

Unión Internacional de Telecomunicaciones

**UIT-R**

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Recomendación UIT-R F.755-2**  
(05/1999)

**Sistemas punto a multipunto  
en el servicio fijo**

**Serie F**  
**Servicio fijo**



Unión  
Internacional de  
Telecomunicaciones

## Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

## Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

### Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
<b>BO</b>	Distribución por satélite
<b>BR</b>	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
<b>BS</b>	Servicio de radiodifusión sonora
<b>BT</b>	Servicio de radiodifusión (televisión)
<b>F</b>	<b>Servicio fijo</b>
<b>M</b>	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
<b>P</b>	Propagación de las ondas radioeléctricas
<b>RA</b>	Radio astronomía
<b>RS</b>	Sistemas de detección a distancia
<b>S</b>	Servicio fijo por satélite
<b>SA</b>	Aplicaciones espaciales y meteorología
<b>SF</b>	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
<b>SM</b>	Gestión del espectro
<b>SNG</b>	Periodismo electrónico por satélite
<b>TF</b>	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
<b>V</b>	Vocabulario y cuestiones afines

*Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.*

Publicación electrónica  
Ginebra, 2010

© UIT 2010

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R F. 755-2<sup>\*,\*\*</sup>**Sistemas punto a multipunto en el servicio fijo**

(1992-1994-1999)

**Cometido**

La presente Recomendación trata de los sistemas punto a multipunto, en particular el concepto y las características básicas del sistema de las aplicaciones de alta densidad del servicio fijo (ADSF) en la banda 25-32 GHz. También contiene información técnica de los sistemas punto a multipunto que funcionan en 3,5 GHz, 10,4 GHz, 26/28 GHz y 32 GHz.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que hay diferentes aplicaciones, servicios y escenarios de despliegue que requieren varias configuraciones de sistemas punto a multipunto (P-MP);
- b) que diferentes sistemas P-MP en el servicio fijo se utilizan en varias bandas de frecuencias dependiendo de los servicios transportados y del escenario de despliegue contemplado;
- c) que se puede reducir al mínimo la interferencia y optimizar la utilización del espectro mediante un control adecuado de las emisiones, técnicas de acceso apropiadas y una modulación eficaz;
- d) que los sistemas P-MP pueden ofrecer objetivos de calidad de funcionamiento y disponibilidad comparables a los de los sistemas alámbricos;
- e) que los sistemas P-MP utilizan generalmente antenas omnidireccionales o sectorizadas o antenas múltiples en la estación central y antenas directivas en las estaciones terminales y/o estaciones repetidoras;
- f) que las diversas aplicaciones se adaptan a las distintas partes del espectro, dependiendo de la capacidad, la cobertura de zona, la longitud del trayecto y el emplazamiento (rural, suburbano, urbano, etc.);
- g) que los sistemas P-MP son adecuados para configuraciones de gran densidad;
- h) que es necesario conocer las características de funcionamiento de los sistemas P-MP con el fin de determinar criterios de interferencia intraservicio apropiados y criterios de compartición con otros servicios,

*recomienda*

- 1 que se utilicen como referencia los sistemas P-MP con acceso múltiple por división en el tiempo (AMDT) de la Recomendación UIT-R F.1103;
- 2 que para las disposiciones de radiocanales de los sistemas radioeléctricos P-MP analógicos y digitales que funcionan en las bandas de la gama 1 427-2 690 MHz, se tomen como referencia las Recomendaciones UIT-R F.701, UIT-R F.1098, UIT-R F.1242 y UIT-R F.1243;
- 3 que para la descripción de una realización particular de servicios de vídeo de distribución multipunto de un solo canal o de múltiples canales, se puede tomar como referencia el Anexo 1;
- 4 que para algunos ejemplos específicos de sistemas radioeléctricos por paquetes, se puede tomar como referencia el Anexo 2;
- 5 que para información sobre diversos sistemas AMDT dedicados a la transmisión de datos, principalmente en zonas urbanas, se puede tomar como referencia el Anexo 3;
- 6 que para determinados requisitos de los sistemas P-MP utilizados en la porción de grado local de una conexión de red digital de servicios integrados (RDSI) se puede tomar como referencia la Recomendación UIT-R F.697;
- 7 que, para los requisitos de calidad de funcionamiento de los sistemas P-MP que proporcionan al usuario final una conexión a la velocidad primaria o por encima de la misma, se puede tomar como referencia la sección de acceso del tramo nacional de la Recomendación UIT-R F.1668;

---

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 3 y 7 de Radiocomunicaciones.

\*\* La Comisión de Estudio 5 de Radiocomunicaciones introdujo cambios de edición en la presente Recomendación en diciembre de 2009, de conformidad con la Resolución UIT-R 1.

8 que, para las aplicaciones de sistemas P-MP de acceso múltiple por división de frecuencia (AMDF) que funcionan en las bandas de frecuencias 3,4 -3,6 GHz, 3,6-3,8 GHz, 10,15-10,3 GHz acopladas con 10,5-10,65 GHz, 26/28 GHz y 32 GHz se puede tomar como referencia el Anexo 4;

9 que, para los aspectos técnicos y operacionales en la gama de frecuencias 25-32 GHz se puede tomar como referencia el Anexo 5;

10 que, para las disposiciones de radiocanales de los sistemas radioeléctricos P-MP que funcionan en las bandas de frecuencias de 26 y 28 GHz, se pueden tomar como referencia el Anexo 1 y el Anexo 2 de la Recomendación UIT-R F.748.

## ANEXO 1

### Ejemplo de servicios de distribución multipunto (SDM) en un solo canal y multicanal

#### 1 Descripción del sistema

El servicio de distribución multipunto permite establecer, a 2 GHz aproximadamente, transmisiones de radiodifusión unidireccionales de hasta cuatro canales de señales de voz, vídeo y datos a comunidades de interés pero geográficamente separadas. Dichas señales pueden utilizarse para programas de ocio, con fines comerciales, sociales o comunitarios. Un sistema de servicio de distribución multipunto típico consta de una antena transmisora omnidireccional y de un combinador para mezclar la salida de cada transmisor en el lugar de transmisión, una antena directiva receptora, un convertidor reductor de frecuencia y un receptor de imagen en cada punto de recepción. La potencia de salida en transmisión suele estar limitada, en general a una p.i.r.e. de 200 W y normalmente, se aplica una antena con diagrama de radiación omnidireccional o cardioide con ganancias de 10 a 16 dBi. En algunos casos se utiliza un solo transmisor asociado a una pareja de antenas de diagrama de radiación cardioide. La señal recibida experimenta una conversión reductora de frecuencia, llevándose a la frecuencia de un radiocanal no utilizado y compatible con el receptor de imagen.

En el caso de servicios de distribución multipunto multicanal, se proporciona un canal de banda estrecha (anchura de banda de 125 kHz) para una respuesta audio al lugar del transmisor.

