

CAPÍTULO III. SISTEMA DIGITAL RADIO MONDIALE (DRM)

1. Introducción

El sistema de radiodifusión DRM fue diseñado por el Consorcio DRM como un reemplazo digital de alta calidad para las transmisiones analógicas de AM actuales [DRM_BG]; por esta razón, la señal digital DRM puede ser transmitida dentro de las bandas y canales asignados actualmente para dichos servicios (figura III.1.1).

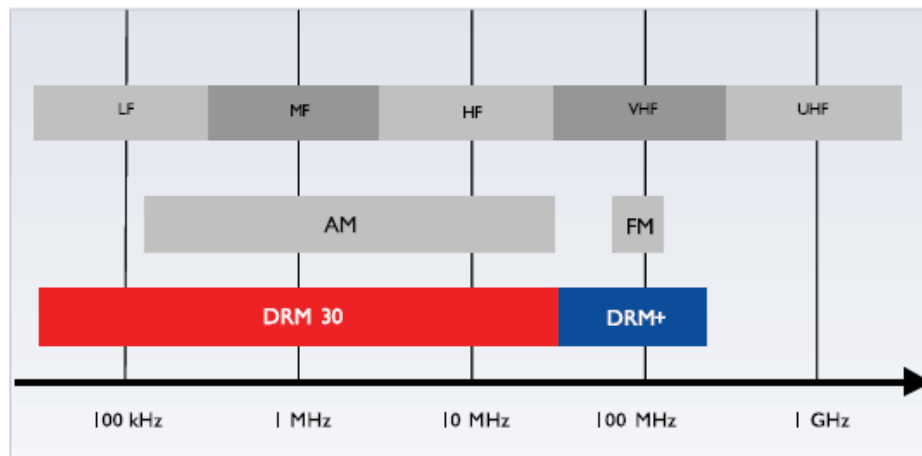


Figura III.1.1. Bandas de uso del sistema DRM [DRM_BG]

Como se observa en la figura III.1.1, el sistema DRM está formado por varios modos de operación que pueden ser divididos en dos grupos [DRM_BG]:

- Modos *DRM30*: Denominados como modos de transmisión A, B, C, y D, son aquellos que fueron diseñados específicamente para la radiodifusión en las bandas de AM, utilizando frecuencias por debajo de los 30 MHz.
- Modos *DRM+*: El modo E está diseñado para permitir la radiodifusión en las bandas de 30 MHz a 174 MHz, donde se incluye la banda de FM, dentro de la banda de Frecuencias Muy Altas (*VHF, Very High Frequency*).

Además de la característica de poder ajustarse a los requerimientos espectrales actuales, DRM también tiene la ventaja de ser un sistema abierto, ya que todos los organismos interesados tienen acceso libre a todos los estándares técnicos para diseñar y fabricar nuevos equipos, esto con el objetivo de ser un mecanismo importante para asegurar la constante mejora del sistema y la rápida reducción en los precios de los equipos diseñados.

Dentro de las principales ventajas que ofrece DRM están [DRM_BG]:

- En la banda de AM, calidad de sonido parecido al FM estéreo actual.
- Envío de datos como texto e imágenes (Guía electrónica de programación, Journaline, etc.).
- Rápida sintonización de estaciones, basándose en el nombre de la estación, no en la frecuencia.
- Uso eficiente del espectro asignado para la radiodifusión.



- Disminución en los costos de operación ya que trabaja con una menor potencia de transmisión.
- Reducción en el consumo de potencia (40% ó 50% aproximadamente).
- Uso de Redes de Frecuencia Única (*SFN, Single Frequency Network*) para la transmisión. Una red SFN es un tipo de radiodifusión donde distintos transmisores emiten la misma señal en el mismo canal de frecuencia. Estas señales están alineadas en tiempo de manera tal que, en la zona de cobertura, la diferencia de llegada entre la primera señal y la última estará dentro del intervalo de guarda para evitar interferencias negativas en la señal.
- Sintonización de otros servicios de datos y audio analógico y digital (DAB, AM o FM).

1.1. Historia del sistema

El Consorcio DRM es una organización sin fines de lucro compuesta por radiodifusores, proveedores de redes de servicios, fabricantes de equipo, universidades, e institutos de investigación, que tiene como objetivo la difusión de un sistema de radiodifusión digital terrestre apropiado para su uso en las bandas de frecuencia utilizadas para la radiodifusión terrestre de audio.

DRM se formó en Guangzhou, China, en 1997; el objetivo inicial fue el de digitalizar las bandas de radiodifusión por debajo de los 30 MHz (bandas de onda larga, onda media y onda corta). Así, en septiembre de 2001 [DRMO], el Instituto de Estándares Europeos de Telecomunicaciones (*ETSI, European Telecommunications Standards Institute*) publicó la especificación técnica del sistema para la radiodifusión por debajo de los 30 MHz, DRM30; y para mayo de 2003, esta se convirtió en estándar [ES 201980].

Durante el 2002, la ITU aceptó al sistema DRM30 publicando la recomendación ITU-R BS.1514 [BS.1514]; para enero de 2003 fue catalogado como estándar internacional por la International Electrotechnical Commission [IEC 62272], y en junio del mismo año, durante la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR 2003), organizada por la ITU, se realizó la primera transmisión comercial diaria utilizando el estándar DRM. Para entonces, el estándar cubría la radiodifusión de AM en las bandas de onda larga, onda media y onda corta, excepto las bandas de la zona tropical, las cuales fueron cubiertas en 2007 cuando la ITU aceptó el uso de DRM30 en dichas bandas; con lo anterior, DRM se convirtió en el único estándar de radio digital aceptado para transmisiones en todas las bandas de radiodifusión de onda corta [BS.1514].

En marzo de 2005, el Consorcio DRM tomó la decisión de extender el estándar DRM30 para incorporar los modos de transmisión necesarios para operar en las bandas de radiodifusión de VHF (conocidos como DRM+), y así, después de varias pruebas de laboratorio y de campo para perfeccionar dichos modos, en 2009 se publicó la especificación extendida del sistema DRM ETSI ES 201 980 v3.1.1 [ES 201980].

Actualmente, existen aproximadamente 119 emisiones DRM alrededor del mundo, con un total de 450 horas diarias de transmisión [DRMO]. En países como Alemania, Francia, Italia, Brasil, Rusia y China, se están realizando pruebas de campo para analizar su posible adopción [DRM_BG].



En cuanto al mercado de los receptores se refiere, existen receptores para hogares (marcas como Uniwave Di-Wave 100, Himalaya DRM 2009, TechniSat MultyRadio, etc., que soportan todos los servicios de datos DRM30 así como la recepción analógica y digital), receptores para automóviles (Starwaves Car Box que es un convertidor que permite la recepción de la señal analógica y digital) y software para permitir la recepción en computadoras (WinRadio Communications) [DRMO].

1.2. Ventajas y servicios del sistema DRM

Dentro de las principales ventajas que ofrece el sistema DRM sobre el sistema de radiodifusión analógico utilizado actualmente están las siguientes [DRM_BG]:

- Ofrece una mejora en la calidad de audio tanto en las transmisiones de AM (que llegan a una calidad parecida a la de la FM actual) como en FM (ofrece la posibilidad de transmitir sonido envolvente).
- DRM permite la transmisión simultánea de la señal digital y analógica.
- En la banda de FM, DRM ofrece la posibilidad de transmitir hasta 4 programaciones diferentes dentro de un mismo canal de transmisión.
- Reduce considerablemente el consumo de potencia durante la transmisión (aproximadamente 40% o 50%), ya que la transmisión de la señal digital se hace con menor potencia para obtener la misma zona de cobertura.
- Es un sistema que está diseñado para complementar y trabajar de forma simultánea con otros estándares. Gracias a la Señalización de Frecuencia Alternativa (*AFS, Alternative Frequency Signalling*) (sección 3.7), cuando se sintoniza un programa en DRM, el receptor puede buscar programas de contenido similar en otros sistemas (DAB, AM o FM), o dentro de las mismas transmisiones DRM; esto para que, en caso de que la señal sintonizada pierda calidad, se haga el cambio inmediato para evitar problemas en la recepción.
- DRM permite el uso de redes SFN, lo que permite un uso más eficiente del espectro radioeléctrico, así como mejorar la recepción en zonas de sombra.
- En la banda de FM, DRM permite el envío de información adicional como:
 - Información de identificación del servicio como tipo de programa, idioma y país de origen.
 - Guía de Programación Electrónica (*EPG, Electronic Program Guide*): Permite al usuario saber el tipo de programas que serán transmitidos, fecha y horario, así como el establecer recordatorios.
 - Journaline: Es un servicio de información que permite al usuario seleccionar los temas de su interés de una lista de posibles temas. La información que se presenta al usuario puede tener referencias geográficas, es decir, que vaya de acuerdo al lugar donde se encuentra.
 - MOT Slideshow: Permite el envío de animaciones e imágenes relacionadas o no con los programas.
 - Canal de Mensajes Tráfico (*TMC, Traffic Message Channel*): Su principal objetivo es, como su nombre lo indica, ofrecer al usuario información de tráfico en tiempo real.



