

RECOMENDACIÓN UIT-R F.1332*

SEÑALES RADIOELÉCTRICAS TRANSPORTADAS POR FIBRAS ÓPTICAS

(Cuestión UIT-R 204/9)

(1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que las fibras ópticas se utilizan ampliamente en las redes de abonado o en el cableado de los edificios;
- b) que las señales radioeléctricas transportadas por fibras ópticas pueden utilizarse en los enlaces de acceso a las estaciones radioeléctricas de base en muchas aplicaciones inalámbricas;
- c) que la técnica mencionada permite la reducción del equipo en la estación radioeléctrica de base;
- d) que la técnica mencionada presenta ventajas en lo que se refiere al mantenimiento y la explotación,

recomienda

- 1** que la configuración básica de un sistema radioeléctrico de fibra en el que las radioseñales se transportan directamente por fibras ópticas se presenta en la Fig. 1;
- 2** que se espera que la utilización de sistemas radioeléctricos de fibra presente las siguientes ventajas:
 - la instalación intensiva de moduladores y demoduladores en una estación central (CS) contribuye a simplificar el equipo en las estaciones exteriores (OS), así como a reducir los costos de mantenimiento y explotación;
 - un conmutador de distribución de espectro, presentado en la Fig. 2, puede reducir el número total de canales radioeléctricos necesarios para todas las OS del plan de acceso múltiple;
- 3** que las posibles aplicaciones en el servicio fijo que utilizan un sistema radioeléctrico de fibra se presentan en el Cuadro 1;
- 4** que cuando se utilizan bandas de alta frecuencia por encima de unos 10 GHz la frecuencia central de un modulador puede seleccionarse en las bandas de frecuencia intermedia (FI);
- 5** que para el diseño de sistemas radioeléctricos de fibra se puede hacer referencia a la información técnica recogida en el Anexo 1.

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 8 de Radiocomunicaciones (Grupo de Trabajo 8A) y de la Comisión de Estudio 15 de Normalización de la Telecomunicaciones (Grupo de Trabajo 4).

CUADRO 1

Posibles aplicaciones en el servicio fijo de sistemas radioeléctricos de fibra

Área de servicio	Interiores	Exteriores	
Aplicación	Red radioeléctrica de área local (RLAN)	Bucle local inalámbrico	Servicio transportable
Terminal de usuario	Módulo de red de área local (LAN)	Terminal de sistema celular para utilización fija punto-a-punto/punto-a-multipunto	Terminal vídeo/datos transportable
Radiofrecuencia (RF) posible ⁽¹⁾	Ondas decimétricas/centimétricas/milimétricas	Ondas decimétricas/centimétricas	Ondas centimétricas/milimétricas
Plan de acceso en el enlace radioeléctrico	AMDT/AMDC	AMDT/AMDC/AMDF	AMDT/AMDC/AMDF

AMDT: acceso múltiple por división en tiempo

AMDC: acceso múltiple por división de código

AMDF: acceso múltiple por división en frecuencia

(1) Ondas decimétricas: 300-3 000 MHz
 Ondas centimétricas: 3-30 GHz
 Ondas milimétricas: 30-300 GHz.

ANEXO 1

1 Introducción

En las futuras redes digitales de servicios integrados de banda ancha (RDSI-B), las fibras ópticas se introducirán ampliamente en las redes de abonado, llevando a la práctica el concepto de fibra hasta la oficina o fibra hasta el hogar. Por otra parte, los clientes pueden desear utilizar varios servicios proporcionados por una RDSI-B en aplicaciones inalámbricas, como el bucle local inalámbrico, los terminales de datos/vídeo transportables o los computadores personales transportables empleados en los módulos de la RLAN. A fin de hacer frente a esta demanda, convendría introducir sistemas radioeléctricos de fibra en los que las señales radioeléctricas se transmitan directamente a través de fibras ópticas.

En este Anexo se aborda el concepto básico y sus fundamentos técnicos de sistemas radioeléctricos de fibra.

