

INFORME 300-7

**SONIDO ESTEREOFÓNICO O MULTIDIMENSIONAL EN LA RADIODIFUSIÓN
SONORA CON MODULACIÓN DE FRECUENCIA**

(Cuestión 46/10, Programa de Estudios 46D/10)

(1963-1966-1970-1974-1978-1982-1986-1990)

1. Sonido estereofónico en la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia

Desde la XI Asamblea Plenaria del CCIR, Oslo, 1966, algunas administraciones y organismos de radiodifusión han efectuado trabajos teóricos y experimentales relativos a la radiodifusión estereofónica.

Como consecuencia de estos trabajos, en un gran número de países se realizan transmisiones estereofónicas, destinadas al público, con un solo transmisor de modulación de frecuencia.

En las Recomendaciones 450 y 412 se dan las especificaciones para los sistemas de radiodifusión estereofónica que ya se están utilizando, es decir, el sistema de frecuencia piloto y el sistema de modulación polar.

En los Países Bajos se ha estudiado una variante del sistema de frecuencia piloto que utiliza una modulación de banda lateral única de la subportadora, con una amplitud vectorial igual al doble de la de las bandas laterales que se producen en el caso de la modulación normal de la subportadora, de tal suerte que la transmisión es compatible para los receptores estereofónicos que posean un decodificador por demodulación sincrónica. Esta variante podría tener interesantes aplicaciones en determinadas circunstancias, manteniendo al mismo tiempo los principios normales de recepción y decodificación.

2. Sistemas multidimensionales de radiodifusión sonora

2.1 Características básicas deseables

Las principales características deseables de todo sistema que utilice un solo canal de radiofrecuencia y proporcione tres o más señales de audiofrecuencia, son las siguientes:

- El sistema ha de ser compatible, es decir, que debe poder recibirse en receptores estereofónicos y monofónicos una transmisión de sonido multidimensional sin reducción de calidad con respecto a la recepción de una transmisión estereofónica o monofónica normal, respectivamente.
- El sistema debe permitir una recepción de sonido multidimensional de alta calidad.
- Deben poderse fabricar receptores de sonido multidimensionales a un precio razonablemente económico.
- La introducción de transmisiones de sonido multidimensionales en una estación de radiodifusión estereofónica existente, no debe reducir de modo notable la zona de cobertura de esa estación en la recepción estereofónica o monofónica.
- La zona de servicio de la estación de radiodifusión en recepción de sonido multidimensional debe ser sustancialmente la misma que corresponde a la recepción estereofónica.
- La protección contra las interferencias, necesaria en recepción de sonido multidimensional, no debe ser mucho mayor que la necesaria en recepción estereofónica.
- La introducción de las transmisiones de sonido multidimensionales no debe requerir profundas modificaciones de los planes de asignaciones de frecuencia existentes.
- El sistema que se adopte deberá en lo posible reconocer la existencia en el mercado de receptores no ideales y estar diseñado de forma tal que se reduzca al mínimo el efecto de cualquier transmodulación resultante sobre las características monofónicas y estereofónicas.

2.2 Resultados de las pruebas de sistemas de sonido multidimensionales

En [CCIR, 1970-74a] se describe una variante del sistema de frecuencia piloto en el que una modulación en cuadratura permite obtener un canal de sonido adicional *C* en combinación con los dos canales estereofónicos *A* y *B*. Así, el sistema puede transmitir tres señales de sonido separadas cuya demodulación puede efectuarse del mismo modo que en el sistema de frecuencia piloto. Con una anchura de la banda de base igual que para la estereofonía y eligiendo adecuadamente los niveles de la señal, el espectro ocupado en radiofrecuencia no se modifica, ni tampoco, por consiguiente, las relaciones de protección. Este sistema cumple con las especificaciones establecidas en la Recomendación 450.

Pruebas subjetivas han demostrado que con tres canales separados y dirigiendo las tres señales *A*, *B* y *C* a cuatro altavoces a través de una matriz, de acuerdo con la posición de los micrófonos en el estudio, no se registran diferencias subjetivas apreciables con relación a la reproducción con cuatro canales separados.