En las secciones siguientes pertenecientes a este capítulo, se presenta primeramente una descripción de todos los servicios de datos que ofrece el sistema DRM+; a continuación, se presentan las características técnicas del sistema. Primero se presenta un resumen de los procesos de codificación de canal, codificación de fuente, características espectrales de la señal DRM (ancho de banda del canal, niveles de potencia y la compatibilidad con las señales analógicas), modos de transmisión, velocidades de transmisión, el uso de las redes de frecuencia única y frecuencia múltiple, y la aplicación y ventajas del sistema en la “Banda de 26 MHz”. Posteriormente se presentan los requerimientos del sistema para realizar la conversión de tecnología; se explican las características con las que deben cumplir los transmisores analógicos de AM y de FM para que puedan ser adaptados para la transmisión de una señal simulcast (señal híbrida compuesta por el audio analógico y el audio y los datos digitales) o de una señal totalmente digital.

Por último, se presenta el costo que implica para los radiodifusores la migración de tecnología, incluyendo la adaptación o adquisición de equipos para generación y transmisión de la señal, la adaptación de los sitios de transmisión, y los costos adicionales por pago de cuotas por derechos de uso del sistema digital.

2. Servicios de datos

En esta sección se describen los diferentes elementos de la señal DRM que están catalogados como “contenido”; dichos elementos incluyen los siguientes tipos de información:

- El contenido de audio.
- Datos obligatorios, que son aquellos que son componentes esenciales del sistema DRM. Ejemplos de esto son todos los datos transportados por los canales FAC y SDC (estos canales se describen más adelante, en la sección 3.1).
- Servicios de datos o de valor agregado que los radiodifusores pueden o no incluir en la transmisión.

2.1. Datos obligatorios

Los datos que toda radiodifusora debe incluir dentro de sus transmisiones DRM son los siguientes [DRM_BG]:

1. **Identificador del servicio:** Este identificador es único a nivel mundial y es asignado a cada programa DRM; su función es la de permitir el funcionamiento del AFS (sección 3.7) y permitir al receptor encontrar e identificar el programa seleccionado por el usuario, aún cuando la frecuencia cambie (en el caso del uso de las redes de frecuencia múltiple, sección 3.5).

El identificador de servicio es generalmente asignado por las autoridades de cada nación que adopte el sistema DRM, y es utilizado únicamente por el receptor, el radioescucha selecciona su programa mediante el nombre del mismo.



2. **Etiqueta del servicio:** Como ya se mencionó, el radioescucha selecciona la programación que desea mediante el nombre, el cual se presenta gracias a la etiqueta de servicio. Esta etiqueta es la herramienta primaria del usuario para la identificación y selección del programa.
La etiqueta del servicio DRM puede ser cualquier texto de hasta 16 caracteres de longitud y es capaz de desplegar cualquiera de los caracteres de la escritura mundial. Un uso que se le puede dar a esta etiqueta es que, si una estación es más conocida por los usuarios por su frecuencia de transmisión actual de AM o FM, esta información puede enviarse como parte de la señal DRM.
3. **Tipo de programa:** La selección del programa también puede hacerse por el tipo de contenido (noticias, música pop, rock, drama, etc.), por lo que el sistema DRM también soporta la señalización de 29 diferentes tipos de programas para los servicios de audio.
4. **Idioma del servicio:** El usuario tiene la posibilidad de seleccionar el idioma de los programas que desea escuchar; en regiones donde existen muchas lenguas, esto puede ser útil, ya que de esta manera el usuario evita sintonizar programas que no pueda entender. Para la señalización del idioma, se utiliza el código establecido por la ISO.
5. **País de origen:** Con esta opción el radiodifusor puede señalar el país de origen de un servicio DRM en particular, esta información se referencia al lugar del estudio, no del transmisor. Al igual que el caso anterior, esta señalización se basa en los códigos asignados a cada país por la ISO.

2.2. Servicios de valor agregado

Las aplicaciones catalogadas como servicios de valor agregado pueden ser desde simples servicios de texto que acompañen al audio transmitido hasta el uso total de la capacidad del MSC para servicios de datos multimedia.

Los servicios más complejos de multimedia pueden incluir tanto texto como imágenes, aunque en el caso de DRM30, debido a que tiene velocidades de transmisión menores, la cantidad de datos que se pueden enviar, así como sus actualizaciones, se ve restringida. Por esta razón, es recomendable que en estos modos, los servicios de texto ocupen únicamente de 2 kbps a 4kbps de la capacidad del MSC.

Dentro de los servicios de valor agregado se encuentran [DRM_BG]:

1. **Mensajes de texto DRM:** DRM ofrece a los radiodifusores la opción de enviar una secuencia de mensajes de texto cortos (hasta 128 caracteres de longitud). Estos mensajes están siempre asociados al programa de audio, por ejemplo, nombre de la canción, artista, nombre del programa, noticias de la estación, etc.
2. **Servicio de información de texto Journaline:** Este es un servicio de información basado en texto que puede ser manejado como un servicio asociado a un programa de audio o como servicio independiente. En este caso, el usuario tiene acceso a una lista de diferentes temas, de la cual es posible seleccionar los que son de interés.
La estructura del servicio y los elementos de información que se presentan al usuario están definidos completamente por el radiodifusor, y la información se presenta como páginas de texto, listas y/o tablas o mensajes. En total, un servicio de



journaline puede estar compuesto por más de 65,000 páginas individuales, cada una conteniendo hasta 4 kbytes de contenido textual.

Al aire, Journaline puede trabajar con velocidades de transmisión muy bajas, de hasta 200 bps.

3. **EPG:** Esta es una guía digital de la programación disponible; el contenido es típicamente desplegado en la pantalla del receptor con funciones que le permiten al usuario navegar, seleccionar y buscar el contenido mediante el horario, título, canal, género, etc. Además, la EPG permite también la grabación de los programas de interés, ya sea por medio del receptor DRM, o mediante un grabador digital.
4. **Slideshow:** El contenido de este servicio puede estar compuesto de manera tal que se le presente al usuario información útil cada vez que este mire la pantalla del receptor. Generalmente se transmite información relacionada con el programa (portadas de discos, logotipo de programa, fotografía del presentador, mapas, fotografías, imágenes relacionadas con noticias, etc.), aunque también puede incluirse información totalmente independiente del servicio de audio (anuncios, alertas de clima, etc.).
La capacidad de canal requerida para este servicio no debe ser menor a 4 kbps, por lo que los modos DRM30 de doble canal de ancho de banda y DRM+ son los modos que ofrecen las mejores condiciones para agregar este servicio.
5. **TMC:** Este es un servicio utilizado generalmente por los radiodifusores para enviar informes del tráfico en tiempo real. Dicha información puede ser entregada al usuario de diferentes maneras, la más común es a través de un sistema de navegación que pueda ofrecer una guía dinámica a lo largo de la ruta, alertando al conductor sobre los problemas en la trayectoria planeada y calculando una ruta alternativa para evitar los incidentes.
6. **Diveemo:** Esta es una aplicación, aún en desarrollo, que está basada en DRM y permite el envío de video a pequeña escala, por lo que podría ser utilizada con diferentes fines, dependiendo de los deseos del radiodifusor:
 - a. Como un sistema de educación a distancia.
 - b. Servicio de noticias basado en video.
 - c. Aplicación para anuncios mediante video.
 - d. Sistema de información de emergencia.

3. Componentes principales del sistema DRM

En esta sección se muestran las características técnicas que componen al sistema DRM y que intervienen durante la generación de la señal digital. Primero se presentan los tres canales lógicos de información con los que cuenta el sistema para transportar los datos dependiendo del tipo de información del que se trate, posteriormente se presentan los métodos de codificación de audio con los que se cuentan, los criterios de uso de cada uno, la calidad de audio que soportan y sus velocidades de transmisión.

Posteriormente se explica cuales son los métodos de modulación y codificación de canal de la información. En este caso, DRM cuenta con 5 modos de robustez (4 para DRM30 y 1 para DRM+), los cuales, gracias a que utilizan diferentes constelaciones para la modulación, anchos de banda, y niveles de robustez, se ajustan a diferentes condiciones de transmisión

dependiendo de la banda de frecuencias que se esté utilizando para la radiodifusión y del entorno en el que se realice. Después se muestra la distribución de los datos de los tres diferentes canales a lo largo de la trama de transmisión conocida como multiplex, tanto para DRM30, como para DRM+.

A continuación se presentan las características que permiten al sistema DRM utilizar las redes de frecuencia única y las redes de frecuencia múltiple, sus ventajas y detalles de diseño. Luego, se presenta la característica simulcast del sistema, la cual permite una convivencia de la señal digital con las transmisiones analógicas actuales; también se presentan todas las características relacionadas con el espectro de la señal, los canales de transmisión utilizados, anchos de banda de las señales y máscaras de transmisión.

Finalmente se explica el funcionamiento de la opción de señalización de frecuencia alternativa (la cual permite la re sintonización del receptor no solo a otras frecuencias DRM, sino también a servicios de AM, FM o DAB) y el uso del sistema DRM en la denominada “Banda de 26 MHz”.

3.1. Codificación y multiplexación de contenidos DRM

Tanto la función de codificación de fuente como la multiplexación, se encuentran integradas en el Servidor de Contenidos [DRM_BG], mostrado en la figura III.3.1.

