

RECOMENDACIÓN UIT-R F.1499

**SISTEMAS DE TRANSMISIÓN RADIOELÉCTRICA PARA
EL ACCESO INALÁMBRICO FIJO EN BANDA ANCHA
BASADO EN NORMAS DE MÓDEM POR CABLE***

(Cuestiones UIT-R 215/8 y UIT-R 140/9)

(2000)

ÍNDICE

	<i>Página</i>
Introducción.....	3
Alcance.....	3
Referencias.....	3
Definiciones y abreviaturas.....	6
Convenios.....	11
Consideraciones.....	11
Recomendación.....	11
1 Requisitos generales del sistema.....	11
1.1 Objetivos del servicio.....	11
1.2 Arquitectura de referencia.....	12
1.3 Categorías de especificación de interfaz.....	12
1.3.1 Fase 1.....	12
1.3.2 Fase 2.....	12
1.3.3 Fase 3.....	12
1.3.4 Fase 4.....	12
1.4 Ubicación del servidor.....	14
2 Hipótesis funcionales.....	14
2.1 Red BWA.....	14
2.2 Hipótesis de los equipos.....	14
2.2.1 Plan de frecuencias.....	14
2.2.2 Compatibilidad con otros servicios.....	14
2.2.3 Repercusión del aislamiento de las averías en otros usuarios.....	14
2.3 Hipótesis de los canales de RF.....	14
2.3.1 Transmisión en sentido ascendente y descendente.....	15
2.4 Niveles de transmisión.....	15
2.5 Requisitos de control de potencia.....	15
2.6 Especificaciones de la BER respecto a la relación S/N	15
2.7 Inversión de frecuencia.....	15
3 Protocolos de comunicación.....	17
3.1 Pila de protocolos.....	17
3.1.1 Módems BWA CPE y BWA BTS como anfitriones.....	17
3.1.2 Retransmisión de datos a través de los módems BWA CPE y BWA BTS.....	18

* Esta Recomendación tiene validez únicamente para los sistemas de acceso inalámbrico fijo de banda ancha basados en el Anexo B de la Recomendación UIT-T J.112 – Interfaz de radiofrecuencia de datos por cable. La Recomendación es complementaria de la Recomendación UIT-T J.116. Cuando se implementen los sistemas BWA, deberá tenerse en cuenta esta Recomendación y la Recomendación UIT-T J.116 en su totalidad.

3.2	Retransmisor MAC.....	21
3.2.1	Ejemplo de reglas para la retransmisión de capa de enlace de datos.....	22
3.3	Capa de red.....	22
3.4	Por encima de la capa de red.....	22
3.5	Capa de enlace de datos.....	23
3.5.1	Subcapa LLC.....	23
3.5.2	Subcapa de seguridad de capa de enlace.....	23
3.5.3	Subcapa MAC.....	23
3.6	Capa PHY.....	24
3.6.1	Subcapa de convergencia de la transmisión en sentido descendente.....	24
3.6.2	Subcapa PMD.....	24
4	Especificación de subcapa PMD.....	24
4.1	Alcance.....	24
4.2	Sentido ascendente.....	25
4.2.1	Visión de conjunto.....	25
4.2.2	Formatos de modulación.....	26
4.2.3	Codificación FEC.....	29
4.2.4	Aleatorizador.....	29
4.2.5	Agregación de preámbulo delantero.....	29
4.2.6	Perfiles de ráfagas.....	29
4.2.7	Convenio de temporización de ráfagas.....	32
4.2.8	Requisitos con respecto a la potencia de la transmisión.....	32
4.2.9	Requisitos de fidelidad.....	34
4.2.10	Estructura de trama.....	36
4.2.11	Requisitos del procesamiento de la señal.....	37
4.2.12	Características de la potencia de entrada en el demodulador en el sentido ascendente.....	37
4.2.13	Salida eléctrica del módem BWA CPE en sentido ascendente.....	38
4.3	Sentido descendente.....	39
4.3.1	Protocolo en sentido descendente.....	39
4.3.2	Intercalación escalable para soportar baja latencia.....	39
4.3.3	Plan de frecuencias en sentido descendente.....	39
4.3.4	Salida eléctrica del BWA BTS.....	39
4.3.5	Entrada RF en el BWA CPE en sentido descendente.....	40
4.3.6	Características de BER del módem BWA CPE.....	40
5	Subcapa de convergencia de la transmisión en sentido ascendente.....	41
5.1	Introducción.....	41
5.2	Formato de paquete MPEG.....	42
5.3	Encabezamiento MPEG para datos por radiodifusión de BWA.....	42
5.4	Cabida útil MPEG para datos por radiodifusión de BWA.....	43
5.5	Interacción con la subcapa MAC.....	43
5.6	Interacción con la capa física.....	44
5.7	Sincronización y recuperación de encabezamiento MPEG.....	44
6	Especificación MAC.....	45
	Anexo 1 – Documentos de la interfaz de datos por BWA.....	45

Introducción

El acceso local y otros desarrollos de sistemas y planificación de servicios de radioenlaces de gran densidad se han acelerado rápidamente durante los últimos años en muchos países. Esta aceleración es debida en gran parte a la tendencia hacia una mayor demanda y competencia en la prestación de servicios de telecomunicaciones y de distribución de vídeo a nivel local en alta velocidad binaria. Debido al coste y a la velocidad de estos despliegues, los desarrollos otorgan cada vez más importancia a la prestación de servicios directamente a los usuarios finales a través de sistemas de acceso inalámbrico fijo (FWA).

Las velocidades de datos actuales del acceso inalámbrico en banda ancha (BWA, *broadband wireless access*) por trayectos de circuitos individuales oscilan entre 1,5 Mbit/s y 45 Mbit/s aproximadamente, y se espera que lleguen al menos a los 310 Mbit/s en los próximos años, cuando se disponga de sistemas radioeléctricos que utilicen esquemas de modulación de orden superior (véase la Recomendación UIT-R F.758).

Las diversas configuraciones de redes posibles de FWA en banda ancha incluyen: configuración punto a punto (P-P) convencional, punto a multipunto (P-MP) convencional y combinaciones de éstas, por ejemplo, la de los sistemas P-P desplegados en configuraciones P-MP multiselector. De forma similar, el despliegue en alta densidad de enlaces P-P independientes se traduce en agrupaciones que adoptan las características fundamentales del despliegue P-MP. Una arquitectura de sistema emergente es la de multipunto-multipunto (MP-MP) similar a la de los sistemas en malla.

Estos sistemas FWA en banda ancha se despliegan principalmente en los entornos urbano denso, suburbano y rural en los que los ángulos de elevación del trayecto de transmisión pueden llegar hasta unos 40° a 60°. Los enlaces se despliegan regularmente según la demanda, para atender a requisitos específicos de usuario final a medida que surgen.

Esta Recomendación aborda los sistemas BWA y se basa en el Anexo B de la Recomendación UIT-T J.112 – Interfaz de radiofrecuencia de datos por cable. Para estos sistemas pueden ser apropiadas diversas bandas de frecuencia en la gama 2,5-66 GHz. Éstos y otros sistemas que pueden abordarse en otras Recomendaciones pertenecen a la categoría de sistemas inalámbricos multimedia (MWS, *multimedia wireless systems*). Estos últimos son sistemas inalámbricos que sirven para el intercambio de información de más de un tipo, tal como texto, gráficos, voz, sonido, imagen, datos y vídeo.

Esta Recomendación es complementaria de la Recomendación UIT-T J.116. Cuando se implementen los sistemas BWA, deberá tenerse en cuenta esta Recomendación y la Recomendación UIT-T J.116 en su totalidad.

Alcance

Esta Recomendación parte de las normas aprobadas y publicadas por el UIT-T para los módems de cable (específicamente, el Anexo B de la Recomendación UIT-T J.112), pero adapta los parámetros técnicos para la utilización en un entorno de acceso inalámbrico, es decir, para los módems de equipo en las instalaciones del cliente (CPE, *customer premises equipment*) para BWA. Se establece un máximo de elementos comunes para lograr economías de escala.

Esta Recomendación es complementaria de la Recomendación UIT-T J.116. Cuando se implementen los sistemas BWA, deberá tenerse en cuenta esta Recomendación y la Recomendación UIT-T J.116 en su totalidad.

Referencias

Las siguientes Recomendaciones de la UIT y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publican regularmente listas de las Recomendaciones de la UIT actualmente vigentes.