2 Configuración básica de los sistemas radioeléctricos de fibra

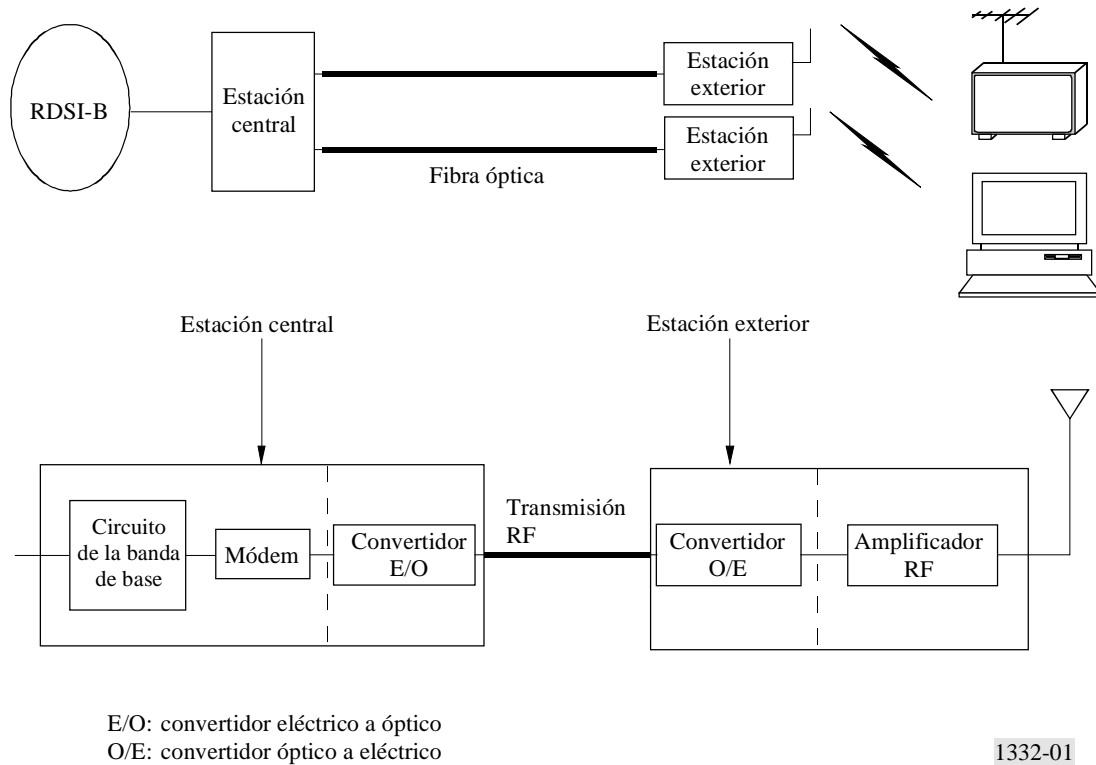
Como se muestra en la Fig. 1, un sistema radioeléctrico de fibra se compone de una CS, de OS y de enlaces de fibra óptica que conectan estas estaciones. Puede constituir una infraestructura para redes de acceso que proporcionan servicios inalámbricos a los terminales de usuario.

En los equipos radioeléctricos digitales convencionales, generalmente se instala en la misma estación un modulador/demodulador y un amplificador de potencia. Sin embargo, en los sistemas radioeléctricos de fibra, la CS está dotada de varios módems que suelen utilizarse para más de una OS (véase la Fig. 2). El sistema presentado en la Fig. 2 requiere a menudo una técnica de acceso múltiple para hacer frente a la demanda de tráfico procedente de muchos terminales inalámbricos. La CS dispone asimismo de una función para controlar eficazmente la técnica de acceso utilizando el espectro de frecuencias. En estos casos, la relación entre la CS y la OS corresponde a la de los sistemas radioeléctricos punto a multipunto de las redes de abonado.

En la Fig. 2, uno de los métodos de control centralizado es la instalación de un conmutador de distribución del espectro (SDS) en la CS. Se puede asignar cualquier portadora radioeléctrica a cualquier OS en función de la demanda de tráfico. Esta asignación dinámica de canales mediante el SDS mejora eficazmente la situación en cuanto a la probabilidad de bloqueo. Es decir, el SDS reduce el número total de canales radioeléctricos necesarios para todas las OS para una probabilidad de bloqueo fija.