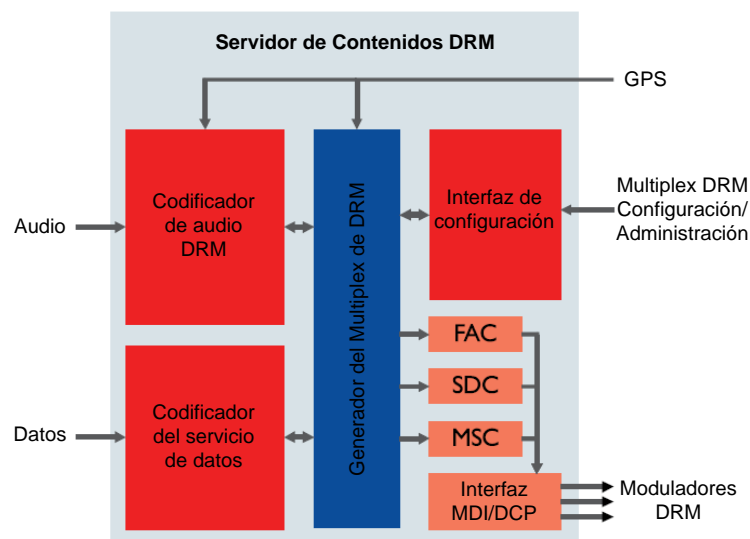


Figura III.3.1. Servidor de Contenidos DRM (codificación de fuente y multiplexación) [DRM_BG]

En la misma figura se muestran también los dos tipos básicos de información de entrada:

1. El audio y los datos que serán transmitidos a través del Canal de Servicio Principal (MSC, Main Service Channel).
2. Los datos de identificación del o los servicios y los parámetros de codificación que sirven para ayudar al receptor en la sintonización y a codificar de forma correcta la señal recibida. Todos estos datos viajan a través de dos canales [WBU_DRG]:
 - a. Canal de Acceso Rápido (FAC, Fast Access Channel): Provee la información necesaria para un escaneo rápido de la información y permitir así una sintonización más rápida. Además contiene los parámetros del canal (ancho de banda del espectro, tipo de modulación, número de servicios, etc.) que



permiten la demodulación de la señal DRM, y los parámetros del servicio (identificador del servicio, identificador corto, acceso condicional, idioma, etc.)

- b. Canal de Descripción del Servicio (*SDC, Service Description Channel*): Incluye los datos necesarios para la decodificación del MSC, los atributos de los servicios contenidos en el multiplex, e información como acceso condicional, información de frecuencia y de horario de frecuencia (ambos para permitir la búsqueda de fuentes alternativas de la misma programación), soporte de anuncios y cambio, identificación de la región de cobertura, información de fecha y hora, información del audio, etc.

Una vez que el servidor de contenidos recibe todos los tipos de datos antes mencionados, estos deben ser codificados para poder transformarlos a un formato digital apropiado para su transmisión. Es así como para la codificación de fuente se utilizan los siguientes codecs: AAC, CELP y HVXC

3.1.1. Codificación de fuente

El sistema DRM provee 3 codecs pertenecientes al estándar MPEG4 (figura III.3.2); AAC (*Advanced Audio Coder*) provee la mayor calidad de audio así como la mayor velocidad de transmisión, mientras CELP (*Code Excited Linear Prediction*) y HVXC (*Harmonic Vector Excitation Coding*) requieren de una menor velocidad de transmisión (2 kbps con HVXC o 4 kbps para CELP, como mínimo), por lo que están diseñados para codificar únicamente servicios de voz. El desempeño de los tres codecs se puede mejorar mediante el uso de la codificación por Réplica de Banda Espectral (*SBR, Spectral Band Replication*) [DRM_BG] [WBU_DRG].

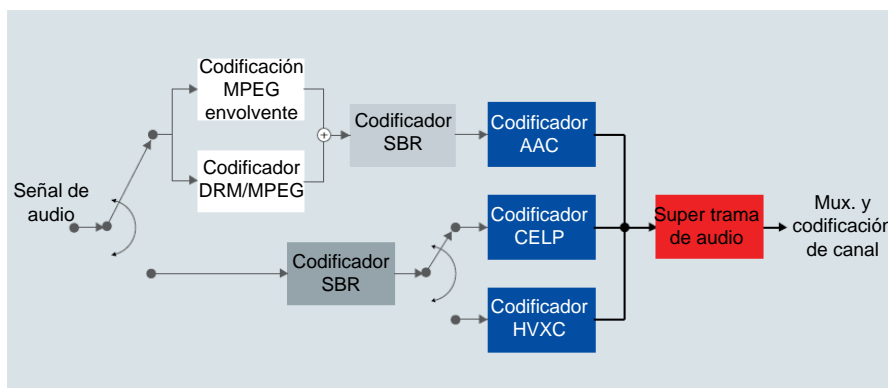


Figura III.3.2. Codificación de audio DRM [DRM_BG]

Como cada codificador de audio requiere de velocidades de transmisión específicas, no todos los codecs pueden utilizarse para todos los modos DRM [DRM_BG]. En la figura III.3.3 se ilustra la operación de los tres diferentes codecs de acuerdo a la capacidad de transmisión de los modos DRM más comunes.

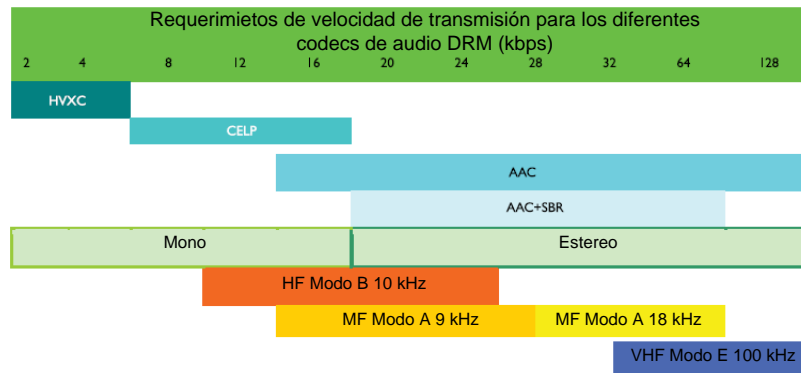


Figura III.3.3. Propuesta de uso de los codificadores de audio DRM [DRM_BG]

Para permitir que el audio, los datos asociados al servicio y los parámetros asociados a la transmisión puedan ser generados desde las cabinas de audio y luego enviados al sitio de transmisión sin necesidad de utilizar un gran ancho de banda, DRM ha especificado un método eficiente para unir todos estos datos en un solo flujo (*multiplex*) conocido como Interfaz de Distribución del Multiplex (*MDI, Multiplex Distribution Interface*) y el Protocolo de Comunicaciones y Distribución (*DCP, Distribution and Communications Protocol*) [DRM_BG].

3.2. Codificación de canal y modulación DRM

En la figura III.3.4 se muestra un diagrama de bloques simplificado de un modulador DRM [DRM_BG], cuyas funciones se explican brevemente a continuación:

- En la etapa de dispersión de energía se aleatorizan los bits, esto con el fin de reducir la periodicidad no deseada en la señal transmitida.
- El codificador de canal añade, de forma ordenada, bits de redundancia a la información para proveer una herramienta de protección y corrección de errores; además, también define el mapeo de la información digitalmente codificada en símbolos QAM, que luego serán enviados al transmisor para su modulación.
- El entrelazador se encarga de reordenar la secuencia de bits de la señal, esto para revolver la información y que la reconstrucción final en el receptor esté menos afectada por los desvanecimientos que pudiera causar el canal de transmisión.
- El generador de la señal piloto añade portadoras de referencia (de amplitud y fase definidas), las cuales permiten al receptor obtener la información de equalización de canal y poder hacer así una demodulación correcta de la señal.
- El mapeador OFDM junta todos los símbolos QAM generados en los tres canales (MSC, FAC y SDC) y los coloca dentro de sus respectivas sub portadoras dentro de la señal OFDM.

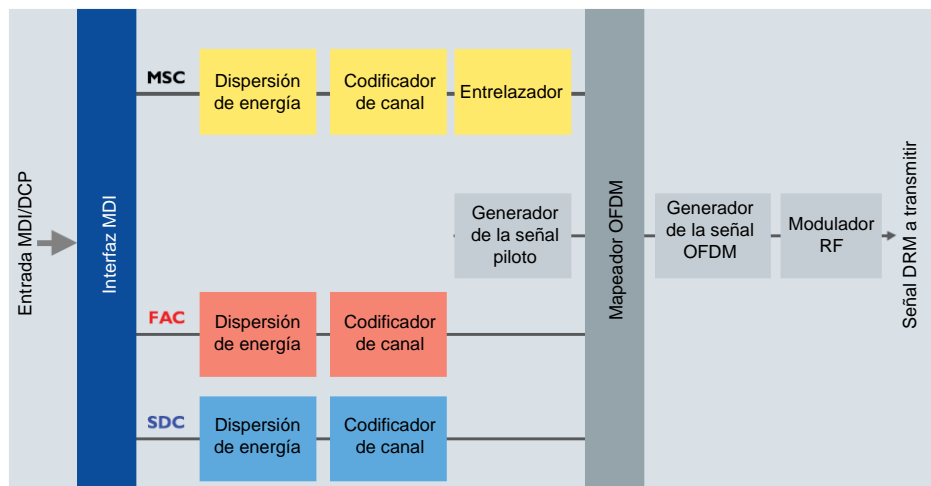


Figura III.3.4. Diagrama a bloques del modulador DRM [DRM_BG]

3.2.1. Codificación de canal

El esquema de codificación/modulación utilizado por el sistema DRM es Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencia Codificada (*COFDM, Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), el cual combina la modulación OFDM con la codificación de nivel múltiple, que está basada en la codificación convolucional, y provee protección contra errores [WBU_DRG].