A continuación se indica un plan de frecuencias típico para la explotación del servicio de distribución multipunto de cuatro canales en la banda de 2,5 GHz con una anchura de banda de transmisión máxima de 6 MHz:

*Frecuencias de transmisión*

$$f_n = f_0 - 128 + 24m + 12n \quad \text{para } m = 1, 3, 5, 7$$

$$f_n = f_0 - 146 + 24m + 12n \quad \text{para } m = 2, 4, 6$$

*Frecuencias de respuesta*

$$f_n = f_0 + 89,9375 + 0,125m + n$$

donde:

$f_0$ : frecuencia en el centro de la banda = 2 595 MHz

$m$ : número de grupo = 1, 2, 3, . . . , 7

$n$ : número de canal = 1, 2, 3, 4.

Se seleccionó el método para el diseño de sistemas de servicio de distribución multipunto a fin de que los transmisores situados aleatoriamente pudieran reutilizar, óptimamente los mismos radiocanales o los radiocanales adyacentes, lo más frecuentemente posible y proporcionar una extensión razonable de zona protegida alrededor de cada punto de transmisión. Estos principios requerían un equilibrio entre una alta potencia de transmisión y la disponibilidad de antenas de recepción de gran ganancia y limitación del servicio solamente a los lugares de recepción que tienen trayectos de visibilidad directa con los puntos de transmisión.

En el Cuadro 1 se da un ejemplo de las características técnicas de un sistema P-MP de 2,5 GHz típico empleado para el servicio de distribución multipunto.

CUADRO 1

Transmisor		Receptor	
Modulación	BLR/MA	Características de antena	Rec. UIT-R F.699
Ganancia de antena (dBi) (relativa a la omnidireccional)	13	Ganancia de antena (dBi)	20
Potencia del transmisor (dBW)	10	Ruido (dB)	8
p.i.r.e. (dBW)	23	Altura típica de antena de receptor (m)	9,1
Tipo de señal	TV	Portadora /interferencia (dB) (sin desvanecimiento)	45

## 2 Consideraciones relativas a la interferencia

### 2.1 Zona protegida

En el servicio de distribución multipunto, los receptores están protegidos contra la interferencia perjudicial si están situados en la zona protegida que circunda su estación transmisora asociada. La zona protegida es definida por la distancia máxima desde el transmisor en la cual se proporciona una señal fiable. Esta distancia máxima es de 25 km en la zona de propagación más desfavorable del continente norteamericano, para un lugar de transmisión con una p.i.r.e. de 200 W y un convertidor/reductor de frecuencias con un factor de ruido de 10 dB. Una señal fiable para este fin se define como una señal suficiente para proporcionar una relación señal/ruido de 23 dB o mejor durante el 99,9% del tiempo.

Para las estaciones que utilizan una antena de transmisión direccional, la distancia de protección,  $D_b$ , con respecto al transmisor puede calcularse mediante la relación siguiente:

$$D_b = D_{b\text{m}\acute{a}\text{x}} \cdot 10^{-\frac{(G_{\text{m}\acute{a}\text{x}} - G)}{20}}$$

donde:

$D_{b\text{m}\acute{a}\text{x}}$  : distancia en la dirección de ganancia máxima de la antena (km)

$G_{\text{m}\acute{a}\text{x}}$  : ganancia máxima de antena (dBi)

$G$  : ganancia de la antena en la dirección de que se trate (dBi).

Para las antenas direccionales o no direccionales, la distancia de protección máxima está limitada además al horizonte radioeléctrico, suponiendo una altura de recepción típica de 9 m.

### 2.2 Interferencia cocanal

La reutilización de frecuencias en una zona se controla garantizando que la relación portadora/interferencia,  $C/I$ , debida a la interferencia cocanal sea superior a 45 dB.

Esta relación  $C/I$  proporciona a los receptores de este servicio un grado de protección razonable contra la interferencia perjudicial, sin limitar de forma innecesaria la posibilidad de que nuevas estaciones suministren servicio a zonas no atendidas.

La obtención de esta relación  $C/I$  en los sistemas reales se basa en las características de discriminación angular y por polarización cruzada de la antena de recepción. La antena específica utilizada como referencia contribuye a determinar el grado de reutilización de frecuencia en una zona determinada. Para realizar tales cálculos de la relación  $C/I$ , se seleccionaron las características de una antena parabólica típica de 0,6 m. En algunos casos en que la antena de recepción real tiene unas características de comportamiento mejor, se utiliza esa antena para realizar los cálculos de la relación  $C/I$ .

### 2.3 Interferencia de canales adyacentes

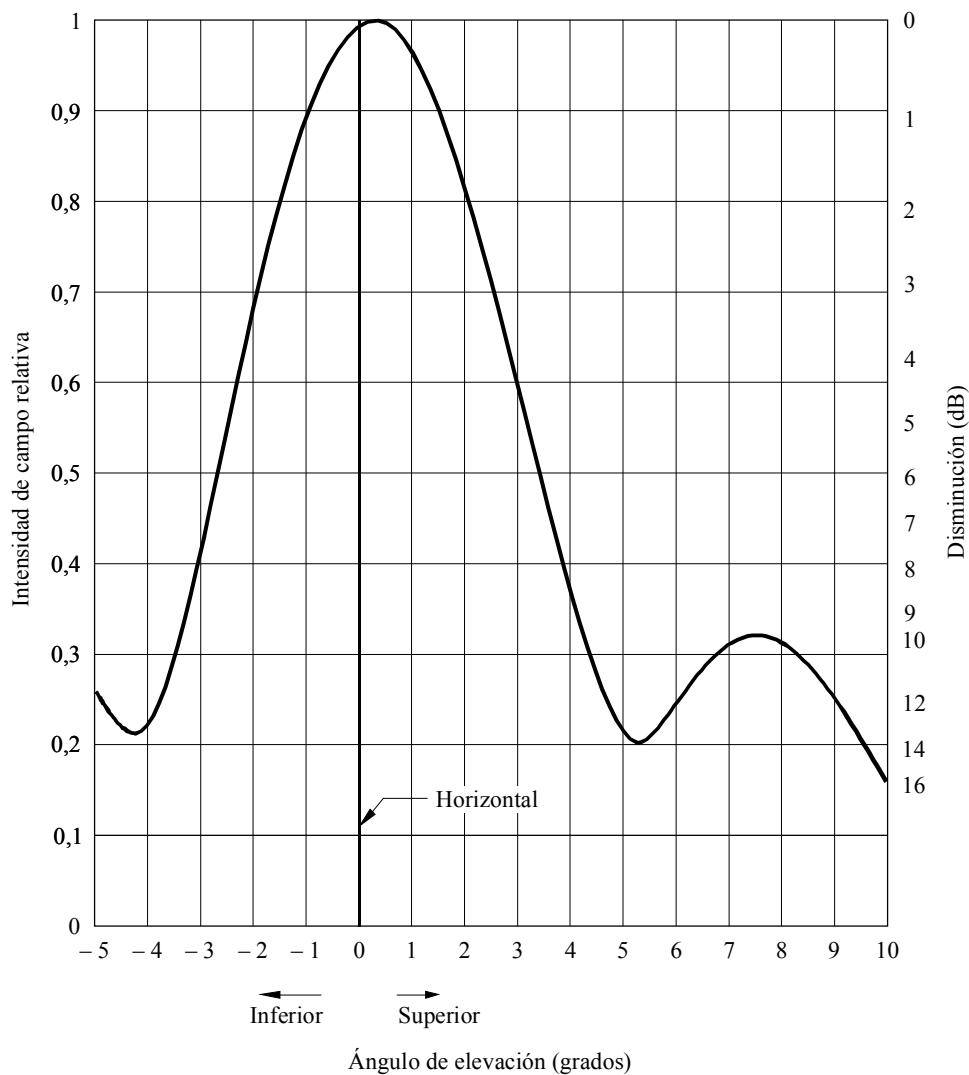
La interferencia de radiocanales adyacentes está controlada por las condiciones impuestas tanto a los lugares de recepción como de transmisión del servicio de distribución multipunto. Para esta condición, se ha elegido un objetivo de 0 dB para la relación  $C/I$  y para conseguir cumplirla de modo práctico, se recomienda que las estaciones del servicio de distribución multipunto que dan servicio a la misma zona sitúen físicamente sus antenas de transmisión lo más cerca posible (separación igual a 0,5 km o menor) y que transmitan señales con polarización ortogonal pero de igual potencia. Es necesario estudiar más detalladamente lo relativo a los efectos de propagación sobre la estabilidad de la polarización en la banda de 2 GHz.