En [CCIR, 1970-74b] se describe otra variante del sistema de frecuencia piloto, según la cual un transmisor con modulación de frecuencia transmite cuatro canales separados. Se emplea también la modulación en cuadratura de la subportadora normal suprimida de 38 kHz y además, la cuarta señal de audiofrecuencia modula una segunda subportadora suprimida de 76 kHz. Se indican dos métodos para distribuir las cuatro señales entre los diferentes canales de las subportadoras; la modulación de la subportadora de 76 kHz puede efectuarse en doble banda lateral o en banda lateral única (banda inferior).

En [CCIR, 1974-78] se indican los estudios realizados sobre las propiedades fundamentales de la audición que intervienen en los aspectos subjetivos de los sistemas de sonido multidimensionales, y se incluye una propuesta de un sistema de radiodifusión cuadrifónica denominado Matrix H, que codifica las señales de audiofrecuencia de entrada en dos canales de audiofrecuencia para su distribución y transmisión. En el receptor, estas señales pueden reproducirse directamente en estereofonía (o monofonía), o decodificarse para reproducirse en cuadrifonía. Se ha demostrado con numerosos ensayos y cálculos realizados en el Reino Unido que Matrix H reúne las características de base relacionadas en el punto 2.1.

En [CCIR, 1978-82a] se describen los sistemas tetrafónicos de radiodifusión de sonido utilizados con carácter experimental en el Reino Unido. Se reconoce que si bien todos los sistemas implican la adopción de compromisos artísticos de balanceo entre sonido tetrafónico y estereofónico, cabe hacer una distinción general entre sistemas jerárquicos y sistemas no jerárquicos. En los sistemas jerárquicos es posible la decodificación del sonido tetrafónico con dos canales o dos canales y medio y se consigue una zona de cobertura similar a la de la estereofonía a expensas de reducir la nitidez de la imagen sonora en razón de las diferencias de fase introducidas en la banda de audio. En los sistemas no jerárquicos de tres canales, la imagen sonora estereofónica puede ser excelente, pero con el inconveniente de que se reduce la zona de cobertura en lo que respecta a la recepción del sonido tetrafónico.

En [CCIR, 1978-82b] se describe la compatibilidad estereofónica y monofónica de varios sistemas de sonido multidimensional que utilizan un formato de matriz N-2-N. En él se describen cinco sistemas: SQ (CBS), HJ (BBC/NRDC), H (un anterior programa de la BBC), BMX (Cooper/Nippon Columbia) y QS (Sansui). Como se indica en este Informe, esas características difieren notablemente en condiciones de recepción ordinaria estereofónica y monofónica.

3. Aplicaciones del compresor-expansor

3.1 Sistema MF-MF de compresión-expansión en el canal *S*

En los documentos mencionados en la nota de este Informe se indican los resultados de pruebas de sistemas que emplean una compresión en el canal *S* en la transmisión y una expansión correspondiente en la recepción. Las pruebas se han efectuado con un sistema MF-MA, un sistema de frecuencia piloto y un sistema MF-MF. Los resultados han demostrado que el compresor-expansor suprime, en gran parte, el ruido en el canal *S*. Las últimas pruebas han demostrado, además, que sólo el sistema MF-MF permite obtener una diafonía suficientemente débil del canal *S* hacia el canal *M* cuando se transmiten dos programas monofónicos independientes. El sistema MF-MF se define por las siguientes especificaciones:

- Una señal compatible *M* produce una excursión de la portadora principal que llega, como máximo, al 80% de la excursión máxima de frecuencia de una transmisión monofónica; en el caso de una transmisión de dos programas, la excursión es igual a la de la señal del primer programa; en el caso de una transmisión estereofónica, la señal *M* es igual a la semisuma de la señal «izquierda» *A* y de la señal «derecha» *B*.
- Una señal *S* modula en frecuencia una subportadora; en el caso de transmisión de dos programas, la señal *S* es igual a la del segundo programa; en el caso de una transmisión estereofónica, la señal *S* es igual a la semidiferencia de las señales «izquierda» *A* y «derecha» *B*.
- La frecuencia de la subportadora es igual a 33,3 kHz \pm 100 Hz.
- La excursión máxima de frecuencia de la subportadora es igual a \pm 10 kHz.