- Recomendación UIT-R F.755: Sistemas punto a multipunto utilizados en el servicio fijo
- Recomendación UIT-R F.1402: Criterios de compartición de frecuencias entre un sistema de acceso inalámbrico móvil terrestre y un sistema de acceso inalámbrico fijo que utiliza el mismo tipo de equipo que el sistema de acceso inalámbrico móvil terrestre
- Recomendación UIT-R F.1400: Requisitos y objetivos de calidad de funcionamiento y de disponibilidad para sistemas de acceso inalámbrico fijo a la red telefónica pública con conmutación
- Recomendación UIT-R F.1399: Terminología del acceso inalámbrico

- Recomendación UIT-T F.1401: Bandas de frecuencias para los sistemas de acceso inalámbrico fijo y metodología de identificación
- Recomendación UIT-T H.222.0: ISO/CEI 13818-1:1996, Tecnología de la información – Codificación genérica de imágenes en movimiento e información de audio asociada: Sistemas
- Recomendación UIT-T I.361: Especificación de la capa modo de transferencia asíncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha
- Recomendación UIT-T I.363: Especificación de la capa de adaptación del modo transferencia asíncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha
- Recomendación UIT-T J.83: Sistemas digitales multiprogramas para servicios de televisión, sonido y datos de distribución por cable
- Recomendación UIT-T J.110: Principios básicos aplicables a una familia mundial común de sistemas para la prestación de servicios de televisión interactivos
- Recomendación UIT-T J.111: Protocolos independientes de la red para sistemas interactivos
- Recomendación UIT-T J.112: Sistemas de transmisión para servicios interactivos de televisión por cable
- Recomendación UIT-T J.116: Canal de interacción utilizando sistemas de distribución multipunto local
- Recomendación UIT-T V.21: Módem dúplex a 300 bit/s normalizado para uso en la red telefónica general con conmutación
- Recomendación UIT-T V.22: Módem dúplex a 1 200 bit/s normalizado para uso en la red telefónica general con conmutación y en circuitos arrendados de tipo telefónico punto a punto a dos hilos
- Recomendación UIT-T V.22bis: Módem dúplex a 2 400 bit/s que utiliza la técnica de división de frecuencia normalizado para uso en la red telefónica general con conmutación y en circuitos arrendados de tipo telefónico punto a punto a dos hilos
- Recomendación UIT-T V.23: Módem a 600/1 200 baudios normalizado para uso en la red telefónica general con conmutación
- Recomendación UIT-T V.25: Equipo de respuesta automática y procedimientos generales para el equipo de llamada automática en la red telefónica general conmutada, con procedimientos para la neutralización de los dispositivos de control de eco en las comunicaciones establecidas tanto manual como automáticamente
- Recomendación UIT-T V.32: Familia de módems dúplex a dos hilos que funcionan a velocidades binarias de hasta 9 600 bit/s para uso en la red telefónica general conmutada y en circuitos arrendados de tipo telefónico
- Recomendación UIT-T V.32bis: Módem dúplex que funciona a velocidades de transmisión de datos de hasta 14 400 bit/s para uso en la red telefónica general conmutada y en circuitos arrendados de tipo telefónico a dos hilos punto a punto
- Recomendación UIT-T V.34: Módem que funciona a velocidades de señalización de datos de hasta 33 600 bit/s para uso en la red telefónica general conmutada y en circuitos arrendados punto a punto a dos hilos de tipo telefónico
- Recomendación UIT-T V.42: Procedimientos de corrección de errores para los equipos de terminación del circuito de datos que utilizan la conversión de modo asíncrono a modo síncrono
- Recomendación UIT-T X.25: Interfaz entre el equipo terminal de datos y el equipo de terminación del circuito de datos para equipos terminales que funcionan en el modo paquete y están conectados a redes públicas de datos por circuitos especializados
- Recomendación UIT-T Z.100: Lenguaje de especificación y descripción del CCITT

ISO/CEI:

- ISO 8025: Information processing systems – Open Systems Interconnection – Specification of the Basic Encoding Rules for Abstract Syntax Notation One (ASN.1) (diciembre de 1987)
- ISO/CEI 8802-2: Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 2: Logical link control, 1994 (IEEE Std 802.2:1994)
- ISO/CEI 8802-3: Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications, 1996 (IEEE Std 802.3:1996)
- ISO/CEI 10038: Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local area networks – Media Access Control (MAC) bridges, 1993 (ANSI/IEEE Std 802.1D:1993)
- ISO/CEI 10039: Information technology – Open Systems Interconnection – Local area networks – Medium Access Control (MAC) service definition, 1991
- ISO/CEI 15802-1: Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Common specifications – Part 1: Medium Access Control (MAC) service definition, 1995

IETF:

- RFC-791: POSTEL, J. [septiembre de 1981] Internet Protocol (MIL STD 1777). Grupo de Tareas Especiales de Ingeniería en Internet (IETF).
- RFC-826: PLUMMER, D. [noviembre de 1982] Ethernet Address Resolution Protocol: Or converting network protocol addresses to 48-bit Ethernet address for transmission on Ethernet hardware.
- RFC-868: HARRENTIEN, K. y POSTEL, J. [mayo de 1983] Time Protocol. IETF.
- RFC-1042: POSTEL, J. y REYNOLDS, J. [febrero de 1988] A Standard for the Transmission of IP Datagrams over IEEE 802 Networks. IETF.
- RFC-1058: HEDRICK, C. [junio de 1988] Routing Information Protocol. IETF.
- RFC-1157: SCHOFFSTALL, M., FEDOR, M., DAVIN, J. y CASE, J. [mayo de 1990] A Simple Network Management Protocol (SNMP). IETF.
- RFC-1350: SOLLINGS, K. [julio de 1992] The TFTP Protocol (Revision 2). IETF.
- RFC-1533: ALEXANDER, S. y DROMS, R. [octubre de 1993] DHCP Options and BOOTP Vendor Extensions. IETF.
- RFC-1541: DROMS, R. [octubre de 1993] Dynamic Host Configuration Protocol. IETF.
- RFC-1633: BRADEN, R., CLARK, D. y SHENKER, S. [junio de 1994] Integrated Services in the Internet Architecture: An Overview. IETF.
- RFC-1812: BAKER, F. [junio de 1995] Requirements for IP Version 4 Routers. IETF.
- RFC-2104: KRAWCZYK, H., BELLARE, M. y CANETTI, R. [febrero de 1997] HMAC: Keyed-Hashing for Message Authentication. IETF.

Definiciones y abreviaturas

Abonado: Véase Usuario de extremo.

Acceso multipunto: Acceso de usuario en el que una sola terminación de red soporta más de un equipo terminal.

Cabecera; extremo de cabecera: Ubicación central en la red de cable que se encarga de la introducción de señales de vídeo y otras señales de radiodifusión en sentido descendente. Véase también cabecera principal y centro de distribución.

Caída: Coeficiente de la función caída de coseno que determina las características de frecuencia del filtro.

Canal de retorno: Sentido del flujo de la señal hacia la cabecera, lejos del abonado, equivalente al sentido ascendente.

Canal de retorno: Sentido del flujo de la señal hacia la cabecera, lejos del abonado, equivalente al sentido ascendente.

Capa: Subdivisión de la arquitectura de interconexión de sistemas abiertos (OSI), constituido por subsistemas del mismo rango.

Capa de enlace de datos: Capa 2 en la arquitectura de interconexión de sistemas abiertos (OSI); capa que proporciona servicios para transferir datos por el enlace de transmisión entre sistemas abiertos.

Capa de red: Capa 3 en arquitectura de OSI; capa que proporciona servicios para establecer un trayecto entre sistemas abiertos.

Capa física (PHY): Capa 1 en la arquitectura de interconexión de sistemas abiertos (OSI); capa que proporciona servicios para transmitir bits o grupos de bits por un enlace de transmisión entre sistemas abiertos y sistemas que implican procedimientos eléctricos, mecánicos y de toma de contacto.

Cliente: Usuario de extremo.

Código Reed-Solomon: Código de corrección de errores en recepción situado antes de la intercalación que permite la corrección de errores inducidos por ruido en ráfagas.

Conexión multipunto: Conexión entre más de dos terminaciones de red de datos.

Dirección de control de acceso a los medios (MAC): Dirección de soporte físico «incorporada» de un dispositivo conectado a un medio compartido.

Dirección de difusión: Dirección de destino predefinida que indica el conjunto de todos los puntos de acceso del servicio de red de datos.

Disponibilidad: Relación a largo plazo entre el tiempo efectivo de funcionamiento del canal de RF y el tiempo programado de funcionamiento del canal de RF (expresado como valor porcentual) y se basa en un supuesto con respecto a la proporción de bits erróneos (BER).

Encabezamiento: Información de control de protocolo ubicada al comienzo de una unidad de datos de protocolo.

Enlace de transmisión: Unidad física de una subred que proporciona la conexión de transmisión entre nodos adyacentes.

Equipo en las instalaciones del cliente (CPE): Equipo en las instalaciones del usuario de extremo; puede ser suministrado por el usuario de extremo o por el proveedor de servicio.

Flujo de programas: En el MPEG-2, un múltiplex de paquetes digitales de vídeo y audio de longitud variable procedentes de una o más fuentes de programas que tengan una base de tiempo común.

Flujo de transporte: En el MPEG-2, método, basado en paquetes, de multiplexación de uno o más flujos digitales de vídeo y audio que tienen una o varias bases de tiempo independientes en un solo flujo.

Gama dinámica: Relación entre la mayor potencia de señal que se puede transmitir por un sistema de transmisión analógico multicanal sin exceder la distorsión u otros límites de la calidad de funcionamiento, y la menor potencia de señal que se puede utilizar sin superar los límites de ruido, tasa de errores u otros límites de la calidad de funcionamiento.

Gestión de red: Funciones relacionadas con la gestión de los recursos de la capa de enlace de datos y la capa física y sus estaciones a través de la red de datos soportada por el sistema híbrido de fibra óptica/coaxial.

Gestión de sistemas: Funciones de la capa de aplicación relacionadas con la gestión de diversos recursos de interconexión de sistemas abiertos (OSI) y su situación en todas las capas de la arquitectura OSI.

Identificador de paquete (PID): Valor entero único utilizado para identificar flujos elementales de un programa en un flujo MPEG-2 uniprograma o multiprograma.

Identificador único de organización (OUI): Identificador de tres octetos asignado por el IEEE que se puede utilizar para generar direcciones MAC de LAN universales e identificadores de protocolo según la Norma 802 de ANSI/IEEE a utilizar en aplicaciones de red de área local y metropolitana.

Información específica de programas (PSI): En MPEG-2, datos normativos necesarios para la demultiplexación de flujos de transporte y la regeneración satisfactoria de programas.

Intercalado: Método de corrección de errores que permite la corrección de errores inducidos por ruido en ráfagas.

Interconexión de sistemas abiertos (OSI): Marco de normas ISO para la comunicación entre sistemas diferentes fabricados por proveedores diferentes, en donde el proceso de comunicación se organiza en siete categorías situadas en una secuencia por capas basadas en su relación con el usuario. Cada capa utiliza la capa que se encuentra inmediatamente por debajo de ella y proporciona un servicio a la capa inmediatamente superior. Las capas 7 a 4 se refieren a la comunicación de extremo a extremo entre el origen y el destino del mensaje, y las capas 3 a 1, a las funciones de red.