FIGURA 1

Configuración básica de un sistema radioeléctrico de fibra



No obstante, existe un límite técnico superior para la radiofrecuencia transmitida por fibra óptica, debido a la velocidad de funcionamiento del convertidor E/O (y el O/E). Cuando se necesite un convertidor E/O (y un O/E) económico para utilizar los sistemas radioeléctricos de fibra, podría convenir una transmisión por FI ya que el convertidor E/O (y el O/E) económico funciona en las bandas FI. Tras haber sido transmitidas a través del enlace de fibra óptica, las portadoras FI se convierten en radiofrecuencias en la estación exterior (véase la Fig. 3).

3 Aplicación de los sistemas radioeléctricos de fibra

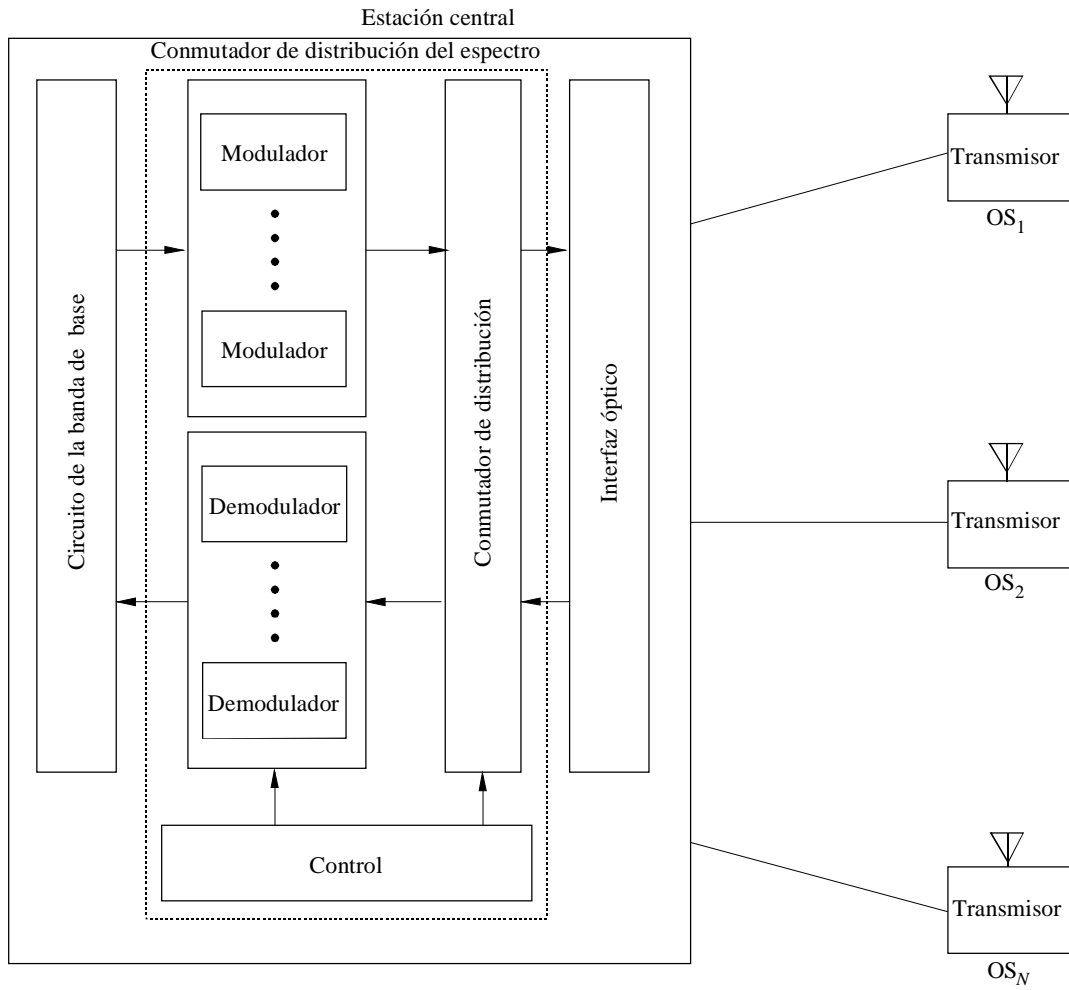
En la Fig. 4 se ilustran dos tipos de aplicación de los sistemas radioeléctricos de fibra. En la Fig. 4a) una OS funciona como módulo central de una RLAN que funciona en las distintas oficinas, mientras que la CS controla la asignación de los canales radioeléctricos utilizados por todas las OS. Como se muestra en esta Figura, los sistemas radioeléctricos de fibra presentan las siguientes ventajas:

- como el modulador/demodulador está separado del amplificador de potencia en este sistema, el equipo de la OS es más pequeño. Por consiguiente, pueden reducirse los esfuerzos de selección de la ubicación de las OS,
- los equipos de la CS, como las interfaces de red y las unidades de servicios que proporcionan servicio vocal, servicio paquetes digital, etc. se encuentran todos en una sola oficina. Por ello, la labor de mantenimiento y sustitución del equipo se realiza eficazmente en poco tiempo.