- La subportadora produce una excursión de la portadora principal entre el 18% y el 20% de la excursión máxima de frecuencia de una transmisión monofónica.
- La preacentuación de la señal *S* es idéntica a la de la señal compatible *M*.
- Se inserta un compresor con una relación de transferencia de 2/1 (en dB) en el canal *S* del transmisor, antes del circuito de preacentuación; este compresor posee constantes de tiempo iguales a 2 ms para el tiempo de establecimiento y a 20 ms para el tiempo de retorno.
- Se inserta en el canal *S* del receptor, después del circuito de desacentuación, un expansor de características recíprocas a las del compresor.
- En transmisiones estereofónicas, una señal *A* produce una excursión de frecuencia en el mismo sentido en la subportadora y en la portadora principal.

3.2 *Compresión-expansión compatible en el sistema de frecuencia piloto*

Las pruebas de radiodifusión [CCIR, 1986-90] realizadas en Estados Unidos de América han demostrado la posibilidad de mejorar la reproducción estereofónica en la recepción fija y móvil. —

Una nueva técnica utiliza una subportadora estereofónica adicional en cuadratura, en 38 kHz, para la transmisión de una señal audio de diferencia («izquierda»)- («derecha») comprimida. En los nuevos receptores, un expansor adaptable que utiliza la señal de diferencia no comprimida como referencia de decodificación permite una codificación precisa en una gama de características de compresión. Con este sistema, la extensión de la zona primitiva de cobertura estereofónica ha aumentado y, a la vez, se ha mantenido la compatibilidad con receptores debidamente alineados.

— Las especificaciones del sistema son las siguientes:

- se mantienen todas las características existentes de la señal compuesta de frecuencia piloto;
- la señal *S'*, que es una versión comprimida de la señal *S* normal, modula en amplitud una segunda subportadora estereofónica;
- la frecuencia de la segunda subportadora estereofónica es también de 38 kHz. Se transmite en cuadratura de fase con respecto a la primera subportadora estereofónica (normal);
- la polaridad de la señal *S'* se invierte con respecto a la señal *S*;
- en la señal *S'* se emplea una igualación complementaria de baja frecuencia en el transmisor y en el receptor con constantes de tiempo de 200 y 1.000 microsegundos;
- en el canal en cuadratura se incluye una señal de identificación _____ para el accionamiento automático de los receptores, a un nivel que produce una desviación de la portadora principal del 1%⁵. La señal de identificación está sincronizada en frecuencia con la subportadora piloto dividida por 1920 (aproximadamente 10 Hz);
- en el canal en cuadratura se incluye una señal de identificación a 10 Hz aproximadamente, para el accionamiento automático de los receptores, a un nivel que produce una desviación de la portadora principal del 1%;
- la función de compresión de la señal *S* se caracteriza a niveles de entrada bajos por una ganancia de 14 dB. Para niveles de entrada superiores a - 22 dB con relación al nivel que proporciona la modulación máxima de la subportadora, _____ la salida se atenúa gradualmente, con el fin de reducir una posible sobremodulación de la portadora principal. Con excepción de la ganancia fija de 14 dB, esta característica de compresión es sólo aproximada y, por las razones expuestas a continuación, puede modificarse algo por la entidad de radiodifusión sin preocuparse por el hecho de que los receptores que usen el nuevo servicio puedan quedar anticuados;
- en los receptores, un expansor único que procese la suma de las señales *S* y *S'* y utilice la señal *S* únicamente como referencia de decodificación produce una nueva señal equivalente a la señal *S*, pero con una mejor relación señal/ruido para niveles de programa inferiores.

