 kHz, mediante un muestreo de 48 kHz y una compresión-expansión de 16 a 11 bit con la misma capacidad de canales.

Se emplea un sistema de sincronización que da una fase de remuestreo precisa. Una señal positiva de sincronización elimina la pérdida del impulso de sincronismo de 3 dB. En la fig. 6a) se muestra la señal de sincronización de línea y en la fig. 6b) la señal de sincronización de cuadro.

Se aplica una acentuación no lineal para mejorar la ganancia de acentuación hasta 9,5 dB.

Se efectúa un procesamiento de la luminancia casi constante.

Mediante este método, puede reducirse considerablemente la diafonía entre las señales de crominancia y luminancia y puede mejorarse la relación S/N para imágenes muy saturadas en color. Esto se traduce en una menor relación S/N necesaria en recepción, de unos 17 dB en el umbral perceptible de ruido.

En el Anexo II del Informe 1075 se describen las características de acentuación no lineal y el procesamiento de la luminancia casi constante del MUSE.

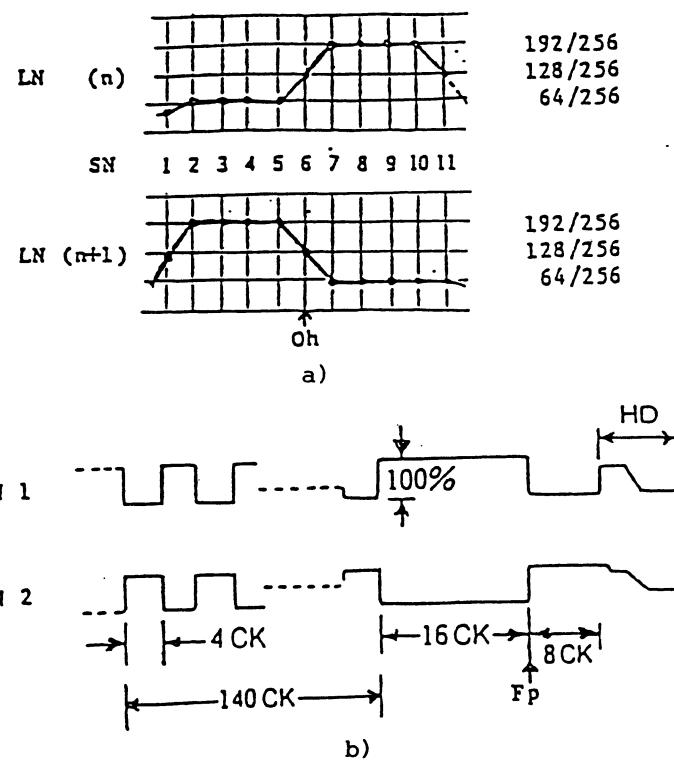
En Japón se está realizando un experimento de transmisión de TVAD utilizando el sistema MUSE a través de un solo canal de televisión (anchura de banda 27 MHz) del satélite BS-2, tal como se indica en el punto 1.5.2.

Esta técnica de la compresión de la anchura de banda puede aplicarse también a otros equipos de TVAD. Se han desarrollado equipos de consumo tales como magnetoscopios de cinta y reproductores de videodisco utilizando la técnica MUSE.

Se ha investigado la relación entre la calidad de la imagen y la distorsión de la forma de onda de la señal MUSE. Ha quedado claro que para el sistema MUSE la relación entre la distorsión en el trayecto de transmisión y la calidad de la imagen recibida puede expresarse en una fórmula mediante una aplicación de la función logarítmica [CCIR, 1986-90e].

Se han desarrollado dos instrumentos de medida para facilitar las mediciones durante la radiodifusión por satélite de la TVAD.

Se ha desarrollado un nuevo instrumento para medir las relaciones C/N, en el que la potencia de ruido se mide ligeramente fuera de la banda del canal. Este instrumento puede utilizarse con cualquier sistema de televisión, incluyendo el de TVAD.

FIGURA 6- Señales sincronizadoras

a) Señal de sincronización de linea

LN (n): línea n
LN(n+1): línea (n+1)

SN : número de la muestra
Oh : referencia temporal para la sincronización de linea

b) señal de sincronización de trama

LN : número de la linea
HD : señal de sincronización de linea

Fp : punto de impulso de trama

CK : duración de un tiempo de reloj a 16,2 MHz

Se ha desarrollado un nuevo instrumento para medir la proporción de bits erróneos en audio, en la recepción de una transmisión normal. El equipo incorpora dos modos de medición. Uno utiliza el código de sincronización de cuadro, y el otro el código de corrección de errores. En el primero, se cuentan los bits erróneos del código de sincronización de cuadro en un esquema fijo de 16 bits que se transmite en un intervalo de 1 milisegundo. En el segundo, se cuentan los bits erróneos detectados con el código de corrección de errores, en cada bloque de datos de audio que se transmite a una velocidad de 16 bloques/milisegundo [CCIR, 1986-90f].

La transmisión digital de la señal MUSE es posible y con este fin se ha desarrollado un sistema MICD MUSE que se describe en el punto 3.3.3 de la Parte 9 [CCIR, 1986-90g].

1.5.1.2 El sistema HD-MAC/paquetes (sistema 2)

1.5.1.2.1 Consideraciones de diseño

El sistema HD-MAC ha sido diseñado para cumplir los criterios de calidad más exigentes, de forma que puedan introducirse los servicios de TVAD en el actual servicio MAC/paquetes o directamente como nuevos servicios. En [CCIR, 1986-90h y i] figuran consideraciones de diseño sobre la reducción de anchura de banda del HD-MAC.

En estas consideraciones se incluyen las características del sistema con respecto a la calidad de imagen recibida de TVAD, la plena utilización de las posibilidades tecnológicas actuales, las posibilidades de desarrollo del sistema a medida que se producen avances tecnológicos y la viabilidad y conveniencia económica del sistema, respecto a su adopción y uso posterior por las entidades de radiodifusión y los consumidores. En consecuencia, los fabricantes de receptores pueden producir y comercializar receptores de HD-MAC como un producto más en su gama de fabricación, sin dejar anticuada la línea de fabricación actual. Además, la gama de productos HD-MAC se amplía por el potencial de los sistemas de presentación con conversión ascendente. La utilización de TVCD reduce de forma significativa la complejidad de los decodificadores HD-MAC y por consiguiente su coste, y hace que su comportamiento sea uniforme, independientemente de las distorsiones de canal.

El sistema HD-MAC se ha optimizado para permitir la introducción de los servicios TVAD en los canales de emisión planificados por la CAMR-RS-77 (1) al tiempo que se mantiene la compatibilidad con el sistema MAC/paquetes.

Estas limitaciones llevan al proyecto EUREKA 95 a adoptar compromisos globales entre la complejidad del receptor, la calidad de la imagen de alta definición generada con la norma de exploración de 1250 líneas/50 tramas y la calidad de la imagen compatible que se observa en los receptores domésticos MAC/paquetes.

El sistema está concebido para utilizar el replieque espectral, el submuestreo y la adaptación de movimiento que conserva la resolución en las imágenes fijas y en movimiento para la recepción de la alta definición [Hurault y Arragon, 1988].

1.5.1.2.2 Descripción del sistema

La especificación en Europa de un sistema de televisión de alta definición (TVAD), estudiada en el contexto del proyecto europeo EUREKA 95, se basa para su completa descripción, en la especificación de la familia MAC/paquetes del Informe 1073 [CCIR, 1986-90k].



La técnica de multiplexación por distribución en el tiempo se utiliza para el multiplexado de la imagen, el sonido y los datos en las transmisiones de HD-MAC que incluyen dos miembros de la familia MAC/paquetes: los sistemas D-HD-MAC/paquetes y D2-HD-MAC/paquetes. Estos dos sistemas son adecuados para la radiodifusión por satélite y en cualquier medio de transmisión que garantice una banda de base de unos 11 MHz.

1.5.1.2.2.1 Estructura del multiplex

La estructura del multiplex se basa en un cuadro digital de 40 ms que contiene 625 líneas de 64 μ s cada una. El multiplex consta de tres componentes principales (véase la fig. 7):

- la señal de visión HD-MAC;
- la ráfaga de datos del intervalo de supresión de línea (ISL) que lleva el multiplex de sonido/datos;
- la ráfaga de datos del intervalo de supresión de trama (IST) que lleva el multiplex de TVCD-datos.

1.5.1.2.2.2 Sonido

El sonido se codifica de acuerdo con la especificación MAC/paquetes. La capacidad disponible en el ISL es equivalente a la de cuatro canales de sonido de alta calidad u ocho canales de sonido de calidad media compatibles MAC/paquetes para el sistema D2 y ocho canales de sonido de alta calidad o dieciseis canales de sonido de calidad media compatibles MAC/paquetes para el sistema D.

1.5.1.2.2.3 Visión

En [CCIR, 1986-901] aparecen las características de la banda de base que se resumen en el cuadro IV. Los parámetros de modulación de la señal HD-MAC emitida figuran en los cuadros II y V.

1.5.1.2.2.4 Características generales de la señal de vídeo y de la señal de visión de HD-MAC

Estas características figuran en el cuadro IV.

1.5.1.2.2.5 Señal de anchura de banda reducida

En el sistema HD-MAC se utiliza la codificación multitrrama para reducir la banda [Vreeswijk, y otros, 1988; Arragon, y otros, 1988; Pele y Choquet, 1988].

Para seleccionar el algoritmo óptimo de reducción de la anchura de banda (RB) en la HD-MAC, se ha considerado la evaluación subjetiva de la calidad de la imagen, junto a otros factores.

[CCIR, 1986-90h] informa sobre evaluaciones subjetivas realizadas por cinco laboratorios de Europa y que llevaron al proyecto Eureka EU 95 a seleccionar finalmente el sistema de reducción de anchura de banda HD-MAC. Se evaluaron siete posibles algoritmos y se utilizaron ocho secuencias de imágenes en movimiento reducidas que cubrían una gama de posibles fuentes

(procedentes de cámaras de imagen de 1250 y 625 líneas entrelazadas y películas de 25 y 50 imágenes/s). Para los ensayos se utilizó un método de doble estímulo con escala de calidad gráfica continua (acorde con los métodos del GIT 11/4). El orden de clasificación de los siete algoritmos fue, generalmente, el mismo para los cinco laboratorios que realizaron los ensayos y se produjo un alto grado de correlación para las diferencias cuantitativas entre las notas medias. Los resultados infundían confianza en el método y en la validez del orden de clasificación.

El códec HD-MAC RB utiliza tres ramas de codificación de luminancia que hacen uso de retículas de submuestreo en quincuncial:

- una rama de 80 ms con resolución de AD para zonas fijas;
- una rama con compensación de movimiento de 40 ms para velocidades de hasta 12 muestras/40 ms;
- una rama de 20 ms para el movimiento rápido y los cambios bruscos en la imagen, excepto cuando se trabaja en el modo de película a 25 imágenes/s.

En la fig. 8 aparece la gama transmisible de la frecuencia espacial para todos los modos. A fin de transportar la información contenida en un sistema de AD de 1250 líneas a través de un canal MAC/paquetes de 625 líneas se utiliza un proceso denominado "mezclado".

La rama de 40 ms es con compensación de movimiento. Se transmite un vector de movimiento por cada bloque de 16 muestras por 16 líneas en la retícula de AD a través de los datos de TVCD.

El códec HD-MAC RB utiliza tres ramas de codificación de diferencia de color, la primera y la tercera emplean un sistema quincuncial y la segunda una retícula de submuestreo ortogonal:

- una rama de 80 ms con resolución de alta definición para zonas fijas;
- una rama de 40 ms para el movimiento rápido y los cambios bruscos en la imagen;
- una rama de 20 ms para el movimiento rápido y los cambios bruscos en la imagen, excepto cuando se trabaja en el modo de película a 25 imágenes/s.

En la fig. 9 aparece la gama transmisible de la frecuencia espacial para todos los modos. Se utiliza un mezclado intratrama para las ramas de 80 ms y 20 ms y un mezclado intertrama para la rama de 40 ms.

Se aplica un modo de opción película que activa únicamente las ramas de 80 ms y 40 ms. De esta forma se obtiene el máximo beneficio del conocimiento de que la película de 25 imágenes/s es el material fuente.

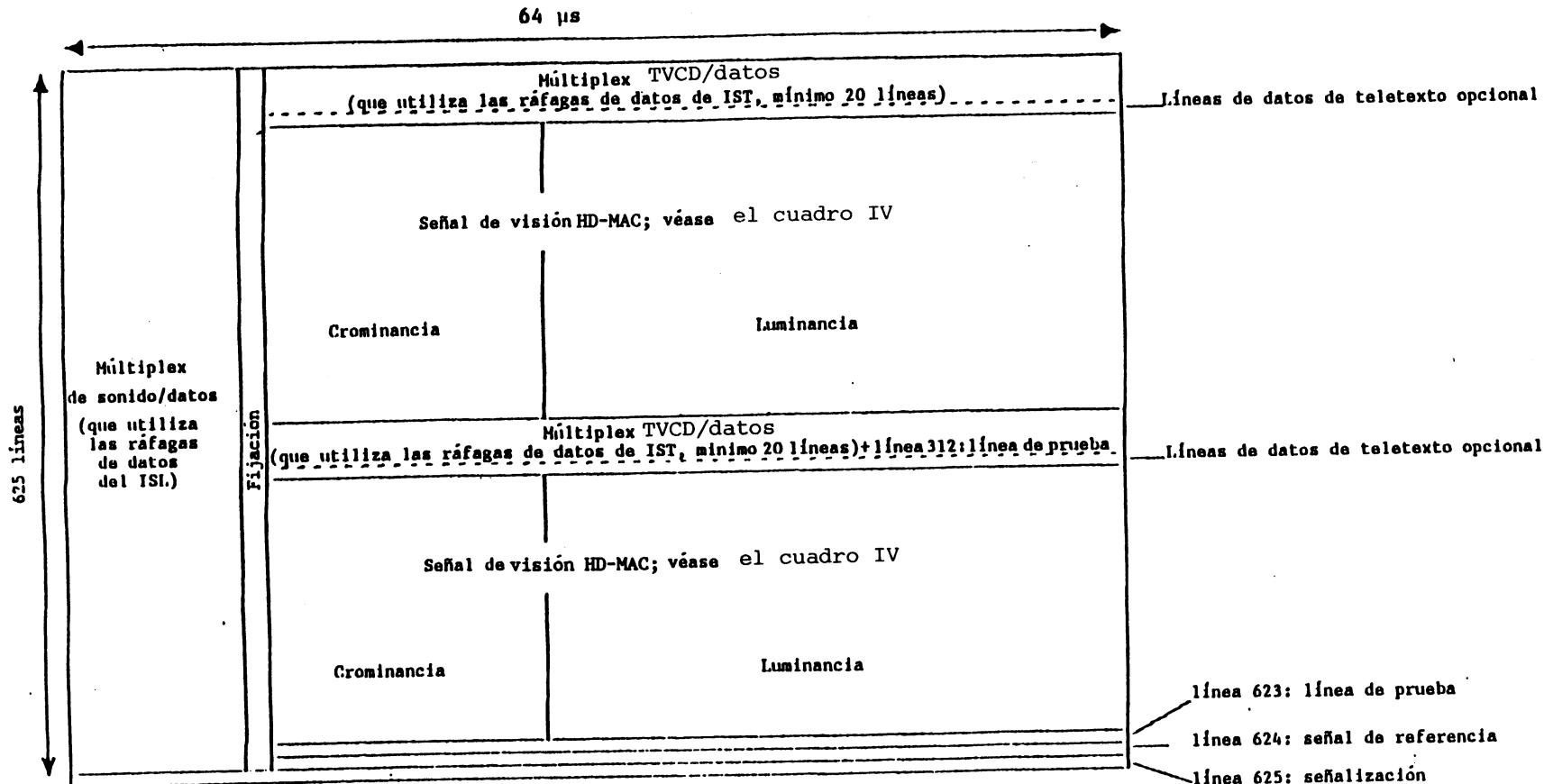


FIGURA 7 - Estructura general MDT HD-MAC/paquetes

CUADRO IV - Características generales de vídeo de la señal de visión del sistema HD-MAC

Número de líneas emitidas por imagen:	625
Número de tramas por segundo:	50
Relación de entrelazado	2:1
Anchura de banda analógica aproximada:	11 MHz ⁽¹⁾
Formato de imagen:	16:9 (asociado con la información sobre tomas panorámicas para sistemas de presentación compatibles de formato 4:3)
Relaciones de compresión	
luminancia:	3:2
diferencia de color:	3:1
Frecuencia de muestreo:	20,25 MHz ⁽²⁾
Recepción de alta definición	
Resolución de luminancia:	
horizontal	
imágenes fijas y en movimiento:	620 c/aia ⁽³⁾
imagen sin movimiento:	310 c/aia
vertical	
fija:	400 c/aia ⁽³⁾
en movimiento:	200 c/aia
Recepción compatible:	
Muestras por líneas activas	
luminancia:	697
diferencia de color:	349

(1) Para permitir un filtro de Nyquist realizable.

(2) Frecuencia de muestreo MAC convencional.

(3) Ciclos por anchura de imagen activa/altura de imagen.

CUADRO V - Parámetros de modulación para radiodifusión directa por satélite de HD-MAC

Anchura de banda nominal de la señal de visión:	10,125 MHz (a -3 dB)
Anchura de banda nominal del canal:	27 MHz
Modulación:	MF
Polaridad de la modulación de frecuencia:	positiva
Componente de corriente continua:	mantenida
Características de preacentuación:	el proceso no lineal se aplica únicamente a las muestras HD-MAC y el proceso lineal, a todo el múltiplex (cabe decir lo mismo para el MAC)
Excursión de frecuencia:	13,5 MHz en la frecuencia de transición de la red lineal de preacentuación (1,37 MHz)
Dispersión de energía:	Onda síncrona triangular (desviación de portadora correspondiente: 600 kHz cresta a cresta)

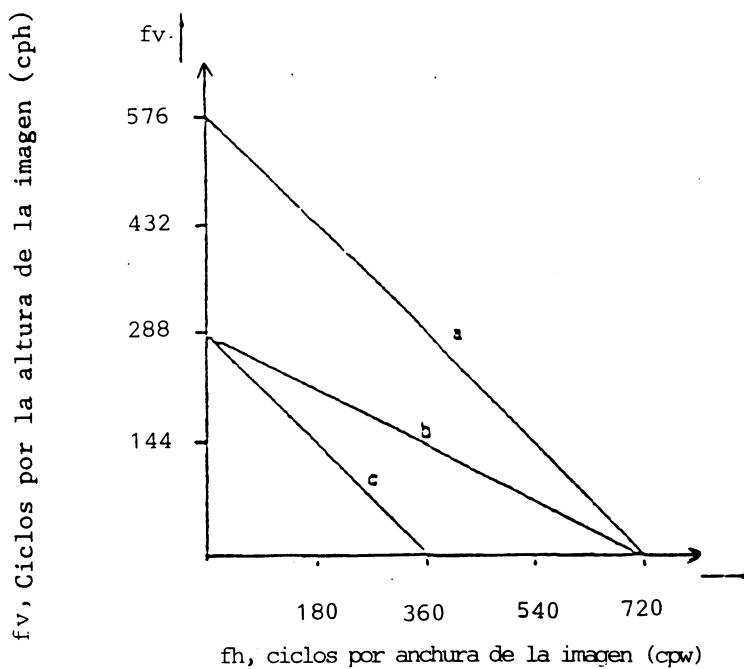


FIGURA 8- Gama transmisible en el dominio de la frecuencia espacial para los diagramas de muestreo de luminancia

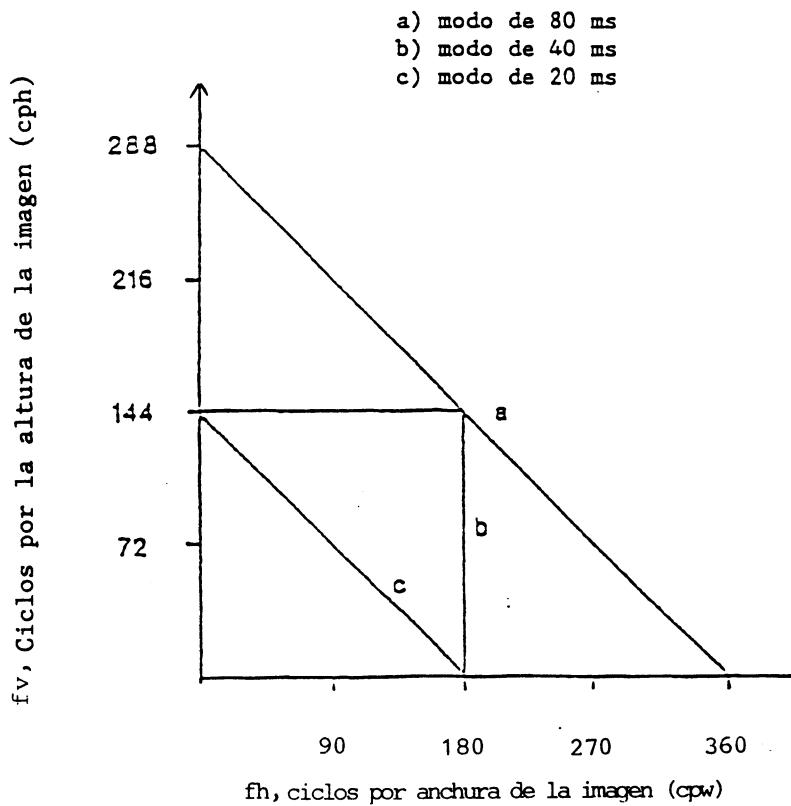


FIGURA 9- Gama transmisible del espectro de frecuencia espacial de diferencia de color

- a) modo 80 ms
- b) modo 40 ms
- c) modo 20 ms

La información de selección de rama se transmite, una vez puesta en formato, por los datos de la TVCD [Storey, 1986].