La Fig. 4b) ofrece un ejemplo de aplicaciones en exterior. Una OS proporciona enlace de acceso inalámbrico a las distintas viviendas que cubre el servicio. La función de la CS es casi la misma que en los sistemas de interiores y también cabe esperar en esta aplicación las ventajas anteriormente mencionadas. En los sistemas convencionales, habida cuenta de que el equipo radioeléctrico se instala normalmente en un poste alto, es inevitable que exista cierto peligro en los trabajos de mantenimiento. Sin embargo, en los sistemas radioeléctricos de fibra, pueden reducirse en gran medida dichos trabajos.

FIGURA 2

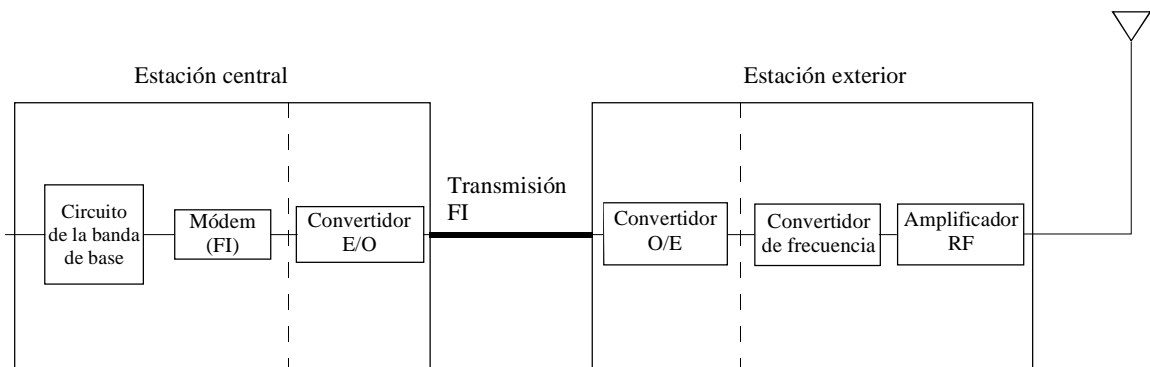
Equipo de distribución del espectro radioeléctrico en la estación central