Una característica del sistema DRM es que permite la asignación de diferentes niveles de protección dentro del mismo multiplex, a esto se le conoce como Protección Desproporcional contra Errores (*UEP, Unequal Error Protection*) y Protección Proporcional contra Errores (*ECP, Equal Error Protection*). Para los canales FAC y SDC se utiliza siempre la EEP, que no es más que el uso de una sola tasa de código para la codificación convolucional; para el canal MSC se puede utilizar la UEP, que es la asignación de dos tasas de código diferentes para poder enviar ciertos datos (el audio por ejemplo) con un nivel de protección mayor y otros datos no tan importantes (los datos obligatorios) con un nivel de protección menor. Todo lo anterior ayuda a optimizar el uso del canal de transmisión.

Por su parte, el uso de COFDM provee una excelente transmisión y protección de la señal en canales estrechos (9 kHz o 10 kHz) en las bandas de radiodifusión de LF, MF y HF.

Para la modulación de cada una de las sub portadoras OFDM se utiliza la Modulación de Amplitud en Cuadratura (*QAM, Quadrature Amplitude Modulation*), y dependiendo de la calidad y robustez de la señal que se desee, será la constelación utilizada para modular la información dentro de las sub portadoras; 64QAM (para una gran calidad de audio) y 16QAM (para una señal más robusta pero de menor calidad) para el sistema DRM30 y 16QAM y 4QAM para el sistema DRM+ [WBU_DRG].

3.2.2. Modulación y parámetros de codificación

Una de las grandes ventajas que ofrece el sistema DRM, es que permite modificar los parámetros OFDM de la transmisión para optimizar el funcionamiento del mismo dependiendo de la banda de frecuencias en la que se transmite. Es así como se definen 5 modos de robustez que se muestran en la tabla III.3.1 [DRM_BG].



Tabla III.3.1. Modos de robustez DRM [ES 201980]

Sistema	Modo	Intervalo de guarda [ms]	Separación entre portadoras [Hz]	Opciones de ancho de banda [kHz]	Usos típicos
DRM 30	A	2.66	41.6667	4.5, 5, 9, 10, 18, 20	LF y MF ondas de superficie, banda de 26 MHz línea de vista
	B	5.33	46.8823	4.5, 5, 9, 10, 18, 20	HF y MF onda ionosférica
	C	5.33	68.2128	10, 20	Canales complicados por onda de tierra en HF
	D	7.33	107.1811	10, 20	Onda de cielo de incidencia casi vertical
DRM+	E	0.25	444.4444	100	VHF transmisiones en bandas de 30MHz a la banda III

- El modo A está diseñado para transmitir con la mayor velocidad de datos posible dentro del contexto de la cobertura de onda de superficie y línea de vista.
- El modo B generalmente es la primera opción para los servicios de onda ionosférica.
- Los modos C y D se utilizan donde las condiciones de propagación son más severas, como cuando es necesario cubrir grandes distancias con múltiples saltos, o incidencia casi vertical, donde puede haber señal reflejada.
- Finalmente, el modo E se utiliza para las bandas de frecuencia de VHF de los 30 MHz hasta la banda III.

En cuanto a la modulación QAM, en los modos del sistema DRM30 se puede elegir ya sea 64QAM o 16QAM para el canal MSC, y esta elección depende principalmente de la Relación Señal a Ruido (*SNR, Signal to Noise Ratio*) que se alcance en el área deseada. La opción más robusta (16QAM) se elige cuando se espera que la SNR sea demasiado baja para soportar la modulación 64QAM. Para el sistema DRM+, es posible emplear ya sea la modulación 16QAM o 4QAM [DRM_BG].

3.3. Capacidad de transmisión del sistema

Dentro de las restricciones de los parámetros de modulación necesarios para entregar la calidad de servicio requerida, los radiodifusores tienen cierta flexibilidad en la forma en la que se utiliza la capacidad disponible del MSC [DRM_BG]. Por ejemplo, puede ser que el radiodifusor desee destinar cierta capacidad del canal para transmitir un servicio de datos junto con el audio, o dividir la capacidad total para proveer más de un servicio de audio.

En la tabla III.3.2 se especifica el rango de velocidades de transmisión disponibles para diferentes niveles de robustez de la señal y anchos de banda del canal. La velocidad mínima de transmisión que ofrece el sistema DRM es de 4.8 kbps (modo B, 16QAM, robustez máxima, ancho de banda de 4.5 kHz), mientras que la velocidad máxima es de 186 kbps (modo E, 16QAM, robustez mínima, ancho de banda de 100 kHz) [DRM_BG].



Tabla III.3.2. Velocidades de transmisión del sistema DRM [DRM_BG]

Modo	Modulación QAM	Nivel de robustez (tasa de código de la modulación)	Ancho de banda nominal de la señal [kHz]						
			4.5	5	9	10	18	20	100
			Velocidad de transmisión aproximada [kbps]						
A	64	Min.	14.7	16.7	30.9	34.8	64.3	72.0	
		Max.	9.4	10.6	19.7	22.1	40.9	45.8	
	16	Min.	7.8	8.8	16.4	18.4	34.1	38.2	
		Max.	6.3	7.1	13.1	14.8	27.3	30.5	
B	64	Min.	11.3	13.0	24.1	27.4	49.9	56.1	
		Max.	7.2	8.3	15.3	17.5	31.8	35.8	
	16	Min.	6.0	6.9	12.8	14.6	26.5	29.8	
		Max.	4.8	5.5	10.2	11.6	21.2	23.8	
C	64	Min.				21.6		45.5	
		Max.				13.8		28.9	
	16	Min.				11.5		24.1	
		Max.				9.2		19.3	
D	64	Min.				14.4		30.6	
		Max.				9.1		19.5	
	16	Min.				7.6		16.2	
		Max.				6.1		13.0	
E	16	Min.							186.3
		Max.							99.4
	4	Min.							74.5
		Max.							37.2

3.4. Generación de la trama de radiodifusión

En la figura III.3.5 se presenta la estructura de la trama así como la relación temporal entre los tres tipos básicos de información transmitida. Este orden fue diseñado principalmente atendiendo a las necesidades de sintonización, re sintonización y operaciones de contenido de los receptores.

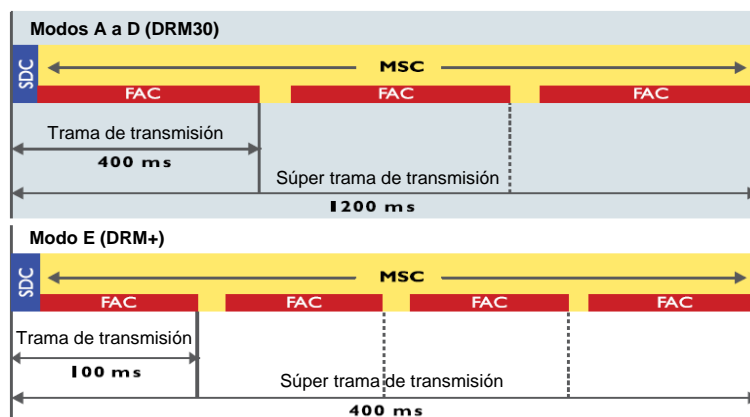


Figura III.3.5. Estructura de la trama DRM (modos DRM30 y DRM+) [DRM_BG]



Como se observa en la figura III.3.5, la estructura de la trama del FAC es de 400 ms (DRM30) o 100 ms (DRM+) dependiendo del modo de robustez [DRM_BG]. Además, a diferencia del MSC y el SDC, la información transportada por este canal no está entrelazada en tiempo y es mapeada en grupos específicos de sub portadoras OFDM para que el receptor tenga fácil acceso a los parámetros del canal, requeridos por el receptor para la demodulación del multiplex, y a los parámetros del servicio, necesarios para un escaneo y sintonización rápidos. Otra razón por la cual el FAC no está entrelazado, es que, al transmitir la señal DRM en un canal diferente al utilizado por la señal analógica, la sintonización de las estaciones se realiza mediante el nombre de las mismas, y dado que la información del nombre de la estación viaja en este canal, es importante tener un rápido acceso a ella para permitir una sintonización rápida.

La trama del SDC contiene información de cómo demodular los datos del MSC, cómo encontrar transmisiones alternativas que contengan los mismos datos y da atributos a los servicios que se encuentran dentro del multiplex; se transmite a lo largo de todas las sub portadoras con una duración de dos símbolos al inicio de cada súper trama; esta información normalmente es estática y repetitiva, y es justo esta periodicidad la que permite al receptor el cambio a frecuencias alternativas; dicha periodicidad corresponde a la longitud de la súper trama de transmisión, es decir, 1,200 ms o 400 ms [DRM_BG], dependiendo del modo DRM que se esté utilizando (figura III.3.5).

3.5. Redes de frecuencia única (SFN) y frecuencia múltiple (MFN)

El sistema DRM ofrece una característica muy importante, la operación en redes SFN, que es cuando ciertos transmisores están transmitiendo señales DRM idénticas utilizando la misma frecuencia. Generalmente estos transmisores tienen un área de cobertura de manera tal que, en ciertas zonas, estas se traslapan; en este caso, los receptores recibirán una misma señal proveniente de diferentes transmisores.