Interfaz de datos distribuidos por fibra (FDDI): Norma LAN basada en fibras ópticas.

Latencia: Tiempo, expresado en cantidad de símbolos, que requiere un elemento de señal para pasar a través de un dispositivo.

Medio de transmisión: Material por el que se pueden transportar señales de información; por ejemplo, fibras ópticas, cables coaxiales, y pares de alambres trenzados.

Miniintervalo: Un miniintervalo es un múltiplo entero de incrementos de 6,25 μ s. En el § 6 se describen las relaciones entre miniintervalos, bytes y ticks temporales.

Módem BWA BTS: Módem de estación transeptora de base para acceso inalámbrico en banda ancha. Uno o más demoduladores post-proceso y sus correspondientes moduladores preproceso.

Módem BWA CPE: Módem de equipo en las instalaciones del cliente para acceso inalámbrico en banda ancha.

Modo de transferencia asíncrono (ATM): Protocolo para la transmisión de una diversidad de señales digitales que utilizan células uniformes de 53 bytes.

Modulación cruzada: Forma de distorsión de la señal de televisión en la que la modulación de uno o más canales de televisión afecta a otro u otros canales de televisión.

Modulación de amplitud en cuadratura MAQ (en inglés: QAM): Método de modulación de señales digitales sobre una señal portadora de radiofrecuencia que entraña la codificación en amplitud y en fase.

Modulación por desplazamiento de fase cuaternaria MDP-4 (en inglés: QPSK): Método de modulación de señales digitales sobre una señal portadora de radiofrecuencia que utiliza cuatro estados de fase para codificar dos bits digitales.

Modulación por zumbido de portadora: Magnitud cresta a cresta de la distorsión de amplitud relativa al nivel de la señal portadora de RF debida a la frecuencia fundamental y a las armónicas de orden inferior de la frecuencia de alimentación.

Nodo de fibra: Punto de interfaz entre un troncal de fibra y la distribución coaxial.

Pérdida de retorno: Parámetro que describe la atenuación de una señal de onda guiada (por ejemplo, a través de un cable coaxial) devuelta a una fuente por un dispositivo o medio resultante de las reflexiones de la señal generada por la fuente.

Procedimiento de control de acceso a los medios (MAC): En una subred, parte del protocolo que rige el acceso al medio de transmisión independientemente de las características físicas del medio, pero teniendo en cuenta los aspectos topológicos de la subred, a fin de permitir el intercambio de datos entre nodos. Entre los procedimientos MAC figuran la alineación de trama, la protección contra errores, y la adquisición del derecho a utilizar el medio de transmisión subyacente.

Procedimiento de control de enlace lógico (LLC): En una red de área local (LAN) o una red de área metropolitana (MAN), parte del protocolo que rige el ensamblado de tramas de capas de enlace de datos y su intercambio entre estaciones de datos, independientemente de cómo se comparte el medio de transmisión.

Protocolo: Conjunto de reglas y formatos que determina el comportamiento de la comunicación de las entidades de capa en la actuación de las funciones de capa.

Protocolo de acceso de subred (SNAP): Extensión del encabezamiento LLC para permitir el uso de redes IEEE tipo 802 como redes IP.

Protocolo de control de transmisión (TCP): Protocolo Internet de capa de transporte que asegura la entrega satisfactoria de extremo a extremo de paquetes de datos sin error, como lo define el IETF.

Protocolo de gestión de red simple (SNMP): Protocolo de gestión de red del IETF.

Protocolo de información de encaminamiento (RIP): Protocolo del IETF para el intercambio de información de encaminamiento sobre redes y subredes IP.

Protocolo de mensaje de control Internet (ICMP): Un protocolo de la capa de red Internet.

Protocolo de resolución de direcciones (ARP): Protocolo del IETF para convertir direcciones de red en direcciones Ethernet de 48 bits.

Protocolo de transferencia de ficheros trivial (TFTP): Protocolo Internet para la transferencia de ficheros sin el requisito de nombres de usuarios ni palabras clave que se utilizan típicamente para la telecarga automática de datos y soporte lógico.

Protocolo dinámico de configuración de ordenador principal (DHCP): Protocolo de Internet utilizado para asignar direcciones de capa de red (IP).

Protocolo Internet (IP): Protocolo de capa de red de Internet, definido por el IETF.

Punto de acceso al servicio (SAP): Punto en el que una capa, o subcapa, presta servicios a la capa inmediatamente superior.

Punto de acceso al servicio MAC: Adjunto al dominio de subcapa MAC.

Radiofrecuencia (RF): En sistemas de televisión por cable, se refiere a señales electromagnéticas generalmente en la gama 5 a 40 000 MHz.

Ráfaga de segundo con errores: Cualquier segundo con error que contiene al menos 100 errores.

Red de área local (LAN): Red de datos no pública en la que se utiliza transmisión en serie para comunicaciones de datos directa entre estaciones de datos ubicadas en las instalaciones del usuario.

Relación portadora/ruido (C/N): Cuadrado de la relación entre el valor eficaz de la tensión de la portadora de RF con modulación digital y el valor eficaz de la tensión de ruido aleatorio continuo en la anchura de banda de medición definida. (Si no se especifica explícitamente, la anchura de banda de medición es la velocidad de símbolos de la modulación digital.)

Relación transmisión activada/desactivada: En sistemas de acceso múltiple, relación entre las potencias de la señal enviada a la línea cuando se transmite y cuando no se transmite.

Retardo de grupo: Diferencia en tiempo de transmisión entre la más alta y la más baja de varias frecuencias a través de un aparato, circuito o sistema.

Retardo de tránsito: Diferencia de tiempo entre el instante en que el primer bit de una PDU cruza una frontera designada, y el instante en el que el último bit de la misma PDU cruza una segunda frontera designada.

Ruido impulsivo: Ruido caracterizado por perturbaciones transitorias no superpuestas.

Segundo con errores: Cualquier intervalo de un segundo que contiene al menos un bit erróneo.

Sentido ascendente; sentido hacia atrás: Sentido de transmisión de la posición de abonado hacia la cabecera.

Sentido hacia adelante; sentido descendente: Sentido de transmisión de la BTS al abonado.

Sistema de transmisión: Interfaz y medio de transmisión a través del cual las entidades de capa física pares transfieren bits.

Subcapa: División de una capa en el modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos (OSI).

Subcapa de control de acceso a los medios (MAC): Parte de la capa de enlace de datos que admite funciones dependientes de la topología y utiliza los servicios de la capa física para proporcionar servicios a la subcapa de control de enlace lógico (LLC).

Subcapa de convergencia de transmisión: Subcapa de la capa física que proporciona una interfaz entre la capa de enlace de datos y la subcapa PMD.

Subcapa dependiente de los medios físicos (PMD): Subcapa de la capa física que está relacionada con la transmisión de bits o grupos de bits por tipos particulares de enlaces de transmisión entre sistemas abiertos y sistemas que implican procedimientos eléctricos, mecánicos y de toma de contacto.

Subred: Las subredes se forman físicamente por la conexión de nodos adyacentes con enlaces de transmisión.

Subsistema: Elemento en una división jerárquica de un sistema abierto que interactúa directamente con elementos en la división más alta siguiente o la siguiente división más baja de ese sistema abierto.

Tick: Intervalo de tiempo que sirve de referencia para la definición de miniintervalo de tiempo en sentido ascendente y tiempos de transmisión en sentido ascendente.

Tiempo de guarda: Tiempo mínimo atribuido entre ráfagas en sentido ascendente, referenciado desde el centro del símbolo del último símbolo de una ráfaga hasta el centro del símbolo del primer símbolo de la ráfaga siguiente.

Tiempo medio hasta el restablecimiento (MTTR): Tiempo medio transcurrido desde el momento en que se detecta la pérdida de funcionamiento de un canal de RF hasta el momento en que el funcionamiento de ese canal de RF está plenamente restablecido.

Tipo/longitud/valor (TLV): Codificación de tres campos, en los que el primer campo indica el tipo de elemento, el segundo la longitud del elemento y el tercero el valor del elemento.

Unidad de datos de protocolo puente (BPDU): Mensaje de protocolo de árbol abarcante, según se define en ISO/CEI 10038.

Unidad de datos de servicio (SDU): Información que es entregada como una unidad entre puntos de acceso al servicio pares.

Usuario de extremo: Persona, organización o sistema de telecomunicaciones que tiene acceso a la red para comunicarse a través de los servicios prestados por ésta.

AMDF: Acceso múltiple por división de frecuencia (en inglés: FDMA).

AMDT: Acceso múltiple por división en el tiempo (en inglés: TDMA).

BC: Canal de radiodifusión.

BRA: Acceso de velocidad básica.

BTS: Estación transeptora de base. Una BTS puede contener múltiples módems BTS.

BWA: Acceso inalámbrico en banda ancha.

CATV: (Sistema de) televisión por antena colectiva.

CEI: Comisión Electrotécnica Internacional.

DA: Dirección de destino.

DAVIC: Digital Audio-Visual Council – Consejo audiovisual digital.

DCE: Equipo de comunicación de datos.

DHCP: Protocolo dinámico de configuración de anfitrión.

DOBSS: Sistema de seguridad de datos por BWA.

DTE: Equipo terminal de datos.

DTMF: Multifrecuencia bitono (modo marcación).

DVB: Radiodifusión de vídeo digital.

EH o EHDR: Encabezamiento ampliado.

FC: Control de trama.

FEC: Corrección de errores en recepción.

FWA: Acceso inalámbrico fijo.

GT: Hora mundial.

HCS: Secuencia de verificación de encabezamiento.

HFC: Sistema híbrido de fibra óptica/cable coaxial.

IC: Canal de interacción.

IE: Elemento de información.

IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers.

IETF: Grupo de Tareas Especiales de Ingeniería en Internet.