1332-02

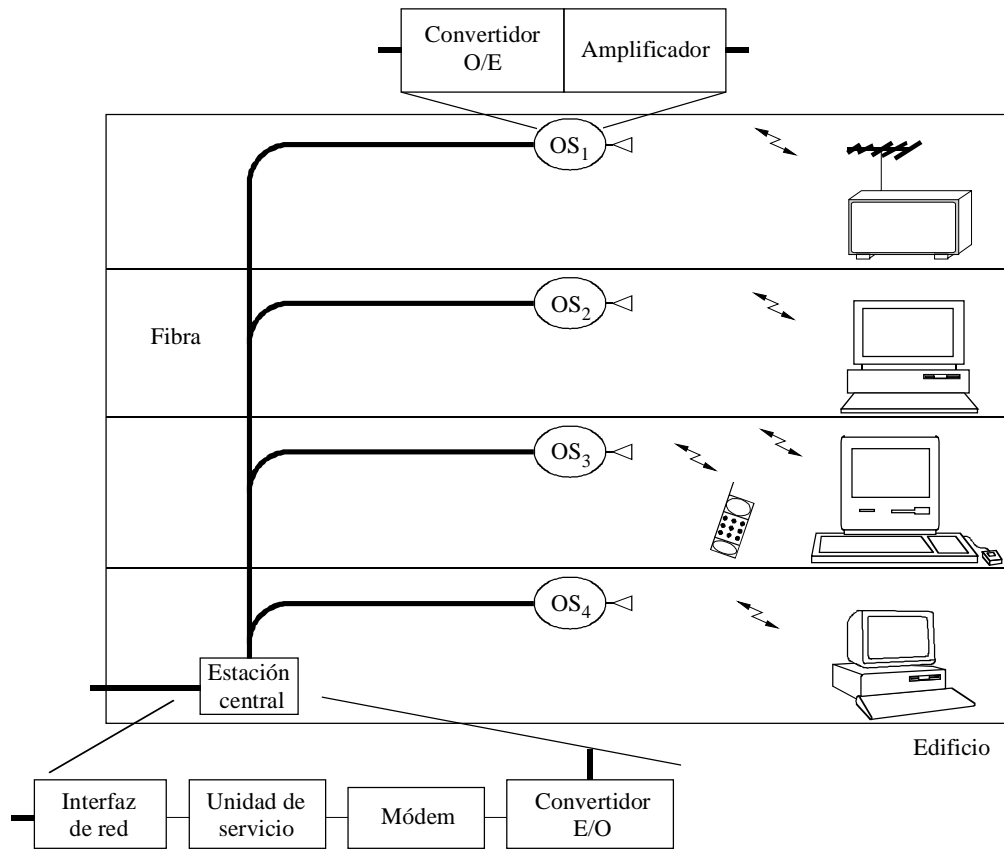
FIGURA 3

Transmisión FI en sistemas radioeléctricos de fibra

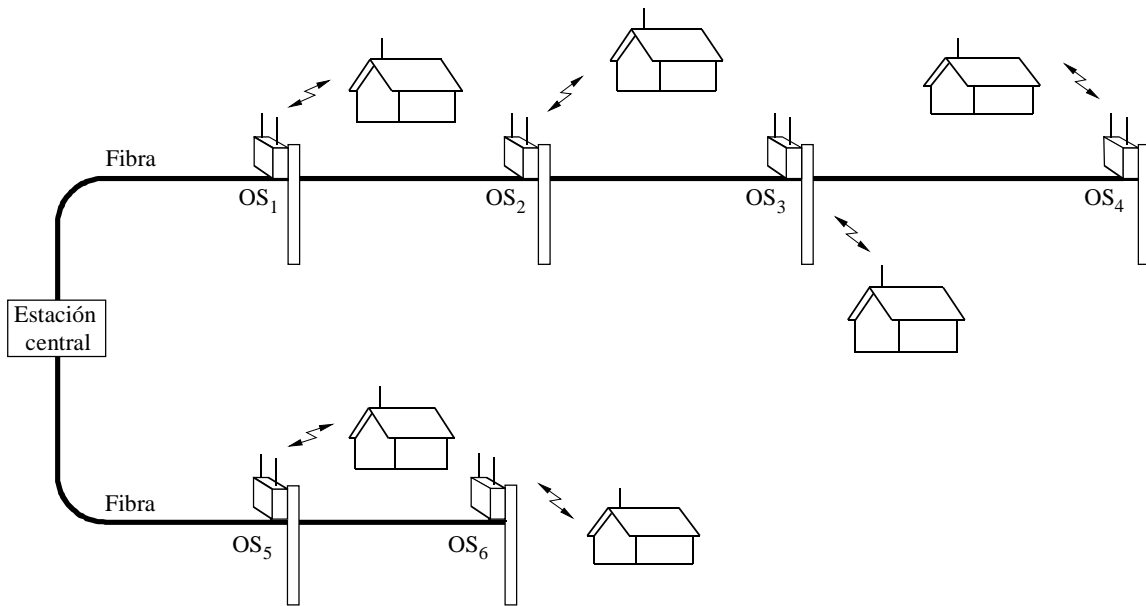


1332-03

FIGURA 4
Ejemplos de aplicaciones inalámbricas que utilizan sistemas eléctricos de fibra



a) Aplicación de interiores



b) Aplicación de exteriores

4 Aspectos técnicos

Los sistemas radioeléctricos de fibra suelen utilizar una técnica de multiplexación de subportadoras. En la parte del convertidor E/O, varias salidas de los moduladores con diferentes frecuencias se multiplexan en el combinador. A continuación, la señal combinada compuesta de varias subportadoras modula directamente el diodo de láser. Así, las subportadoras pueden transmitir simultáneamente a través de la fibra óptica. El diodo de láser produce una señal óptica modulada cuya intensidad es proporcional a la corriente eléctrica de entrada.