### 2.4 Consideraciones sobre compartición

En la Fig. 1 se muestra el diagrama vertical de la antena de transmisión omnidireccional típica utilizada en un sistema P-MP de 2,5 GHz. La Fig. 1 y el Cuadro 1 pueden emplearse para las consideraciones sobre compartición con otros servicios.

FIGURA 1

Diagrama de radiación de una antena transmisora típica en el plano vertical





## ANEXO 2

**Ejemplo de sistemas de radiocomunicación por paquetes****1 Introducción**

En el presente Anexo se describen la tecnología y los sistemas de radiocomunicación por paquetes. Varios países utilizan ya con éxito estas técnicas de radiocomunicación por paquetes.

**2 Aplicación del sistema**

Los sistemas de radiocomunicación por paquetes funcionan con eficacia máxima cuando el tráfico de datos que deben despachar se presenta en forma de ráfagas. Los sistemas que funcionan por debajo de 1 GHz transmiten normalmente velocidades binarias bajas hasta 9,6 kbit/s. Por encima de 1 GHz velocidades binarias mayores pueden ser utilizadas. Por ejemplo, una red de radiocomunicación por paquetes facilita los medios de interconexión para un sistema de teleinformática. Las comunicaciones pueden establecerse entre computadoras principales y terminales de usuario, así como entre terminales.

Además, estos sistemas se suelen instalar en zonas no urbanas, donde el coste que entrañaría la instalación de nuevos cables entre el abonado y la central local más próxima puede ser prohibitivo. En otros casos, la escasez crónica de pares de abonado hace atractivos estos sistemas para zonas urbanas.

**3 Descripción del sistema**

El principio fundamental de la radiocomunicación por paquetes es que los datos se transmiten en paquetes. Se han diseñado sistemas en los que se utiliza el AMDT y el acceso múltiple con detección de portadora (AMDP). Estos sistemas permiten el acceso simultáneo a un canal radioeléctrico por un protocolo AMDP o AMDT y ambos permiten que las estaciones individuales funcionen como repetidores con almacenamiento y retransmisión para despachar el tráfico a puntos más alejados de la instalación central. También cabe utilizar un repetidor de regeneración dúplex de dos frecuencias para aumentar la flexibilidad en el diseño del sistema.

La conmutación de paquetes va acompañada de excelentes técnicas de control de errores, pudiéndose añadir a cada bloque de datos una suma de verificación CRC-16 (referencia Norma UIT-T X.25). A fin de conseguir una proporción de bits erróneos (BER) muy reducida (mejor que  $1 \times 10^{-11}$ ) en la transmisión de grandes bloques de datos puede emplearse en un bloque más de una suma de verificación CRC-16. En los sistemas de transmisión de datos P-MP, se ha observado que las técnicas de retransmisión de bloques son superiores a la corrección de errores en recepción (FEC).

Como los sistemas de datos con conmutación de paquetes no pueden funcionar en tiempo real, debido a las demoras de empaquetado/desempaquetado, para reducir al mínimo el retardo global se pueden utilizar técnicas especiales tales como comenzar la transmisión antes de que se haya recibido el paquete completo y el empleo de altas velocidades de transmisión en la red, tales como 4,8 a 9,6 kbit/s. Desde luego el hecho de que el sistema no sea de tiempo real ofrece ventajas sustanciales en cuanto a la conservación del espectro, ya que los datos se envían por la red a la máxima velocidad posible aun cuando su destino sea un dispositivo de baja velocidad.

En una configuración de sistema AMDT, la gestión de la red se efectúa en una unidad denominada estación. El subsistema de esta estación posee un cierto número de equipos de radiocomunicación y determina la conectividad general de enlaces de la red. En un sistema compuesto de unidades fijas y posiblemente móviles, cada equipo de radiocomunicaciones recoge las posibles conexiones de enlace, las almacena en su memoria y las transmite a la estación. Valiéndose de este dato, ésta establece la conexión final de la red. Puede modificarse la arquitectura de la red con miras a la inclusión de configuraciones sin estaciones o de una configuración de radiodifusión.

**4 Rendimiento y métodos de modulación**

Los sistemas AMDP tienen la ventaja de que permiten utilizar los transmisores-receptores de radiocomunicaciones móviles terrestres convencionales que emplean la modulación de frecuencia. Ello ofrece la posibilidad de transmitir hasta 9,6 kbit/s de datos con una BER de  $1 \times 10^{-6}$  para un nivel de portadora recibida de  $-107$  dBm. Las mediciones han revelado que, en un sistema AMDP bien diseñado, se puede utilizar hasta el 40% de la capacidad del canal. El Cuadro 2 contiene las capacidades típicas de los canales en un sistema AMDP que funciona entre 130 y 960 MHz.

CUADRO 2  
**Capacidad del canal AMDP**

Número medio de caracteres por mensaje	Mensajes/minuto/usuario	Número máximo de usuarios	Retardo medio por mensaje (s)
60	30	16	0,26
60	20	28	0,24
60	10	52	0,23
60	5	100	0,23
60	2,5	240	0,23
60	1	400	0,22

En un momento determinado, a medida que aumenta el número de mensajes/minuto/usuario (por ejemplo, para 30 mensajes/minuto/usuario), no cabe ya considerar que el tráfico tenga forma de ráfagas, pudiendo ser más adecuado otro tipo de sistemas.

Para un sistema AMDT en la banda de 2 GHz se ha propuesto la utilización de la modulación de espectro ensanchado por secuencia directa con manipulación por desplazamiento mínimo (MDM) de la frecuencia de la portadora. Esta técnica puede minimizar la interferencia a otros sistemas que utilicen la misma frecuencia o las mismas bandas de frecuencias y permitir al mismo tiempo el rechazo de la interferencia en la radiocomunicación por paquetes y su funcionamiento satisfactorio con una relación señal/interferencia menor que en el caso de un receptor analógico. Sin embargo, el equipo de espectro ensanchado suele ser más complejo y costoso que los receptores analógicos.