Para asegurar una buena recepción en estas zonas de traslape, es necesario asegurar que las señales que llegan al receptor lleguen con una diferencia de tiempo menor al intervalo de guarda para lograr una interferencia positiva y que las señales se sumen. La principal ventaja al utilizar las redes SFN es que se pueden cubrir grandes áreas (una región o incluso un país entero) utilizando una sola frecuencia y varios transmisores [DRM_BG].

Donde no es posible utilizar redes SFN, se pueden utilizar también las Redes de Frecuencia Múltiple (MFN, *Multi Frequency Network*); en este caso, las señales DRM transmitidas siguen siendo idénticas, pero la frecuencia usada en cada transmisor es diferente. Así, cuando se deja una zona de cobertura y se entra en otra, el receptor debe cambiar a otra frecuencia donde se esté transmitiendo el mismo servicio, para determinar la calidad de la señal y ver si conviene hacer el cambio a esa frecuencia o continuar buscando (esto se logra mediante el AFS, que utiliza la información del SDC). Si la calidad de la señal de la frecuencia alternativa es mejor que la de la frecuencia actual, el receptor entonces puede quedarse en esa frecuencia, si no, continúa buscando. Para que este proceso se realice sin cortes de audio, las señales transmitidas en cada frecuencia deben estar sincronizadas en tiempo al llegar al receptor.



3.6. Simulcast

Simulcast es la opción que permite a las señales digitales DRM convivir con las transmisiones analógicas actuales; esta opción es realmente interesante para los radiodifusores que deben cumplir con una etapa de transición de tecnologías y deben ofrecer servicios tanto para receptores analógicos como digitales. Sin embargo, los radiodifusores pueden verse restringidos al momento de introducir la señal DRM, ya que para poder transmitir esta señal requiere de un canal de frecuencia adyacente al usado por la señal analógica y en muchas zonas es complicado adquirir un nuevo canal.

3.6.1. Simulcast para DRM30

Para resolver el problema del uso de los canales de frecuencia, el estándar ETSI TS 102 509 [TS 102509] describe, para el sistema DRM30, un modo de simulcast de canal único para canales de 9 kHz o 10 kHz, donde la banda lateral superior es reemplazada con una señal DRM de 4.5 kHz o 5 kHz, mientras que la banda lateral inferior es procesada para generar una envolvente compuesta que puede ser demodulada por un receptor convencional de AM (figura III.3.6).

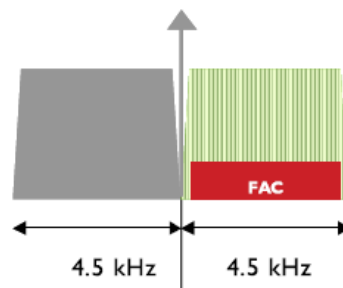


Figura III.3.6. Simulcast de canal único [DRM_BG]

Sin embargo, para que los radiodifusores puedan explotar de mejor forma todas las características que ofrece el sistema DRM, lo más recomendable es utilizar canales de 18 kHz o 20 kHz o espectro adicional al canal de 9 kHz ó 10 kHz asignado (simulcast multi canal o multi frecuencia); así, la señal DRM puede ser transmitida en el canal superior o inferior adyacente y puede ocupar la mitad o la totalidad de la capacidad del mismo, dependiendo de la opción de ancho de banda seleccionada (figura III.3.7).

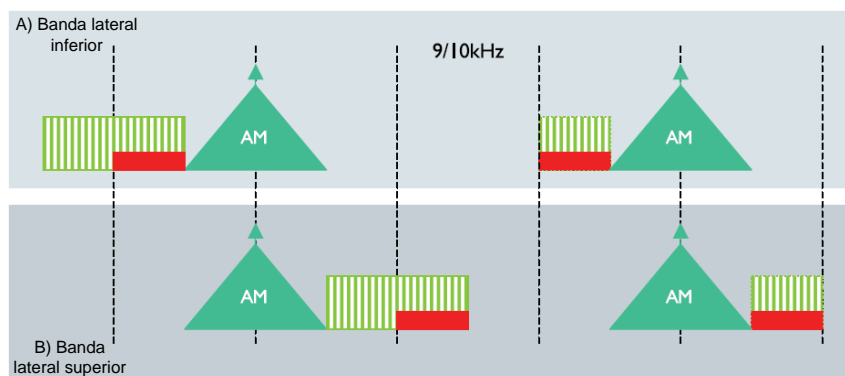


Figura III.3.7. Simulcast multi canal o multi frecuencia [DRM_BG]

En cuanto a los niveles de potencia que debe tener la señal digital para no causar interferencia a las transmisiones analógicas, el sistema DRM30 no ha definido una máscara de transmisión; sin embargo, el sistema debe cumplir con las condiciones establecidas por la ITU [SM.328] [DRM_BG] para evitar generar interferencias a los canales adyacentes. Por esta razón, es posible utilizar la máscara definida en la figura III.3.8.

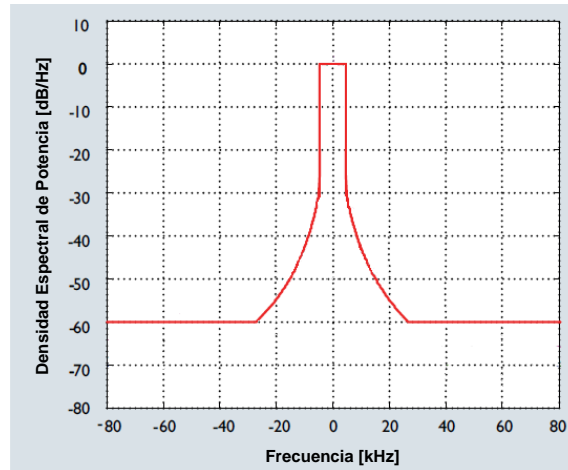


Figura III.3.8. Máscara de transmisión propuesta para DRM30 [DRM_BG]

3.6.2. Simulcast para DRM+

Para el caso del modo E (DRM+), es posible colocar la señal DRM muy cerca de la señal FM, y la configuración puede hacerse dependiendo del uso actual del espectro; de esta manera, se puede comenzar a introducir el sistema DRM en las bandas de frecuencia de FM.

La figura III.3.9 muestra que la señal DRM puede ser colocada a la izquierda o a la derecha de la señal analógica de FM y para garantizar los niveles de protección respectivos así como la calidad de audio de la señal de FM, la distancia entre frecuencias portadoras (Δf) y la diferencia de niveles de potencia (ΔP) entre ambas señales puede ser establecida de acuerdo a las necesidades del radiodifusor. Un valor de $\Delta f \geq 150 \text{ kHz}$ es recomendable, mientras que el valor de $\Delta P > 20 \text{ dB}$ será la diferencia mínima de potencias cuando $\Delta f = 150 \text{ kHz}$ [ES 201980] (figura III.3.10).

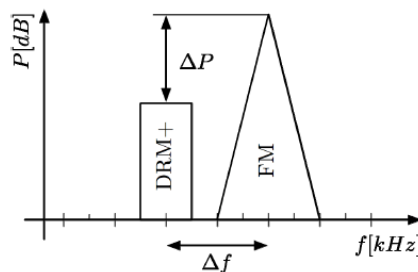


Figura III.3.9. Simulcast para el modo E (FM) [ES 201980]

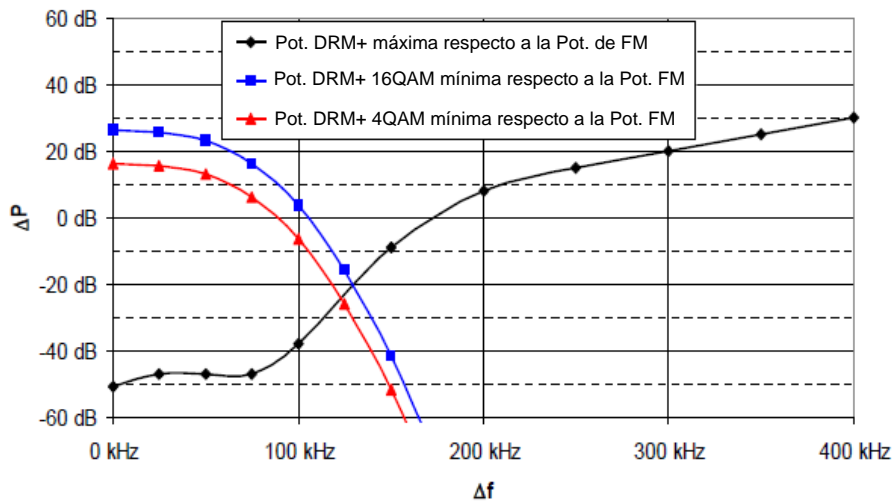


Figura III.3.10. Relación de potencias analógica y digital en simulcast para DRM+ [DRM_BG]

Para transmitir utilizando el sistema DRM+ en las bandas de frecuencias existentes junto con otras transmisiones, los niveles de protección y la máscara de transmisión aún no han sido estandarizados, sin embargo, para no causar interferencias en las transmisiones analógicas existentes, se utiliza la máscara definida en la figura III.3.11, basada en la máscara establecida por la ETSI (EN 302 018) para las transmisiones analógicas de FM [DRM_BG].