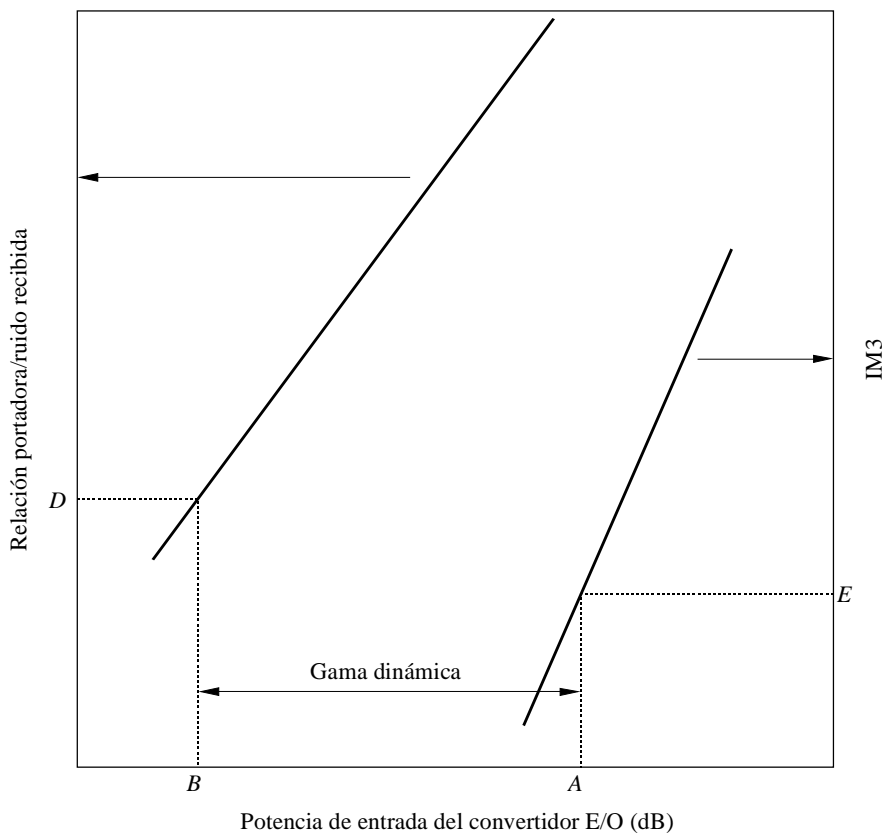
En el sentido opuesto, un fotodiodo situado en el convertidor O/E convierte la potencia óptica recibida en potencia eléctrica, con una respuesta lineal. Cada canal radioeléctrico deseado es separado por un filtro eléctrico tras la fotodetección.

Para las aplicaciones microcelulares exteriores, la potencia de señal recibida es objeto de un desvanecimiento lento y disminuye de acuerdo con la conocida ley de la cuarta potencia inversa entre una OS y un terminal inalámbrico. Cuando una OS pierde la condición de línea de visibilidad directa, la señal recibida decae bruscamente debido a la pérdida por difracción.

Habida cuenta de que en el receptor de la OS se reciben normalmente dos o más señales con niveles bastante diferentes, resulta difícil seleccionar una ganancia adecuada para todas las señales. Por tanto, para el enlace ascendente (de la OS a la CS) un sistema radioeléctrico de fibra precisa una amplia gama dinámica. Este aspecto se denomina problema cercanía/lejanía. La gama dinámica viene limitada por el ruido y la no linealidad del enlace en su conjunto. Es importante mejorar la no linealidad de los dispositivos ópticos, así como el equipo radioeléctrico.

La no linealidad del convertidor E/O determina principalmente el límite superior del nivel de entrada del convertidor E/O. En la Fig. 5 el nivel de entrada de A produce el máximo nivel IM3 admisible de E . Por otra parte, el límite inferior del nivel de entrada del convertidor E/O viene definido por la relación portadora/ruido D necesaria correspondiente al nivel de B . En este caso, la gama dinámica del convertidor E/O viene definida por $(A - B)$ dB.