INA:	Adaptador de red interactivo.
IQ:	Componentes en fase y en cuadratura.
IRD:	Decodificador de receptor integrado.
ISO:	Organización Internacional de Normalización.
LEN:	Longitud (en bytes salvo indicación en contrario).
LFSR:	Registro de desplazamiento con realimentación lineal.
LMCS:	Sistema de comunicación multipunto local.
LMDS:	Sistema de distribución multipunto local.
LSB:	Bit menos significativo.
LT:	Hora local.
LLC:	Procedimiento de control de enlace lógico.
MCNS:	Sistema de red por cable multimedios.
MDF:	Multiplexación por división de frecuencia (en inglés: FDM).
MMDS:	Sistemas de distribución multipunto multicanal.
MPEG:	Grupo de expertos en imágenes en movimiento.
MSAP:	Punto de acceso al servicio MAC.
MSB:	Bit más significativo.
NIU:	Unidad interfaz de red.
NSAP:	Punto de acceso a servicio de red.
OOB:	Fuera de banda.
PM:	Modulación de impulsos.
QoS:	Calidad de servicio.
RDSI:	Red digital de servicios integrados.
REQ:	Indicador de petición.
RGTC:	Red telefónica general conmutada (en inglés: GSTN).
RNG:	Alineación.
RTD:	Retardo de ida y vuelta.
RTPC:	Red pública telefónica conmutada.
SID:	Identificador de servicio.
SMATV:	Antena colectiva de televisión por satélite.
SMS:	Sistema de gestión del espectro.
SNMP:	Protocolo de gestión de red simple.
STB:	Caja de adaptación multimedios.
STU:	Unidad de adaptación multimedios.
SYNC:	Sincronización.
TC:	Subcapa de convergencia de transmisión.
TFTP:	Protocolo de transferencia de ficheros trivial.
TS:	Flujo de transporte.
UCC:	Cambio de canal en sentido ascendente.
UCD:	Descriptor de canal en sentido ascendente.
VRC:	Verificación por redundancia cíclica; método de detección de errores utilizando un código cíclico (en inglés: CRC).

Convenios

A lo largo de la presente Recomendación, las palabras utilizadas para señalar la importancia de requisitos particulares se escriben con letras mayúsculas. Dichas palabras son:

DEBE(N)	Esta palabra, o el adjetivo REQUERIDO, significa que el elemento es un requisito absoluto de esta especificación.
NO DEBE(N)	Esta expresión significa que el elemento es una prohibición absoluta de esta especificación.
DEBERÍA(N)	Esta palabra, o el adjetivo RECOMENDADO, significa que, en determinadas circunstancias, pueden existir motivos válidos para hacer caso omiso de este elemento, pero que deberían tenerse en cuenta todas las explicaciones y ponderar cuidadosamente el caso antes de optar por una vía diferente.
NO DEBERÍA(N)	Esta expresión significa que pueden existir motivos válidos en determinadas circunstancias en las que el comportamiento indicado sea aceptable o incluso de utilidad, pero que deberían tenerse en cuenta todas las implicaciones y ponderar cuidadosamente el caso antes de implementar cualquier comportamiento descrito con esta etiqueta.
PUEDE(N)	Esta palabra, o el adjetivo OPCIONAL, significa que el elemento es verdaderamente opcional. Un vendedor puede optar por incluir el elemento porque así se exige en un determinado mercado o porque mejora el producto, por ejemplo; otro vendedor puede omitir el mismo elemento.

El resto del texto es descriptivo o explicativo.

Consideraciones

El UIT-T ha desarrollado Recomendaciones para módems de cable, que pueden utilizarse como base para los sistemas de acceso inalámbrico, a fin de lograr economías de escala. En particular, son especialmente aplicables al Anexo B de la Recomendación UIT-T J.112 y la Recomendación UIT-T J.83 – Sistemas digitales multiprogramas para servicios de televisión, sonido y datos de distribución por cable. Los parámetros técnicos pueden adaptarse al entorno inalámbrico más que a un entorno de cable, a fin de servir para la transmisión bidireccional de datos por sistemas de BWA dedicados a servicios interactivos.

Recomendación

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT recomienda que se utilicen los requisitos indicados a continuación con los sistemas de transmisión radioeléctrica para el BWA basado en normas de módem de cable (Anexo B de la Recomendación UIT-T J.112).

Esta Recomendación es complementaria de la Recomendación UIT-T J.116. Cuando se implementan los sistemas BWA, deberá tenerse en cuenta esta Recomendación y la Recomendación UIT-T J.116 en su totalidad.

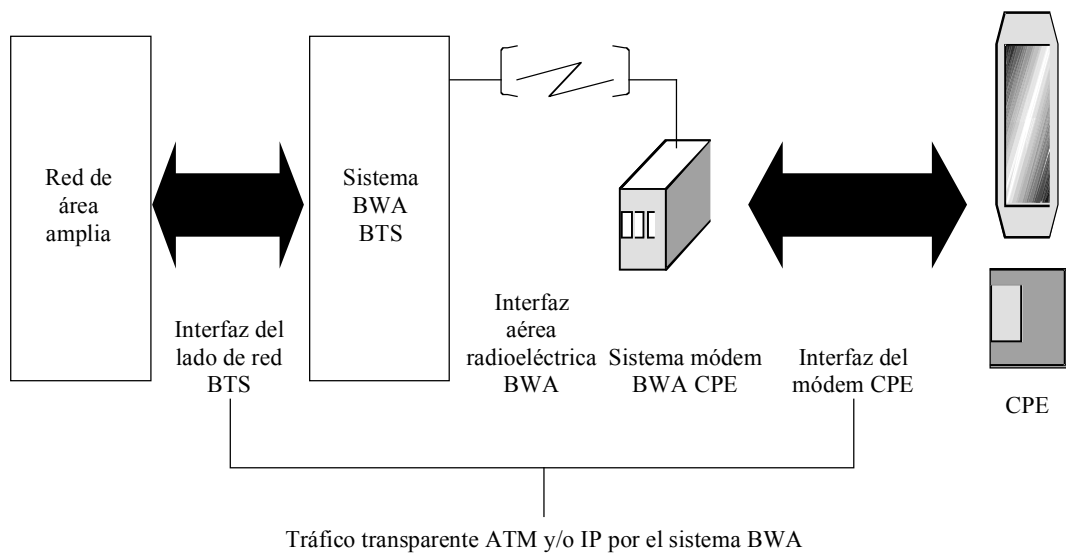
1 Requisitos generales del sistema

1.1 Objetivos del servicio

El servicio pretendido permitirá la transferencia bidireccional transparente de tráfico ATM y/o de IP entre el BWA BTS y los emplazamientos del abonado por una red BWA. Esto se representa de forma simplificada en la Fig. 1.

El trayecto de transmisión por el sistema BWA se realiza en el lado de la red fija mediante una BWA BTS y en cada emplazamiento del cliente mediante un módem BWA CPE. En el lado de la red fija, el interfaz con el sistema BWA BTS se denomina estación de transceptor de base BWA – Interfaz del lado de red (BTS-NSI) y se especifica en MCNS3 (véase el Anexo 1). En los emplazamientos del cliente a la interfaz se le denomina interfaz módem CPE a equipo en las instalaciones del cliente (CMCI) y se especifica en MCNS4 (véase el Anexo 1). Se pretende que los operadores BWA transfieran de forma transparente tráfico ATM e IP entre estas interfaces, incluyendo, aunque sin limitarse a los datagramas, direccionamiento de grupo DHCP, ICMP e IP (difusión y multidifusión).

FIGURA 1
Tráfico transparente ATM y/o IP por el sistema BWA



1499-01

1.2 Arquitectura de referencia

En la Fig. 2 se muestra la arquitectura de referencia para los servicios e interfaces de datos por BWA.

1.3 Categorías de especificación de interfaz

La arquitectura de referencia básica de la Fig. 2 entraña tres categorías de interfaz, que se desarrollan en fases:

1.3.1 Fase 1

Interfaces de datos – Se trata de la CMCI (MCNS4 (véase el Anexo 1)) y la BTS-NSI (MCNS3 (véase el Anexo 1)), lo que corresponde respectivamente a la interfaz módem de CPE equipo en las instalaciones del cliente (CPE) (por ejemplo, entre el computador del cliente y el módem BWA CPE), y la interfaz sistema de módem BWA BTS-lado red entre el módem BWA BTS y la red de datos.

1.3.2 Fase 2

Interfaces de sistemas de soporte de operaciones – Se trata de las interfaces de la capa de gestión de elementos de red entre los elementos de red y el sistema de soporte de operaciones (OSS, *operations support systems*) de alto nivel que sustentan los procesos empresariales básicos, y están documentadas en MCNS5 (véase el Anexo 1).

1.3.3 Fase 3

Interfaces FI – Las interfaces FI definidas en esta Recomendación son las siguientes:

- entre el módem BWA CPE y el módulo CPE FI;
- entre el módem BTS y el módulo BTS FI.