La información de la TVCD que contiene la señal de conmutación de rama permite 1700 posibilidades, codificadas en palabras de 11 bits de longitud. El periodo de codificación de cinco rutas/80 ms da lugar a una velocidad binaria de 891 kbit/s. La información de conmutación de la diferencia de color se obtiene a partir de los datos del complemento digital (CD) sobre luminancia.

La mejora de la compatibilidad para la ondulación de los bordes en las zonas fijas se efectúa mediante un filtrado vertical intratrama, con una atenuación de 6 dB.

El sistema HD-MAC se ha optimizado para satisfacer los criterios de calidad óptimos en cuanto a alta definición de la imagen y de compatibilidad de ésta, basándose en una exploración entrelazada.

En [CCIR, 1986-90m] se describe la forma en que la exploración progresiva de la imagen con muestreo quincuncial a la entrada de un codificador HD-MAC (cuyos pasos de entrada se han modificado para admitir entradas entrelazadas y progresivas) mejora la definición y la calidad de la imagen compatible.

En particular, la entrada de exploración progresiva permite eliminar ciertos repliegues verticales/temporales de la señal que pasa por las ramas de 20 y 40 ms y aumentar la estabilidad de la estimación del movimiento y de la precisión de rama (de esta manera, hay una proporción menor de imágenes en movimiento que utilizan la rama de 20 ms).

También se insiste en que una entrada de exploración progresiva afecta poco a la arquitectura del codificador HD-MAC y no afecta en absoluto a las especificaciones de éste.

Los experimentos efectuados con simulaciones y que tienen en cuenta las modificaciones de la arquitectura del circuito (permitiendo al mismo tiempo las entradas de exploración entrelazada y progresiva) dan resultados con una mejora apreciable de la calidad de la imagen global de alta definición y una mejora considerable de la calidad de la imagen compatible, especialmente en las zonas en que se utilizan las ramas de 40 ms y 20 ms [CCIR, 1986-90m].

1.5.1.3 Sistema 3

El Sistema 3 se propone como un desarrollo de HD-MAC para un canal RF de banda ancha de hasta dos veces la anchura de banda de los canales planificados existentes. Proporcionaría calidad de alta definición mejorada, posiblemente con un receptor simplificado. Hay dos opciones, una basada en un muestreo de 54 MHz que sería compatible con los receptores HD-MAC del Sistema 2 y otra basada en el muestreo de 72 MHz con una utilización mucho mayor de la televisión con asistencia digital, pero que no es completamente compatible.

1.5.1.4 Sistema 4

El sistema 4 es un sistema de 60 Hz no compatible que utiliza un submuestreo separado de 2 tramas. Este sistema ofrece una mayor resolución espacial en las zonas estáticas y en movimiento, en comparación con el MUSE. La anchura de banda de RF requerida está comprendida entre 45 y 54 MHz [CCIR, 1986-90n].

1.5.1.5 Sistema 5

El Sistema 5 es un ejemplo totalmente digital que no es compatible con los receptores MAC/paquete de 625 líneas, pero que mantiene la compatibilidad en la fuente con la norma de 625 líneas de la Recomendación 601. Utilizando la modulación MDP-4, la anchura de banda requerida podría ser de hasta 120 MHz pero, si se utiliza MAQ-16, la anchura de banda en RF podría estar comprendida entre 50 y 60 MHz.

1.5.1.6 Sistema 6

El sistema 6 es un ejemplo de sistema completamente digital basado en la combinación de la codificación predictiva y la TCD para la emisión de señales de estudio de 1125/60. La velocidad binaria total de este sistema es de 135 Mbit/s. Utilizando la modulación MDP-4 y MDP-8 las anchuras de banda requeridas en RF son de 81 MHz y 54 MHz, respectivamente. No obstante, es posible una anchura de banda en RF de unos 40 MHz, utilizando el MAQ-16. Este sistema puede aplicarse para la transmisión utilizando el nivel H₄ de la RDSI-B [CCIR, 1986-90n].

1.5.1.7 Otros sistemas en desarrollo

1.5.1.7.1 HDS-NA

Se trata de un formato de transmisión por satélite con componentes analógicas multiplexadas en el tiempo. Se utiliza una secuencia repetida en períodos de cuatro líneas a la frecuencia horizontal para transmitir las componentes resultantes del procesamiento. Esas componentes son: información de luminancia de 16,8 MHz (expandida en el tiempo), luminancia con anchura de banda reducida sin compresión (9,5 MHz), dos señales de diferencia de línea que representan la luminancia menos el promedio de la línea anterior y la línea posterior, con filtrado paso bajo, dos señales de crominancia de líneas alternas con compresión 2:1 y 4:1 alternativamente, y una ráfaga de señal audio digital para dos pares estereofónicos con codificación de dos niveles. La resolución vertical es de 480 líneas por altura de imagen (L/HI) y la resolución horizontal es de 495 líneas por anchura de imagen (L/AI). La anchura de banda de la banda base es 9,5 MHz, la excursión recomendada es de 12 MHz/voltio de cresta en una anchura de banda FI de 27 MHz. Se obtiene una relación S/N ponderado de 48 dB con una relación C/N de 17,7 dB.

1.5.1.7.2 HD-B-MAC

Este sistema está destinado a la transmisión por satélite y representa una mejora de la norma B-MAC del CCIR; es compatible con los decodificadores B-MAC normalizados que producen una salida NTSC. Tiene capacidad de exploración panorámica y se lleva a cabo una decimación 2:1 para proporcionar una señal de alta resolución de 525 líneas que se submuestrea en puntos alternos de líneas adyacentes filtrando la información diagonal. El plegado del espectro proporciona una mayor resolución de luminancia y una reducción de la anchura de banda de la banda de base. La compresión de la multiplexación de luminancia es de 3:2. A las señales de crominancia se les aplica un procesamiento similar, con una compresión de 3:1. Se afirma que la resolución horizontal de luminancia es de 945 L/AI y la resolución vertical de 480 L/HI. El receptor debe utilizar un sistema de doblado de línea adaptativo. La anchura de banda de la banda de base es de 10,7 MHz.



1.5.1.7.3 TVAD con espectro compatible

Este sistema está destinado a utilizarse en canales terrenales. Se proyecta transmitir TVAD procesada a partir de una fuente con exploración progresiva de 787,5/59,94 a través de dos pares de componentes con anchura de banda de 3 MHz y un canal de datos.

Para la transmisión por satélite, estos componentes, de los que hay 262,5 pares, cada uno de los cuales dura 63,5 μ s, sufren una multiplexión por división de tiempo con una anchura de banda máxima de la banda de base de 6 MHz.

Un canal de datos, multiplexado por división de tiempo en los intervalos de supresión vertical equivalentes a los del sistema NTSC, transmite las componentes vídeo de baja frecuencia por debajo de 200 kHz, la sincronización y un par estereofónico con canal PAS. La luminancia se procesa en cuatro bandas espacio-temporales, con una frecuencia de cuadros que va de 59,94 Hz para bajas frecuencias a 11,988 Hz para altas frecuencias. Las señales de diferencia de color se restauran a 11,988 Hz y a un tercio de la resolución horizontal y vertical de la luminancia. El sistema, diseñado para un formato de imagen de 5:3, siendo posible también el formato 16:9, pretende tener una resolución estática vertical de 720 L/HI y horizontal de 1020 R/AI.

Gracias a la eficacia de utilización del espectro obtenida mediante la transmisión digital de la información de imagen promediada a baja frecuencia, se logra al parecer una mejora de 3 a 5 dB en las características del ruido en comparación con el mismo enlace de transmisión NTSC.

1.5.1.8 Compatibilidad "hacia abajo"

La compatibilidad se define como sigue:

Una nueva norma de emisión es "compatible" con una norma de emisión ya existente si las señales conformes a la nueva norma pueden recibirse y visualizarse, sin necesidad de equipo adicional, mediante los receptores conformes a la norma existente. La calidad debe ser aproximadamente la misma a la obtenida cuando se emite una señal conforme a la norma ya existente.

Un método para obtener la compatibilidad entre la televisión convencional y la televisión de alta definición es utilizar sistemas de transmisión de dos canales. Todas las señales necesarias para la recepción por receptores convencionales son transmitidas por uno de los dos canales. El canal agregado transporta la información adicional para permitir la reconstrucción de la imagen de TVAD.

En el sistema VISTA se proyecta utilizar un canal agregado que ofrecería alta resolución espacial y baja resolución temporal y que se combinaria con la alta resolución temporal de la imagen NTSC. El formato de imagen es 16:9 ó 5:3 y se consigue reduciendo la supresión horizontal y disminuyendo el número de líneas activas. La resolución estática es de 800 líneas en la dimensión horizontal y de 900 líneas en la dimensión vertical. El canal agregado se transmite en forma de componentes multiplexados en el tiempo, con una anchura de banda de 5,3 MHz. Se contempla la transmisión por dos canales de satélite.

En Europa, se están llevando a cabo estudios activos en relación con los sistemas de TVAD que pueden recibirse compatiblemente en receptores MAC/paquete, con la calidad normal de las señales de este último sistema. Si la señal de televisión de alta definición posee características en las bajas frecuencias de espectro idénticas a las de las señales MAC existentes, como en los dos ejemplos del cuadro V, la compatibilidad entre los dos tipos de servicio será posible.

En [CCIR, 1986-90o] se indica que en la Comunidad Europea la elección corresponde a un sistema que sea compatible con la familia de normas de transmisión MAC/paquetes. Se estima que la compatibilidad con la norma de emisión europea de satélites de radiodifusión directa (SRD) es indispensable para la comercialización de los programas de televisión de alta definición, puesto que así los consumidores pueden visualizar los programas de radiodifusión de TVAD en sus aparatos SRD tradicionales y decidir cuándo ascenderán al nivel de la TVAD. En la IBC, Brighton, se efectuó una demostración del sistema MAC/paquetes, compatible con la TVAD (HD-MAC) y los expertos en Europa están seguros de que, con la asistencia de técnicas digitales, la TVAD compatible puede al menos equiparar la calidad de los sistemas no compatibles que utilizan sistemas de transmisión con una anchura de banda similar. Al desarrollar equipos de consumo correspondientes a esta norma HD-MAC, probablemente con unidades de visualización que funcionen a 100 Hz, la gama de posibilidades de que dispondrá el usuario que recibe programas SRD irá desde 4:3 PAL/SECAM y MAC a 16:9 MAC y HD-MAC.

La UER [CCIR, 1986-90p] sería favorable a la adopción del sistema HD-MAC, siempre y cuando este sistema logre un equilibrio aceptable entre la calidad de la imagen de TVAD y la imagen MAC compatible, garantice la continuidad de todo el servicio para los servicios de datos y sea compatible con el plan de la CAMR-77 y con los receptores MAC/paquetes.

Pese a que el sistema MUSE no tiene compatibilidad descendente con los sistemas de televisión tradicionales, se han desarrollado convertidores de normas MUSE a 525 líneas, destinado a los receptores de consumidor, empleando la tecnología VLSI (véase Parte 10, punto 4). La imagen resultante de 525 líneas de este convertidor tiene, como media, una calidad superior a la de la imagen normal originada con la norma NTSC, aunque presenta cierto parpadeo en el borde, con menos interferencia que la causada por el efecto de transcolor del sistema NTSC. Su relación en circuito es más sencilla y podrá fabricarse con un precio menor. El desarrollo de este convertidor de normas MUSE a 525 líneas da cierto margen a la radiodifusión de TVAD en el sistema de 1.025 líneas que puede recibirse utilizando receptores convencionales de 525 líneas. [CCIR, 1986-90q].

1.5.2 Experimentos y demostraciones de sistemas de radiodifusión por satélite de TVAD

Se ha llevado a cabo un experimento de transmisión por satélite de la señal MUSE para un canal único según la CAMR BS-77 a 12 GHz, utilizando el satélite de radiodifusión japonés en funcionamiento BS-2.

Los parámetros de la modulación y del balance del enlace para la transmisión se indican en los cuadros VI y VII.

En estas condiciones se obtuvo, con diámetros de antena de 0,7 a 0,9 m, una C/N de, aproximadamente, 17 dB durante el 99% del mes más desfavorable, en la mayor parte del Japón. Este sistema ha proporcionado una buena calidad de imagen. En el Anexo V al Informe 1075 se indican otros detalles.

El experimento volvió a efectuarse, en siete etapas, de 1987 a 1988 utilizando el satélite de radiodifusión BS-2b en explotación.

Participaron en él los 11 fabricantes japoneses de receptores de televisión así como la NHK. Las señales MUSE se recibían y median en Tokio, Osaka y Nagoya y en las cercanías de estas ciudades.

Todos los receptores de los fabricantes que participaron en el experimento demostraron que podían recibir bien las señales MUSE. Estas se recibieron con poca distorsión de repliegue y poca sobreoscilación. También dieron buenos resultados las pruebas de la conmutación del modo sonoro controlado por códigos.

Las pruebas arrojaron unas relaciones C/N en recepción de 17 a 21 dB en condiciones de atmósfera despejada, valores que correspondían o eran superiores al límite de percepción de la degradación debida al ruido. Las relaciones S/N de la señal de banda de base demodulada en los sintonizadores coincidieron casi con los valores teóricos (C/N + 11,9 dB).

La proporción de bits erróneos (BER) de las señales de sonido/datos digitales fue de 10^{-3} o mejor con una relación C/N de 10 dB. Se las midió en una condición de C/N deliberadamente baja con un atenuador insertado después de la antena receptora. No se observó ninguna degradación extrema de la imagen con esta condición de C/N de 10 dB.

La calidad de la imagen se evaluó como superior a la nota 4 en la escala de 5 notas, utilizando materiales de prueba extraídos de programas de imágenes fijas de TVAD. La evaluación del sonido arrojó la nota 5 en todos los casos.

Se confirmó que los parámetros de modulación empleados en este experimento resultaban adecuados a efectos prácticos.

También se confirmó que el sintonizador del satélite de radiodifusión directa utilizado para la recepción de televisión clásica podía utilizarse también para la de TVAD, con pequeñas modificaciones.

Una nueva demostración tuvo lugar en Japón en 1987 utilizando el actual satélite BS-2b mediante la compartición en el tiempo con la actual transmisión del servicio de radiodifusión de televisión convencional, y otra se realizó en Canadá y Estados Unidos en octubre de 1987 empleando los satélites de comunicaciones Anik-C y RCA-K1, con transmisión de la señal a siete ciudades.

Entre los programas difundidos por TVAD, el evento más interesante fueron los Juegos Olímpicos de Seúl de 1988. Las ceremonias de inauguración y clausura se transmitieron en directo mediante el satélite BS-2b, retransmitiéndose los programas de TVAD desde Seúl (Corea) hacia el Japón a través de INTELSAT. Otros eventos deportivos se grabaron en cinta magnética y se difundieron también por TVAD a través del satélite BS-2b el día siguiente. La duración total de estos programas fue de 73 horas y 20 minutos, en el transcurso de 17 días.

Las emisiones se recibieron con antenas parabólicas de 75 a 160 cm de diámetro, según el sitio, y las imágenes se mostraron en 81 localidades de todo el territorio del Japón, en grandes almacenes o sitios públicos mediante 205 equipos de visualización de diferentes tipos. En total, unos 3,7 millones de personas observaron estos programas de TVAD, quedando impresionadas por el realismo con que ésta presentaba los juegos.

CUADRO VI

Parámetros de la modulación en el sistema MUSE
como complemento del cuadro II

Modulación de la señal de sonido y de datos	Multiplexación MIC ternaria en el periodo de supresión de trama
Polaridad de la modulación de frecuencia	Positiva
Componente continua	Se conserva
Características de la preacentuación	Acentuación no lineal
Dispersión de energía (kHz)	Forma de onda triangular en sincronismo con la trama

CUADRO VII

Balance del enlace en la transmisión MUSE
sistema 1125/60

Frecuencia	(GHz)	12
Tipo de modulación		MF
Anchura de banda equivalente de radiofrecuencia	(MHz)	27
C/N (excedida durante el 99% del mes más desfavorable)	(dB)	17,0
S/N no ponderado	(dB)	39,0
Factor de calidad G/T	(dB(K ⁻¹))	16,0
Densidad de flujo de potencia necesaria (extremo del haz excedida durante el 99% del mes más desfavorable)	(dBW/m ²)	-110,5
Atenuación en el espacio libre	(dB)	205,6
Atenuación debida a la lluvia	(dB)	2,0
Absorción atmosférica	(dB)	0,1
Contribución al ruido del enlace de conexión	(dB)	0,3
Factor correspondiente al extremo de la zona de cobertura	(dB)	3,0
p.i.r.e. requerida en el satélite (centro del haz)	(dBW)	57,7
Anchura del haz de la antena del satélite (a -3 dB)	(grados)	1,3 x 1,8
Ganancia de la antena del satélite (centro del haz)	(dBi)	40,0
Pérdidas (alimentador, filtros, etc.)	(dB)	2,3
Potencia necesaria en el TOP	(dBW)	20,0
	(W)	100

En [CCIR, 1986-90r] se describe el sistema de emisión compatible D2-HD-MAC. Este documento informa sobre las transmisiones efectuadas con el satélite francés Telecom 1C durante la demostración de la IBC, en septiembre de 1988. Se describen el multiplexor, el demultiplexor y las transmisiones por satélite del sistema D2-HD-MAC/paquetes. Además, el documento da la estructura del multiplex de datos en el que la velocidad binaria disponible para los datos de la asistencia digital es de 1,164 Mbit/s. Se examinan un interfaz 656+, la sincronización, el filtrado de Nyquist, la presentación no lineal y la desacentuación.