## 5 Resumen

Se ha demostrado la aptitud de los sistemas de radiocomunicación por paquetes en los que se utilizan técnicas AMDP y AMDT para ofrecer un alto rendimiento y una transmisión eficaz del tráfico de datos.

## ANEXO 3

### **Sistemas P-MP que utilizan técnicas de AMDT para la transmisión de datos en zonas urbanas**

#### 1 Introducción

Los principios generales de los sistemas P-MP que utilizan AMDT se abordan en el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R F.1103.

En estos últimos años se ha progresado considerablemente en la utilización de esta técnica para el suministro de terminales digitales en zonas urbanas.

En este Anexo se tratan los principios y aplicaciones de los sistemas P-MP que utilizan el AMDT para la provisión de servicios de datos en zonas urbanas y en los Cuadros 3a y 3b se muestran detalles resumidos de una serie de sistemas.



CUADRO 3a

**Ejemplos de sistemas radioeléctricos P-MP que utilizan técnicas de AMDT**  
(Frecuencias inferiores a 3 GHz)

Sistema	150, 450, 800 MHz	890 a 960 MHz	1,5; 2,4 y 2,6 GHz		1,5 y 2,4 GHz	1,5 a 2,6 GHz	2 GHz
1. Capacidad de canales (típica) (kbit/s)	2 × 32 ó 4 × 16	64 × 1,2	10 × 64	30 × 64	30 × 64	60 × 64	48 × 64
2. Velocidad binaria resultante (kbit/s)	26 × 64	240	832	2 304	2 432	4 864	3 088
3. Método de modulación	MDPD-16	MDP-4 con desplazamiento	MDF-2	MDP-4	MDP-4	MDP-4 con desplazamiento	MDP-4
4. Antena de la estación central (EC)	Omnidireccional: ganancia hasta 10 dBi o Yagi	Omnidireccional o de haz ancho: ganancia 10 dBi	Omnidireccional: ganancia 10 dBi Yagi: ganancia 16-21 dBi Bocina: ganancia 13 dBi		Omnidireccional o de haz ancho: ganancia 10 dBi	Omnidireccional o de haz ancho: ganancia 10 dBi	Haz ancho de 45° ganancia: véase la Fig. 4 del Informe 1057 (Düsseldorf, 1990)
5. Antena de la estación terminal (ET)	Yagi: ganancia 10 dBi	Bucle Yagi: ganancia 20 dBi	Yagi: ganancia 16-21 dBi Bocina: ganancia 13 dBi		Yagi: ganancia 17 dBi a 1,5 GHz Parabólica: ganancia 22 dBi a 1,5 GHz 27 dBi a 2,4 GHz	Cónica: ganancia 17 dBi	Parabólica (φ ≥ 1,2 m)
6. Velocidades de datos de abonado (kbit/s)	Hasta 1,2	1,2-64	64	1,2-19,2 64 144 (RDSI)	a) Hasta 9,6 b) «Standard»: 64	2,4-64	64-1 544
7. Asignación de abonado	Asignación fija o por demanda	Asignación fija	Asignación fija o por demanda		Asignación fija o por demanda	Asignación fija o por demanda	Asignación fija
8. Alcance (km)	Hasta 60	Hasta 30	Hasta 70		Hasta 50	Hasta 72	Hasta 50

CUADRO 3b

**Ejemplos de sistemas radioeléctricos P-MP que utilizan técnicas de AMDT**  
(Frecuencias superiores a 3 GHz)

Sistema	10,5 GHz	19 GHz	23 GHz	26 GHz	26 GHz
1. Capacidad de canales (típica) (kbit/s)	30 × 64	90 × 64 47 × 144 (2B + D)	10 × 64	192 × 64	96 × 64
2. Velocidad binaria resultante (kbit/s)	2 100	8 192	832	14 300	4 × 2 048
3. Método de modulación	MDP-4	MDF-2	MDA-2	MDF (EC-ET) MDFD (ET-EC)	MDF-2
4. Antena de la estación central (EC)	Anchura de haz de 90° ó 120°: ganancia 13 dBi	Anchura de haz de 90° ó 120°: ganancia 18 dBi	Anchura de haz de 90° ó 120°: ganancia 10 a 15 dBi	Anchura de haz de 90°: ganancia 20 dBi	Anchura de haz de 90°: ganancia 20 dBi
5. Antena de la estación terminal (ET)	Parabólica: ganancia 34 dBi	Parabólica: ganancia 35 dBi	Parabólica: ganancia 35 dBi	Cassegrain: ganancia 35 a 47 dBi	Parabólica: ganancia 30 dBi
6. Velocidades de datos de abonado (kbit/s)	64 Otras disponibles	12,8 y 64 inicialmente, ampliable para incluir velocidades RDSI de 80 ó 144	64	64 a 6 144	64
7. Asignación de abonado	Asignación fija o por demanda	Asignación fija o por demanda	Asignación fija o por demanda	Asignación fija	Asignación por demanda
8. Alcance (km)	Hasta 10	Hasta 10	Hasta 5	Hasta 7	Hasta 2

## 2 Principios de funcionamiento

Los principios de funcionamiento se examinan en el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R F.1103, especialmente por lo que se refiere a los sistemas de concentradores radioeléctricos. No obstante, todos los sistemas P-MP con AMDT utilizan el mismo criterio básico de transmisión. Las señales de datos o señales telefónicas con codificación digital se transmiten desde la estación central con un formato de multiplexaje por distribución en el tiempo (MDT), utilizando un entrelazado de bits o bytes. La información para diversas estaciones terminales se transmiten de modo secuencial. En la dirección contraria, se atribuye a cada estación terminal un intervalo de tiempo en el que transmite su información. Debe procederse con sumo cuidado para garantizar la llegada secuencial de las ráfagas de datos a la estación central. Esto se obtiene generalmente mediante un diseño cuidadoso del sistema de control y mediante una igualación absoluta del retardo. En las aplicaciones urbanas, las variaciones temporales de la propagación son pequeñas en relación con el periodo de baudios del sistema y la igualación preestablecida es, por lo general, adecuada. Las Figs. 2 y 3 de la Recomendación UIT-R F.1103 muestran un esquema de sistema típico y una disposición de la trama AMDT.

En general, la conexión de los sistemas P-MP con la red se efectúa en la estación central y resulta preferible que el sistema P-MP sea transparente para la red con la provisión de interfaces jerárquicos normalizados. Además, la utilización de un interfaz convencional permite que la estación central esté ubicada a cierta distancia del punto de conexión con la red, puesto que el enlace con este punto puede realizarse por sistemas convencionales radioeléctricos o de cable.

Por lo común, la señal regenerada recibida en cada estación terminal se utiliza para proporcionar información de temporización a la estación terminal. La información de sincronización para las transmisiones en modo de ráfagas se obtiene de los bits de control recibidos procedentes de la estación central.