1.3.4 Fase 4

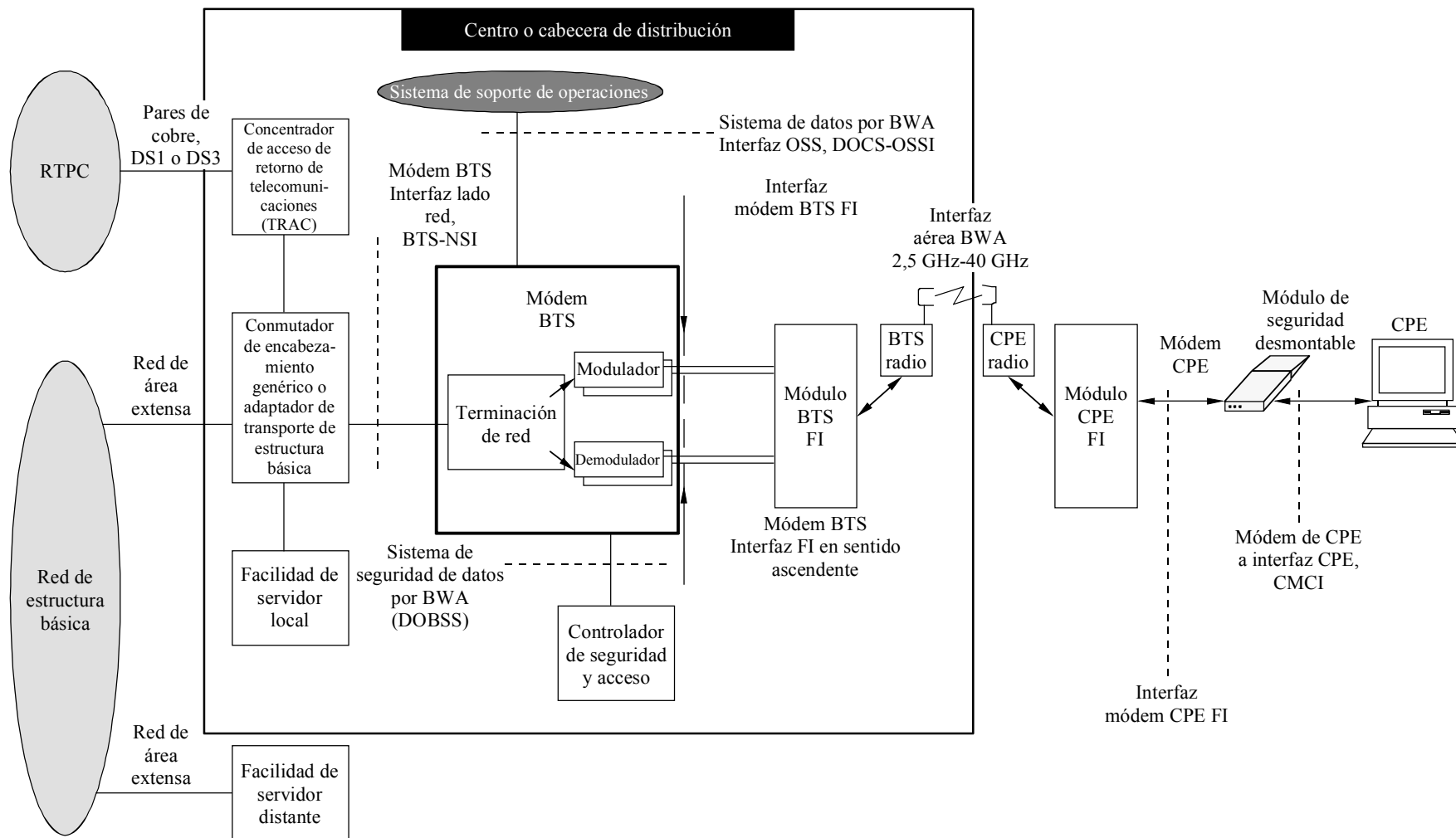
Interfaz aérea – Las interfaces RF definidas en esta Recomendación son las siguientes:

- Interfaz entre la BTS radioeléctrica y el CPE radioeléctrico, en sentido descendente.
- Interfaz entre la BTS radioeléctrica y el CPE radioeléctrico, en sentido ascendente.

Requisitos de seguridad

- El sistema de seguridad de datos por BWA (DOBSS) se define en MCNS2 (véase el Anexo 1).
- El módulo de seguridad desmontable (RSM, *removable security model*) del CPE se define en MCNS7 (véase el Anexo 1).
- La seguridad de datos por BWA básica se define en MCNS8 (véase el Anexo 1).

FIGURA 2
Arquitectura de referencia de datos por BWA



1499-02

1.4 Ubicación del servidor

Esta Recomendación se refiere a varios servidores que son fundamentales para el funcionamiento del sistema (por ejemplo, los servidores de aprovisionamiento y seguridad).

Los diagramas de secuencias de mensajes utilizados a título de ejemplo en la presente Recomendación presentan intercambios de mensajes de muestra en los que el acceso a los servidores se hace por conducto del módem BTS.

2 Hipótesis funcionales

En este punto se describen las características de la red BWA que se han de asumir a efectos del funcionamiento del sistema de datos por BWA. El sistema de datos por BWA DEBE funcionar de manera satisfactoria en el entorno que aquí se describe.

2.1 Red BWA

El sistema BWA utiliza el AMDT. Las características funcionales básicas son las siguientes:

- transmisión inalámbrica unidireccional y bidireccional;
- en el sentido descendente se utiliza MDT;
- en el sentido ascendente se utiliza AMDT;
- se utilizarán bandas de frecuencia comprendidas entre 2,5 y 66 GHz;
- una zona de servicio BTS se denomina célula y tiene un radio típico menor que 15 km, dependiendo de las regiones de lluvia y del registro de disponibilidad;
- una célula puede dividirse en múltiples sectores;
- el sistema debe ser capaz de combatir desvanecimientos debidos a la lluvia de 30 dB y una velocidad de desvanecimiento de 5 dB/s.

2.2 Hipótesis de los equipos

2.2.1 Plan de frecuencias

Las bandas de frecuencia comprendidas entre 2,5 GHz y 66 GHz (por ejemplo, las bandas de frecuencia del LMDS, del LMCS y del MMDS) en todo el mundo son ideales para las aplicaciones BWA. Estos tipos de sistemas forman parte de lo que se conoce como MWS. Considerando las diversas bandas de RF que han de utilizarse para las aplicaciones BWA, conviene definir la FI para la interfaz entre las unidades de módem y las unidades de RF, aunque la realización específica de la FI se deja a los suministradores.

2.2.2 Compatibilidad con otros servicios

Algunas de las bandas de frecuencia BWA pueden estar compartidas con aplicaciones de satélites. En dichos casos, debe considerarse la interferencia mutua y debe disponerse ésta de forma que ambos sistemas funcionen con una degradación mínima de sus características.

2.2.3 Repercusión del aislamiento de las averías en otros usuarios

Puesto que el sistema de datos por BWA es un sistema punto a multipunto con medios compartidos, los procedimientos de aislamiento de averías DEBEN tener en cuenta la posible repercusión perjudicial de las averías y de los procedimientos de aislamiento de las mismas en muchos usuarios del servicio de datos por BWA y de otros servicios.

2.3 Hipótesis de los canales de RF

El sistema de datos por BWA, configurado con al menos un conjunto de parámetros de capa física definidos (por ejemplo, modulación, FEC, velocidad de símbolos, etc.) de la gama de fijaciones de configuración descritas en esta especificación, debe ser capaz de funcionar con una tasa de pérdida de paquetes de 1 500 bytes inferior al 1% mientras retransmite por lo menos 100 paquetes/s por redes de cable cuyas características son las definidas en el § 2.3.

2.3.1 Transmisión en sentido ascendente y descendente

En el Cuadro 1 se describen las características de la transmisión por canal de RF de la red de BWA en los sentidos ascendente y descendente.

CUADRO 1

Características supuestas de la transmisión por canal RF en sentido ascendente y descendente

Parámetro	Valor
Gama de frecuencias	2,5-66 GHz (incluyendo las bandas de los LMDS, LMCS y MMDS)
Separación de canales de RF en el sentido ascendente (anchura de banda de diseño)	Hasta 26 MHz
Separación de canales de RF en el sentido descendente (anchura de banda de diseño)	Hasta 40 MHz
Retardo de programación desde la BTS al CPE más distante	$\leq 0,05$ ms (típicamente muy inferior)
Atenuación máxima debida a la lluvia	30 dB
Velocidad máxima de los desvanecimientos debidos a la lluvia	5 dB/s
Mecanismo principal de transmisión	Visibilidad directa

2.3.1.1 Disponibilidad

La disponibilidad normal de las redes BWA suele ser superior al 99%.

2.4 Niveles de transmisión

Se define P_{1dBc} como el punto de compresión de 1 dB de la salida del amplificador de potencia. El valor preciso de la potencia de salida dependerá de la ingeniería del enlace específico.

Parámetros	Valor (dBm)
P_{1dBc} de la potencia de salida de transmisión de la BTS	>15
P_{1dBc} de la potencia de salida de transmisión del CPE	>15

2.5 Requisitos de control de potencia

Se supone que no hay control de la potencia de transmisión en el sentido descendente. Se requiere el control de potencia en el sentido ascendente.