En [CCIR, 1986-90s] se resumen las investigaciones técnicas sobre la radiodifusión por satélite HD-MAC en un canal de 27 MHz del Plan de la CAMR-77 en 12 GHz. Los resultados se han obtenido con la primera cadena experimental de TVAD en el marco del proyecto europeo TVAD EUREKA 95.

La mayoría de las pruebas se han realizado con un simulador de satélite.

También se han realizado en Francia, utilizando el satélite TDF-1 de RDS experimentos de transmisión D2-HD-MAC a través de un satélite real. La señal D2-HD-MAC/paquetes se envió a la estación terrena del TDF-1 por medio de un enlace de microondas MF con 14 saltos. La señal se captó en una estación receptora disponible en el comercio con una antena parabólica de 55 cm. El factor de ruido del convertidor SHF era igual a unos 2 dB.

En cuanto al efecto de ruido en la señal decodificada (banda de base), la degradación de la imagen se evaluó mediante el simulador de satélite para diferentes valores de la relación C/N en una anchura de banda de 27 MHz. Las pruebas se han realizado sólo con imágenes fijas y con el algoritmo 88, bien en el modo estático (rama de 80 ms) o en el modo movimiento (rama de 20 ms). Se utilizó el método de la UER con observadores no expertos, como se describe en la Recomendación 500. Los resultados obtenidos se indican en la fig.10. Las líneas de trazos indican el intervalo de confianza (5%) de los resultados medios (línea continua) obtenidos con 15 observadores. La C/N medida era igual a 21 dB en una anchura de banda de 27 MHz, lo que corresponde en el caso de la señal HD-MAC a un grado mejor que 4,5 de la escala de degradación.

Con el satélite francés TDF-1 puede obtenerse una C/N de recepción de 17 dB durante el 99% del mes más desfavorable en toda la cobertura nacional, con antena receptora de 55 cm. Por tanto, puede recibirse una señal HD-MAC de excelente calidad con una pequeña antena receptora que utilice un canal de 12 GHz de la CAMR.

En [CCIR, 1986-90t] se trata de la conformidad de la señal HD-MAC con relaciones de protección para el servicio de radiodifusión por satélite en la banda de 12 GHz.

Las mediciones de los niveles de interferencia en el primer canal adyacente (+/- 19,18 MHz) y cocanal, que dan una degradación apenas perceptible a la vista, se han realizado con las dos configuraciones siguientes:

- a) Interferencia de HD-MAC con HD-MAC.
- b) Interferencia de HD-MAC con el sistema de referencia de la CAMR-77 (SECAM con una subportadora de sonido).

De esas pruebas pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- a) Cuando la señal deseada es la señal de referencia de la CAMR, las relaciones de protección mínimas requeridas de la CAMR-77 se satisfacen con un margen mayor de 9 dB. La señal HD-MAC no es más crítica que una señal MAC convencional.
- b) En el Plan de radiodifusión de la CAMR-77 pueden coexistir dos señales HD-MAC.

Del 25 de agosto al 3 de septiembre de 1989, el público en general tuvo la posibilidad de contemplar transmisiones en directo de televisión de alta definición HD-MAC procedentes del Pabellón Eureka-95, de la Internationale Funkausstellung (IFA'89), de Berlín Occidental. La señal se recibió por medio de antenas parabólicas individuales y, por ser compatible, pudieron verla los propietarios de receptores D2-MAC en gran parte de Europa.

Después de pasar por el codificador de reducción de anchura de banda (BRE), la señal vídeo fue multiplexada en el tiempo con la señal audio/datos en los formatos de señal D2-MAC y D-MAC. (En el caso de la señal D-MAC, ésta fue introducida en un simulador de satélite y pasó después a los decodificadores.) La señal HD-MAC se transmitió por un enlace digital de 140 Mbit/s a un enlace de conexión móvil de satélite presente en las instalaciones de la exposición. También se utilizó a veces un enlace IF paralelo de 70 MHz. De allí la señal se transmitió al satélite DFS-Kopernicus. Esta señal podía recibirse dentro de la zona del haz de Kopernicus, que es un satélite de telecomunicaciones de potencia media.

La señal se recibió también en la estación terrena de Usingen, desde la que se retransmitió de nuevo a los satélites TDF-1 y TVSAT-2 de Francia y República Federal de Alemania, respectivamente. Tanto el TDF-1 como el TVSAT-2 son auténticos satélites de radiodifusión directa por satélite. La señal pudo recibirse en la totalidad de Francia y República Federal de Alemania, y fuera de estos países conforme a la zona del haz.

En el curso del periodo de presentación se efectuó también un experimento de tres saltos, en el que la señal del TVSAT-2 fue recibida en Francia y enviada después al satélite TDF-1.

En la IFA'89 en Berlín Occidental, la señal HD-MAC fue recibida por medio de antenas parabólicas de 90 cm y 1,5 m, puesto que Berlín se halla fuera de la zona del haz básica del satélite TDF-1. En el pabellón Eureka, el receptor de satélite, el demultiplexor y los decodificadores de reducción de anchura de banda proporcionaron la señal de salida de alta definición (AD) reconstruida para las diversas pantallas de alta definición [CCIR, 1986-90u].

Resumen y conclusiones

Se ha determinado que existen técnicas para la radiodifusión de TVAD por satélite en diversas frecuencias hasta unos 23 GHz. Existen varias posibilidades, que se han estudiado detenidamente. Dichas técnicas se aplican a la reducción de la anchura de banda, la codificación del canal, la multiplexión, la modulación y la recepción. La tecnología necesaria para llevar a efecto estas técnicas existe ya, y la relacionada con el satélite existe también (como ocurre en el caso de la banda de 12 GHz) o se espera conseguirla en el transcurso de los 10 próximos años si se necesitan niveles de potencia elevados a 23 GHz.

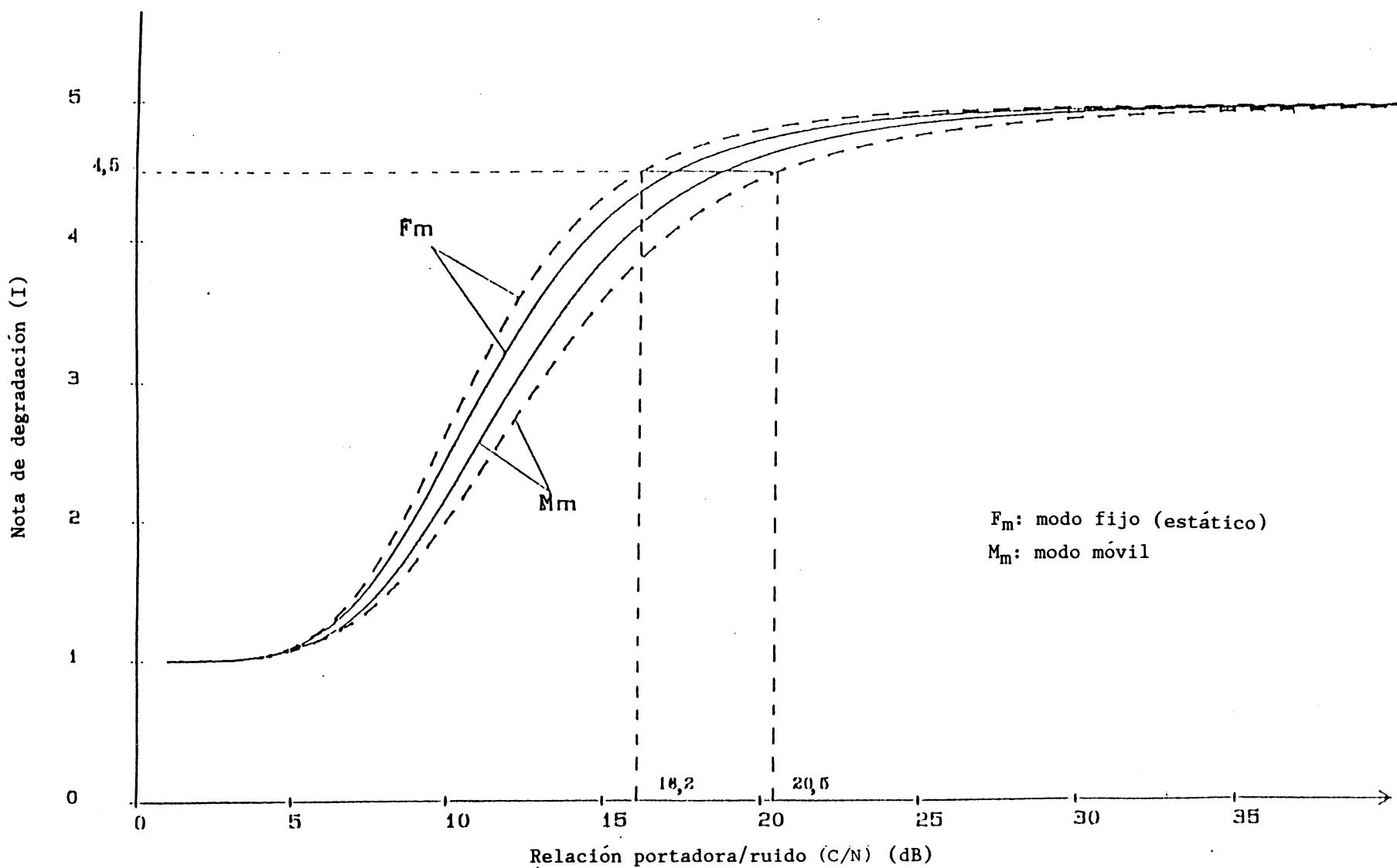


FIGURA 10-Grado de degradación de la señal de imagen HD-MAC en función de la relación C/N en 27 MHz

Se ha constatado que los parámetros de RF y la compartición pueden imponer limitaciones al formato de emisión. No obstante, ni las características de los sistemas de radiodifusión por satélite ni la sensibilidad de éstos a la interferencia deberán restringir directamente las características de la norma de estudio que ha de utilizarse en la fuente del material radiofónico. Aun así la definición de dicha norma de estudio debiera preceder a la de cualquier norma subsidiaria, a fin de poder reducir al mínimo la degradación de la señal y los costes de la conversión.

Las bandas de 12 GHz han sido planificadas para la radiodifusión por satélite a base de una anchura del radiocanal de 24 MHz en la Región 2 y de 27 MHz en las Regiones 1 y 3. Para poder transmitir TVAD por estos canales, es preciso reducir la anchura de banda de las señales de la fuente mediante un extenso procesamiento de la señal. Dos sistemas de banda de RF estrecha (MUSE y HD-MAC) ofrecen una compresión de la señal de este tipo, a costa de cierta mengua de la resolución en las zonas de movimiento de la imagen. Toda norma de estudio de TVAD debiera permitir la aplicación de técnicas de compresión del tipo descrito en el presente Informe.

En cuanto a la radiodifusión por satélite de un servicio de TVAD de carácter mundial, con banda de RF más ancha, capaz de ofrecer una calidad cercana a la de la norma de estudio, la CAMR ORB-88 reconoció que se necesitaría una nueva banda de frecuencias; como la anchura de banda del radiocanal que ha de emplearse para difundir una señal de TVAD de banda de RF ancha no está todavía determinada, existe flexibilidad en cuanto a los parámetros del sistema. Quiere decir que no haría falta imponer ninguna restricción específica a la norma de estudio de TVAD para permitir la emisión por satélite en dicha banda. Con todo, es preferible especificar la norma de estudio de TVAD antes de establecer la norma mundial de radiodifusión por satélite que la CAMR ORB-88 consideró deseable.

Se han determinado las técnicas que permitirán la radiodifusión de TVAD por satélite. Estas técnicas se aplican mediante una tecnología que existe ya en lo tocante a la reducción de la anchura de banda, la modulación y la recepción. En particular, los estudios de los sistemas MUSE y HD-MAC efectuados en Japón y Europa respectivamente, han permitido crear la tecnología necesaria para la cadena completa entre el estudio y el receptor. Se han construido sistemas y se han hecho demostraciones con los mismos, y en el proceso se ha tenido en cuenta ya la posibilidad de reducir el coste, con miras a la fabricación del equipo del consumidor; así pues, es necesario normalizar cuanto antes los formatos de estudio, de producción y de emisión. En lo tocante a la radiodifusión en frecuencias de hasta 23 GHz, la tecnología del satélite no sería un factor limitativo en la elección de una norma de emisión, y por consiguiente tampoco afectará a la elección de la norma de estudio.

El CCIR considera necesario continuar el estudio de los parámetros técnicos en RF y de emisión, incluidas la modulación, la codificación del canal y la multiplexión de las emisiones de TVAD por satélite. Es preciso realizar nuevos estudios para determinar:

- i) los parámetros del sistema para la transmisión por satélite de televisión de alta definición analógica y digital con banda de RF ancha;
- ii) las características de propagación en las bandas adecuadas para la transmisión de televisión de alta definición con banda de RF ancha;
- iii) la compartición e interferencia entre servicios y dentro de un mismo servicio, así como la compartición interregional.

Se espera que estos estudios permitan alcanzar resultados definitivos antes del fin del próximo periodo de estudios del CCIR.

Emisiones terrenales de TVAD, incluida la distribución por cable2.1 Introducción

La mayoría de los consumidores mundiales de la radiodifusión de televisión reciben la señal por radiodifusión terrenal. La adopción generalizada de la televisión de alta definición dependerá, para muchas administraciones, de la posibilidad de un acceso inmediato del consumidor a las transmisiones terrenales.

La tarea de recomendar normas de emisión de TVAD es difícil debido a la diversidad de estrategias en las distintas partes del mundo en que la transmisión por satélite, la emisión terrenal y la distribución por cable tienen necesidades y prioridades distintas. Los fundamentos básicos para las normas de emisión de TVAD son:

- el número de normas de emisión debe ser limitado;
- MA-BLV es uno de los tipos de modulación preferidos con relación al ahorro de anchura de banda;
- sería conveniente que las normas de TVAD para transmisión terrenal y por cable fueran similares;
- las redes existentes no deben resultar afectadas por la introducción de la TVAD;
- conviene mantener la compatibilidad del receptor, del canal o de la banda base;
- al proponer la norma de la señal de TVAD debe tenerse en cuenta la cadena completa estudio-satélite/transmisor-cable-receptor.

2.2 Enfoque de la TVAD en un entorno NTCS

En los Estados Unidos de América, la industria de la televisión tiene el objetivo de mantener la inversión del público en el equipo de televisión actual durante un periodo de transición para la TVAD. Un objetivo adicional es mantener la diversidad de los medios de distribución de la televisión.

Mediante un experimento llevado a cabo durante tres semanas en Washington, D.C., en enero de 1987, se ha demostrado la posibilidad de efectuar radiodifusión terrenal de TVAD. Dicho experimento forma parte de un proyecto continuo llevado a cabo por segmentos de la industria de la radiodifusión en Estados Unidos de América para desarrollar un sistema de radiodifusión terrenal de TVAD. Se demostró que los programas podían distribuirse a los televidentes utilizando dos canales de televisión contiguos de 6 MHz, en la banda de ondas decimétricas mediante un sistema convencional MA-BLV.

De forma adicional se demostró también, durante el mismo periodo, la posibilidad de efectuar radiodifusión terrenal de TVAD utilizando MF en la banda de 13 GHz. En este proyecto se hizo uso del sistema MUSE.

En Japón, para los sistemas actuales NTSC de 6 MHz, se están estudiando los sistemas compatibles de canales de 9 y 12 MHz y se han efectuado experimentos utilizando las redes actuales de cable.

En 1987 se constituyó en Canadá un Comité Mixto de la industria y el gobierno denominado The Canadian Advanced Broadcast Systems Committee (CABSC) con el fin de disponer de un foro nacional donde abordar la evolución tecnológica a medio y a largo plazo que puede afectar a la radiodifusión y otros servicios conexos. Las actividades del Comité se han centrado hasta ahora en examinar la elaboración de normas y las estrategias de aplicación para la radiodifusión de TVAD, abordando en particular la distribución de TVAD por radiodifusión terrenal y por cable. En particular, esas actividades han comprendido:

- La caracterización de canales radioeléctricos y de cable para la transmisión de la señal de banda ancha (12 MHz) mediante un programa de mediciones en instalaciones seleccionadas.
- La elaboración de procedimientos para la prueba subjetiva de sistemas de TVA proponentes como preparación para realizar la prueba y la evaluación. Se prevé que las pruebas comiencen en el segundo trimestre de 1990.
- La realización de estudios sobre el espectro, centrándose en el espectro de TV por ondas métricas y decimétricas, para determinar si la radiodifusión terrenal de TVA puede acomodarse debidamente en esas bandas y evaluar los efectos que puede tener la TVA sobre las operaciones NTSC existentes [CCIR, 1986-90v].

2.2.1 Situación actual en Estados Unidos de América de la distribución de televisión

La mayoría de los telespectadores de Estados Unidos disponen de programas de televisión de distracción e información en sus hogares por todos los medios de distribución. Actualmente hay aproximadamente 89 millones de hogares que pueden recibir, con más de 160 millones de receptores de televisión que reciben las transmisiones de televisión ofrecidas por 1060 estaciones comerciales y 342 estaciones no comerciales. Se distribuyen casi igualmente entre las bandas de ondas métricas y decimétricas, (668 estaciones en las primeras y 734 en las segundas).

2.2.2 Enfoques para la distribución de TVAD a los telespectadores

En Estados Unidos, hay acuerdo [CCIR, 1986-90w] en cuanto a que la introducción de la TVAD no debe afectar desfavorablemente al carácter singular de la industria de televisión. Para lograr esta meta, ha de darse a la radiodifusión terrenal la oportunidad de competir con los otros métodos de distribución de programas de televisión. Este objetivo fundamental se reafirma en la Decisión Provisional de 1 de septiembre de 1988 y en el Informe ulterior (Notice of Inquiry) de la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) de Estados Unidos, que incluye las conclusiones provisionales siguientes:

- la utilización de técnicas de televisión avanzada (TVA) para la radiodifusión terrenal redundará en beneficio del público;
- de forma provisional, concluye que los beneficios de esta tecnología pueden llegar más rápidamente al público si se permite a las entidades de radiodifusión implantar la TVA;
- toda capacidad de espectro necesaria para la radiodifusión terrenal de la TVA debe obtenerse del espectro atribuido actualmente a la televisión de radiodifusión terrenal (en ondas métricas y decimétricas);

- determina que el servicio actual para los telespectadores que utilizan receptores NTSC debe continuar, con independencia de la forma en que se preste el servicio de TVA, al menos durante un periodo de transición. Esto puede lograrse transmitiendo señales de TVA que puedan recibirse directamente en los receptores NTSC o mediante una transmisión simultánea de señales NTSC y TVA incompatibles por canales separados;
- no se autorizarán los sistemas que requieran más de 6 MHz para la radiodifusión de una señal no compatible con los receptores NTSC [CCIR, 1986-90x];
- considera que es de interés para el público no retrasar la introducción independiente de la TVA en otros servicios o en los medios distintos de la radiodifusión, pero la FCC se muestra sensible a los beneficios de la compatibilidad entre el equipo asociado a los diversos métodos de difusión de las imágenes.

2.2.3 Espectro para las opciones de TVA

2.2.3.1 Estudios en Estados Unidos de América

Para la radiodifusión terrenal, en Estados Unidos de América las investigaciones se centran actualmente en cuatro opciones:

- A) la utilización de un solo canal de 6 MHz compatible con la NTSC;
- B) la utilización de un solo canal de 6 MHz compatible con la NTSC y de un canal adicional de otros 3 MHz, no necesariamente contiguo con el canal de 6 MHz, para cursar información que aumente la del canal de base al generar la imagen de TVAD, en los receptores correspondientes;
- C) la misma que la B), excepto en que canal adicional es de 6 MHz [CCIR, 1986-90w];
- D) se otorgará a cada entidad de radiodifusión terrenal una banda de frecuencia adicional de 6 MHz para una transmisión simultánea de señal TVA no compatible.