Nota. — La lista completa de los documentos del CCIR sobre radiodifusión estereofónica, periodos comprendidos entre 1963 y 1970, figura en el Volumen X de la XIII Asamblea Plenaria, Ginebra, 1974, págs. 124 y 125.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Documentos del CCIR

- [1970-74]: a. 10/52 (Países Bajos); b. 10/44 (Estados Unidos de América).
 [1974-78]: 10/266 (Reino Unido).
 [1978-82]: a. 10/20 (Reino Unido); b. 10/27 (Estados Unidos de América).
 [1986-90]: 10/104 (Estados Unidos de América).

BIBLIOGRAFÍA

- BAUER, B. B. [diciembre de 1976] Quadraphony: Matrixing and compatibility. *EBU Rev. Tech.*, **160**, 268-274.
 GRAVEREAUX, D. W., STEBBINGS, D. W., CUGNINI, A. G. y KADIN, J. B. [diciembre de 1985] Re-entrant compression and adaptive expansion for optimized noise reduction. *J. Audio Eng. Soc.*, Vol. 33, **12**.
 MIDDLEKAMP, L. C. y otros [agosto de 1977] A subjective evaluation of FM quadraphonic reproduction systems – listening tests. United States Federal Communications Commission, Laboratory Division, Project No. 2710-1.
 TORICK, E. L. y KELLER, T. B. [diciembre de 1985] Improving the signal-to-noise ratio and coverage of FM stereophonic broadcasting. *J. Audio Eng. Soc.*, Vol. 33, **12**.

INFORME 463-5

**TRANSMISIÓN CON UN SOLO TRANSMISOR DE VARIOS PROGRAMAS
 RADIOFÓNICOS O DE OTRAS SEÑALES EN RADIODIFUSIÓN
 SONORA CON MODULACIÓN DE FRECUENCIA**

(Cuestión 46/10, Programa de Estudios 46G/10 y 46H/10)

(1970-1974-1978-1982-1986-1990)

1. Introducción

Dada la creciente necesidad en casi todo el mundo de un número mayor de programas, conviene examinar las actuales normas de radiodifusión para determinar si, modificándolas, podría obtenerse una mejor utilización de las bandas de frecuencias disponibles. En los sistemas de modulación de frecuencia se utiliza una gran anchura de banda para proporcionar un servicio de calidad excepcional; pero se ha comprobado que se pueden agregar otros servicios de radiodifusión sin reducir, de modo significativo, la calidad de los programas. Este hecho es importante cuando la demanda de servicios adicionales de radiodifusión puede obligar a considerar de nuevo la cuestión de las normas.

La transmisión de información en forma de datos como alternativa al programa de radiodifusión principal se expone en los Informes 802, 1207 y 1208.

2. Condiciones que han de reunir los aparatos de comprobación y de prueba

El principal objeto de los aparatos de comprobación de las subportadoras suplementarias es el siguiente:

- disponer de un instrumento para utilizarlo en la explotación normal y en los ajustes diarios de la estación de radiodifusión;
- proporcionar un medio de probar el estado del sistema transmisor.

Teniendo en cuenta estas necesidades, adquieren interés los siguientes factores:

- profundidad de modulación de la portadora principal por la subportadora;
- frecuencia central de la subportadora;
- espectro de la subportadora modulada;
- diafonía y ruido;
- distorsión, respuesta-frecuencia o proporción de errores, según el caso.

3. Sistemas que utilizan una o más subportadoras para programas radiofónicos suplementarios

El análisis del funcionamiento con subportadora suplementaria [CCIR, 1966-69a] revela que el uso de una subportadora de modulación de frecuencia proporciona la mejor relación señal/ruido para una amplitud dada de subportadora. Aunque el estudio teórico de la diafonía no figura en el presente Informe, el análisis cualitativo (abonado por la experiencia adquirida en el empleo de subportadoras) demuestra que el sistema de modulación con la mejor relación señal/ruido presenta también la menor diafonía cuando no varían otros parámetros del sistema.