Así pues cada ráfaga contiene información de preámbulo y, en consecuencia, resulta deseable contar con ráfagas largas y, por ello, periodos de trama largos para la utilización eficaz del sistema. No obstante, este enfoque puede conducir a retardos globales que resultan inaceptables para una red pública conmutada y, por ello, debe examinarse con cuidado la relación entre la cantidad de información útil por ráfaga y el retardo admisible del sistema.

### 3 Atribución de frecuencias

Típicamente, los sistemas que proporcionan servicios telefónicos a las centrales urbanas utilizan las bandas de ondas centimétricas (Cuadro 3b). No obstante, muchos sistemas concebidos para telefonía rural o utilización no urbana de largo alcance pueden cursar datos de la manera indicada en el Cuadro 3a y pueden utilizarse también en zonas urbanas.

Para los sistemas que funcionan en frecuencias de ondas centimétricas es necesario disponer de un trayecto de propagación libre de obstáculos, dado que los edificios altos pueden dar lugar a zonas de sombra. La visibilidad del trayecto de propagación, definida en términos del porcentaje de abonados en visibilidad directa desde la estación central, puede aumentarse mediante una configuración de células superpuestas utilizando múltiples estaciones centrales. Para los sistemas de ondas métricas y decimétricas que funcionan en las zonas rurales, se admite generalmente una cierta atenuación por difracción.

Es necesario proseguir los estudios en los que se tenga en cuenta las características de la propagación urbana para poder definir el esquema de asignación óptimo.

### 4 Antenas

En la estación central se puede emplear una antena direccional o una antena omnidireccional, según las características del sistema y la zona de servicio requerida por las estaciones terminales. Normalmente, se utilizan antenas direccionales en las estaciones terminales mientras que las estaciones repetidoras emplean una mezcla de antenas direccionales y omnidireccionales según sea necesario.

A efectos de minimizar la interferencia, la estación central puede emplear antenas direccionales orientadas a grupos de estaciones terminales. Sin embargo, la anchura del haz debe ser suficiente para abarcar la zona de servicio requerida.

Se requiere una relación entre ganancias anterior/posterior elevada para poder reutilizar las frecuencias con otros sistemas y obtener una ganancia de antena elevada que permita utilizar transmisores de baja potencia y poder funcionar con instalaciones de energía de bajo costo.

Para mantener la relación requerida entre los niveles de señal deseada y no deseada, puede utilizarse un conmutador dinámico de antena en sincronismo con la trama temporal para desconectar la antena que recibe la señal no deseada.

### 5 Configuración del sistema

El Anexo 1 a la Recomendación UIT-R F.1103 ofrece detalles sobre configuraciones típicas P-MP, un diagrama de bloques y una secuencia de intervalos de tiempo. Estas características son también aplicables a los sistemas de datos urbanos.

En los sistemas más sencillos P-MP, se asigna previamente un intervalo de tiempo para una estación terminal específica que tiene acceso en cualquier momento al intervalo de tiempo. Se utiliza este dispositivo para proporcionar un servicio continuo al cliente y la eficacia espectral es semejante a la de un sistema equivalente de relevador radioeléctrico digital punto a punto.

Para los sistemas telefónicos de abonado, y otros sistemas en que la estación terminal no requiere estar continuamente conectada a la estación central, puede obtenerse una utilización más eficaz del espectro asignando intervalos de tiempo a las estaciones terminales en función de la demanda.

Un sistema (mostrado en el Cuadro 3b) emplea asignación por demanda y un esquema AMDT selectivo en frecuencia; según el cual se asigna a los canales un número de frecuencias portadoras diferentes de potencia más baja (típicamente 4) en cada estación terminal. Este sistema funciona en 26 GHz y proporciona 96 radiocanales, cada uno de ellos a 64 kbit/s, para servir a unos 500 abonados con una probabilidad de pérdida de llamada de 0,01. La conmutación de frecuencia puede efectuarse llamada por llamada, trama por trama o ráfaga por ráfaga. Este es un método para reducir los problemas, tales como alta salida de potencia requerida para un sistema AMDT de una sola portadora o la alta estabilidad de frecuencia requerida para un sistema de un solo canal por portadora, que están asociados a la explotación en la banda 20-30 GHz.

Para cursar con eficacia tráfico de datos a velocidades binarias inferiores a 64 kbit/s, no hay que utilizar la totalidad del enlace a 64 kbit/s. Utilizando las técnicas de multitrama, cada enlace a 64 kbit/s puede subdividirse para aumentar el número de enlaces asignados por demanda a velocidad más baja disponibles para la transmisión de datos. En el Cuadro 3a se muestra un ejemplo de un sistema de este tipo que funciona en la banda 1,5 a 2,6 GHz y en el Cuadro 3b la de 19 GHz, por ejemplo.

Un sistema diseñado específicamente para la transmisión de datos, descrito en el Cuadro 3a, proporciona comunicaciones bilaterales de datos de tipo continuo entre un nodo central y 64 puntos distantes como máximo, con cualquier mezcla de velocidades de bit normalizadas comprendidas entre 1,2 y 64 kbit/s y una velocidad global total de 76,8 kbit/s en ambos sentidos. Para simplificar el equipo radioeléctrico y las asignaciones de radiocanales, se utiliza un plan de frecuencia única para transmitir ambas señales desde el nodo central a los abonados y hacia el nodo central desde los abonados, mediante ráfagas de transmisión alternadas. La velocidad de transmisión real es de 240 kbit/s.

## ANEXO 4

### Sistemas digitales P-MP que utilizan AMDF

#### 1 Introducción

En todo el mundo se utilizan sistemas digitales P-MP, tanto en las zonas rurales como en las zonas urbanas y suburbanas.

La aplicación depende principalmente de los servicios de telecomunicaciones transportados.

Para la cobertura rural, pueden utilizarse bandas de frecuencias por debajo de 3 GHz sobre la base de la Recomendación UIT-R F.746. Las bandas de frecuencias bajas permiten una gran cobertura utilizando estaciones repetidoras entre la estación central (EC) y las estaciones terminales (ET). Por otra parte, las velocidades binarias de usuario están bastante limitadas debido a las pequeñas bandas de frecuencias disponibles y a las condiciones de propagación restringidas que impiden capacidades mayores. Así, se transportan principalmente telefonía y servicios de datos de baja velocidad a las zonas remotas, teniendo en cuenta también las posibles funciones de conmutación en las estaciones repetidoras y terminales para mejorar la eficiencia global de tales sistemas rurales P-MP.

En las zonas urbanas y suburbanas deben transportarse hasta las ET mayores capacidades, de hasta  $n \times 2$  Mbit/s para la RDSI, altas velocidades de datos, servicios Internet y conexiones de líneas alquiladas, con el fin de satisfacer las necesidades de los nuevos operadores de red que compiten con el operador tradicional en el mercado liberalizado de las telecomunicaciones. Para tales tipos de sistemas P-MP en la red de acceso, las funciones de conmutación se proveen en grandes centros de conmutación fuera de la red de acceso, lo que reduce el costo de la red de acceso global y de los sistemas P-MP.