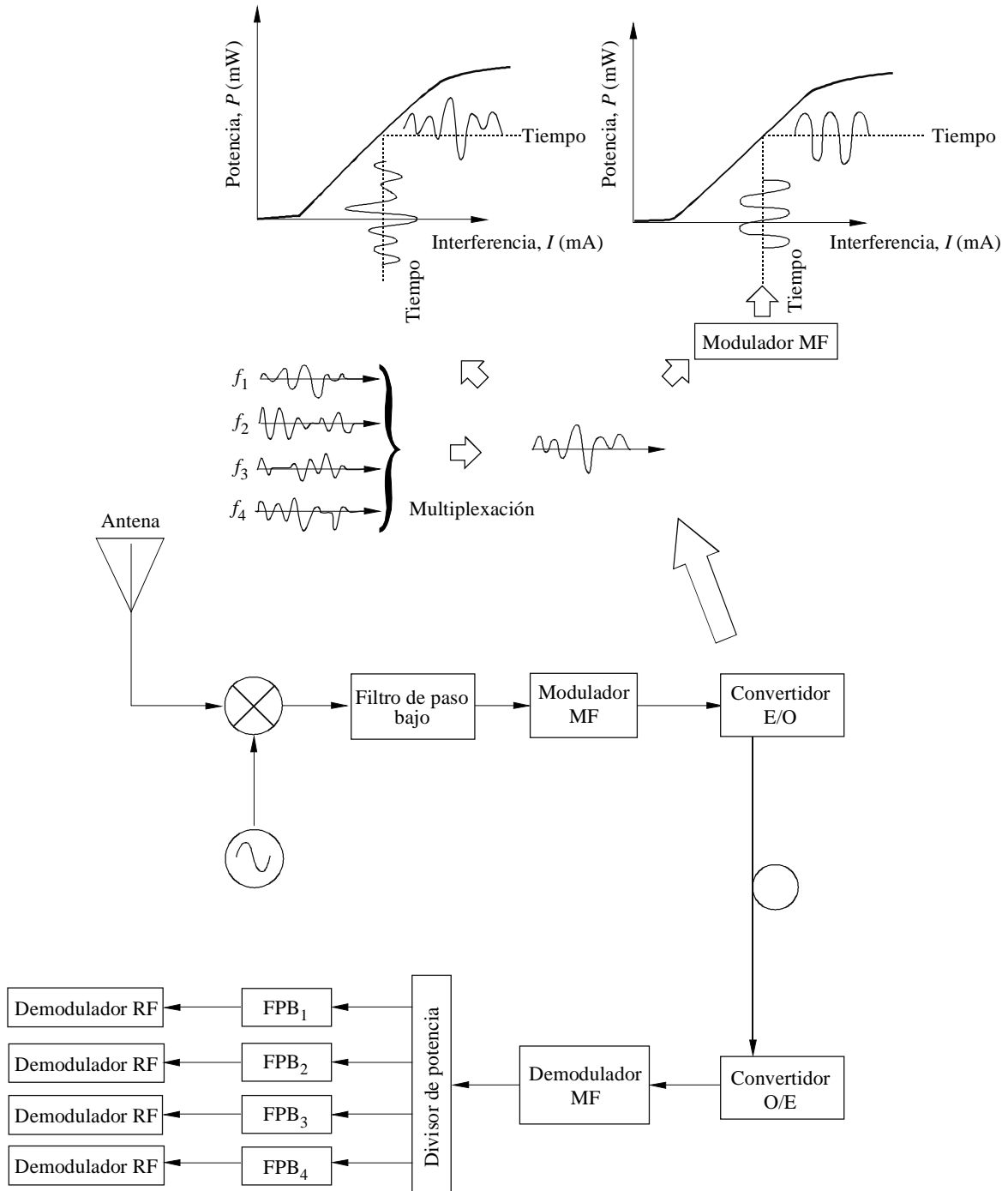
FIGURA 5
Gama dinámica de enlace de fibra



D : relación portadora/ruido requerida (nivel de umbral)
 E : máximo nivel IM3 admisible

Se ha propuesto una técnica de mejora que utiliza un modulador de modulación de frecuencia (MF) para incrementar la gama dinámica. En la Fig. 6 se ilustra esquemáticamente este método. Al utilizar el método convencional, es probable que la portadora de bajo nivel se vea afectada por la interferencia IM3 debida a la no linealidad. En cambio, el nivel de señal de entrada al convertidor E/O se mantiene constante utilizando un modulador MF. Aunque la anchura de banda de la señal MF varía en función de la frecuencia más alta y la tensión de cresta de la señal de modulación, la corriente inyección de cresta del diodo láser es casi fija.