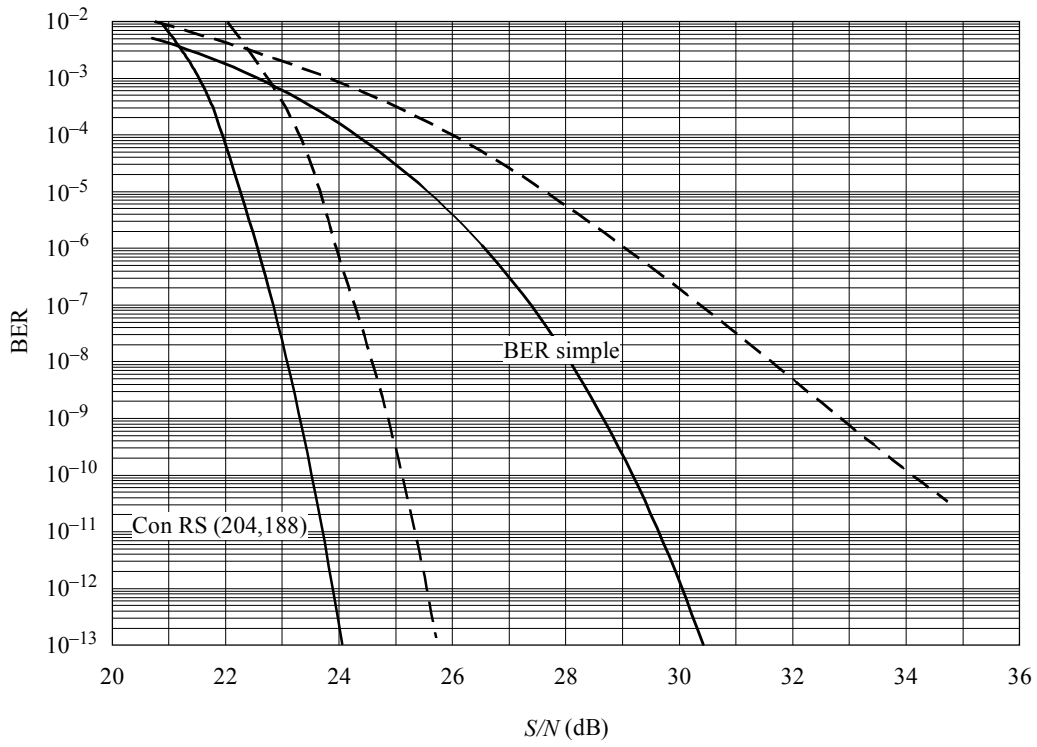
2.6 Especificaciones de la BER respecto a la relación S/N

Debido a las distintas velocidades de símbolos permitidas para los sentidos ascendente y descendente, es más conveniente especificar la BER en función de la relación S/N. El umbral de la señal recibida para una BER particular puede decidirse una vez que se conozca la velocidad de símbolos y el factor de ruido del receptor. Las Figs. 3 a 5 muestran las curvas de la BER en función de la relación S/N para MDP-4 (MAQ-4), MAQ-16 y MAQ-64. La BER simple se refiere a una BER sin ninguna FEC. Se muestra como ejemplo la BER con RS (204,188).

2.7 Inversión de frecuencia

Debe permitirse la inversión de frecuencia en el trayecto de transmisión, para los sentidos descendente o ascendente. Los módems tendrán la capacidad de corregir inversiones de frecuencia en los trayectos ascendente y descendente.

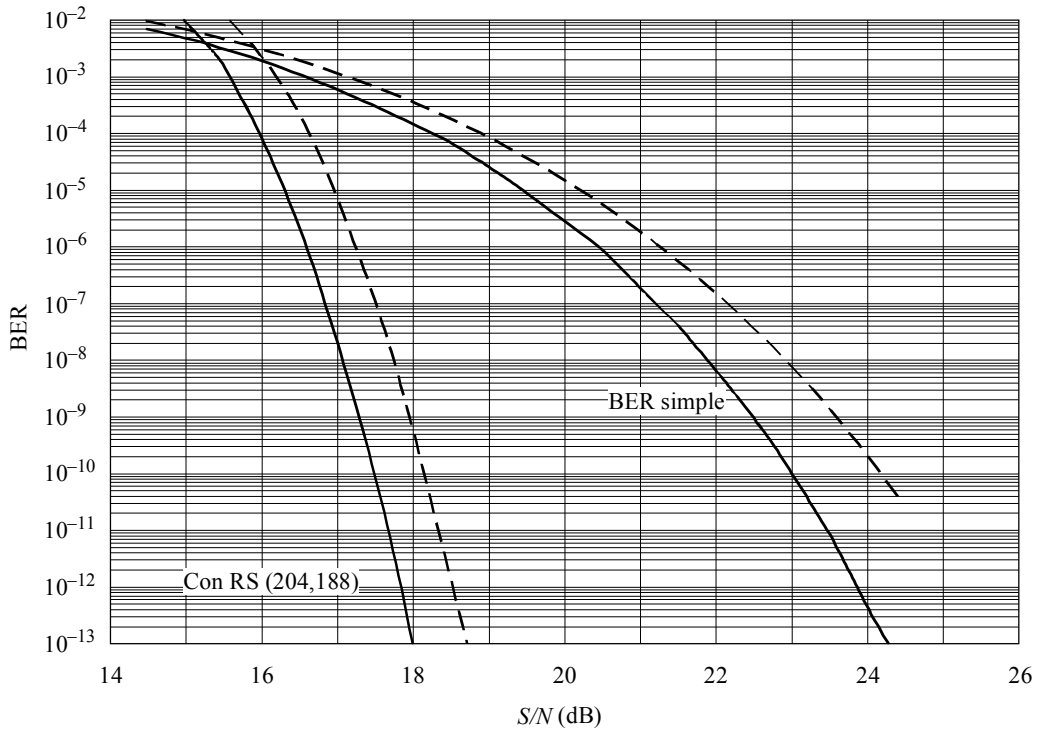
FIGURA 3
BER en función de la relación S/N para MAQ-64



--- Material previsto
— Teoría

1499-03

FIGURA 4
BER en función de la relación S/N para MAQ-16

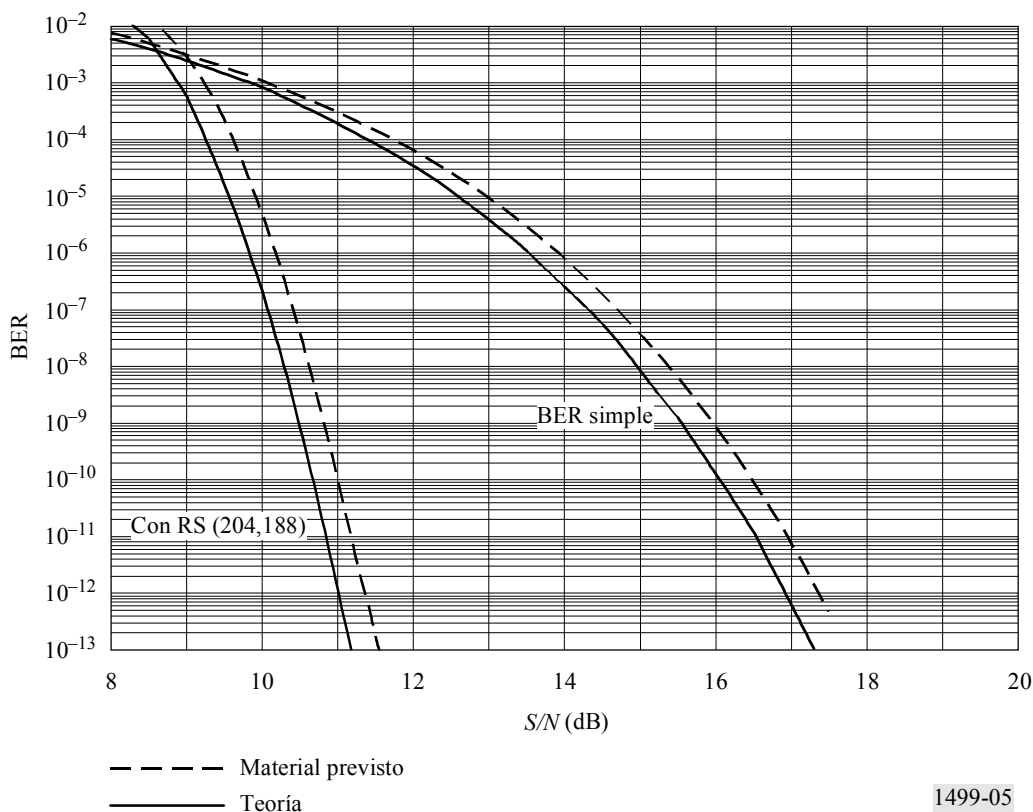


--- Material previsto
— Teoría

1499-04

FIGURA 5

BER en función de la relación S/N para MDP-4 (MAQ-4)



3 Protocolos de comunicación

Este punto contiene una visión de conjunto de alto nivel de los protocolos de comunicación que DEBEN ser utilizados en el sistema de datos por BWA. En los § 4, 5 y 6 se dan, respectivamente, las especificaciones detalladas de la subcapa dependiente de los medios físicos, de la subcapa de transmisión en sentido ascendente y de la subcapa de control de acceso a los medios.

3.1 Pila de protocolos

El módem BWA CPE y el módem BWA BTS funcionan como agentes retransmisores y también como sistemas de extremo (anfitriones). Las pilas de protocolos utilizadas en estos modos difieren entre sí como se indica más abajo.

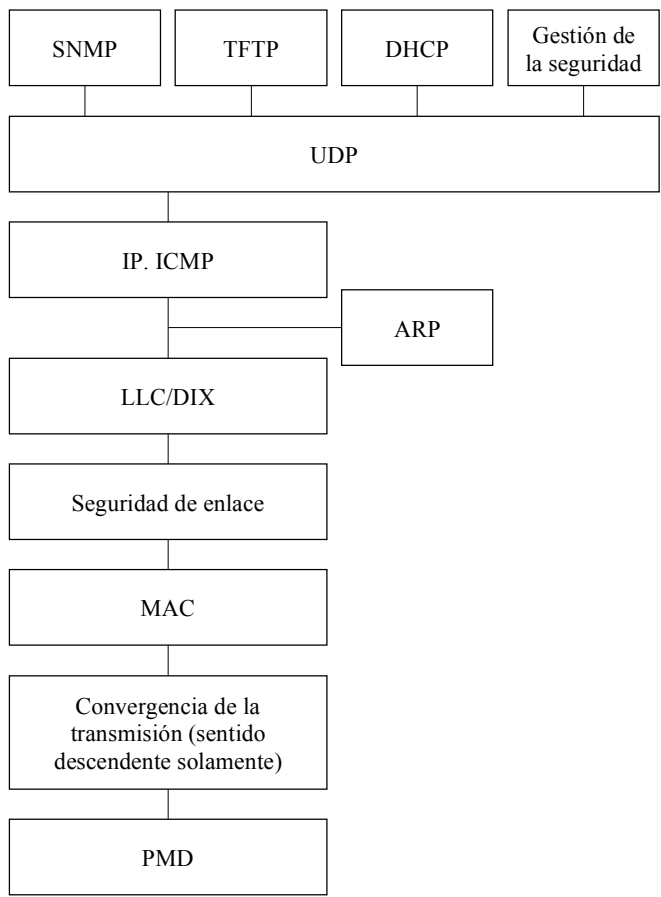
La función principal del sistema de módem BWA CPE consiste en transmitir paquetes de IP transparentemente entre la red fija BWA y la ubicación del abonado. Algunas funciones de gestión dependen también del IP, por lo que la pila de protocolos en la red BWA es como se muestra en la Fig. 6 (no se restringe por ello la generalidad de la transparencia del IP entre la red fija BWA y el cliente). Entre las funciones de gestión figuran, por ejemplo, la de soporte de la gestión de espectro y la de telecarga de soporte lógico.