Debido a las diferentes aplicaciones, cobertura y bandas de frecuencias contempladas, las bandas de frecuencias operacionales de los sistemas P-MP en la red de acceso varían desde aproximadamente 3 GHz hasta aproximadamente 38 GHz en la actualidad, y seguirán extendiéndose hasta aproximadamente 70 GHz más tarde, especialmente donde se prevé desplegar aplicaciones de gran densidad en el servicio fijo utilizando sistemas P-MP como una solución posible.

Los sistemas P-MP aplican diferentes métodos de acceso basados en los parámetros físicos de frecuencia, tiempo y código. Esto lleva, para el método de acceso, al AMDF, el AMDT y el acceso múltiple por división de código (AMDC).

Cada uno de estos métodos de acceso se utiliza dependiendo de la aplicación, el servicio y el escenario contemplado.

Gracias a tecnología de procesamiento de señal con velocidades de reloj de hasta 200 MHz, los sistemas P-MP AMDF suministran un proceso muy flexible para transportar señales con velocidades binarias de hasta  $n \times 2$  Mbit/s en la red de acceso hasta las ET de manera económica y eficaz en cuanto a la frecuencia.

Los sistemas AMDF pueden adaptar la velocidad binaria de 64 kbit/s hasta  $n \times 2$  Mbit/s, la modulación, el código FEC y la frecuencia de portadora en la anchura de banda del radiocanal. Así, de acuerdo con los requisitos del usuario, la anchura de banda del radiocanal asignada al operador de la red y el escenario de interferencia en el entorno (arquitectura) multicelular de la red de acceso, el sistema P-MP AMDF permite al operador de red atribuir, a petición, la capacidad necesaria al cliente. El sistema AMDF es transparente con respecto al servicio y las señales digitales transportadas y suministra interfaces usuario-red (UNI) e interfaces red-nodo (NNI) normalizadas por el UIT-T.

El sistema puede funcionar en diferentes bandas de frecuencias aplicando la misma técnica con respecto al procesamiento de la señal, el procesamiento de la banda de base, pero con la unidad de radiofrecuencia exterior conforme a las bandas de frecuencias utilizadas. Así, puede construirse una arquitectura de red de acceso para cobertura suburbana utilizando bandas de frecuencias por debajo de 11 GHz (por ejemplo 3,4-3,6 GHz, 3,6-3,8 GHz y 10,15-10,65 GHz), con distancias de enlace de aproximadamente 10 a 15 km entre la EC y las ET. En el mismo emplazamiento de EC, utilizando la unidad de microondas exterior en las bandas de frecuencias por encima de 11 GHz (por ejemplo, 26 GHz, 28 GHz (véanse los Anexos 1 y 2 de la Recomendación UIT-R F.748) ó 32 GHz; para las aplicaciones de gran densidad en el servicio fijo), pueden obtenerse distancias de enlace de hasta 5 km para la cobertura urbana.

En todo caso, los sistemas P-MP deben cumplir objetivos de calidad de funcionamiento y disponibilidad por lo menos comparables con los de los medios de transporte alámbricos utilizados en la red de acceso, a fin de que el operador de la red que utiliza sistemas de acceso inalámbricos fijos pueda competir con el operador tradicional.

## 2 Aspectos relativos a la capacidad y la planificación celular

Como se menciona anteriormente, la gran flexibilidad del sistema AMDF permite una arquitectura multicelular cuando la capacidad de tráfico necesaria en una zona de servicio dada y en un bloque de radiocanales asignados (por ejemplo 28 MHz) puede ser suministrada por un número dado de células. Cada célula utiliza el mismo bloque de radiocanales. La sectorización en la EC, utilizando antenas de sector integradas en la unidad exterior, es otro medio para aumentar el tráfico por célula proporcionalmente al número de sectores (por ejemplo 4 sectores) en la EC. Los sectores se desacoplan utilizando polarización diferente en los sectores adyacentes.

En una red multicelular la capacidad de enlace por célula es de aproximadamente 3,8 bit/s/Hz/célula suponiendo 4 sectores por célula.

La capacidad de enlace puede incrementarse instalando más sectores en las células, hasta 8 sectores en las bandas por encima de 10 GHz (hasta 6 sectores son útiles en la banda de 3,5 GHz). Otra manera de incrementar la capacidad consiste en aumentar el número de células y, en consecuencia, reducir el radio de cada célula. Un tercer medio de incrementar la capacidad de tráfico en una zona dada consiste en utilizar más bloques de radiocanales (por ejemplo  $2 \times 28$  MHz). Los medios antes mencionados pueden combinarse dependiendo de la distribución de tráfico en la zona de servicio prevista, la accesibilidad de los emplazamientos de las EC y la disponibilidad de bloques de radiocanales.

La interferencia entre las células y dentro de cada célula se controla adaptando el esquema de modulación, la frecuencia de portadora de cada señal transmitida en el bloque de radiocanales, mediante el control de potencia automático del transmisor (ATPC, *automatic transmitter power control*), tanto del transmisor de la EC como del transmisor de la ET. Así, la interferencia se mantiene en un nivel bajo para poder proporcionar una BER  $< 1 \times 10^{-10}$  en condiciones de cielo despejado y cumplir los objetivos de calidad de funcionamiento y disponibilidad para las redes de acceso en condiciones de propagación adversas. La planificación de las células con asistencia de computador para el sistema AMDF da la información necesaria para controlar el escenario de interferencia durante la instalación, la explotación y la ampliación de una red dada.

Vale la pena mencionar que, en las bandas por encima de 3 GHz, las condiciones de línea de visibilidad directa (LOS) son muy útiles para cumplir los objetivos de calidad de funcionamiento y disponibilidad, así como el grado de servicio, y para controlar el escenario de interferencia.

Debido a la flexibilidad del sistema AMDF, se puede abordar fácilmente la superposición de estructuras de células (por ejemplo sectores de diferentes células) mediante la planificación celular sin restricciones en la capacidad de transporte global del sistema P-MP.

## 3 Características técnicas

### 3.1 EC y ET

En el Cuadro 4 se indican las características de la EC y la ET para diferentes bandas de frecuencias.

CUADRO 4

## Características de la EC y de la ET

Banda de frecuencias (GHz)	3,5/3,7	10,4	26/28	32
Potencia de transmisión total (dBW)	-6	-6	-12	-12
Potencia de una sola portadora (dBW)	-20	-20	-5	-5
p.i.r.e. total/ $\lambda^\circ$ antena de sector	+8 dBW/60°	+10 dBW/45°	+2 dBW/45°	+2 dBW/45°
Portadoras de 2 Mbit/s/bloque de radiocanales	Máx. 16/14 MHz	Máx. 33/30 MHz	Máx. 32/28 MHz	Máx. 32/28 MHz
Esquema de modulación	MDP-4/8 TCM/ 16 TCM	MDP-4/8 TCM/ 16 TCM	MDP-4/8 TCM/ 16 TCM	MDP-4/8 TCM/ 16 TCM
Velocidad binaria por portadora	64 kbit/s a $n \times 2$ Mbit/s $n < 4$	64 kbit/s a $n \times 2$ Mbit/s $n < 4$	64 kbit/s a $n \times 2$ Mbit/s $n < 4$	64 kbit/s a $n \times 2$ Mbit/s $n < 4$
Nivel de recepción (RL) (dBW) BER $1 \times 10^{-3}$ ; portadora de 2 Mbit/s				
MDP-4	-130	-130	-125	-124
8 TCM	-129	-129	-124	-123
16 TCM	-123	-123	-118	-117

TCM: modulación por codificación en rejilla.