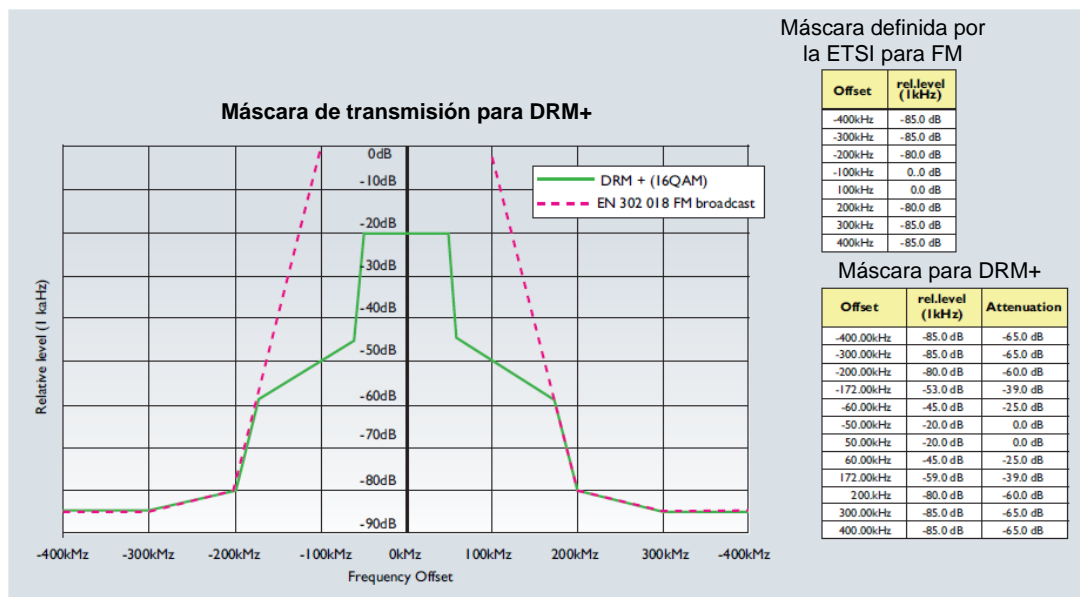


Figura III.3.11. Máscara de transmisión para DRM+ y FM [DRM_BG]

3.7. Cambio a frecuencias alternativas

El cambio a frecuencias alternativas forma una parte integral del mecanismo que permite el uso de las redes MFN. La lista de frecuencias alternativas (*AF*, *Alternative Frequency*) es transmitida en el SDC dentro del multiplex DRM y transporta, como su nombre lo indica, una lista de frecuencias que cargan el mismo programa o programas asociados al que se escucha en ese momento.



La lista de AF, además de identificar las frecuencias de otros servicios DRM, también provee la información de servicios no pertenecientes a señales DRM (AM, FM o DAB) que contengan el mismo programa o algún programa asociado. Dependiendo de la cobertura del receptor, este puede ser capaz de cambiar entre estas señales y las señales DRM.

Existen dos modos para realizar el AFS:

1. AFS continuo: En este caso el receptor realiza la re sintonización sin cortar el audio; para trabajar bajo este modo, es necesario que las redes estén sincronizadas. Además, este modo solo está disponible cuando se hace el cambio entre transmisiones DRM.
2. AFS genérico: Permite al receptor ser direccionado a otro transmisor que esté transmitiendo el mismo servicio, y este no está restringido a señales DRM únicamente, por lo que al cambiar de un servicio a otro, puede haber cortes en la señal de audio.

La función AFS no solo puede transmitir la información de las frecuencias que en ese momento están transmitiendo cierto servicio, también se puede informar sobre otras frecuencias que contengan el mismo servicio pero que será transmitido a otra hora, en otras regiones.

3.8. Uso de la banda de 26 MHz

DRM es el único sistema de radiodifusión digital diseñado para operar en las bandas de onda corta (rango de radiodifusión de 3 a 30 MHz). La “banda de 26 MHz” (25.67 MHz a 26.10 MHz) es un rango de radiodifusión de 430 kHz de ancho de banda que se encuentra en la parte superior del rango de HF que cuenta con 42 canales de 10 kHz cada uno.

Los radiodifusores internacionales tienden a favorecer la radiodifusión en las bandas de baja frecuencia (por debajo de los 21 MHz) en parte debido a que los receptores de bajo costo no captan la banda de 26 MHz y porque la propagación de gran alcance no es siempre posible dentro de esta banda. Por esta razón, la banda de 26 MHz está disponible para la radiodifusión a nivel local.

El resultado de utilizar sistemas de transmisión en línea de vista y de baja potencia en la banda de 26 MHz es un área de cobertura muy similar a la conseguida con una transmisión en Banda I. Otra ventaja del uso de esta banda es que el nivel de ruido generado por el hombre es mucho menor al de la banda MW. Para las coberturas locales, el sistema ofrece las siguientes características:

- Cobertura de un área metropolitana, o una porción más pequeña (una comunidad, por ejemplo).
- El uso de un canal de 10 kHz permite la transmisión con una calidad de audio equivalente a la de FM estéreo; el uso de un canal de 20 kHz proporciona mayor capacidad y asegura una mayor flexibilidad en términos de modos de transmisión y configuraciones de audio.
- Uso de redes SFN o MFN para obtener un área de cobertura mayor utilizando menor potencia de transmisión.
- Utilización de la capacidad AFS si es que se transmite un mismo programa en más de una frecuencia.



- Uso de niveles de potencia menores a los necesarios para una transmisión en banda MF para obtener la misma zona de cobertura.

A pesar de lo anterior, uno de los problemas que surgen al transmitir en la banda de 26 MHz es la interferencia ionosférica, la cual se debe a que en este rango de frecuencias se presentan dos modos de propagación, por onda de superficie y por onda ionosférica. Esto ocasiona que al receptor llegue la misma señal que se está transmitiendo, pero con un retraso que ocasiona una interferencia negativa al momento de la demodulación.

4. Requerimientos de conversión para la transmisión de la señal DRM

En esta última sección se presentan todas las especificaciones técnicas que deben cubrir los transmisores para poder generar una señal DRM de buena calidad; además se explica la forma en la que pueden modificarse los transmisores analógicos que utilizan los radiodifusores actualmente, tanto de AM como de FM, para generar señales híbridas o totalmente digitales.

Por último, se explica todo lo relacionado a las cuotas adicionales que es necesario cubrir para, en este caso, poder fabricar equipos con tecnología DRM.

4.1. Transmisión en los modos DRM30

Para el caso del sistema DRM30, la característica principal con la que deben cumplir los transmisores es que el amplificador debe ser lo más lineal posible ya que la señal DRM contienen múltiples portadoras de RF, las cuales al pasar por un proceso no lineal generan productos de intermodulación y modulación cruzada, lo que degrada seriamente la calidad de la señal [DRM_BG].

A pesar de que es posible construir un amplificador lineal que proporcione el nivel de potencia requerido para la transmisión, su uso no es recomendable ya que la eficiencia que ofrece es muy baja (aproximadamente 20% a 30%) y, por lo tanto, requiere de un sistema de enfriamiento de mayor capacidad, lo que aumenta considerablemente el costo de operación. Por esta razón, existe una técnica que permite que un amplificador no lineal pueda manejar señales en banda base y de RF, derivadas de la señal I/Q original de bajo nivel, de manera tal que las componentes de la señal se combinen en la etapa final del amplificador para formar una réplica de alto nivel de la señal original. El efecto final es que el amplificador funciona como un amplificador lineal a pesar de que este continúa trabajando de manera no lineal. Además, actualmente existen transmisores que trabajan en la banda de HF que implementan el sistema de Banda Lateral Única (*SSB, Single SideBand*) y cuyas condiciones de operación en la etapa final se modifican para que funcionen como un amplificador lineal.

4.1.1. Conversión de los transmisores AM analógicos

Como se muestra en la figura III.4.1, al utilizar un transmisor analógico AM de alta potencia para transmitir la señal DRM, esta debe ser primero convertida a un formato de amplitud (A) y fase (RFP) para después ser enviada a la entrada del modulador de audio y a los circuitos de frecuencia respectivamente. Tanto el tiempo de la señal A como el de la señal RFP deben

ser ajustados de manera que a la entrada del modulador, ambas señales estén sincronizadas y puedan ser combinadas de nuevo de manera efectiva.