En Estados Unidos de América se han efectuado estudios [CCIR, 1986-90y] para determinar la disponibilidad de espectro bajo distintas condiciones.

Se efectuaron análisis utilizando un programa de computador especialmente desarrollado al efecto que permite el examen de canales en condiciones diversas. Los estudios suponen que los avances en la tecnología de difusión del servicio de TVA pueden permitir que las separaciones mínimas entre las estaciones de TVA sean menores que las que se requieren actualmente. Se han pasado por alto los canales con restricciones en ondas decimétricas*. Se han observado únicamente las distancias de separación necesarias para reducir la interferencia cocanal y de canal adyacente.

* Los canales con restricciones en ondas decimétricas corresponden a: intermodulación, modulación-cruzada y frecuencia intermedia mitad (canales $n \pm 2$, 3 y 4), oscilador local (canales $n \pm 7$), batido de frecuencia intermedia (canales $n \pm 8$), sonido imagen (canales $n \pm 14$), imagen de la señal de video (canales $n \pm 15$).

También se ha de reconocer que los estudios tienen un carácter preliminar. Por ejemplo, no se han considerado los efectos de utilizar emplazamientos alternativos para la radiodifusión de señales de TVA o el apantallamiento del terreno, o la reducción de potencia como forma de aplicar la TVA en el 100% de las estaciones.

Se efectuaron análisis por computador para determinar el número de estaciones que pueden asignarse para las situaciones siguientes:

- a) en los casos en que puede asignarse un espectro contiguo (de 6 MHz y de 3 MHz);
- b) en los casos en que pueden asignarse estaciones de ondas decimétricas o métricas (las estaciones de ondas métricas aumentadas en ondas decimétricas y viceversa; sin preferencia por el espectro contiguo);
- c) la misma que b), pero siendo el espectro lo más contiguo posible;
- d) con el espectro lo más contiguo posible.

Los mejores resultados se encontraron en el caso b). Mostraron que puede preverse para el 100% (96%) de todas las estaciones existentes un suplemento de 3 MHz (6 MHz) (no contiguo) si se reduce la distancia mínima de separación cocanal para las estaciones de TVA a 160 km. Por otra parte, si se mantienen las separaciones actuales (249 - 353 km), los porcentajes serían de 77% para el caso de 3 MHz y de 60% para el caso de 6 MHz. Para una misma zona de servicio, estos resultados implican la necesidad de un sistema que requiera una relación de protección considerablemente menor que la del sistema NTSC.

En [CCIR, 1986-90z] se informa sobre los progresos más recientes en la introducción de servicios de televisión avanzada (TVA) en Estados Unidos de América. Los nuevos estudios han ignorado la protección de canal adyacente así como los canales con restricciones en ondas decimétricas. También se ha determinado que el mejor método en lo que respecta al espectro para acomodar sistemas TVA que necesitan una banda adicional de 6 MHz tiene las siguientes características:

- 1) el espectro adicional no es necesariamente contiguo,
- 2) los sistemas TVAD para las emisiones terrenales tienen que poder funcionar con separaciones menores que las actuales.

Las indicaciones preliminares señalan que el 99,7% de todas las estaciones de TV actuales pueden adaptarse para una separación mínima cocanal de 160 km (100 millas). En [CCIR, 1986-90z] se describen diversos procedimientos que están siendo investigados en los Estados Unidos de América acerca de la modificación o eliminación de las actuales restricciones en ondas decimétricas del sistema NTSC:

- 1) cambios en el diseño del receptor;
- 2) cambio de las separaciones mínimas de los transmisores;
- 3) cambios en el sistema de transmisión.

En el cuadro VIII se presenta un ejemplo de un sistema propuesto en el que se tienen en cuenta las restricciones en ondas decimétricas, es decir, el sistema de TVAD de espectro compatible. Se indican las relaciones de protección "señal deseada/no deseada" para interferencia apenas perceptible producida por una señal TVAD en un receptor NTSC.

CUADRO VIII - Relaciones de protección señal deseada/no deseada

Cocanal	+14 a +6 dB
Canal adyacente ($n \pm 1$)	-30 dB
Intermodulación ($n \pm 2, n \pm 3, n - 4$)	-40 dB
Frecuencia intermedia mitad ($n + 4$)	-30 dB
Batido de frecuencia intermedia ($n \pm 7, n \pm 8$)	-45 dB
Sonido/imagen ($n + 14$)	-45 dB
Imagen de la señal de video ($n + 15$)	-45 dB

Nota 1. Nivel de la señal deseada: -45 dBm.

Nota 2. Basado en mediciones de siete receptores de televisión representativos del conjunto de los receptores existentes.

Este sistema de transmisión simultánea (simulcast) a 6 MHz [Rypkema, 1989] consigue su resistencia a la interferencia en el entorno NTSC mediante:

- 1) la utilización de parámetros de barrido de transmisión idénticos a los de NTSC (lo que ofrece la ventaja de una protección completa en el mismo canal gracias al desplazamiento de precisión de la portadora);
- 2) la transmisión de las señales de sincronización, los canales audio, el nivel medio de CC y las componentes de baja frecuencia de la señal de luminancia por técnicas digitales durante el intervalo de supresión de trama vertical (lo que reduce considerablemente la incidencia y visibilidad de la interferencia lineal y no lineal);
- 3) el filtrado temporal del codificador y del decodificador (lo que reduce la redundancia de campo a campo y la visibilidad de la interferencia);
- 4) la compresión-expansión no lineal de las componentes de luminancia y crominancia (lo que mejora la relación señal/ruido aparente de la señal TVA y reduce la visibilidad de la interferencia en la recepción TVA); y
- 5) el filtrado de dispersión de las componentes analógicas de imagen (dispersando así los picos de señal correspondientes a las transiciones de los bordes para reducir la visibilidad de la interferencia) [CCIR, 1986-90aa].

2.2.3.2 Estudios de espectro para TVA en Canadá

Se han realizado en Canadá estudios preliminares sobre el espectro, teniendo en cuenta sistemas de emisión TVA de tipo B (es decir, 6 MHz compatible con la NTSC + canal adicional de 3 MHz) y, en menor medida sistemas de tipo D (es decir, sistemas de 6 MHz con transmisión simultánea TVA). Todos los estudios se efectuaron para emplazamientos de la Zona 1 definida como el corredor entre la ciudad de Quebec y Windsor, y comprenden la frontera entre Canadá y Estados Unidos. Esta zona corresponde a la región de espectro más congestionado en Canadá. A continuación se resumen las principales hipótesis hechas en los estudios y los resultados generales obtenidos [CCIR, 1986-90v].

Hipótesis del sistema TVA de tipo B

Se hicieron varios estudios de planificación de ese tipo de sistema TVA, con el fin de evaluar la capacidad de más espacio para canales adicionales. El principal estudio se basó en las siguientes hipótesis generales:

- Relaciones de protección cocanal en función de las relaciones de intensidad de campo deseada/no deseada (D/ND) entre canales adicionales y canales NTSC de 14 dB, para el desplazamiento sin precisión, y 7 dB, para el desplazamiento con precisión, en comparación con una D/ND de 18 dB (para el desplazamiento sin precisión) utilizada en el plan de adjudicación nacional vigente.
- Se utilizó una serie reducida de canales "tabú"^{*} en la banda de ondas decimétricas para el canal adicional de 3 MHz. Suponiendo que el canal adicional no tuviera una portadora de sonido separada y que se utilizara un formato de modulación MA con portadora suprimida, sólo se tomaron en consideración canales con restricciones 1, 4 y 15.

Resultados preliminares

Con todas las asignaciones y adjudicaciones existentes retenidas y protegidas en Canadá y a través de la frontera con Estados Unidos no sería posible proporcionar un número suficiente de canales adicionales en 3 MHz para satisfacer todas las asignaciones y adjudicaciones canadienses.

Suponiendo que se suprimieran todas las adjudicaciones canadienses no utilizadas en ubicaciones de crecimiento cero (es decir, sin asignaciones hasta ahora), casi todas las asignaciones (es decir, estaciones existentes) podrían acomodarse con canales adicionales de 3 MHz. Sin embargo, de esa manera se sacrifica el futuro crecimiento, sobre todo en las zonas más grandes, donde han de utilizarse algunas o todas las adjudicaciones no utilizadas para proporcionar canales adicionales a las estaciones existentes. Además, varias estaciones de televisión de baja potencia sin protección habrían de dejar de operar en zonas donde se utilizan mucho. Esos sacrificios podrían resultar demasiado grandes para ser aceptables. Se necesitan nuevos estudios en regiones del país donde se utilizan considerablemente estaciones de baja potencia, para evaluar los efectos que podrían tener sobre el servicio existente los sistemas TVA adicionales de 3 MHz.

Con el condicionamiento de que el canal de 3 MHz ha de ser adyacente al canal NTSC deseado (es decir, contiguo), los resultados indican que, en la mayoría de los lugares, no sería posible hallar el suficiente número de canales adicionales contiguos de 3 MHz para acomodar siquiera las asignaciones existentes.

* Los canales con restricciones en ondas decimétricas tenidos en cuenta en el plan de adjudicaciones nacionales son los canales ± 1 , ± 2 , ± 3 , ± 4 , ± 7 , ± 14 y ± 15 adyacentes al deseado.

Sistema TVA de tipo D

Se ha realizado un estudio preliminar con el fin de conocer la disponibilidad del espectro para sistemas de transmisión de TVA no compatibles con receptores NTSC que ocupan canales de 6 MHz, en el supuesto de que esos sistemas puedan operar con separaciones entre canales iguales a las separaciones de primer canal adyacente existente (NTSC) y no interferir con la NTSC. Además, se ha supuesto que podrían descartarse todos los condicionamientos de canales con restricciones existentes.

Los primeros estudios indican que es bastante probable que puedan hallarse canales TVA de 6 MHz para acomodar las asignaciones y adjudicaciones en ondas métricas y decimétricas existentes. Sin embargo, se requieren nuevos estudios para comprobar esta conclusión.

2.2.4 Sistemas propuestos [CCIR, 1986-90y]

En el cuadro IX se indican los sistemas de TVA propuestos para consideración en las distintas categorías:

CUADRO IX

Espectro de ondas métricas/decimétricas requerido	Tecnología	Comentarios	Número de proponentes
6 MHz	"Compatible NTSC"	El aparato TV NTSC presenta la señal de TVA como una señal NTSC. El aparato de TVA sirve para visualizar programas TVA o programas NTSC	7
9 MHz	Norma NTSC + Aumento de 3 MHz	El aparato de TV NTSC visualiza la parte de norma NTSC de la señal. El aparato de TVA visualizaría los programas TVA o NTSC	4
	"No Compatible" (1)	El aparato de TV NTSC requiere convertidor para visualizar el programa NTSC o el TVA. El aparato de TVA visualizaría cualquiera de los dos programas	2
12 MHz	Norma NTSC + Aumento de 6 MHz	El aparato TV NTSC visualiza únicamente la parte de norma NTSC de la señal. El aparato de TVA visualiza los programas TVA o NTSC	4
	"SIMULCAST" Norma NTSC + 6 MHz "No Compatible"	El aparato TV NTSC visualiza únicamente el programa NTSC. El aparato de TVA puede recibir programas TVA y programas NTSC	3

(1) No permitida para la radiodifusión terrenal por decisión preliminar de FCC.

En Estados Unidos se han propuesto diversos sistemas de transmisión terrenal, por cable y de radiodifusión por satélite para la TVAD. Algunas organizaciones han propuesto más de un sistema. Un artículo [Hopkins y Davies, 1989] ofrece información sobre estas propuestas y describe las actividades de los Comités participantes en América del Norte. En el cuadro X se ofrece un resumen en inglés de los sistemas presentados al FCC, en noviembre de 1988.

CUADRO X
Resumen de los sistemas propuestos al Comité asesor de la FCC

AVE	BTA	DSRC		DEL	FAR	MRS	EBC			MIT		NTIT	NAP		CCS	PS	GTV	SA	ZEN	
		ACTV I	ACTV II				REUSE 6	REUSE 9	MARCH 12	RC	CC		NO MAC	NO NTSC						
SPECTRUM CATEGORY	A	A	A	C	A	A	A	B	B	A	B	B/C	*	B	C	A	A	*	D	
RF BANDWIDTH (MHz)	6	6	6	12	6	6	6	6	9	12	6	12	9/12	*	9	12	6	6	*	12
H-RESOLUTION (TVL/PH)	660	NTSC	400	600	660	330	NTSC	422	422	568	300	675	750	495	495	7	7	NTSC	534/612	
V-RESOLUTION (TVL/PH)	660	NTSC	480	800	650	400	NTSC	690	690	650	600	762	900	480	480	7	7	NTSC	480/720	
FULL DIAGONAL RESOLUTION	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	YES	NO	?	?	NO	NO	
FULL TEMPORAL RESOLUTION	NO	YES	NO	NO	NO	YES	YES	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	?	?	YES	NO	
WIDE SCREEN	YES	NO	YES	YES	YES	NO	NO	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	NO	YES	YES	
INTEGRATED SIDE PANELS	NO	N/A	NO	NO	YES	N/A	N/A	TES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	NO	N/A	YES	N/A	YES	
SEPARATE COLOR	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	YES	NO	YES	NO	YES	NO	NO	?	NO	YES	
FIELD STORE REQUIRED	YES	NO	YES	YES	YES	YES	NO	YES	YES	YES	YES	YES	YES	OPT	OPT	YES	?	NO	YES	

E/A - NOT APPLICABLE ? - NOT SPECIFIED

ORGANIZATIONS PROPOSING SYSTEMS										SPECTRUM CATEGORY OF PROPOSED SYSTEMS									
AVE	AVELEX	ETIT	NEW YORK INSTITUTE OF TECHNOLOGY	BAP	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
BTA	BROADCASTING TECHNOLOGY ASSOCIATION	DSRC	DAVID SARNOFF RESEARCH CENTER	CCS	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
DEL	DEL REY GROUP	FAR	FARLOJA LABORATORIES	PS	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
MRS	MICHAEL RESOLUTION SCIENCES	MRC	JAPAN BROADCASTING CORPORATION	GTV	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
MIT	MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY	MIT	MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY	SA	ZEN	ZENITH ELECTRONICS CORPORATION	ZEN	ZENITH ELECTRONICS CORPORATION	ZEN	ZENITH ELECTRONICS CORPORATION	ZEN	ZENITH ELECTRONICS CORPORATION	ZEN	ZENITH ELECTRONICS CORPORATION	ZEN	ZENITH ELECTRONICS CORPORATION	ZEN	ZENITH ELECTRONICS CORPORATION	ZEN

A = 6 MHz NTSC COMPATIBLE
B = 6 MHz NTSC + 3 MHz AUGMENTATION SIGNAL
C = 6 MHz NTSC + 6 MHz AUGMENTATION SIGNAL
D = SIMULCAST (6 MHz NTSC IN ONE CHANNEL, 6 MHz NON-COMPATIBLE SELF-CONTAINED AT&T SIGNAL IN SECOND CHANNEL)
E = SATELLITE DESIGN, REQUIRES ONE TRANSPONDER

November 1988

2.3 Enfoque utilizando el sistema HD-MAC

El sistema HD-MAC se ha propuesto para la distribución por satélite por cable y terrenal.

Se ha estudiado la posibilidad de suministrar TVAD por radiodifusión terrenal, basada en el uso de señales HD-MAC [CCIR, 1986-90ab]. Las características de la señal MAC permiten el uso de canales de ondas métricas y decimétricas con modulación de amplitud que ofrecen la posibilidad de desarrollar un servicio de televisión de alta definición sobre la base de tecnologías ya disponibles. Además, si la señal de televisión de alta definición posee características en la banda de base tales que las bajas frecuencias del espectro son idénticas a las de la señal MAC existente, será posible la compatibilidad entre los dos tipos de servicios: D o D2-MAC/paquetes y televisión de alta definición. Hasta ahora las normas de paquetes D o D2-MAC ofrecen un camino evolutivo. La evolución se caracteriza como "compatible", dado que la primera generación de receptores D o D2-MAC/paquetes estará en condiciones de interpretar la parte inferior del espectro como la de una señal que se ajusta a la norma D o D2-MAC/paquetes existente. Debido a la existencia de una base instalada de decodificadores D o D2-MAC/paquetes (dotados de entradas de banda de base y SRS) prevista para la radiodifusión por satélite a 12 GHz, esta compatibilidad hará posible, desde los comienzos de la radiodifusión de programas de televisión de alta definición, llegar a un amplio público, lo que permitirá un crecimiento gradual de las ventas de receptores sin poner en peligro la economía del sistema.



Sobre la base de experimentos anteriores relativos a un canal con MA de banda lateral vestigial en ondas decimétricas con señales D2-MAC/paquetes y simulaciones de su empleo se informa que es posible una emisión de TVAD (HD-MAC) compatible con los decodificadores D o D2-MAC/paquetes en un canal de banda lateral residual MA terrenal con una anchura total de 12 MHz para permitir un filtrado de Nyquist de la banda de base en torno a 10,125 MHz, ya sea para complemento digital o para video.

En ocasión de la exposición IFA'89 (Berlín Occidental) se inyectó una señal HD-MAC en una red de cable, en un canal de 12 MHz, utilizando la modulación MA/BLR. La red privada de cable conectaba los locales de exposición. La señal se envió como una señal analógica de banda de base a la cabeza del cable utilizando un enlace de fibra óptica. Además, la cabeza de cable recibió también la señal HD-MAC transmitida de los satélites TDF-1 y TVSAT-2 [CCIR, 1986-90u].

2.3.1 Sistemas MA/BLV

Los siguientes parámetros son el resultado de estudios realizados y de las primeras mediciones efectuadas de transmisión por cable [CCIR, 1986-90ac].

2.3.1.1 Filtrado de Nyquist de la portadora de visión en el transmisor

El sistema para las señales HD-MAC es compatible con el sistema D2/D-MAC de 625 líneas.

Anchura de canal: 12 MHz

Tipo de modulación: Modulación de amplitud en banda lateral vestigial (MA/BLV)

Filtrado de Nyquist: Portadora de visión \pm 500 kHz en el transmisor

Polaridad del sistema de modulación: Idéntica a la existente en D2/D-MAC

Niveles de modulación:	Negativo	Positivo
------------------------	----------	----------

Señal de video	nivel de blanco	10%	100%
	nivel de negro	100%	10%
	nivel de fijación	55%	55%

Señal de datos	"1"	19%
	"1"	91%
	"0"	55%

Tipo de detección del receptor: Síncrona

Característica de fase: Lineal en el transmisor y en el receptor

Si el filtrado de Nyquist se desplaza del receptor al transmisor se puede lograr una mejora de hasta 5 dB en las relaciones S/N y señal/interferencia.

Se comprobó con éxito el funcionamiento de un sistema con filtrado de Nyquist en el transmisor para la distribución por cable.

2.3.1.2 Filtrado de Nyquist de la portadora de vídeo en el receptor

Los mismos parámetros que en el punto 2.3.1.1 excepto

Filtrado de Nyquist: portadora de visión \pm 750 kHz en el receptor.

2.3.2 Sistemas MF/BLV

En estudio.

2.4 Otros sistemas en desarrollo

En [CCIR, 1986-90ad] "Sistemas de transmisión de TVAD", se describe un sistema de transmisión monocanal con una conversión intermedia (descendente) de varias líneas y con una modulación reflejada, propuesta por la URSS, donde se está estudiando".