3.1.1 Módems BWA CPE y BWA BTS como anfitriones

Los módems BWA CPE y BWA BTS funcionarán como anfitriones de IP y LLC en los términos de la Norma 802 IEEE 802 para la comunicación por la red BWA. En la Fig. 6 se muestra la pila de protocolos en las interfaces aéreas de BWA CPE y BWA BTS.

El módem BWA CPE y el módem BWA BTS DEBEN funcionar como anfitriones de IP. Por ello, el módem BWA CPE y el módem BWA BTS DEBEN soportar IP y ARP en la alineación de tramas de capa de enlace DIX (véase DIX). El módem BWA CPE y el módem BWA BTS PUEDEN soportar también IP y ARP en la alineación de tramas SNAP RFC-1402.

FIGURA 6
Pila de protocolos en la interfaz aérea



DIX: transmisor de interfaz de datos

1499-06

El módem BWA CPE y el módem BWA BTS DEBEN funcionar también como anfitriones de LLC. Por ello, el módem BWA CPE y el módem BWA BTS DEBEN responder adecuadamente a las peticiones TEST y XID de conformidad con ISO/CEI 8802-2.

3.1.2 Retransmisión de datos a través de los módems BWA CPE y BWA BTS

3.1.2.1 Consideraciones generales

La retransmisión de datos a través del módem BWA BTS PUEDE consistir en un puenteo transparente, o PUEDE hacerse mediante la retransmisión de capa de red (encaminamiento, conmutación de IP) como se muestra en la Fig. 7.

La retransmisión de datos a través del módem BWA CPE consiste en un puenteo transparente de capa de enlace, como se muestra en la Fig. 7. Las reglas de la retransmisión son similares a las de ISO/CEI 10038 con las modificaciones descritas en los § 3.1.2.2 y 3.1.2.3. De este modo es posible sustentar múltiples capas de red.

La retransmisión de tráfico IP DEBE ser soportada. El soporte de otros protocolos de capa de red es OPCIONAL. La capacidad de restringir la capa de red a un único protocolo, por ejemplo el IP, es REQUERIDA.

El soporte del protocolo de árbol abarcante de 802.1d de ISO/CEI 10038 con las modificaciones descritas en el § 3.1.2.3 es OPCIONAL en el caso de los módems CPE destinados a uso residencial. Los módems CPE cuyo uso previsto es de tipo comercial y los módems BTS de puenteo DEBEN sustentar esta versión de árbol abarcante. Los módems CPE y los módems BTS DEBEN incluir la posibilidad de filtrar y desechar las BPDU de 802.1d.

En la presente especificación se supone que los CPE de uso residencial no se conectarán en una configuración que pudiera crear bucles de red tal como se muestra en la Fig. 8.

FIGURA 7

Retransmisión de datos a través del módem BWA CPE y el módem BWA BTS

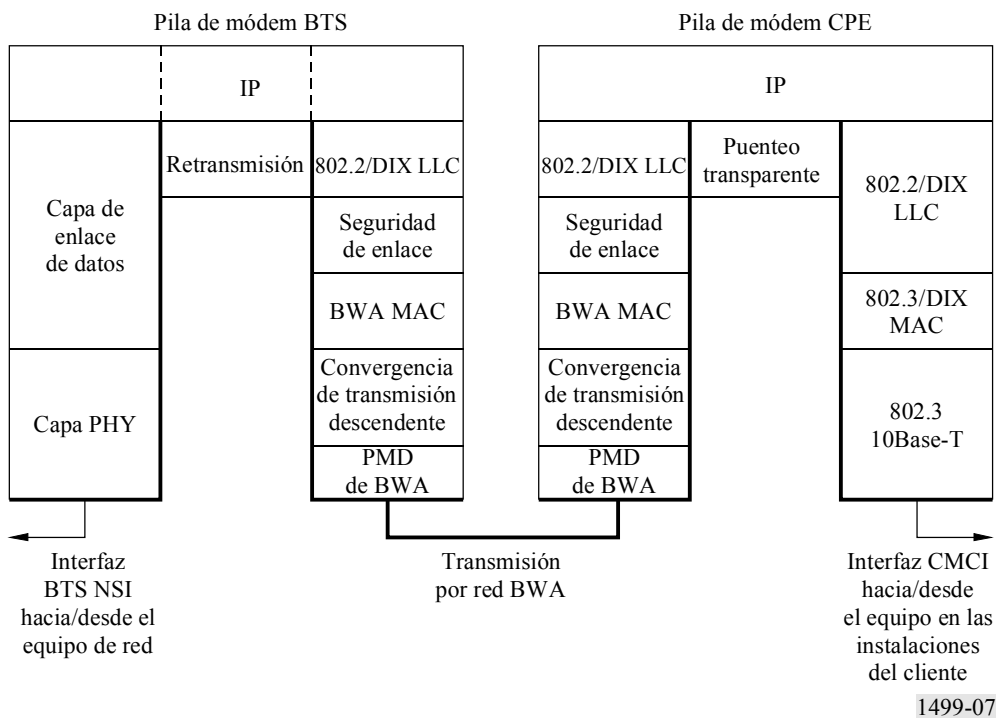
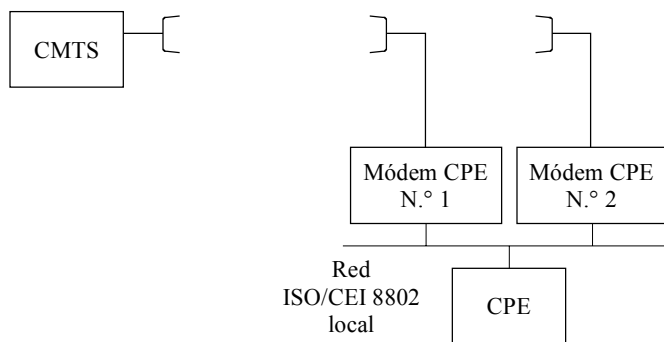


FIGURA 8

Ejemplo de condición para bucles de red



CMTS: sistema de cabeza del cable del módem

1499-08

3.1.2.2 Reglas de retransmisión del módem BWA BTS

Si el módem BWA BTS utiliza retransmisión de capa de enlace, DEBE atenerse a las siguientes directrices de 802.1d de carácter general:

- las tramas de capa de enlace entre un determinado par de estaciones de extremo DEBEN ser entregadas en orden;
- las tramas de capa de enlace NO DEBEN ser duplicadas;
- las tramas que han prescrito (las que no han podido ser entregadas de manera puntual) DEBEN ser descartadas.

Los mecanismos de aprendizaje y prescripción de las direcciones dependen del vendedor.

Si se utiliza retransmisión de capa de red, el módem BWA BTS debe atenerse a los requisitos del encaminador IETF RFC-1812 con respecto a sus interfaces módem BWA BTS-RFI y módem BWA BTS-NSI.

Conceptualmente, el módem BWA BTS retransmite paquetes de datos en dos interfaces abstractas: entre el módem BWA BTS-RFI y el módem BWA BTS-NSI, y entre los canales en sentido ascendente y en sentido descendente. El módem BWA BTS PUEDE utilizar cualquier combinación de la semántica de capa de enlace (puenteo) y capa de red (encaminamiento) en cada una de esas interfaces. No es necesario emplear el mismo método en las dos interfaces.

La retransmisión entre los canales en sentido ascendente y en sentido descendente dentro de una capa MAC difiere con respecto a la retransmisión de LAN tradicional en que:

- un canal único es simplex y no puede ser considerado como una interfaz completa para la mayoría de los fines de los protocolos (por ejemplo el árbol abarcante de 802.1d, el protocolo de información de encaminamiento según RFC-1058);
- los canales en sentido ascendente son básicamente canales punto a punto, mientras que los canales en sentido descendente son canales de medios compartidos;
- puesto que se trata de una red pública, las decisiones de tipo político pueden invalidar la plena conectividad.

Por estos motivos, existe una entidad abstracta llamada retransmisor MAC en el módem BWA BTS para proporcionar conectividad entre estaciones dentro de un dominio MAC (véase el § 3.2).

3.1.2.3 Reglas de retransmisión del módem BWA CPE

La retransmisión de datos a través del módem BWA CPE es un puenteo de capa de enlace con las reglas específicas que se indican a continuación.

3.1.2.3.1 Aprendizaje de direcciones

- El módem BWA CPE DEBE adquirir direcciones MAC de Ethernet de dispositivos CPE conectados, ya sea mediante el proceso de aprovisionamiento o bien aprendiéndolas, hasta alcanzar su número máximo de direcciones CPE (un valor que depende del dispositivo). Una vez que el módem BWA CPE haya adquirido su número máximo de dichas direcciones, las direcciones CPE recién descubiertas NO DEBEN reemplazar a las adquiridas previamente. El módem BWA CPE debe sustentar la adquisición de por lo menos una dirección CPE.
- El módem BWA CPE DEBE permitir la configuración de direcciones CPE durante el proceso de aprovisionamiento (hasta su número máximo de direcciones CPE) para sustentar configuraciones en las que el aprendizaje no resulta práctico o no se desea.
- Las direcciones proporcionadas durante el aprovisionamiento del módem BWA CPE DEBEN tener preferencia con respecto a las direcciones aprendidas.
- Las direcciones CPE NO DEBEN prescribir.
- En una reposición de módem BWA CPE (por ejemplo, un ciclo de potencia), todas las direcciones aprendidas y aprovisionadas DEBEN ser descartadas (no son retenidas en un almacenamiento no volátil, para permitir la modificación de direcciones MAC de usuario o el desplazamiento del módem BWA CPE). Sin embargo, un módem BWA CPE PUEDE retener cualquiera dirección aprovisionada tras una reposición.