La EC puede dividirse en dos partes, a saber, el sistema de estación de base central (unidad interior) que contiene el procesamiento de la señal de banda de base y el controlador central, y la unidad exterior que contiene el transceptor con la antena de sector integrada (antena planar).

La ET puede tener la misma concepción, con una unidad interior que incluye el módem y una unidad exterior que incluye la antena de haz estrecho integrada (planar) para las bandas utilizadas, o una antena parabólica para las bandas por encima de 20 GHz con el fin de lograr distancias de enlace más largas.

Para las portadoras que transportan velocidades binarias distintas de 2 Mbit/s, como se indica en el Cuadro 4, los *RL* pueden calcularse a partir de las fórmulas siguientes:

$$\text{Para MDP-4: } RL \text{ (dBW(para BER } 1 \times 10^{-3})) = X + 10 \log_{10} b$$

$$\text{Para 8-TCM: } RL \text{ (dBW(para BER } 1 \times 10^{-3})) = Y + 10 \log_{10} b$$

$$\text{Para 16-TCM: } RL \text{ (dBW(para BER } 1 \times 10^{-3})) = Z + 10 \log_{10} b$$

*b*: velocidad binaria (Mbit/s).

En el Cuadro 5 se indican los valores de *X*, *Y*, *Z* para las diferentes bandas de frecuencias.

CUADRO 5

Valores de *X*, *Y* y *Z* (véanse las fórmulas anteriores)

	3,5/3,7 GHz	10,4 GHz	26/28 GHz	32 GHz
<i>X</i>	-133	-133	-128	-127
<i>Y</i>	-132	-132	-127	-126
<i>Z</i>	-126	-126	-121	-120

Los valores de *RL* para una BER de  $1 \times 10^{-6}$  son 2,5 dB mayores que los valores anteriores.

### 3.2 Características de antena

Las antenas utilizadas por los sistemas P-MP para la red de acceso en zonas urbanas y suburbanas son principalmente antenas de sector en la EC con el fin de proveer capacidad de transporte suficiente en una célula.

Los sectores adyacentes pueden utilizar polarización diferente para obtener un desacoplamiento adicional entre sectores (véase el Anexo 4, § 2).

Se utilizan los diferentes ángulos de sector (anchura de haz de sector a  $-X$  dB) tales como 15°, 45°, 60°, 90° ó 120° para adaptar la cobertura de célula al tráfico y a la distribución de las ET en una célula. La antena de sector de 15° puede utilizarse para obtener una distancia de enlace mayor para algunas ET exteriores situadas en cercanía unas de otras. Una mezcla de sectores con diferentes anchuras de sector en una célula también es un medio útil para adaptar la distribución de los emplazamientos de las ET.

La ganancia de la antena de sector depende principalmente de la anchura del sector. El Cuadro 6 da valores típicos de algunas anchuras de sector cuando se aplica tecnología de antena planar.

CUADRO 6  
Ganancia típica de antenas de sector

Anchura de sector típica (acimut) (grados)	Ganancia típica (dBi)	Anchura del haz en elevación típica (grados)
15	18	7
45	15	7
60	12	15
90	12	7
120	9	15

Al inclinar hacia abajo las antenas de la EC para reducir la interferencia a las demás células, puede afectarse negativamente el alcance máximo del enlace. Por otra parte, la anchura del haz en elevación de la antena de sector hace también necesario calcular cuidadosamente el presupuesto del enlace de las ET que están muy cerca de la EC, ya que pueden caer fuera de la anchura del haz en elevación de la EC.

La antena de la ET utiliza una anchura de haz estrecha, de modo que la ganancia depende principalmente de la frecuencia y del tamaño. A continuación se dan valores típicos de la ganancia de las antenas planares.

CUADRO 7  
Ganancia típica de las antenas planares utilizadas en las ET

Banda de frecuencias (GHz)	Ganancia típica (dBi)
3,5/3,7	17
10,4	25
26/28	28
32	30

En la ET puede preverse también en algunos casos para los sistemas P-MP la utilización de antenas destinadas a sistemas de radioenlaces punto a punto, especialmente cuando se contemplan tramos de salto más largos entre la EC y la ET en las bandas de frecuencias por encima de 10 GHz.



## ANEXO 5

**Sistemas P-MP en la banda de frecuencias 25-32 GHz****1 Introducción**

Los sistemas P-MP de gran densidad son sistemas que funcionan entre estaciones terrenales como sistemas inalámbricos fijos para la prestación de servicios de voz, vídeo y datos. Generalmente estas aplicaciones proporcionan un trayecto radioeléctrico para las comunicaciones comerciales y residenciales en los últimos kilómetros de una red de distribución, como alternativa a las soluciones de cable coaxial, fibra óptica o par trenzado.

Los parámetros del sistema se toman de las características de margen de enlace que figuran en los Cuadros 4 a 9. Debe observarse que la potencia máxima de transmisión de la estación central puede ajustarse sobre una base geográfica para cumplir las metas de grado de servicio.

El enlace tiene una BER igual o mejor que  $1 \times 10^{-8}$  en condiciones de cielo despejado, y de  $1 \times 10^{-6}$  en condiciones de propagación degradadas durante todo el año, salvo un pequeño porcentaje, por cuanto cumple los criterios de disponibilidad del enlace. (Esto significa que, en condiciones de cielo despejado, estas portadoras funcionarán con un margen suficiente para garantizar que se cumple el criterio de margen del enlace.) Estas BER se obtienen mediante la p.i.r.e. especificada y técnicas de FEC de índice 3/4, utilizando codificación convolucional y decodificación Viterbi. Además, se puede utilizar también codificación de índice 1/2 y 7/8 para condiciones de margen más bajo y más alto, respectivamente.

Se hacen las siguientes hipótesis en lo tocante a las antenas. El haz principal de la antena de la estación central estará normalmente  $1^\circ$  por debajo de la horizontal local. La antena de la estación de abonado (terminal remoto) apuntará hacia la antena de la estación central. Asimismo, la antena de la estación central estará situada generalmente 100 m más alto que las estaciones de abonado. Para una estación de abonado situada a 200 m de la estación central, la caída de ganancia de la antena de la estación central es típicamente 18 dB para una antena de bocina de  $15^\circ \times 90^\circ$  (elevación por acimut) y de 29 dB para una antena de bocina de  $3^\circ \times 45^\circ$ .