FIGURA 6
Esquema de la técnica MF para el enlace ascendente

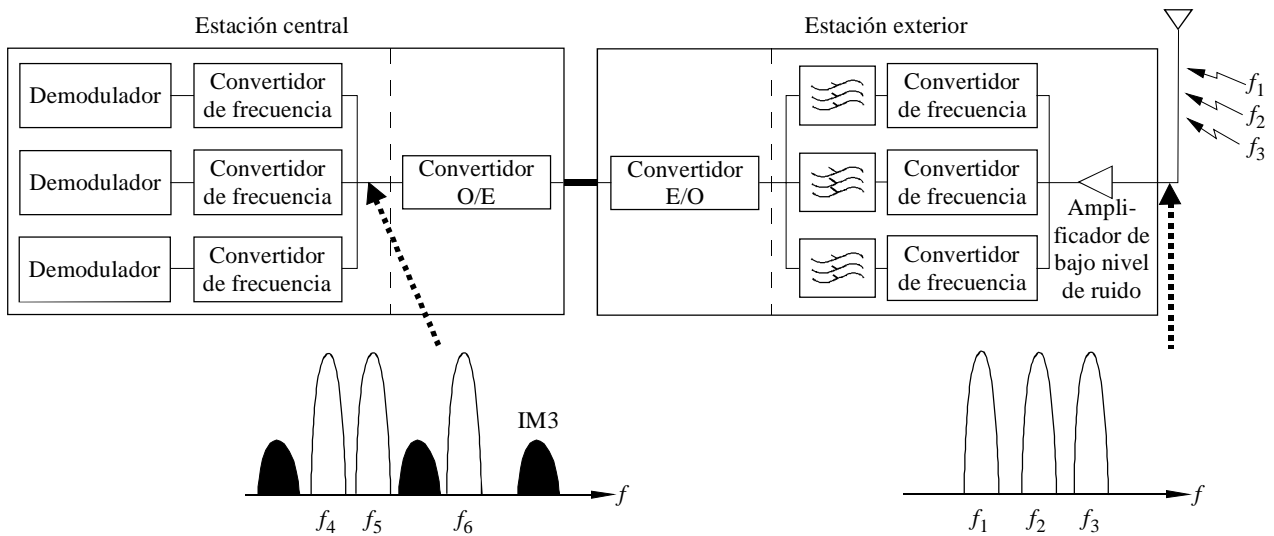


FPB: filtro paso banda.

También se ha propuesto la extracción de la señal y la disposición de frecuencias (SEFA) en la fibra como modo de incrementar la gama dinámica, como se muestra en la Fig. 7. En esta técnica, las señales no deseadas procedentes de otras células son eliminadas antes de la modulación óptica. Extrayendo las señales deseadas cuyas frecuencias son f_1 , f_2 y f_3 en OS, y convirtiendo a continuación sus frecuencias en f_4 , f_5 y f_6 respectivamente, la señal de tipo bitonal de IM3, $2f_2 - f_1$, no puede interferir con la señal de f_3 . Las señales con conversión de frecuencia modulan el diodo de láser. Por supuesto, cada potencia de señal extraída puede ajustarse mediante un controlador automático de ganancia o un limitador. Habida cuenta de que puede no tenerse en cuenta la no linealidad del diodo de láser, la SEFA puede aumentar el índice de modulación óptica para mejorar la CNR.

FIGURA 7

Principio de la técnica de la extracción de la señal y la disposición de frecuencias (SEFA)



1332-07

La pérdida óptica admisible debe determinarse teniendo en cuenta la pérdida de los conectores ópticos de manera que pueda cumplirse la característica de la relación portadora/ruido total de acuerdo con los diferentes esquemas de modulación radioeléctrica. El retardo de la fibra entre una CS y las OS es uno de los parámetros clave, en particular en el caso de los sistemas AMDT-TDD (duplex por división en tiempo). Una señal radioeléctrica es retardada por la transmisión por fibra aproximadamente unos $5 \mu\text{s}/\text{km}$ en el caso de una fibra monomodo compatible con las Recomendaciones UIT-T G.652, UIT-T G.653 o UIT-T G.655. Este retardo en el enlace bidireccional puede superar el intervalo de guarda entre el tiempo de transmisión y recepción.