2.5 Relaciones de protección

Como se entiende que las redes actuales no deberían verse afectadas por la introducción de los nuevos sistemas de TVAD, las relaciones de protección no deben exceder de las que actualmente se utilizan (Recomendación 655). Cabe prever que las relaciones de protección necesarias para la mayoría de los sistemas de TVAD no sean mayores debido a la estructura que se ha previsto para las señales de TVAD, por ejemplo en lo referente a la ausencia de impulsos normales de sincronismo.

En la actualidad no se dispone de valores de relación de protección para sistemas de TVAD afectados por sistemas de TVAD o de TV convencionales. Para el caso de sistemas de televisión convencionales afectados por emisiones de TVAD sólo se dispone de información limitada. Se necesita realizar más medidas. Estas medidas deben efectuarse con receptores de tipo "moderno". El término "receptor moderno" depende de la vida útil del receptor de televisión a partir de la fecha de introducción de la TVAD en los distintos países. Los sistemas de transmisión por cable que utilizan funcionamiento de canal adyacente requieren relaciones de protección más estrictas que las que figuran en la Recomendación 655. Para este caso especial debe definirse un nuevo tipo de interferencia continua que aparece el 100% del tiempo. La mayor parte de la interferencia sobre cable se encuentra presente el 100% del tiempo.

Cuando en los sistemas por cable se hace uso del funcionamiento por canal adyacente aparece interferencia durante el 100% del tiempo. En tales sistemas, entre canales adyacentes se permite una diferencia en el nivel de la señal de aproximadamente 3 dB y entre canales de imagen de 6 dB. La interferencia debe limitarse a un cierto grado de degradación.

3. Entorno de distribución multimedia

Cuando se normalizó e introdujo la televisión clásica, hace muchos decenios, la radiodifusión terrenal era el único medio que podía utilizarse para llevar el servicio a los hogares. Por ende, los formatos de emisión se optimizaron para dicho medio y los receptores de televisiones se concibieron para la recepción radioeléctrica.

Hoy en día pueden utilizarse numerosos medios de difusión/distribución en paralelo con la radiodifusión terrenal clásica para transmitir programas de televisión a los hogares.

La diversidad de medios de radiodifusión/distribución que van a coexistir y que se utilizarán para transmitir televisión a los hogares es muy grande:

- radiodifusión terrenal;
- radiodifusión por satélite;
- distribución por cable ("TVCA");
- distribución multipunto y multicanal (DMP MC);
- distribución por fibra óptica (análogica y digital);
- distribución pregrabada (magnetoscopios + videocasetes, videodiscos).

La mayoría de los medios de difusión/distribución podrían llegar a utilizarse para distribuir TVAD a los hogares.

Esta diversidad de medios irá sin duda en aumento. Por lo pronto, los sistemas actuales de radiodifusión de televisión terrenal tendrán que seguir existiendo durante un periodo considerable y, además, los sistemas de televisión de mayor definición actuales y futuros tendrán también que coexistir durante cierto tiempo. Esta diversidad, entrañará la existencia de numerosos interfaces entre los medios, conforme se ve en la Figura 11.

Esta diversidad podría dificultar la conversión a partir de una norma de estudio/producción de TVAD así como la conversión de un formato a otro. La consecuencia inevitable sería un coste y complejidad mayores del sistema y del receptor, o una degradación de la calidad de la imagen, o una combinación de ambas cosas.

Pero al elaborar estas nuevas normas de difusión/distribución de TVAD es preciso tener en cuenta, no sólo este entorno multimedios, sino también las características y posibilidades que ofrece cada uno de los medios en cuestión a la hora de elegir los formatos, a fin de que estos formatos puedan convertirse fácilmente de un medio a otro y al mismo tiempo permitan utilizar cada medio de entrega de la manera más eficaz posible y reduzcan al mínimo la complejidad del receptor.

Como los diferentes medios de entrega tienen capacidades espectrales distintas y sufren degradaciones diferentes en el canal de transmisión, se utilizarán tipos de modulación distintos, y la optimización del canal de transmisión hará que la calidad de señal y la capacidad de servicio (por ejemplo, número de canales de audio) de unos medios sean mayores que las de otros. Esto podría llevar al establecimiento de una jerarquía de formatos de emisión conexos, optimizados para los diferentes medios que hayan de utilizarlos.

Con una jerarquía así, la conversión entre las diferentes normas de transmisión resultaría fácil, y se podría generar una representación común de la señal en banda de base, lo que permitiría utilizar un procesamiento en banda de base común en el receptor. Un ejemplo del uso de un formato de banda de base común es el sistema HD-MAC elaborado dentro del marco del programa europeo de cooperación Eureka 95. En los sistemas de radiodifusión por satélite, de radiodifusión terrenal, de cable y de fibra óptica, así como en los magnetoscopios domésticos y en los sistemas de comunicación, puede utilizarse una misma señal de banda de base. Como se ve en la Figura 11 (interfaz F.1), la representación en banda de base común permitiría el empleo en común de dispositivos complejos como el procesador de imagen, el procesador de sonido y los circuitos de control, independientemente del medio por el que se reciba la señal.

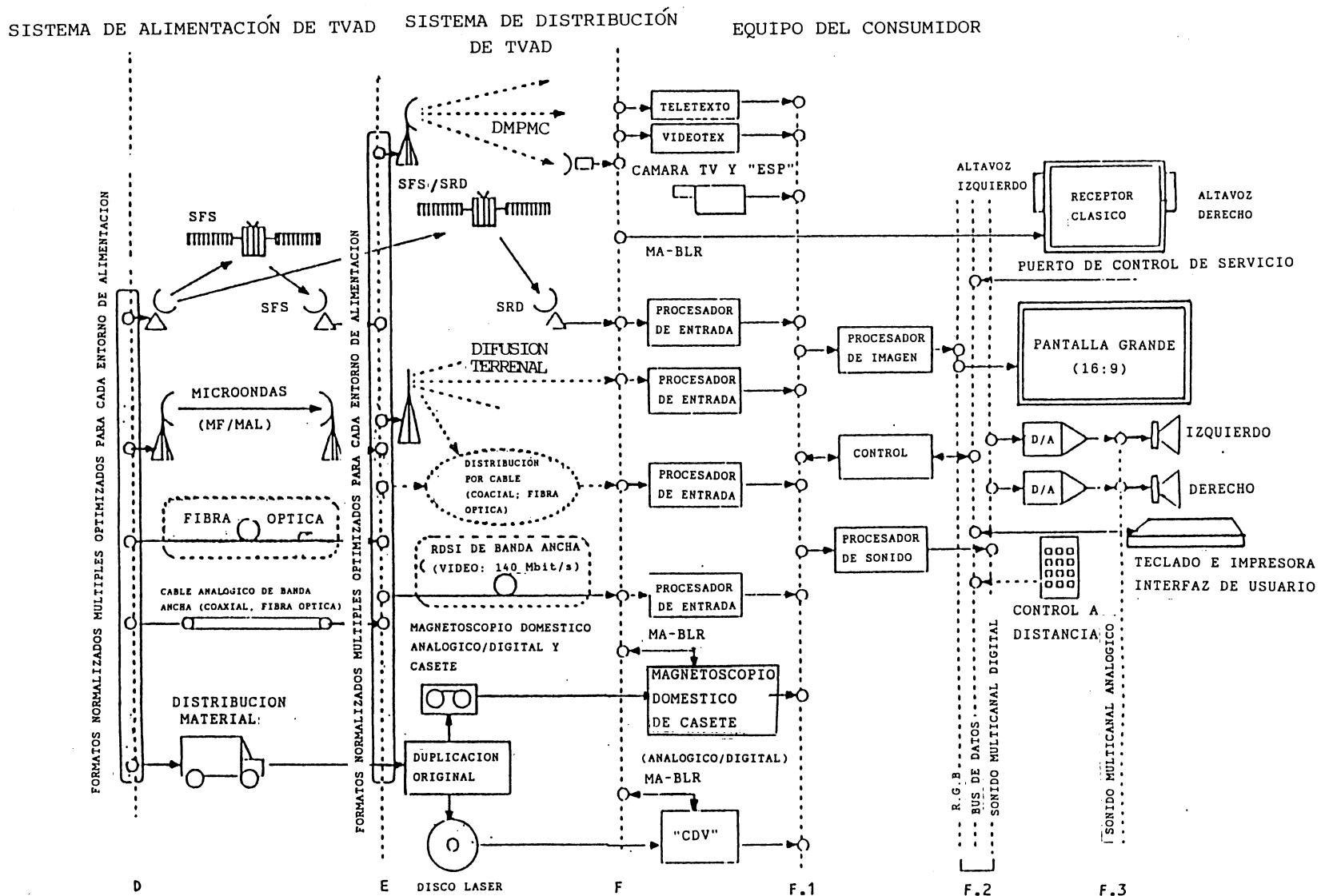


FIGURA 11- Arquitectura del sistema de televisión de alta definición

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LA PARTE 7

- ARRAGON, J.P. y otros [1988] Instrumentation of a compatible HD-MAC coding system using DATV. IEE Conference Publication N° 293. International Broadcasting Convention (IBC 88), Brighton, Reino Unido.
- HOPKINS, R. y DAVIES, K.P. [Septiembre 1989] - Development of HDTV Emission Systems in North America. IEEE Transactions on Broadcasting.
- HURAULT, J.P., ARRAGON, J.P. - Development of advanced HDMAC coding algorithms. Philips Francia. IEE Conference Publication N° 293. 1988 International Broadcasting Convention (IBC 88) Brighton, Reino Unido.
- NINOMIYA, Y. y otros, [julio 1987] - Concept of the MUSE system and its protocol. NHK Lab. Note No 348.
- PELE, D., CHOQUET, B. - Estimation if apparent motion fields in HDMAC. CCETT Francia. IEE Conference Publication N° 293. 1988 International Broadcasting Convention (IBC 88) Brighton, Reino Unido.
- RYPKEMA, J.N [agosto 1989] - Spectrum and interference issues in ATV. IEEE Transaction on Consumer Electronics, Vol. 35, N° 3, páginas 170 a 177.
- SANDBANK, C.P. et STONE, M.A. [1987] The role of DATV in future television emission and reception, 3rd International Colloquium on Advanced Television Systems, Ottawa, Canadá.
- STOREY, R., [1986] HDTV motion adaptive bandwidth reduction using DATV. BBC, Reino Unido. IEE Conference Publication N° 268.
- VREESWIJK, F.W.P. y otros - HDMAC coding of high definition television signals. Philips, Países Bajos, Francia y Reino Unido. IEE Conference Publication N° 293. 1988 International Broadcasting Convention (IBC 88), Brighton, Reino Unido.

Documentos del CCIR

- [1986-1990]: a. GIT 11/6 - 1029 (UER); b. GIT 11/6 - 1025 (Japón); c. GIT 11/6 - 1019 (Canadá); d. GIT 11/6 - 1040 (UER); e. 11/580 (Japón); f. 11/578 (Japón); g. 11/579 (Japón); h. GIT 11/6 - 2013 (Países Bajos); i. GIT 11/6 - 2086 (Francia, Países Bajos, Reino Unido); k. GIT 11/6 - 2096 (Francia); l. GIT 11/6 - 1063 Reino Unido); m. 11/508 Thomson-CSF); n. GIT 11/6 - 3032 (Japón); o. 11/356 (España); p. 11/346 (UER); q. 11/587 (Japón); r. GIT 11/6 - 2062 (Francia); s. GIT 11/6 - 2098 (Francia); t. GIT 11/6 - 2097 (Francia); u. 11/547 (Bélgica y otros); v. 11/561 (Canadá); w. GIT 11/6 - 2019(Rev.1) (EE.UU); x. GIT 11/6 - 2016(Rev.1) (EE.UU); y. GIT 11/6 - 2021 (EE.UU); z. GIT 11/6 - 2085 (EE.UU); aa. 11/555 (EE.UU); ab. 11/15 (Francia); ac. GIT 11/5-89/9 (Presidente del GIT 11/5); ad. 11/344 (URSS).

PARTE 8 - RADIODIFUSIÓN DE DATOS EN UN ENTORNO TVAD

En sus estudios sobre radiodifusión de datos en la TVAD, el GITM 10-11/5 reconoció que convenía armonizar el mejoramiento de la imagen vídeo con el mejoramiento equilibrado de las componentes de sonido y datos [CCIR, 1986-90a]. Este mejoramiento permitiría la evolución de los actuales servicios de teletexto hacia la utilización de características de presentación más sofisticadas (geométricas, fotográficas, juegos de caracteres dinámicamente redefinibles (DRCS)), nuevos formatos de pantalla (es decir, 80 caracteres por línea y formato de imagen amplio), señal de sonido adicional, datos para procesos y nuevas aplicaciones.

En [CCIR, 1986-90b] se señala que es necesario estudiar las necesidades de capacidad de los servicios de radiodifusión de datos y radiofonía al mismo tiempo que se elabora el formato de emisión de HDTV, y adoptar una estructura de múltiplex digital que permita la reatribución flexible de la capacidad para servicios de sonido o de datos [Chouinard, 1987]. En el documento se indica también que es necesario estudiar las necesidades de acceso condicional para imagen, sonido y datos.

En los puntos 7.1.2.3 y 7.1.2.4 del presente Informe se indica también que es necesario atribuir a los servicios de datos una capacidad de transmisión adecuada y adoptar un múltiplex digital flexible, así como prever el acceso condicional.

El examen de un múltiplex digital flexible para diferentes servicios de datos requeriría el estudio de las características de un receptor inteligente que permitiese la interconexión con un computador personal, según se indica en [CCIR, 1986-90a, b], para conseguir una explotación óptima de los recursos del servicio.

El [CCIR, 1986-90c] se propone un planteamiento para la inserción de servicios de radiodifusión de datos en el sistema HD-MAC, cuyas características básicas figuran en el [CCIR, 1986-90d]. La opinión expresada en el documento mencionado es que la utilización del intervalo de supresión de trama de las señales HD-MAC para los datos de DATV permite utilizar únicamente dos líneas por trama para los servicios de radiodifusión de datos. Esta capacidad reducida debe asignarse al subtitulado multilingüe, mientras que el teletexto debe enviarse a través del múltiplex sonido digital/paquetes de datos en las versiones D y D2. Para asegurar una continuidad total del servicio en la evolución desde el sistema D/D2-MAC/paquetes [CCIR, 1988] al HD-MAC, los servicios de teletexto deben ir en el múltiplex sonido digital/datos, desde el inicio de la transmisión MAC/paquetes. Deben por tanto desarrollarse decodificadores de teletexto con capacidad de recibir datos del intervalo de supresión de trama y del múltiplex de paquetes digitales.

En [CCIR, 1986-90e] se llama la atención sobre unas necesidades idénticas para la radiodifusión de datos en el contexto de la HD-MAC, a saber: la necesidad de conseguir una flexibilidad máxima en la gestión de la capacidad global (por ejemplo, compartiendo la capacidad); la coexistencia de diversos servicios de datos en cada subcuadro (incluso a velocidades binarias diferentes, por ejemplo, 10,125 Mbit/s y 20,25 Mbit/s); y un buen aprovechamiento de los receptores de TVAD dando la máxima prioridad a los datos de TVAD.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LA PARTE 8

CHOUINARD , G. [octubre, 1987] - Broadcasting of HDTV: Beyond the vision signal, HDTV'87 Colloquium, Ottawa, Canada.

CCIR. Publicación especial del CCIR [1988], "Sistemas de transmisión para el servicio de radiodifusión por satélite

Documentos del CCIR

[1986-1990]: a. 11/353 (GITM 10-11/5); b. 11/349 (Canadá); c. 10-11/5 - 42 (Italia); d. 11/288 (Bélgica y otros); e. GIT 10-11/5 - 64 (Francia).

PARTE 9 - TRANSMISIÓN DE TVAD PARA EL INTERCAMBIO INTERNACIONAL DE PROGRAMAS***1. Introducción**

Esta sección trata la transmisión de TVAD. Una parte trata la transmisión por satélite de TVAD y la otra la transmisión terrenal de TVAD. El trabajo futuro en este campo tendrá que ser coordinado con la CMTT.

2. Transmisión por satélite de la TVAD

Las transmisiones de TVAD a larga distancia, tales como las que es posible realizar mediante satélites, son fundamentales para el intercambio y la distribución internacionales de programas. Ya se han efectuado demostraciones sobre dicha posibilidad y el tema continúa en estudio.

2.1 Transmisión MF

En el Coloquio Internacional de 1987 sobre TVAD celebrado en Ottawa (Canadá) se complementaron los documentos y seminarios con una amplia serie de demostraciones, de radiodifusión de material en directo y grabado en cinta magnética utilizando la técnica MUSE-E por satélite, televisión por cable, cable, fibra óptica y disco óptico. Las demostraciones incluyeron también transmisiones entre estudios de TVAD utilizando la reciente técnica MUSE-T con un transpondedor de 54 MHz del satélite canadiense ANIK-C. Después del Coloquio, el equipo MUSE-E y un transpondedor de 27 MHz del satélite ANIK-C se utilizaron durante dos semanas para la radiodifusión pública nacional e internacional de TVAD para fines de demostración e investigación. Se incluyeron tres emplazamientos de Canadá y cuatro de los Estados Unidos, con lo que se presentó la TVAD a más de 100.000 personas [CCIR, 1986-90a].

Se ha efectuado una demostración de la HD-MAC con ocasión de la IBC, en 1988.

Las señales, procedentes de magnetoscopios y cámaras de TVAD, se transmitieron, previa reducción de la anchura de banda, en forma de señales HD-MAC, por un canal de satélite o un radioenlace de ondas milimétricas y se decodificaron y presentaron en forma de imágenes de TVAD.

Además, las señales HD-MAC se presentaron en receptores D2-MAC para demostrar su compatibilidad. Durante la presentación se hicieron demostraciones con magnetoscopios y videodiscos compactos HD-MAC.

Se está investigando la realización del sistema HD-MAC en sistemas de cable.

En un sistema de radiodifusión operacional es indispensable contar con circuitos de transmisión de TVAD de larga distancia para el intercambio y la distribución de programas.

Durante la exposición IFA'89 (Berlín Occidental), se estableció una cadena completa de transmisión HD-MAC que comprendía diversas partes, entre ellas satélites (véase la Figura 12). Información más detallada se hallará en el § 1.5.2 de la Parte 7 [CCIR, 1986- 90b].

* En la Recomendación 714 y en el Informe 1231 figura información sobre el intercambio internacional de programas.