Se requiere un margen de desvanecimiento suficiente para mitigar la atenuación debida a la lluvia. En caso de atenuación importante en el trayecto debida a la lluvia, las estaciones de abonado excederán de los límites de densidad espectral de potencia de la p.i.r.e. con cielo despejado para compensar (uno a uno) el exceso de atenuación del trayecto. La disponibilidad del enlace variará con la zona hidrometeorológica y la longitud del trayecto. En el Cuadro 8 se indica el margen de desvanecimiento (mínimo) necesario para diferentes valores de probabilidad acumulativa a 28 GHz. Estas pérdidas provocadas por las precipitaciones se calcularon utilizando las regiones hidrometeorológicas de la Recomendación UIT-R P.837-1 (Características de la precipitación para establecer modelos de propagación (Ginebra, 1994)) y las ecuaciones de la Recomendación UIT-R P.530-6 (Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa (Ginebra, 1995)). En el caso más desfavorable de los sistemas multipunto de comunicación local (LMCS, *local multipoint communication systems*)/sistemas multipunto de distribución local (LMDS, *local multipoint distribution systems*), el enlace supone una polarización horizontal.

CUADRO 8

**Margen de desvanecimiento mínimo (dB) para la probabilidad acumulativa necesaria en función de la longitud del trayecto (km) para varias zonas hidrometeorológicas del UIT-R**

Enlace	Regiones hidrometeorológicas del UIT-R y longitud del trayecto (28 GHz, polarización horizontal)									
	E		F		K		M		N	
	2,5 km	5 km	2,5 km	5 km	2,5 km	5 km	2,5 km	5 km	2,5 km	5 km
0,999	3,5	6,4	4,3	8,0	6,3	11,8	9,3	16,6	12,9	21,8
0,9995	4,7	8,7	5,9	11,0	8,7	16,0	12,6	22,6	17,8	29,7
0,9999	9,1	16,6	11,5	21,0	17,2	30,7	25,0	43,4	35,0	57,0
0,99995	11,6	21,3	15,0	27,0	22,3	39,4	32,5	55,7	45,4	73,2

## 2 Características técnicas

Las características técnicas dependen de los requisitos de margen de desvanecimiento. Se consideran dos casos: cielo despejado y condiciones con desvanecimiento.

Los sistemas en sentido descendente funcionan con potencia de transmisión fija, mientras que los transmisores en sentido ascendente funcionan con control de potencia automático.

El Informe UIT-R F.2108 describe las características de los sistemas que funcionan con una densidad espectral de potencia de la p.i.r.e. de la estación central de +8 dB(W/MHz) en la banda de 25,25-27,5 GHz y requieren 37 dB de margen de desvanecimiento a una distancia de 5 km.

El Informe UIT-R F.2108 describe también las características de los sistemas que funcionan con una densidad espectral de potencia de la p.i.r.e. de la estación central de +30 dB(W/MHz), hasta +42 dB(W/MHz) de densidad espectral de potencia de la p.i.r.e. de la estación de abonado en las bandas 27,5-28,35, 29,1-29,25 y 31,0-31,3 GHz, y requieren 57 dB de margen de desvanecimiento a 5 km.

Las características técnicas, es decir la potencia de transmisión, se ajustan normalmente para los sistemas diseñados para varias necesidades de margen de desvanecimiento a una distancia específica.

## 3 Características de antena

Los sistemas LMCS/LMDS utilizan antenas diseñadas para varios tamaños de sector y aplicaciones de estación central. Pueden utilizarse varias antenas para adaptarse a los requisitos de terreno, margen del enlace y calidad de funcionamiento.

Es preciso referirse a la Recomendación UIT-R F.1336 para los diagramas de radiación de antena pertinentes. Estos diagramas de antena suponen polarización ortogonal en los sectores adyacentes.

## 4 p.i.r.e. de la estación de abonado

Las estaciones de abonado utilizan control de potencia automático para reducir al mínimo la autointerferencia en el sistema LMCS/LMDS. Este control de potencia ascendente se conoce también como control de potencia de terminal remoto. La potencia de transmisión de la estación de abonado varía con la pérdida del trayecto de manera que se mantenga en un nivel constante la relación,  $E_b/N_0$ , recibida en el demodulador de la estación central. Las estaciones de abonado que están cerca de la estación central transmiten con una potencia muy inferior a la de las estaciones de abonado distantes. En condiciones de cielo despejado, las estaciones de abonado transmitirán únicamente la potencia necesaria para satisfacer los requisitos de umbral del receptor de la estación central,  $E_b/N_0$ .

Cuando se producen acontecimientos tales como una atenuación adicional por la lluvia en el trayecto comprendido entre la estación de abonado y la estación central, se incrementa la potencia de las estaciones de abonado afectadas como compensación a fin de mantener un umbral constante en el receptor de la estación central,  $E_b/N_0$ . Toda atenuación ocasionada por la lluvia entre la estación central y el observador atenuará aún más esta señal por debajo del nivel en condiciones de cielo despejado. La p.i.r.e. aparente de la estación de abonado es siempre igual o inferior al valor en condiciones de cielo despejado para un observador distante que mira hacia la estación central (es decir, el enlace ascendente no mantiene ningún margen de desvanecimiento de 0 dB).

Se requiere control de potencia automático ascendente para mitigar la autointerferencia y viabilizar el concepto LMCS/LMDS para el servicio bidireccional. Las estaciones de abonado transmiten únicamente cuando apuntan hacia una estación central. El nivel de potencia de transmisión depende de la distancia de la estación central. Las estaciones de abonado transmiten con sólo la potencia mínima necesaria para satisfacer el umbral del receptor de la estación central,  $E_b/N_0$ , para un formato de modulación dado. Con un funcionamiento adecuado, la interferencia entre las estaciones de abonado LMCS/LMDS debe degradar el umbral del receptor de la estación central,  $E_b/N_0$ , en cuantía de 0,5 dB o menos.

Debe observarse que cada estación de abonado, dentro de un sector, funciona en un canal diferente en todo instante. Desde el punto de vista de un observador distante, el haz principal procedente únicamente de una estación de abonado por sector emite desde una célula hacia un observador distante en una frecuencia y un tiempo dados.

En la frontera entre sectores puede haber un máximo de dos contribuyentes al mismo canal. La estación de abonado de un sector estará polarizada horizontalmente, mientras que la estación de abonado del otro sector estará polarizada verticalmente. Es muy pequeña la probabilidad de que haya una frontera de sector que apunte hacia el observador y de que haya dos estaciones de abonado en esa región estrecha, ambas en la frecuencia del observador.

## **5 Características de explotación de los sistemas P-MP**

Las características de explotación afectan a la probabilidad de las emisiones en un canal dado. Entre los factores incluidos, pero que no son los únicos, puede citarse la p.i.r.e. en función de la zona hidrometeorológica, la utilización del canal de protocolo multiacceso, la carga de la banda en general, el porcentaje de la capacidad de la estación central utilizado, la mezcla de servicios, la economía, la política, la política del operador, el tamaño de la célula y el factor de superposición. Cada uno de estos factores limita la interferencia potencial a un valor inferior al de la interferencia que ocurre cuando se utilizan grandes densidades de estaciones centrales y grandes capacidades de emisión del sistema. Se requiere mayor estudio sobre estos factores.

---