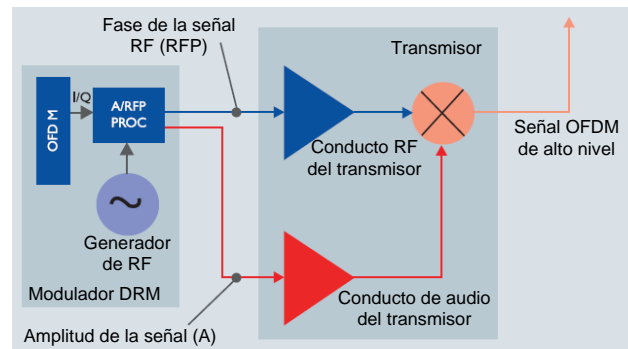


Figura III.4.1. Transmisor con topología A/RFP [DRM_BG]

Para que esta técnica funcione adecuadamente, existen ciertos requisitos que deben cubrir los transmisores analógicos:

1. Debe haber una conexión directa entre el modulador y el amplificador final, lo que significa que la técnica A/RFP no se puede utilizar con transmisores que tengan moduladores clase B.
2. Los tiempos de las señales A y RFP deben ser ajustados para obtener un desempeño óptimo durante la modulación.
3. El ancho de banda del conducto del audio en el transmisor debe ser mayor que el utilizado para las transmisiones AM analógicas, generalmente 3.5 veces el ancho de banda de la señal DRM deseada, por su parte, la frecuencia de muestreo de los moduladores por paso de pulso o por duración de pulso en estado sólido debe ser más del doble de la frecuencia mínima para cumplir con el teorema de Nyquist [DRM_BG].
4. Cualquier filtro que limite el ancho de banda a lo largo del conducto del audio debe ser retirado y el filtro de salida del modulador tendrá que ser modificado para conseguir el ancho de banda requerido; al modificar la respuesta en frecuencia de este filtro es importante asegurarse de que la característica de retraso de grupo lineal se mantenga a lo largo de la banda de paso.

Los transmisores DRM que están basados en amplificadores AM y que utilizan el método A/RFP son capaces de tener un excelente desempeño, la eficiencia típica de los transmisores DRM modernos está en el rango de 70% a 85% en el rango de potencia de 10 KW a 250 kW [DRM_BG].

4.2. Transmisión en los modos DRM+

Para el caso de las transmisiones en FM también se requiere que los amplificadores sean lo más lineales posible para poder obtener así un mejor funcionamiento del sistema. Además, se ofrecen diferentes topologías para poder generar la señal híbrida o totalmente digital [DRM_BG].



4.2.1. Generación de la señal totalmente digital

Para un transmisor digital DRM+ la topología típica es muy simple (figura III.4.2). Como se explica en la sección 3.1.1, el programa de audio y la información digital adicional se combinan en el servidor de contenidos y la salida se envía al modulador a través del flujo de datos MDI. Después, el modulador DRM+ provee una señal de salida RF modulada en frecuencia que es enviada directamente al amplificador de potencia.

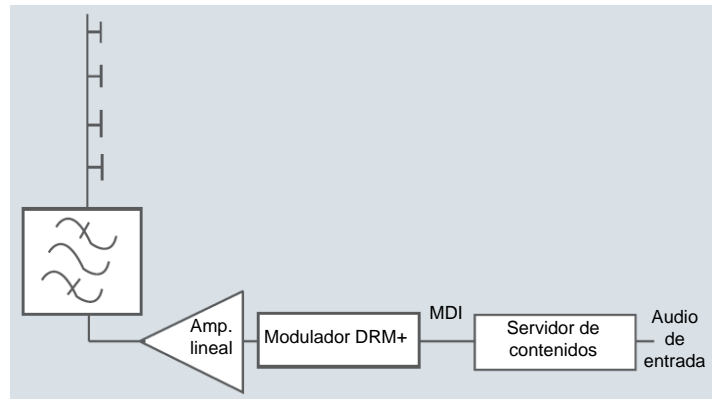


Figura III.4.2. Transmisor DRM+ con amplificador lineal de potencia [DRM_BG]

4.2.2. Generación de la señal híbrida

Para el caso de la señal híbrida (generación y transmisión de la señal analógica junto con la digital), lo más común es combinar las salidas de los respectivos amplificadores de potencia (FM y DRM+) utilizando un sistema de combinación de alto nivel [DRM_BG]. Esto se puede hacer de diferentes maneras:

1. **Combinación por acoplador direccional:** Las señales de FM y DRM+ son combinadas usando un acoplador híbrido que se coloca después de los dos amplificadores de potencia (figura III.4.3). El factor de acoplamiento se elige de manera que se obtengan valores óptimos de pérdida de potencia en el canal de FM (debido a la combinación de señales) y la cantidad de potencia de salida del amplificador DRM+. La principal ventaja de esta topología es que ambas cadenas son totalmente independientes, por lo que en caso de que una falle, la otra puede actuar como respaldo; sin embargo, se pierde mucha potencia de transmisión en el acoplador.

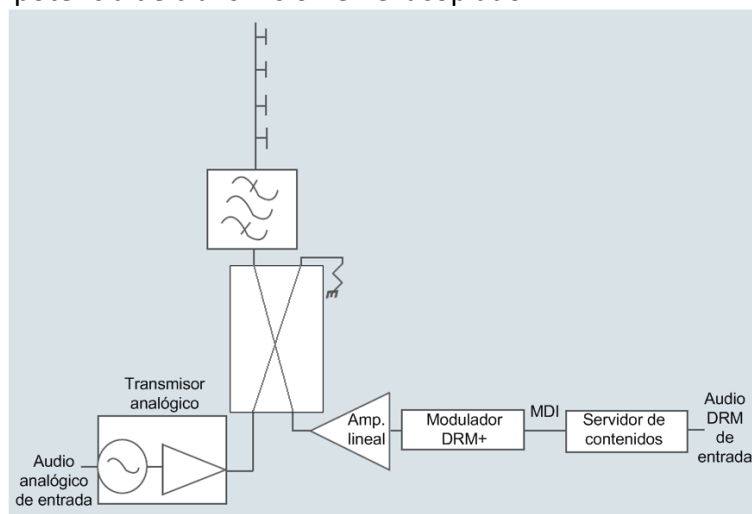


Figura III.4.3. Combinación por acoplador direccional (alto nivel) [DRM_BG]

2. **Combinación en “el aire”:** Esta topología puede implementarse de dos maneras; la primera es usar una antena de polarización circular con entradas independientes para la polarización horizontal y vertical, de esta manera la señal analógica se transmite con una polarización y la señal digital con otra (figura III.4.4). La segunda opción es utilizar antenas separadas que deben estar colocadas en el mismo mástil y deben tener patrones de radiación similares para mantener la relación de amplitud entre señales (figura III.4.5).

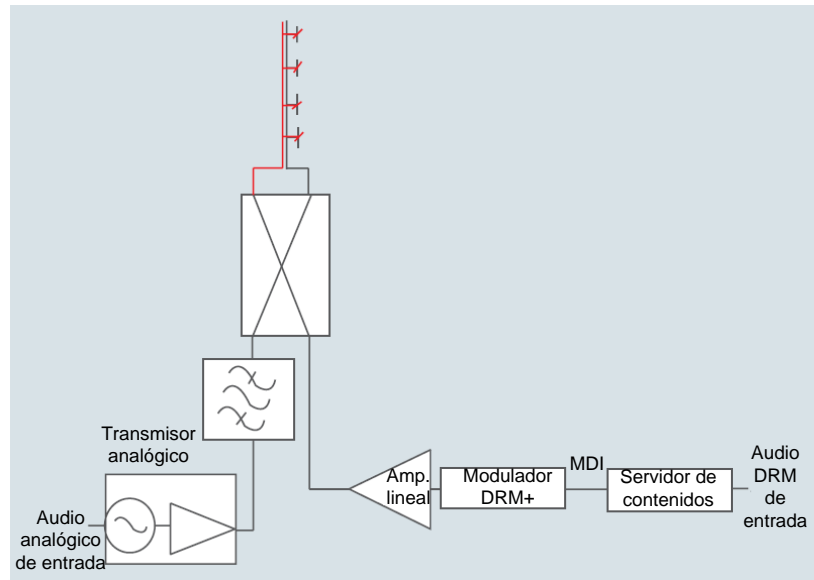


Figura III.4.4. Combinación con antena de polarización circular [DRM_BG]

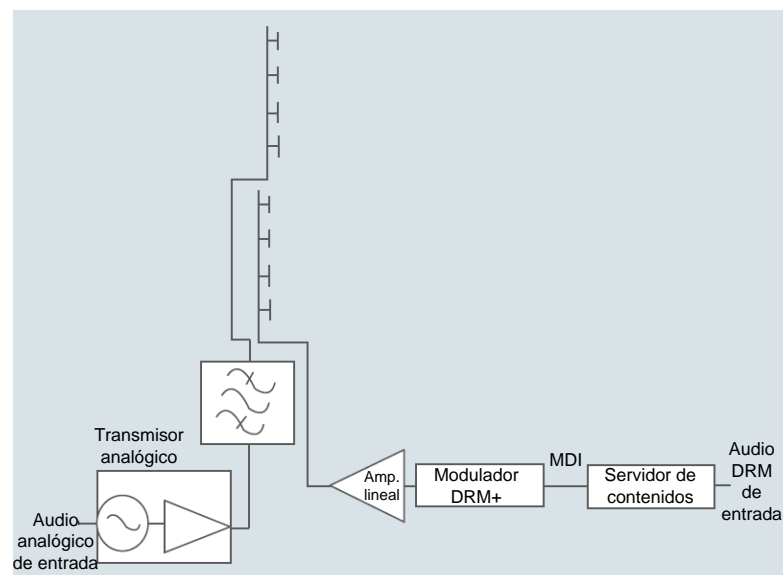


Figura III.4.5. Combinación con antenas separadas [DRM_BG]

Desde el punto de vista del consumo de energía, estas son las topologías más eficientes, ya que no existe pérdida de potencia por combinación; sin embargo, es necesario invertir en la adquisición de una nueva antena y que exista el suficiente espacio en el mástil para colocar dos antenas; además, el hecho de usar dos antenas no asegura que la relación de niveles de potencia entre ambas señales se mantenga constante a lo largo de toda la zona de cobertura.