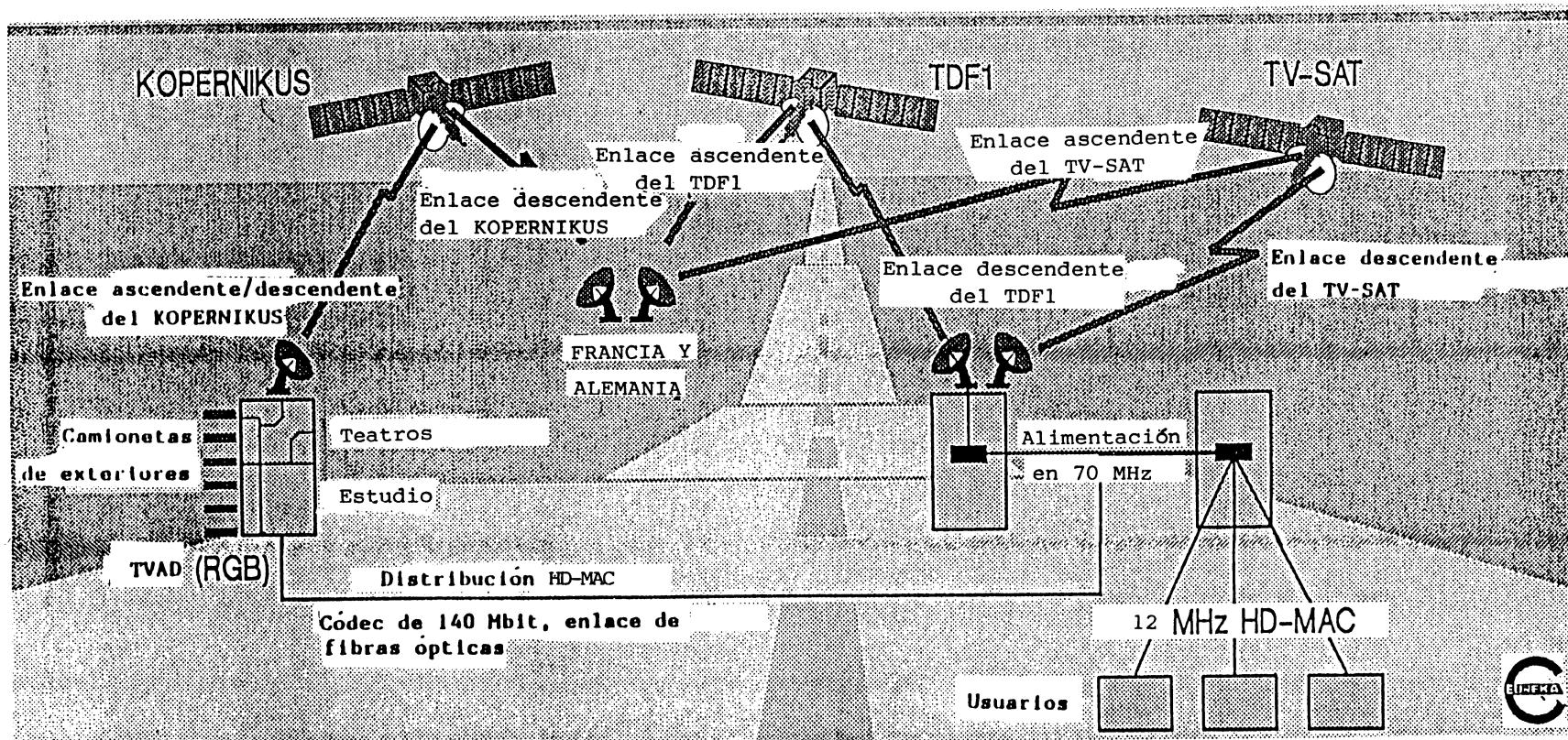


FIGURA 12- Ilustración de la cadena completa de transmisión y emisión HD-MAC, realizada durante la IFA'89 en Berlín Occidental

Al mismo tiempo que los experimentos de emisión con satélites de radiodifusión, en Japón se realizan desde 1987 experimentos de transmisión con satélites de telecomunicaciones y otros medios. En función de los resultados de estos experimentos, en 1988 se efectuaron transmisiones internacionales de Japón a Australia mediante tres enlaces por satélite, y de la República de Corea a Japón mediante dos enlaces por satélite. Aunque los repetidores de satélite tenían anchuras de banda RF diferentes, se transmitieron de extremo a extremo señales MUSE con modulación de frecuencia, de 27 MHz de anchura de banda, con interfaces en frecuencia intermedia entre los diferentes segmentos de esta transmisión multimedios y de varios saltos, a fin de eliminar la degradación causada por los procesos de modulación y demodulación.

Para corregir las características tanto en frecuencia intermedia como en la banda de base, se tomaron precauciones especiales con respecto a la distorsión de la forma de onda. Las distorsiones acumuladas de amplitud y de retardo de grupo en FI se igualaron en el extremo receptor, y la igualación en banda de base se efectuó con un igualador en el codificador MUSE. Los coeficientes de las tomas, calculados a partir de la señal impulsiva de prueba en el intervalo de supresión vertical medido en el extremo receptor, se enviaban hacia atrás por un circuito telefónico. Además de esta igualación se efectuaba una igualación final mediante un igualador automático en el decodificador.

En julio de 1988 se efectuaron transmisiones experimentales de varios saltos entre Japón y Australia, utilizando primero el satélite CS-2b (6/4 GHz) en Japón, luego el INTELSAT-V (F-1, 6/4 GHz) con Australia, seguido de un último salto por satélite a través del AUSSAT K2 (14/12 GHz) y, finalmente por dos radioenlaces terrenales en la banda de 42 GHz (véase la Figura 13). La relación C/N medida de la sección completa de modulación/demodulación fue de 17,6 dB, cifra casi idéntica al valor calculado de 17,3 dB. Las características generales de frecuencia medidas en FI después de la igualación mostraron una variación de amplitud de 0,5 dB cresta a cresta y un retardo de grupo de 10 ns cresta a cresta. No se midió ninguna degradación en la señal audio con codificación MICD en el intervalo de supresión vertical porque la relación C/N global era alta (17,6 dB). Se obtuvieron unas características de transmisión de la forma de onda satisfactorias gracias a la igualación en FI y en banda de base.

Los principales programas de los Juegos Olímpicos de Seúl celebrados en septiembre de 1988 se transmitieron de la República de Corea a Japón en forma de TVAD. Los programas de TVAD se codificaban según el sistema MUSE y se modulaban en frecuencia en el Centro de radiodifusión internacional, se transmitían por cable coaxial hacia la estación terrena y, a través del satélite INTELSAT-V (F-1, 14/11 GHz) hacia el Centro de radiodifusión de la NHK en Yoyogi (Tokio) o la estación terrena de Yamaguchi de la KDD, lo que aseguraba una diversidad en el espacio. Las señales FI recibidas se aplicaban al transmisor del enlace de conexión del satélite BS-2 para su distribución a 81 puntos de recepción del Japón (véase la Figura 14). Otras señales de TVAD, procedentes de un magnetoscopio instalado en el Centro de radiodifusión, se codificaban según el sistema MUSE, se modulaban y se enviaban a la estación terrena de la NTT, que las transmitía a través del satélite CS-3 (30/20 GHz) hacia siete estaciones terrenas de NTT, desde las que se distribuían por un radioenlace de microondas transportable (11 GHz), hacia los sitios de demostración de TVAD.

La relación C/N global después de dos transmisiones en tandem entre Corea y Japón, medida en el receptor de radiodifusión por satélite con una antena de 75 cm de diámetro, fue de 17,9 dB; el valor calculado era 18,3 dB. Las características generales de frecuencia en FI después de la igualación presentaban una variación de amplitud de 0,5 dB cresta a cresta y un retardo de grupo de 5 ns cresta a cresta. Se obtuvieron también unas características de transmisión de la forma de onda satisfactorias después de la igualación.

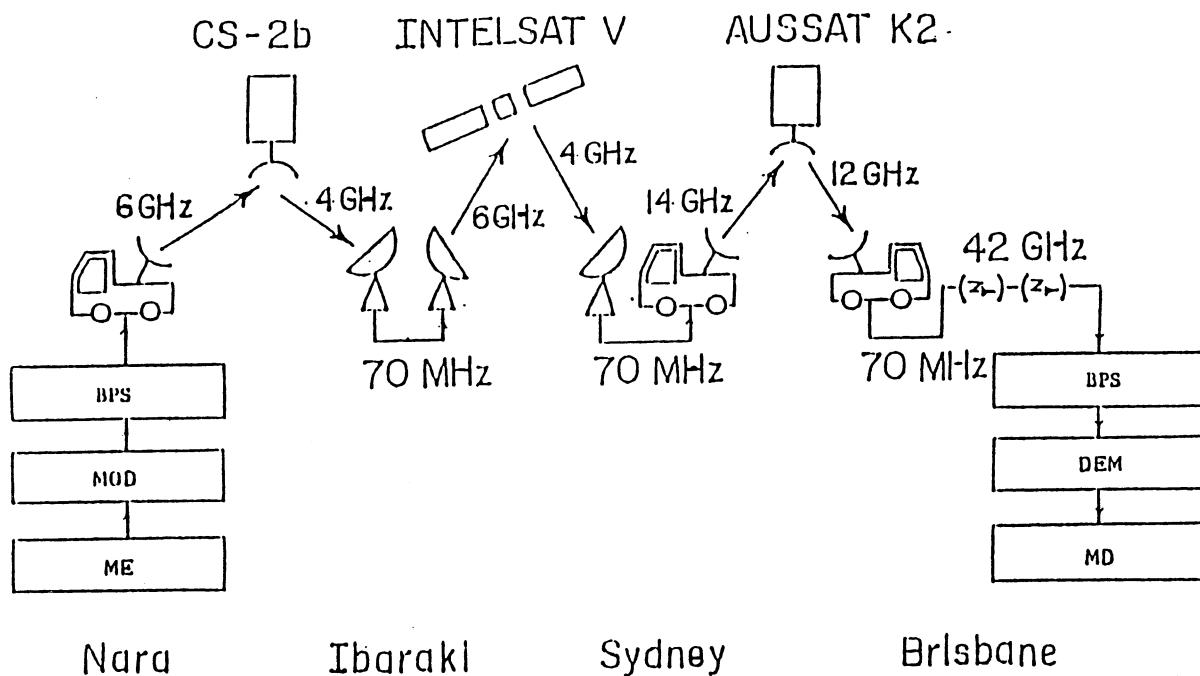


FIGURA 13- Configuración del sistema para la transmisión de Japón a Australia

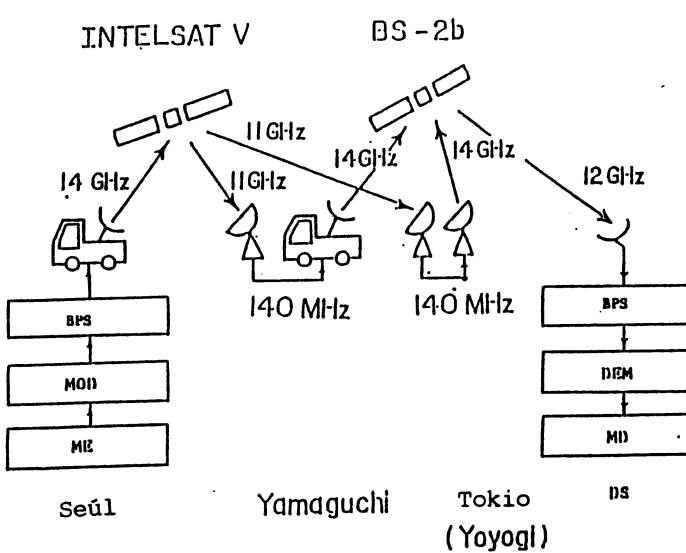


FIGURA 14- Configuración del sistema para la transmisión de Corea a Japón

Legend:
 ME : Codificador MUSE
 MOD: Modulador MF
 BPS: Filtro pasobanda de 27 MHz
 DEM: Demodulador MF
 MD : Decodificador MUSE
 DS : 81 emplazamientos de demostración

Estos experimentos confirmaron la posibilidad de efectuar transmisiones de señales de TVAD a larga distancia y por medios mixtos mediante conexiones nacionales e internacionales.

2.2 Transmisión digital

El Grupo Interino de Trabajo 11/7 informa en el [CCIR, 1986-90c] sobre estudios que indican que las técnicas de reducción de la velocidad binaria (MICD, TCD) utilizadas actualmente para la televisión convencional pueden ser adecuadas para la TVAD, y se ha desarrollado un sistema a 140 Mbit/s basado en una fuente de tipo 1125/60/2:1. Se ha desarrollado también un códec a 140 Mbit/s para señales HD-MAC. Se examinan los diferentes requisitos de redes de contribución y de distribución.

Además, en [CCIR, 1986-90d] se expone que las investigaciones realizadas en el Grupo Interino de Trabajo 11/7 ponen de manifiesto la existencia de diversas técnicas de reducción de la velocidad binaria que permitirán efectuar la transmisión de TVAD digital a unos 140 Mbit/s. Los trabajos prácticos actualmente en curso en códecs para el nivel 4:2:2 de la Recomendación 601 deberán proporcionar más información al respecto. Cabe esperar que las decisiones definitivas en cuanto a los métodos normalizados dependan de los parámetros digitales elegidos para el estudio y para el intercambio internacional de programas de TVAD.

Se ha propuesto insertar un nuevo punto "3.1 Métodos de reducción de la velocidad binaria para señales de TVAD" en el Informe 1089, basado en Contribuciones recibidas por el GIT 11/7 [CCIR, 1986-90e].

Los principios de codificación de la reducción de anchura debanda HD-MAC se describen en [CCIR, 1986-90f]. Según éstos, se optimiza HD-MAC para permitir la introducción de servicios de TVAD en los canales aprobados en la CAMR de Radiodifusión de 1977. Se utiliza la televisión asistida digitalmente y la codificación con múltiples derivaciones. La selección del sistema se basó en el resultado de evaluaciones subjetivas.

En [CCIR, 1986-90g] se describe diferentes sistemas de transmisión MUSE digital con codificación MIC o MICD y velocidades binarias de 135 Mbit/s y 100 Mbit/s, respectivamente.

Cuando el MUSE es el sistema de destino, la transmisión digital de la señal MUSE por enlaces de distribución tiene ventajas respecto a los enlaces de contribución, que en caso contrario pueden optimizarse.

Se desarrolló un códec con reducción de la velocidad binaria para TVAD. Puede transmitir señales TVAD de 1.125 líneas/60 Hz a 97,728 Mbit/s, que es la velocidad binaria del cuarto nivel en la jerarquía digital japonesa. Este códec también se puede aplicar para la codificación a la velocidad del canal H4 (unos 135 Mbit/s) para la RDSI de banda ancha. Utiliza prefiltrado adaptable para reducir el ruido, codificación por extrapolación e interpolación con predicción adaptable intracampo/intertrama, y codificación de longitud de palabra variable [Yashima y Sawada, 1987; Sawada y Yashima, 1988; Yashima y Sawada, 1989; CCIR, 1986-90h].

Se demostró la transmisión de TVAD a 97,728 Mbit/s utilizando un prototipo de este códec para reducción de la velocidad binaria y líneas de transmisión reales de fibra óptica. Las señales de la banda de base de TVAD utilizadas fueron las señales componentes de Y, P_R y P_B con anchuras de banda de 20 MHz, 7 MHz y 7 MHz respectivamente [Yashima y Sawada, 1989; CCIR 1986-90h].

En [CCIR, 1986-90i] se describe un sistema de codificación de la TVAD a 120/140 Mbit/s, realizado en circuito para aplicaciones prácticas. Este sistema está diseñado para transmitir señales de TVAD a través de los transpondedores de 72 MHz de anchura de banda del satélite INTELSAT, o por un cable de fibra óptica de jerarquía AD. Las técnicas principales de reducción de la velocidad binaria empleadas son:

- eliminación de intervalos de supresión y procesamiento en líneas alternadas para componentes de dos colores;
- un submuestreo Nyquist 1/2 con una estructura de línea descentrada; y
- una codificación MICD interior a la trama con un filtro de conformación de ruido adaptable y un cuantificador adaptable.

Aunque el sistema MUSE se ha desarrollado para la transmisión analógica, la mayoría de los procesamientos de la señal en el sistema se realizan en forma digital y se adaptan fácilmente a la transmisión digital. En el sistema MUSE se utiliza ya una técnica de submuestreo en el dominio del tiempo pero no se efectúa aún la compresión de la información de amplitud, y puede ser aplicable para nuevos procesamientos en la transmisión digital.

2.3 Interfaz de transmisión

En muchos casos se emplearán enlaces de varios medios diferentes en la cadena que va del originador del programa al espectador final. Por ejemplo, una cadena nacional de televisión podría recibir un programa por redes de cable coaxial o de fibra óptica o por sistemas de los servicios fijo y fijo por satélite, y distribuirlos luego a sus estaciones de televisión por el mismo sistema o incluso por sistemas diferentes, de cable, del servicio fijo o del servicio fijo por satélite, para su difusión por medios terrenales.

Siquiera los sistemas de radiodifusión por satélite podrían recibir su material de programación de una diversidad de fuentes como las mencionadas más arriba y, en el caso del modo de recepción comunal, podrían distribuirlo de muy diversas maneras más allá de la estación terrena del servicio de radiodifusión por satélite.

Las conexiones de esta naturaleza entrañan interfaces, es decir, sitios de conexión de formatos. Para que la conversión sea posible deberán conocerse las características de los formatos, y para que la misma resulte fácil y produzca una degradación mínima de la calidad de la imagen, los formatos deberán elaborarse en forma de un conjunto unificado.

Se puede dar un ejemplo concreto de los interfaces que se necesitarán en una transmisión por satélite. Se piensa inaugurar en 1990 un servicio de TVAD mediante el satélite BS-3 del Japón.

En esas operaciones podría ser necesario establecer un enlace entre el estudio y el transmisor, con circuitos de transmisión desde la estación local que origine el programa a la estación terrena del satélite BS-3. En dichos circuitos podría utilizarse el sistema MUSE, el formato de TVAD para las emisiones del BS-3, pero también podrían utilizarse formatos diferentes.

Para la transmisión MUSE se han considerado dos formatos MIC y uno MICDA.

Un método MIC codifica las señales de video, sonido y control según el formato MUSE. Tiene 8 bits/muestra para las señales de luminancia y de diferencia de color y requiere una velocidad binaria neta de aproximadamente 117 Mbit/s. El segundo formato MIC, más sencillo pero menos eficaz, tiene también 8 bits/muestra y requiere una velocidad binaria neta de aproximadamente 130 Mbit/s. El formato MICDA, con 6 bits/muestra, sólo requeriría unos 88 Mbit/s.

Todos estos formatos podrían incluirse en el nivel H4 de la RDSI (132 Mbit/s como mínimo) con capacidades complementarias variables para la corrección de errores.

Se ha desarrollado [CCIR, 1986-90j] un códec de reducción de velocidad binaria para señales HD-MAC que se adapta al nivel de transmisión H4 de 140 Mbit/s.

En suma, para poder seguir explotando y para ampliar un sistema nacional, regional e internacional de entrega de programas de televisión por diversos medios, es necesario definir interfaces entre estos medios. También es necesario establecer un conjunto jerárquico de formatos de emisión y transmisión, para sacar el mejor partido posible de las diferentes características de cada medio, y a fin también de que pueda convertirse de un formato a otro con degradaciones mínimas y a un coste razonable.

2.4 Periodismo electrónico por satélite

La técnica de periodismo electrónico por satélite (SNG) es un medio para el intercambio internacional de material de programas, y cada vez se realizan más transmisiones de televisión haciendo uso de estas capacidades, en particular en acontecimientos internacionales, como los Juegos Olímpicos. El CCIR está realizando estudios en este campo en el GITM CMTT-4-10-11/1.

El trabajo de este GITM se ha centrado en la preparación de un Informe y una Recomendación. El Informe se ha elaborado teniendo en cuenta las características de los sistemas de televisión en funcionamiento actualmente. Estos sistemas utilizan las capacidades de los satélites de comunicación existentes en las bandas 6/4 y 11/12/14 G.64 situados en la órbita de los satélites geoestacionarios, y cuyas características son perfectamente conocidas. Dichas características han servido de base para redactar un Informe que contiene los requisitos técnicos y de explotación del SNG que abarcan en general la utilización de enlaces ascendentes mediante equipos portátiles y de rápida instalación, que duran desde algunas horas hasta varios días.

Para el SNG se ha venido utilizando el espectro atribuido al servicio fijo por satélite. Al examinar el material que figura en el proyecto de Informe del GITM 10-11/3 a la Reunión Extraordinaria en lo referente al SNG, parece que los puntos siguientes necesitan una nueva evaluación y la modificación consiguiente en el caso de que se utilice TVAD para el SNG.