3. **Combinación de bajo nivel:** Esta última topología permite combinar la señal de FM y la de DRM+ antes de la etapa de amplificación de potencia (figura III.4.6); el amplificador de potencia debe estar diseñado específicamente para combinar ambas señales sin generar productos de intermodulación en exceso.

Dado que la combinación se realiza en la etapa de bajo nivel de potencia de las señales, las pérdidas de energía en el acoplador son mínimas, sin embargo, el amplificador tiene una baja eficiencia, lo que significa que existen pérdidas considerables en esta última etapa..

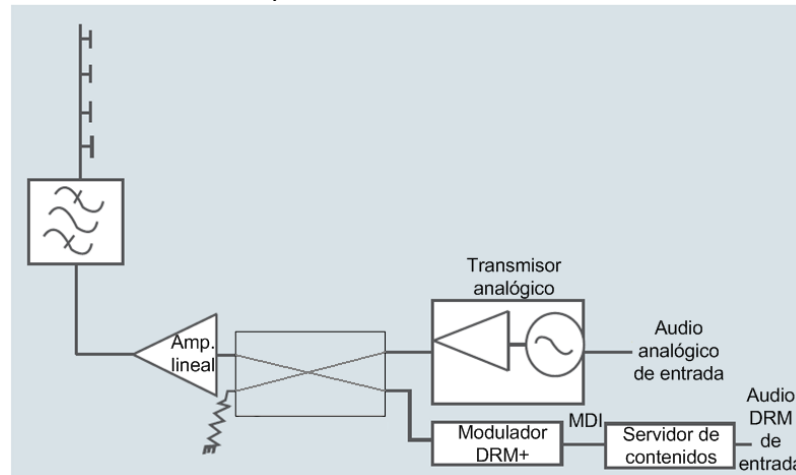


Figura III.4.6. Combinación de bajo nivel [DRM_BG]

4.3. Costos adicionales del sistema

Como se mencionó al principio del capítulo, el sistema DRM es un sistema abierto, por lo que cualquier persona o institución puede tener acceso al mismo y hacer las modificaciones pertinentes para mejorarlo; sin embargo, es importante mencionar que la marca DRM es una marca registrada y, desde el punto de vista de implementación, es importante establecer ciertas condiciones mínimas que deben cumplirse para asegurar el correcto funcionamiento del sistema [DRM_BG].

Dado que el Consorcio DRM no es dueño de ninguna patente, este organismo es totalmente independiente de los procesos de asignación de licencias, actividad que es realizada por el organismo denominado como *Via Licensing*.

El programa de patentes de DRM dirigido por *Via Licensing* (formado en 2003) [VIAL] está enfocado a proveer acceso a un grupo esencial de patentes DRM; este programa de patentes incluye patentes tanto para la radiodifusión de audio como para las etapas de modulación y demodulación del sistema DRM.

El sistema DRM impone una cuota a los fabricantes que deseen comercializar productos (transmisores y/o receptores) que utilicen dicha tecnología. Esta cuota está en función, en el caso de los receptores, de la cantidad anual de equipos que se produzcan (tabla III.4.1), y en el caso de los transmisores, esta cuota representa el 2% del precio de comercialización que se fije, teniendo como cuota mínima por producto \$100 USD y una cuota máxima por producto de \$2,000 USD [VIAL].



Tabla III.4.1. Cuotas DRM para fabricantes de receptores [VIAL]

Volumen (Productos por año)	Cuota por producto (USD)
1 a 1,000	Sin cargo
1,001 a 500,000	\$1.70
500,001 a 1,000,000	\$1.50
1,000,001 a 5,000,000	\$1.38
5,000,001 a 10,000,000	\$1.13
10,000,001, a 15,000,000	\$0.88
15,000,000 o más	\$0.50

La adquisición de la licencia se hace vía electrónica, ingresando a la página de *Via Licensing* [VIAL], donde es necesario llenar un formulario para poder recibir una copia del acuerdo de licencia de patente. Posteriormente es necesario cubrir una cuota de evaluación (\$10,000 USD) y entregar una petición de licencia, y finalmente, una vez aceptada la solicitud, el fabricante en cuestión pasa a formar parte del Comité de Licencias DRM, por lo que debe pagar una cuota de afiliación.



5. Resumen del capítulo

El sistema DRM fue creado por el Consorcio del mismo nombre con el objetivo de mejorar la calidad de audio sustituyendo las transmisiones analógicas de AM y FM por transmisiones digitales de alta calidad, por lo que este sistema respeta las bandas de transmisión actuales.

DRM ofrece una variedad de modos de transmisión que pueden ajustarse a las condiciones de propagación (definidas por la banda utilizada) y a las necesidades de capacidad de información y robustez de la señal que requiera el radiodifusor. Dichos modos de transmisión están divididos en dos grandes grupos: los modos DRM30 que fueron diseñados para la radiodifusión de AM y los modos DRM+ diseñados para trabajar en las bandas de radiodifusión de VHF (entre las que se encuentra la banda de FM).

Las principales ventajas que ofrece este sistema con respecto a la radiodifusión analógica son: aumento en la calidad de audio en transmisiones de AM y FM, capacidad para manejar servicios de datos (guía de programación, información de la estación y del servicio de audio, mensajes de texto, journaline y slideshow que permite el envío de imágenes), capacidad de transmitir hasta 4 programas de audio diferentes, transmisión simultánea de la señal analógica y la digital y el uso de redes SFN y MFN, entre otras.

Para el transporte del audio y los datos, DRM cuenta con tres tipos de canales; el canal de servicio principal, que contiene el audio y los datos que serán transmitidos; el canal de acceso rápido, que permite al receptor obtener de forma sencilla la información necesaria para la demodulación de la señal y permite una sintonización más rápida; y el canal de descripción del servicio, que es el que provee la información necesaria para la decodificación del audio y permite el uso de las redes SFN y MFN.

En cuanto a la codificación de fuente se refiere, el sistema DRM proporciona tres diferentes codecs, cuyo uso depende principalmente de la capacidad de transmisión de datos que permita la banda de transmisión, la protección contra errores que se desee, y el tipo de información que será transmitida. Dichos codecs pertenecen al estándar MPEG4 y son AAC, CELP y HVXC. Por su parte, para la etapa de codificación del canal se utiliza el esquema COFDM, el cual combina la codificación convolucional y la modulación OFDM para proveer un alto nivel de protección contra errores; además, para la modulación de cada sub portadora OFDM existe la posibilidad de seleccionar la constelación (64QAM, 16QAM o 4QAM), lo que da la ventaja de poder obtener diferentes velocidades de transmisión con diferentes niveles de robustez dentro de un mismo modo de transmisión.

Una ventaja significativa de DRM en cuanto a la eficiencia del uso del espectro radioeléctrico, es que permite el uso de las redes SFN, con las que se pueden cubrir grandes extensiones utilizando una sola frecuencia de transmisión. Para lograr esto, es muy importante que todos los transmisores que se utilicen estén sincronizados en tiempo, para que al momento en que un receptor pase de una zona de cobertura a otra, este cambio sea inaudible para el usuario. En caso de que no sea posible utilizar las redes SFN, los receptores DRM están equipados para escanear el resto de las frecuencias y sintonizar aquella que contenga el mismo programa que se está escuchando o algún programa de contenido parecido, esto cuando la señal de la frecuencia original comience a degradarse.



Por otro lado, DRM también ofrece la facilidad para realizar una transición gradual de las transmisiones analógicas a las digitales, ya que permite la transmisión simultánea de ambas señales para ambos modos. Sin embargo, la principal desventaja de la transmisión de ambas señales es que la señal digital debe ocupar un canal adyacente al ocupado por la señal analógica, lo que puede representar una seria restricción en zonas donde la banda asignada para radiodifusión se encuentre saturada. En cuanto a los niveles de potencia requeridos para la transmisión de la señal digital, para evitar posibles interferencias con las señales localizadas en los canales adyacentes, el sistema DRM ha adoptado las máscaras de transmisión establecidas por la ITU, tanto para AM como para FM.

Para realizar la transición de tecnología, existen dos opciones para los radiodifusores, la primera consiste en adquirir nuevos equipos de transmisión que ya estén diseñados para generar la señal digital. La otra opción consiste en adaptar los equipos ya existentes agregándoles ciertos dispositivos que les permitan cumplir con las condiciones básicas de funcionamiento para la generación y transmisión de la señal. Dentro de esta segunda opción existen diferentes topologías que permiten generar una señal híbrida, por ejemplo, la técnica A/RFP para los modos DRM30, la combinación por acoplador direccional, combinación en “el aire” y la combinación de bajo nivel para los modos DRM+. La implementación de una topología u otra depende básicamente del rendimiento de los equipos y de la eficiencia que se desee.

Finalmente, ya que el sistema DRM es un sistema abierto, el Consorcio DRM no puede cobrar ningún tipo de cuota a los radiodifusores y/o usuarios; por esta razón, a través de *Via Licensing*, los fabricantes deben cubrir una pequeña cuota cuyo costo va de acuerdo al tipo y número de equipos que fabriquen. En el caso de los receptores, la cuota se especifica en función del volumen de receptores fabricados por año, mientras que en el caso de los equipos para la generación y transmisión de la señal, la cuota estará en función del precio final del mismo.