2.4.1 Balance del enlace

La TVAD necesita más densidad de energía. Las consideraciones sobre el balance del enlace se refieren a una mayor p.i.r.e. del enlace ascendente, a un mayor valor de la relación C/N y, por consiguiente, a una mayor potencia y mayor ganancia de la antena de los satélites y de las estaciones terrenas.

2.4.2 Espectro

Dependiendo del tipo de formato de transmisión elegido para la TVAD y de la calidad, puede ser necesario aumentar la anchura de banda requerida para una transmisión de SNG en TVAD, en comparación con la que se necesita actualmente.

2.4.3 Separación orbital

Un aumento en la densidad de potencia puede traducirse en la imposibilidad de transmitir señales de TVAD mediante satélites que se encuentren próximos en la órbita de los satélites geoestacionarios.

2.4.4 Densidad de la p.i.r.e. fuera del eje

Puede que no sea posible mantener los límites de emisión indicados para las actuales transmisiones del enlace ascendente del SNG.

2.5 Conclusiones

De la norma de estudio podrían derivarse también uno o más formatos de transmisión/emisión estrechamente relacionados entre sí y optimizados para diversos medios de entrega de programas.

La definición de dicha norma de estudio debiera preceder a la de cualquier norma subsidiaria, a fin de poder reducir al mínimo la degradación de la señal y los costes de conversión.

Para poder explotar y ampliar un sistema nacional, regional e internacional de entrega de programas de televisión por diversos medios es necesario definir interfaces entre estos medios. También es necesario establecer un conjunto jerárquico de formatos de transmisión y emisión que permita sacar el mejor partido posible de las diferentes características de cada medio y que haga posible también la conversión de un formato a otro con degradaciones mínimas y a un coste razonable.

También debe exigirse que la conversión entre todos los formatos de esta naturaleza resulte fácil con el fin de reducir el coste y la complejidad de los aparatos domésticos destinados a recibir programas por conducto de diferentes medios de entrega.

3 Transmisión terrenal de la TVAD

3.1 Introducción

Se están registrando grandes avances en la transmisión terrenal de la TVAD. Ello queda ilustrado por los experimentos y desarrollos de diversos formatos de señal de los que se ha venido informando.

3.2 Formatos de señal experimentales para la transmisión de la TVAD

En una señal compuesta multiplexada por división de frecuencia, denominada señal compuesta HLO-PAL (PAL con desplazamiento de media línea – «Half-Line Offset»), la señal subportadora de diferencia de color correspondiente a la señal diferencia de color de banda estrecha (C_r) es adyacente a la señal de luminancia (Y), en tanto que otra señal correspondiente a la señal diferencia de color en banda ancha (C_w) está situada en las inmediaciones de la misma subportadora, con su banda lateral inferior parcialmente entrelazada con la señal de luminancia HLO. Esta señal se ha utilizado ampliamente para pruebas de distribución y transmisión de las señales de TVAD [CCIR, 1982-86a].

En una señal multiplexada por división en el tiempo, denominada señal TCM (multiplexión por compresión en el tiempo – «Time Compression Multiplexing»), se comprimen las señales de diferencia de color y se multiplexan la señal de luminancia y una de las señales de diferencia de color. Por tanto, las señales de diferencia de color se transmiten secuencialmente en línea. La anchura de banda de la señal TCM propuesta para un sistema de 1125 líneas es de 20 MHz [Tsuboi y otros, 1985].

En otra señal multiplexada por división en el tiempo, denominada señal TCI (integración por compresión en el tiempo), existen varias versiones según la disposición simultánea o secuencial de las señales de diferencia de color y las diferentes relaciones de compresión [Fujio y Kubota 1982].

También se ha desarrollado un sistema de conversión de exploración para TVAD con técnicas de adaptación al movimiento, denominado FCFE (mejora de la pureza de conversión de cuadro – «Frame Conversion Fineness Enhance»). Convierte la exploración entrelazada 2 : 1 en exploración progresiva en el receptor. Este dispositivo se considera útil para reducir la anchura de banda requerida para la transmisión de TVAD [CCIR, 1982-86 a, b, c].

Se ha desarrollado un sistema de reducción de anchura de banda, denominado sistema MUSE («Multiple Sub-sampling Encoding» – codificación por submuestreo múltiple), para transmitir señales de TVAD vía satélite utilizando un solo canal en la banda de 12 GHz. La anchura de banda de la señal de banda de base es de 8,1 MHz. El sistema utiliza submuestreo de puntos entrelazados 4 : 1 que emplea desplazamientos intercuadro e intertrama. Puede verse una descripción más general en el Informe 1075.

Se informa que se han utilizado con gran eficacia preacentuación y desacentuación no lineales en la transmisión MF de señales de TVAD [Fujio y Kubota, 1982].

Se ha examinado la transmisión digital [Phillips y Harvey, 1978; CCIR, 1978-82a], y en lo que respecta a la anchura de banda requerida y a la potencia necesaria del transmisor, en el futuro puede resultar competitiva con la transmisión MF analógica.

3.3 Métodos de reducción de la velocidad binaria para la TVAD

3.3.1 Introducción

De conformidad con la Decisión 60, el Grupo Interino de Trabajo 11/7 estudia los aspectos de la transmisión digital de las señales de televisión de alta definición en los cuales la reducción de la velocidad binaria es un proceso indispensable. En la realización de esta tarea se pueden aprovechar los resultados obtenidos de los estudios sobre métodos para el nivel 4:2:2 de la Recomendación 601 que figuran en el Informe 1089 y en los trabajos actualmente disponibles sobre algoritmos de normalización y especificaciones de los códecs para transmisiones a 34, 45 y 140 Mbit/s.

Los estudios están destinados a las redes de contribución y de distribución y en ellos se tiene en cuenta la Decisión 18-6. No siempre es fácil establecer una distinción entre estas aplicaciones. En términos generales, las aplicaciones de contribución son las relacionadas con el tráfico entre estudios que requieren señales de tal fidelidad que pueden someterse al tratamiento en estudio posterior a la producción y al paso por más de una operación de codificación/decodificación digital. Cuando se trata de distribución entre entidades de producción, las señales de video componentes procedentes de una fuente central se codifican para su transmisión. Cuando se trata de la distribución a los telespectadores, la codificación se aplica a señales que ya han sido codificadas en formatos analógicos o digitales, y ello constituye la forma final de entrega a los hogares. Con frecuencia, la elección de la distribución a los telespectadores se verá influenciada por las ventajas económicas que entraña la posibilidad de disponer en el hogar de un decodificador a bajo costo.

En este momento se están estudiando algunas de las técnicas de transmisión utilizadas para la distribución de la programación a las entidades de radiodifusión, por lo que respecta a la calidad suficiente con que deben contar.

3.3.2. Distribución entre entidades de radiodifusión

En [CCIR, 1986-90i] se describe a grandes rasgos un sistema de codificación de TVAD a 120/140 Mbit/s, que ya se ha utilizado en circuitos compactos para aplicaciones prácticas. Puede hallarse más información en la Parte 9, punto 2.2 "Transmisión Digital" dedicada a la transmisión por satélite.

En [CCIR, 1986-90k] se presentan algunos resultados preliminares obtenidos utilizando el algoritmo DCT. Trata de señales de TVAD con los valores de los parámetros propuestos en [CCIR, 1986-90l] que utilizan exploración progresiva y dan como resultado una velocidad binaria de 2 304 Mbit/s. Se hace referencia a la labor intensiva realizada durante el presente Periodo de Estudios para llegar a la especificación de un códec de contribución a 34/45 Mbit/s para las señales digitales tradicionales, según la Recomendación 601. Se afirma que los resultados prometedores obtenidos han inducido a varias organizaciones a aplicar esas técnicas de reducción de la velocidad binaria en las señales de TVAD, planteándose como objetivo los códecs de contribución de TVAD a 140 Mbit/s. Se destaca que puede no ser conveniente efectuar una simple extrapolación de estos resultados, pues: a) se requiere una relación de compresión más alta; b) la exploración progresiva proporciona un contenido de información más abundante, y c) a causa de la velocidad de datos elevada, se deben tener en cuenta las limitaciones concretas de los algoritmos para poder realizar éstos con circuitos compactos.

En algunos proyectos cooperativos que se realizan actualmente en Europa se están llevando a cabo los estudios adicionales requeridos para adaptar los códecs tradicionales a la TVAD. Se realizan simulaciones basadas en el algoritmo de codificación DCT propuesto por el Grupo de Expertos DCT. Aunque es preciso proseguir con los trabajos, se afirma que la ampliación del algoritmo ya ha dado resultados prometedores para los formatos de TVAD de exploración entrelazada y progresiva. Para terminar, en el documento se afirma que el canal de 140 Mb/s puede considerarse un canal posible para la transmisión de TVAD en ambos formatos, permitiendo así conservar en la transmisión las ventajas de la exploración progresiva.

En [CCIR, 1986-90m] se hace una reseña de los sistemas de decodificación de sonido MICD-IR que también pueden aplicarse en las instalaciones en estudio. Se informa que un sistema MICD-IR de 16 a 11 bits de 48 kHz y un sistema MICD-IR de 15 a 8 bits de 32 kHz, son capaces de reproducir aproximadamente la misma calidad que un sistema MIC lineal a 16 bits de 48 kHz y la de un sistema MIC-IR de 14 a 10 bits de 32 kHz respectivamente, utilizados en Japón en la radiodifusión por satélite.

3.3.3. Distribución a los telespectadores

En el marco del programa europeo Eureka-95 se creó un códec de reducción de la velocidad binaria para las señales HD-MAC que se describe en [CCIR, 1986-90j]. La técnica emplea un híbrido de un sistema MIC a 8 bits y de un sistema MICD a 5 bits con un cuantificador reflejado, para reducir la velocidad binaria del multiplex HD-MAC al nivel de transmisión H4 de unos 140 Mbit/s. El método es de aplicación sencilla, es robusto en cuanto a la presencia de errores de transmisión y puede transmitir señales HD-MAC aun cuando éstas se encuentran en forma aleatorizada. Se efectuó una demostración de ese tipo de códec en la IBC 88 en Brighton, Reino Unido, transmitiendo señales HD-MAC a través de 2 km de fibra óptica.



En [CCIR, 1986-90n] figura un panorama general de la transmisión digital de la señal MUSE (para más detalles sobre la señal MUSE, véase el Anexo II del Informe 1075). Se considera que el sistema de transmisión digital descrito presenta ventajas, particularmente cuando la transmisión requiere únicamente una señal codificada en MUSE. En el documento se afirma que es posible efectuar la transmisión digital de la señal MUSE a una velocidad binaria de unos 135 Mbit/s por medio del esquema MICD-MUSE. El sistema se está perfeccionando y se están realizando nuevas aplicaciones.

Se ha desarrollado un sistema MICD-MUSE y se han realizado algunas pruebas y demostraciones con equipos reales.

De los resultados de las pruebas, cabe concluir que puede utilizarse un sistema MICD de 6 bits/muestra para la transmisión de señales MUSE 1125/60, sin degradación perceptible. Esto requiere una velocidad binaria de 100 Mbit/s y puede ser apropiado para un canal de transmisión de banda ancha que emplee un satélite de radiodifusión japonés, BS-3.

Para utilizarlo con transpondedores con una anchura de banda de 36 MHz, se necesita reducir más la velocidad binaria. A este efecto, el objetivo que ha de alcanzarse es una transmisión a 60 Mbit/s sin degradación perceptible. [CCIR, 1986-90o].

En [CCIR, 1986-90p] figura información relativa a los diferentes efectos subjetivos de los errores binarios que dependen de tres esquemas de codificación diferentes para la transmisión de imágenes fijas de TVAD. Para las señales componentes MIC lineales, para la señal MIC submuestreada y para la señal MICD submuestreada, los valores relativos de la proporción de bits erróneos, a los cuales se juzga que la degradación subjetiva es la misma, resultaron ser 1, 1/6 y 1/10 respectivamente, expresados en función del límite perceptible preciso de la degradación.

3.4 Transmisiones a corta distancia

3.4.1 Transmisión por fibra óptica

En la Feria Internacional de Radiodifusión de 1987 de Berlín, se hizo la demostración de la transmisión de señales TVAD 1125/60/2:1 por un enlace de fibra óptica de 1,152 Gbit/s. La velocidad binaria total de la señal vídeo era 864 Mbit/s (frecuencia de muestreo: para la señal de luminancia 54 MHz, y 27 MHz para cada una de las señales de diferencia de color). La capacidad restante del canal se utilizó parcialmente para sonido estereofónico y para la protección contra errores [CCIR, 1986-90a].

El Documento [CCIR, 1986-90q] describe un sistema de transmisión digital de la señal de TVAD por fibra óptica monomodo. Este sistema de transmisión ofrece la posibilidad de cursar en serie un tren de datos digitales a 144 Mbit/s, procedente de una fuente de TVAD 1250/50/2 (Norma AD-E) o de una fuente de TVAD 1250/50/1 con prefiltrado diagonal (Norma AD-Q). La frecuencia de datos de línea serie es de 1,296 Gbit/s. El documento afirma que en el próximo futuro se ampliará el sistema para poder transmitir dos trenes de datos digitales a 144 Mbit/s. Esta ampliación permitirá transmitir la imagen de TVAD procedente de una fuente de TVAD 1250/50/1 (AD-P), lo que se traducirá en una frecuencia de datos serie de 2,592 Gbit/s.

Se utiliza una transmisión por fibra óptica para enviar señales componentes de TVAD del principal estadio de Seúl al Centro Internacional de Radiodifusión. La distancia real del cable era de 34 km. Las señales de banda de base utilizadas en esta sección fueron señales de componente vídeo de la señal de luminancia (Y) y las señales de diferencia de color (Pb y Pr).

Las señales de componente vídeo moduladas en frecuencias y las señales de audio MIC de TVAD se multiplexaban por división de frecuencia y luego modulaban un diodo láser. En medio del trayecto se colocó un receptor óptico. Las relaciones señal/ruido no ponderadas obtenidas con las señales vídeo eran mejores que 55 dB.

Se transmitieron señales MUSE desde el Centro de Radiodifusión, a través de una fibra óptica, a algunos lugares de demostración en el centro de Tokyo, durante los Juegos Olímpicos de Seúl de 1988. En el sistema se empleó una SWFM-IM (modulación de frecuencia de la onda cuadrada - modulación de intensidad).

3.4.2 Distribución de televisión por cable

Las redes de televisión por cable (TVCA) son también un medio importante para la distribución de programas de TVAD al público en general. Con tal fin se han propuesto varios métodos y se ha informado de algunos resultados experimentales.

Para elegir el sistema de transmisión de TVAD que ha de utilizarse en una red TVCA deben tenerse en cuenta diversos criterios, como la anchura de banda requerida de la señal RF, la banda de guarda necesaria para evitar interferencia de canal adyacente, la relación C/N requerida antes de la demodulación, la complejidad del receptor del abonado, etc. En función de estos criterios se ha estudiado un sistema de transmisión MF y un sistema MA-BLR y se han efectuado experimentos con ambos.

Además, las redes de radiodifusión terrenal y por satélite y de televisión por cable tienen todas importantes funciones que desempeñar y están interconectadas entre sí. En el Documento 11/279(Rev.1), Informe del GIT 11/6, se expresa que en las normas de emisión terrenal ha de tenerse en cuenta:

- a) la necesidad de la compatibilidad con las infraestructuras terrenales existentes;
- b) los costos que entrañaría la obtención de la compatibilidad entre las normas de radiodifusión terrenal de televisión de alta definición y las normas de otros medios de transmisión [CCIR, 1986-90r].

La CATV Hi-Vision Promoting Association del Japón efectuó experimentos de distribución de TVAD a gran escala del 28 de octubre al 3 de noviembre de 1988. La señal TVAD se codificaba según el sistema MUSE, se modulaba en frecuencia en una portadora de 400 MHz y se combinaba con las señales TVCA clásicas aplicadas a la red. La señal MUSE modulada se enviaba también a otra cabecera por un radioenlace de microondas de dos tramos en la banda de 23 GHz, y la señal recibida se retransmitía por un enlace de fibra óptica de unos 21 km de longitud hacia otra ruta troncal de la red TVCA. Las señales TVAD fueron controladas mediante monitores en ocho puntos principales de verificación, en todos los cuales se observaron señales de excelente calidad. La relación S/N no ponderada de la señal fue superior a 50 dB en el extremo más lejano de las facilidades TVCA, después de atravesar un radioenlace de microondas de dos tramos, un enlace de fibra óptica y nueve amplificadores troncales.

La anchura de banda RF requerida de un sistema MA-BLR es 12 MHz y no hacen falta bandas de guarda. En cambio, se necesita un valor alto de C/N, lo que hace aumentar la carga de los amplificadores troncales. Para la distribución de la señal MUSE recibida de un satélite de radiodifusión, puede ser necesario un convertidor de modo con recuperación a partir de la acentuación no lineal.

Este sistema fue también objeto de demostraciones en el congreso anual de la NCTA (National Cable Television Association) celebrado en Estados Unidos por medio de instalaciones de TVCA existentes. Esta demostración confirmó que no había interferencia mutua entre una señal MUSE y las señales de televisión convencional.

Los resultados que preceden indican que en la práctica puede utilizarse cualquiera de los dos métodos, según la situación.

Como se describe en la Parte 7 del Informe 801-3, Estados Unidos de América está examinando sistemas de radiotransmisión terrenales que requieren anchura de banda de canal 6 MHz, 6 más 3 MHz y 6 más 6 MHz. Hasta ahora no se ha adoptado ninguna decisión sobre el método que deberá seguirse. Esto se debe en gran parte a la necesidad de realizar las pruebas requeridas de los sistemas propuestos y formular la estructura necesaria de gestión del espectro. Cable Television Laboratories, Inc. de Estados Unidos, proyecta realizar pruebas de sistemas de TVA propuestos por instalaciones de cable para determinar la idoneidad de cada uno para el uso en la red de televisión por cable.

Los parámetros que han de ser objeto de prueba y que representan las restricciones técnicas y de explotación clave para las redes de televisión por cable son los siguientes:

- a) Interferencias a frecuencias discretas;
- b) relación mínima portadora/ruido (C/N);
- c) microrreflexiones;
- d) barrido de alto nivel;
- e) distorsión de transmodulación;
- f) distorsión de intermodulación;
- g) zumbido y ruido de baja frecuencia;
- h) distorsión de potencia de cresta;
- i) modulación de fase de portadora incidental;
- j) compatibilidad de control de ganancia;

[CCIR, 1986-90r].

En [CCIR, 1986-90f] figuran los principios de codificación de reducción de la anchura de banda HD-MAC para la emisión de imágenes de TVAD derivadas de la norma 1.250/50/1 propuesta, constituyendo el documento un Informe sobre los estudios realizados en el marco del programa Eureka-95. Se afirma que el sistema HD-MAC se ha optimizado para permitir la introducción de servicios de TVAD en los canales acordados en la CAMR de radiodifusión por satélite celebrada en 1977, al tiempo que se conserva la compatibilidad con el sistema MAC/paquetes. Se analizan los métodos de reducción de la anchura de banda utilizados, incluyendo el concepto de televisión con asistencia digital y codificación multitrama. Se pone de relieve que habrá que hacer algunos compromisos de diseño, y se hace referencia a las evaluaciones subjetivas que indujeron al programa Eureka a adoptar este sistema. Se propone la modificación del Informe AZ/11* de forma que tenga en cuenta este documento.

* La Comisión de Estudio 11 suprimió este Informe durante la Reunión Extraordinaria de dicha Comisión relativa a la Televisión de alta definición, Ginebra, 1989.

En [CCIR, 1986-90s] se informa sobre la propuesta de transmisión MA-BLR y MF-BLR para la distribución por cable de la HD-MAC. La transmisión MA-BLR se aplica a la señal de banda de base con multiplexión en el tiempo. Se ha realizado una demostración de la utilización de una separación de canales de 12 MHz, que se recomienda como norma común. El filtrado de Nyquist de la transmisión BLR está en la gama de 500 kHz alrededor de la portadora y para obtener una recepción compatible será el mismo que para la distribución MAC/paquetes. Se está estudiando el factor de reducción progresiva de Nyquist para alta definición y la compartición entre el transmisor y el receptor. También se ha efectuado una demostración de la transmisión MF-BLR, para la que debe utilizarse una separación de canales de 16 MHz. Se están estudiando los parámetros de modulación.

Aunque se han hecho demostraciones, deben conocerse los resultados de las pruebas indicadas para todas las combinaciones de anchura de banda de sistemas de TVA, incluida la TVAD, antes de formular Recomendaciones. Para poder establecer normas de transmisión en las redes de televisión por cable, se necesitarán los resultados de las pruebas mencionadas anteriormente. Lo mismo debe aplicarse al considerar cualquier sistema de transmisión para uso en redes de televisión por cable. [CCIR, 1986-90r].

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LA PARTE 9

- FUJIO, T. y KUBOTA, K. [junio, 1982] Transmission primaries and signal forms. NHK Tech. Monograph, Vol. 32, 27-34.
- PHILLIPS, G.J. y HARVEY, R.V. [Agosto, 1978] High-definition television for satellite broadcasting. EBU Rev. Tech., Vol. 170, 168-172.
- SAWADA, K. y YASHIMA, Y. [marzo, 1988] High efficiency coding of HDTV signals at the Broadband ISDN H4 rate, 2nd International Workshop on Signal Processing of HDTV, L'Aquila (Italia).
- TSUBOI, T., ASATANI, K. y MIKI, T. [enero, 1985] Fiber-optic HDTV transmission technology. SMPTE J., Vol. 94, 1. 4-10.
- YASHIMA, Y. y SAWADA, K. [junio, 1987] A high efficiency coding method for HDTV signals, Proceedings of ICC' 1987, 5.1
- YASHIMA, Y. y SAWADA, K. [septiembre, 1989] - 100Mb/s coding and transmission of HDTV signals, 3rd International Workshop on HDTV, Turín/Italia (se publicará)

Documentos del CCIR

- [1978-82]: 11/76 (CMTT/58) (Japón).
- [1982-86]: a. 11/20 (Japón); b. 11/21 (Japón); c. 11/32 (10-11S/9) (Japón).
- [1986-90]: a. 11/164 (GIT 11/6), _____
 b. GIT 11/547 (Bélgica y otros); c. GIT 11/6-2012 (GIT 11/7);
 d. GIT 11/6-2090 (Rev.1) (Presidente del GIT 11/7); e. GIT 11/6-3018
 (GIT 11/7); f. GIT 11/6-2013 (Bélgica y otros); g. GIT 11/6-2040
 (Japón); h. GIT 11/327 (Japón); i. GIT 11/7-193 (Japón); j. GIT
 11/7-201 (Reino Unido); k. GIT 11/7-232 (Thomson-CSF); l. GIT 11/7-219
 (Bélgica y otros); m. GIT 11/7-197 (Japón); n. GIT 11/7-195 (Japón); o.
 GIT 11/579 (Japón); p. GIT 11/7-196 (Japón); q. GIT 11/6-2055 (Thomson-
 CFS); r. 11/556 (EE.UU); s. GIT 11/6-2096 (Francia).

PARTE 10 - EQUIPO DE RECEPCIÓN DE CONSUMIDOR PARA TVAD

1. Introducción

Esta parte del Informe trata del equipo doméstico para TVAD.

En [CCIR, 1986-90a] se destaca la necesidad de examinar todos los medios posibles de entrega de TVAD a los usuarios en sus hogares en forma paralela a fin de minimizar la complejidad del receptor mediante un diseño común máximo de los circuitos, tales como el procesador de imagen, el procesador de sonido y los circuitos de control, con el objeto de reducir al mínimo el coste del equipo.

2. Unidad de visualización para los usuarios

Para un sistema de recepción de TVAD se necesita una visualización de pantalla grande de alta resolución. Es éste también un factor clave para determinar la velocidad a la que se hará popular la TVAD. Se han desarrollado pantallas de observación directa con tubos de rayos catódicos (TRC) con un formato de 16:9, aproximadamente. Por ejemplo, las pantallas de TRC de 51 a 104 cm desarrolladas recientemente tienen un brillo (90 a 230 Cd/m²) y una resolución suficientes para la utilización en hogares.

También se han desarrollado pantallas de proyección de TRC con diagonales superiores a 100 cm. Para las pantallas de retroproyección se han obtenido brillos y resoluciones casi suficientes con diagonales de 127-178 cm, para brillos de unas 400 Cd/m².

Para resolver el problema del parpadeo de zona grande en los sistemas de 50 Hz, especialmente en las pantallas grandes, se ha investigado la conversión ascendente de la frecuencia de trama y se han efectuado demostraciones en septiembre de 1988 (IBC, Brighton, Reino Unido) de varios convertidores ascendentes y de pantallas.

Se han presentado pantallas de observación directa y de proyección para la señal convertida a la norma de visualización 1250/100/2:1 con una frecuencia de línea de 62,5 kHz y una anchura de banda de vídeo de unos 60 MHz.

Otro proyector frontal concebido para una pantalla grande utiliza un circuito de deflexión automática con una frecuencia de línea que va desde 16 kHz a 62 kHz y una frecuencia de trama desde 50 Hz a 100 Hz, y permite la visualización con la exploración 1250/50/2:1 y con la 1250/100/2:1.

El método más sencillo para la conversión ascendente de la frecuencia de trama es repetir dichas tramas, produciendo dos tramas impares consecutivas seguidas de dos tramas pares consecutivas. No obstante, para eliminar otros problemas como el titileo entre líneas o la reducción de resolución y la trepidación, puede que haya que utilizar técnicas sofisticadas tales como la interpolación, la recepción de imágenes y la utilización de señales de control de TVCD.

3. Equipo de recepción de consumidor

3.1 Generalidades

El equipo de recepción es un subsistema importante del sistema de radiodifusión de TVAD, pues encierra la parte principal del gasto del sistema y determina la aceptabilidad de éste.

El equipo de recepción del sistema de radiodifusión de TVAD, al igual que el del sistema convencional, consta básicamente de unidades de cabecera que incluyen una antena, un convertidor reductor, un paso de frecuencia intermedia y de modulación y una pantalla. Las unidades de cabecera son generalmente similares a las de los receptores de televisión convencional y dependen de cada medio de radiodifusión. En el caso de la radiodifusión por satélite en banda estrecha de radiofrecuencia utilizando el sistema MUSE, las unidades de cabecera existentes pueden utilizarse corrientemente, o con algunas modificaciones, lo cual se verifica utilizando una serie de receptores y pruebas en condiciones reales.

En Japón, se han realizado diariamente transmisiones experimentales de TVAD por satélite con el sistema MUSE durante una hora con el BS-2b, desde el 3 de junio de 1989. Para la recepción de esta transmisión experimental de TVAD por satélite se han utilizado la misma antena de recepción y unidad exterior que las empleadas para la actual radiodifusión por satélite con el sistema de subportadora digital/NTSC.

La unidad interior se ha configurado para poder recibir la señal de subportadora digital/NTSC y la del sistema MUSE.

Al recibir esta última, la señal MF detectada MUSE se aplica al decodificador correspondiente en el que se elimina la señal de dispersión y se aplica la desacentuación. El impulso de fijación del control automático de frecuencia va desde el decodificador MUSE a la unidad interior. Con este fin, en la unidad interior se dispone de los terminales de conexión para la salida de la señal detectada y para la entrada del impulso de fijación.

La eficacia de la antena de recepción y el factor de ruido de la unidad exterior que se encuentran en el mercado actual de productos de consumo, son como media 68%, 1,8 dB respectivamente [CCIR, 1986-90b].

Tres fabricantes anunciaron el 20 de septiembre de 1989 desarrollos de prototipos de receptor MUSE de consumidor. Utilizan una serie de circuitos especializados de integración a muy gran escala (VLSI). Sobre estos VLSI se informa en [punto 3.2 de la Parte 10].

Los receptores anunciados son de tipo de tubo de rayos catódicos de 32 pulgadas y de tipo de proyección trasera de 50 pulgadas. Están concebidos para recibir señales de televisión convencional en ondas métricas y decimétricas; de "Clear Vision" (televisión de calidad perfeccionada, en Japón), y de "Hi-Visión" (la TVAD en Japón) con un solo equipo.

La mayoría de ellos pueden reproducir el sonido panorámico 3-1 (que se describe en el Informe 1072) acompañando a la imagen de TVAD. En algunos casos se incluyen en su diseño conexiones con magnetoscopios y reproductores de vídeo disco.

Estas realizaciones pueden considerarse como una fase inicial del desarrollo y habrá que continuar la labor para llegar a la segunda fase en la que pueda disponerse en grandes cantidades de estos receptores de consumo [CCIR, 1986-90c].

Se presta una atención especial a otros equipos de recepción que se describen en los puntos siguientes.

3.2 Decodificadores de TVAD

3.2.1 Consideraciones generales

La mayoría de los sistemas de TVAD con procesamiento digital tienen unidades de almacenamiento de cuadro para lograr una compresión de anchura de banda a gran escala. El número necesario de puertas lógicas será de varias decenas de miles y la capacidad requerida del almacenamiento será del orden de 10 Mbit.

Como la reducción de los costes del receptor depende de la eficacia con la que pueden introducirse los circuitos de integración a gran escala (LSI) en el procesamiento de la señal, el desarrollo de los LSI para el decodificador MUSE y las tecnologías correspondientes, avanza rápidamente. Las tendencias recientes hacia una mayor capacidad de estos almacenamientos, desde 1 Mbit a más de 4 Mbit, y hacia la digitalización de los receptores de televisión convencionales, ha acelerado probablemente el desarrollo de los circuitos LSI para receptores de TVAD.

3.2.2 Decodificador MUSE

En cuanto al decodificador MUSE, las frecuencias de reloj internacionales van desde 16,2 MHz a 48,6 MHz, y la capacidad de memoria es de unos 20 Mbit para su empleo en funciones tales como interpolación y detección del movimiento. Muchos fabricantes distintos producen decodificadores experimentales con componentes discretos, incluyendo circuitos integrados de media escala. Se fabrican en un tamaño razonablemente pequeño y con peso ligero (por ejemplo, un volumen de 0,084 m³, y un peso de 50 kg) para que puedan ser portátiles.

Recientemente, se han desarrollado 26 tipos de circuitos de integración a muy grande escala (VLSI) especializados para el decodificador MUSE. Utilizando estos VLSI el decodificador puede montarse con 46 unidades de estos circuitos especializados. El tamaño y consumo del decodificador resulta aproximadamente 1/30 del de un prototipo fabricado con circuitos integrados convencionales. El desarrollo de estos VLSI constituye un paso significativo hacia la realización de receptores MUSE de bajo coste para utilización doméstica [CCIR, 1986-90d].

El equipo de recepción de TVAD puede también representar un papel importante en el desarrollo de otros equipos de consumidor. Por ejemplo, el receptor MUSE tiene una memoria incorporada con una capacidad de unos 20 Mbit. Se está tratando de conectarlo a los computadores personales y a otros equipos de tratamiento de la imagen.

El interfaz con otros dispositivos convertirá al receptor MUSE en una unidad multifuncional, lo que le permitirá actuar como un terminal de información total en los hogares.

3.2.3 Decodificador HD-MAC

El decodificador HD-MAC digitaliza la señal de entrada con una frecuencia de reloj de 20,25 MHz pues el punto de frecuencia de Nyquist está situado a 10,125 MHz. La frecuencia de muestreo de salida es de 54 MHz para la luminancia en la norma de presentación 1250/50/2.

El receptor HD-MAC incluye un decodificador de reducción de la anchura de banda (BRD) de la señal HD-MAC con un convertidor elevador opcional que llega a una frecuencia de trama de 100 Hz. El BRD da a la salida una señal Y, U, V según la norma 1250/50/2 con un formato de 16:9. El convertidor elevador da a la salida una señal 1250/100/2.

El BRD contiene cinco memorias de trama para la luminancia y la crominancia, con 288 líneas cada una y con 698 muestras de luminancia y 349 muestras de crominancia de 8 bits en cada línea, lo que hace un total de 12 Mbit. Además, lleva integradas memorias de línea e interpoladores no lineales.

Se tiene planeado emitir varios acontecimientos "en directo" a toda Europa, utilizando el sistema de paquetes HD-MAC. Por tanto, los fabricantes europeos de electrónica de consumo de la República Federal de Alemania, Finlandia, Francia, Países Bajos, Suecia y Reino Unido han comenzado a desarrollar receptores HD-MAC con alto grado de integración.

El desarrollo de los receptores HD-MAC se basa en el decodificador experimental que se desarrolló para la demostración efectuada en la Internationale Runk-Austellung (IFA'89) de Berlin Occidental, [CCIR, 1986-90e].

La mayoría de los receptores tendrán un tipo de pantalla de proyección, considerándose éste el mejor método de visualización existente hoy día para pantallas de dimensión diagonal superior a un metro.

Todos estos receptores podrán visualizar señales convencionales PAL/SECAM, así como señales MAC con las dos relaciones de aspecto 16:9 y 4:3.

El concepto de DATV (TV con asistencia digital) permite situar en el codificador todos los circuitos de decisión inteligente. Como consecuencia de ello, la complejidad del codificador es mucho menor y aprovecha las mejoras futuras en el proceso de codificación [CCIR, 1986-90f, g].

4. Convertidores para consumidores

Convertidor de normas MUSE a 525 líneas

Considerando la compatibilidad con los actuales receptores y pantallas, se ha desarrollado y efectuado la demostración de un convertidor de normas MUSE a 525 líneas, destinado a los receptores de consumidor y con tamaño reducido (compuesto de cuatro tarjetas de circuito de 20 cm x 30 cm).

La imagen resultante de 525 líneas lograda con este convertidor tiene, como media, una calidad superior a la de la imagen normal originada con la norma NTSC, aunque presenta cierto parpadeo en el borde, con menos interferencia que la causada por el efecto de transcolor del sistema NTSC. Tiene una construcción de circuitos más sencilla y podrá fabricarse con un precio menor utilizando tecnología LSI. El desarrollo de este convertidor de normas MUSE a 525 líneas da cierto margen a la radiodifusión de TVAD en el sistema de 1.025 líneas que puede recibirse utilizando receptores convencionales de 525 líneas.

Después de estos estudios [CCIR, 1986-90h], se han desarrollado con éxito varios circuitos de integración en muy gran escala VLSI. Se ha logrado una versión muy sencilla de dicho convertidor con un solo circuito VLSI para aplicaciones de bajo coste. Otra versión emplea 5 circuitos VLSI separados. Esta versión permite elegir la conversión del formato descartando los bordes laterales o mediante el formato de buzón con supresiones en la parte superior e inferior de la imagen NTSC [CCIR, 1986-90i].

5. Magnetoscopios para consumidores

5.1 Magnetoscopios videocasete

En [CCIR, 1986-90j, k] se informa acerca del desarrollo en los Países Bajos de un magnetoscopio de casete que utiliza un sistema de transporte VHS mejorado para el registro y la reproducción de una señal HD-MAC [Weissensteiner, 1988]. Este magnetoscopio fue objeto de una demostración en la Convención Internacional de Radiodifusión celebrada en septiembre de 1988. Con él se obtiene una anchura de banda de la señal de 10,125 MHz (-6 dB) y una relación señal/ruido de imagen no ponderada de 42 dB, utilizando cuatro cabezas, dos canales de grabación con frecuencia modulada y un procesamiento digital en vídeo y audio, con un error de temporización residual < 15 ns. Es capaz de grabar 80 minutos de señal HD-MAC (o MAC) en una cinta de partículas metálicas de media pulgada, e incluye la compensación de la pérdida de imagen.

El magnetoscopio HD-MAC es también capaz de registrar y reproducir las señales de televisión de 625 líneas y 50 Hz (D2-MAC, PAL, SECAM). Con ciertas adaptaciones también pueden registrarse otros tipos de señales de televisión, como la de 1.050 líneas, 59,94 Hz. Más información acerca de este magnetoscopio se hallará en el Informe 1233..

Ya se ha desarrollado un magnetoscopio MUSE para consumidor. [Ninomiya y otros, 1987].

5.2 Sistemas de disco

También se han desarrollado sistemas de disco que graban y reproducen una señal MUSE y que pueden llegar hasta 60 minutos de programación de TVAD en ambas caras de un disco CLV (velocidad lineal constante) de 30 cm. La unidad de disco puede utilizarse en combinación con los decodificadores MUSE en los receptores y se espera encontrar diversas aplicaciones en muchos campos tales como el de reproducción de larga duración de TVAD. También pueden fabricarse discos con el material grabado por los clientes.

En [CCIR 1986-90j, l] se informa acerca del desarrollo de un reproductor de discos video HD-MAC que fue objeto de una demostración en la Convención Internacional de Radiodifusión en septiembre de 1988. Este aparato se ha desarrollado en los Países Bajos con las técnicas actuales de láser óptico y discos [Horstman, 1988]. Su anchura de banda es de unos 12 MHz con una relación señal/ruido no ponderada de 32 dB y un error de temporización residual < 6 ns. El tiempo de reproducción es de 20 minutos por cara para un disco de 30 cm (12 pulgadas) de diámetro.

Este reproductor de discos video HD-MAC está en condiciones de reproducir la señal D2-HD-MAC en forma prácticamente completa, con toda las posibilidades de datos/sonido de una señal de disco compacto (CD) D2-MAC. Esta señal CD se registra en la banda más baja del espectro MF. Más información acerca de este reproductor de discos video se suministra en el Informe 1233 .

5.3 Reproductor de disco de imágenes fijas

Se ha construido un videodisco digital MUSE para imágenes fijas, llamado CD-HV. Consiste en un disco de 12 cm conforme a la norma CD-ROM. De esta manera pueden grabarse en un solo disco unas 640 imágenes fijas con sonido estereofónico. Estas pueden reproducirse en modo secuencial, con 60 minutos de reproducción por disco, o en el modo de acceso directo, con un tiempo medio de acceso de 4,5 segundos [CCIR, 1986-90m].

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LA PARTE 10

HORSTMAN, R.A. [1988] Videodisc and player for HD-MAC. 1988 International Broadcasting Convention, Brighton, England, IEE Conference Publication Nº 293, páginas 224-227.

NINOMIYA, Y. y otros [julio, 1987] - Concept of the MUSE system and its protocol. NHK Lab. Note Nº 348.

WEISSENSTEINER, W. [1988] Concept of a consumer-type HD-MAC VCR. 1988 International Broadcasting Convention, Brighton, England, IEE Conference Publication Nº 293, páginas 228-230.

Documentos del CCIR

[1986-90]: a. 11/304 (GITM 10-11/3); b. GIT 11/6-3024 (Japón); c. 11/577 (Japón)
d. 11/581 (Japón); e. 11/540 (República Federal de Alemania, Finlandia, Francia, Países Bajos, Suecia, Reino Unido); f. GIT 11/6-2013 (Bélgica y otros); g. GIT 11/6-2062 (Francia); h. GIT 11/6-2034 (Japón); i. 11/587 (Japón); j. 11/293 (Bélgica y otros); k. 11/459 (Países Bajos); m. 11/285 (Japón).