3.1.2.3.2 Retransmisión

La retransmisión del módem BWA CPE en ambos sentidos DEBE atenerse a las siguientes directrices de 802.1d de carácter general:

- las tramas de capa de enlace entre un determinado par de estaciones de extremo DEBEN ser entregadas en orden;
- las tramas de capa de enlace NO DEBEN ser duplicadas;
- las tramas que han prescrito (las que no pueden ser entregadas de manera puntual) DEBEN ser descartadas.

La retransmisión de red BWA a Ethernet DEBE seguir las reglas específicas que se indican a continuación:

- las tramas dirigidas a destinos desconocidos NO DEBEN ser retransmitidas del puerto BWA al puerto Ethernet;
- las tramas de radiodifusión DEBEN ser retransmitidas al puerto Ethernet;
- las tramas de multidifusión DEBEN ser retransmitidas al puerto Ethernet de acuerdo con las fijaciones de configuración de filtrado especificadas por las operaciones del operador de sistema BWA y los sistemas empresariales de soporte.

La retransmisión de Ethernet a red BWA DEBE seguir las reglas específicas que se indican a continuación:

- las tramas dirigidas a destinos desconocidos DEBEN ser retransmitidas desde el puerto Ethernet al puerto del módem CPE;
- las tramas de radiodifusión DEBEN ser retransmitidas al puerto del módem CPE;

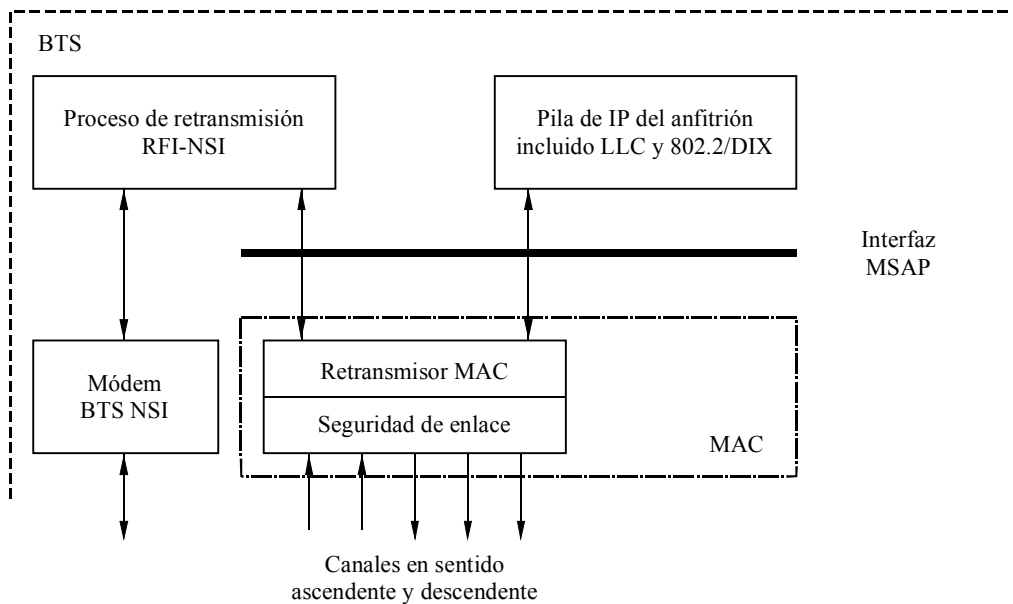
- las tramas de multidifusión DEBEN ser retransmitidas al puerto del módem CPE de acuerdo con las fijaciones de configuración de filtrado especificadas por las operaciones del operador de sistema BWA y los sistemas empresariales de soporte;
- las tramas procedentes de direcciones de origen distintas de las aprovisionadas o aprendidas de dispositivos CPE sustentados NO DEBEN ser retransmitidas;
- si un módem BWA CPE de usuario único ha aprendido una dirección soportada, NO DEBE retransmitir datos de una segunda fuente. DEBEN ser aprendidas otras direcciones de origen CPE (no soportadas) del puerto Ethernet y esta información debe ser utilizada para filtrar tráfico local como en un puente de aprendizaje tradicional;
- si un módem BWA CPE de usuario único ha aprendido A como su dispositivo CPE soportado y B como un segundo dispositivo conectado al puerto Ethernet, DEBE filtrar cualquier tráfico de A a B.

3.2 Retransmisor MAC

El retransmisor MAC es una subcapa MAC que reside en el módem BWA BTS justo debajo de la interfaz del punto de acceso al servicio MAC (MSAP), como se muestra en la Fig. 9. Es responsable de la entrega de tramas en sentido ascendente a:

- uno o más canales en sentido descendente;
- la interfaz MSAP.

FIGURA 9
Retransmisor MAC



1499-09

En la Fig. 9, la subcapa LLC y las subcapas de seguridad de enlace de los canales en sentido ascendente y descendente por la red BWA terminan en el retransmisor MAC.

El usuario de la interfaz MSAP PUEDE ser el proceso de retransmisión RFI-NSI o la pila de protocolos del anfitrión del módem BWA BTS.

La entrega de tramas puede basarse en la semántica de la capa de enlace de datos (puenteo), la semántica de la capa de red (encaminamiento) o en alguna combinación de las mismas. También se puede emplear semántica de capa superior (por ejemplo, los filtros aplicados a los números de puerto UDP). El módem BWA BTS DEBE proporcionar colectividad IP entre anfitriones conectados a módems de cable, y debe hacerlo de manera que se satisfagan las expectativas del equipo del cliente conectado a Ethernet. Por ejemplo, el módem BWA BTS debe retransmitir paquetes ARP o facilitar un servicio ARP de apoderado. El retransmisor MAC del módem BWA BTS PUEDE prestar servicio para protocolos no IP.

Se señala que no hay ninguna exigencia en el sentido de que todos los canales en sentido ascendente y descendente se agreguen bajo un MSAP como se muestra más arriba. El vendedor podría optar simplemente por implementar múltiples MSAP, cada uno de ellos con un solo canal ascendente y descendente.

3.2.1 Ejemplo de reglas para la retransmisión de capa de enlace de datos

Los requisitos de esta subcláusula son aplicables si el retransmisor MAC se implementa utilizando solamente semántica de capa de enlace de datos.

La entrega de tramas depende de la dirección de destino dentro de la trama. La manera de aprender la ubicación de cada dirección depende del vendedor, y PUEDE incluir:

- el aprendizaje y la prescripción de direcciones de origen al modo puenteo transparente;
- la selección a partir de los mensajes de petición de registro MAC;
- medios administrativos.

Si la dirección de destino de una trama es unidifundida, y esa dirección está asociada con un determinado canal en sentido descendente, la trama DEBE ser retransmitida a ese canal (véase la Nota 1).

Si la dirección de destino de una trama es unidifundida, y se sabe que esa dirección reside en el otro lado (superior) de la interfaz MSAP, la trama DEBE ser entregada a la interfaz MSAP.

Si la dirección de destino es radiodifundida, multidifundida (véase la Nota 2) o desconocida, la trama DEBE ser entregada tanto al MSAP como a todos los canales en sentido descendente.

Las reglas de entrega son similares a las del puenteo transparente:

- Las tramas de una fuente específica a un destino particular DEBEN ser entregadas en orden.
- Las tramas NO DEBEN ser duplicadas.
- Las tramas que no puedan ser entregadas de manera puntual, DEBEN ser descartadas.
- La secuencia de verificación de trama DEBERÍA ser preservada en vez de ser regenerada.

NOTA 1 – Los vendedores pueden implementar extensiones, similares a direcciones estáticas en el puenteo de 802.1d/ISO/CEI 10038, que hagan que esas tramas sean filtradas o tratadas de alguna otra manera.

NOTA 2 – La dirección de multidifusión de todos los BTS (véase el Anexo B de la Recomendación UIT-T J.116) es una excepción. Se deben retransmitir las PDU de puente de árbol abarcante de 802.1d/ISO/CEI 10038.

3.3 Capa de red

Como se ha indicado más arriba, el objetivo del sistema de datos por BWA es transportar tráfico IP de manera transparente a través del sistema.

El protocolo de capa de red es la versión 4 del IP definida en RFC-791, y en proceso de transformación en versión 6 del IP.

En la presente Recomendación no se impone ningún requisito con respecto al reensamblado de paquetes IP.

3.4 Por encima de la capa de red

Los abonados podrán utilizar la capacidad de IP transparente como portador de servicios de capa superior. La utilización de estos servicios será transparente al módem CPE.

Además del transporte de datos de usuarios, hay varias capacidades de gestión y explotación de red que dependen de la capa de red. Son las siguientes:

- SNMP (RFC-1157), para la gestión de red;
- TFTP (RFC-1350), un protocolo de transferencia de ficheros para la telecarga de soporte lógico e información de configuración;

- DHCP (DHCP RFC-1541), un marco para pasar información de configuración a los anfitriones de una red TCP/IP;
- un protocolo de gestión de la seguridad como el que se define en MCNS2 (véase el Anexo 1).

3.5 Capa de enlace de datos

La capa de enlace de datos se divide en dos subcapas de acuerdo con IEEE 802, y se añade la de seguridad de capa de enlace de conformidad con MCNS2 (véase el Anexo 1). Las subcapas, empezando por la situada más arriba, son:

- la subcapa LLC (Clase 1 solamente);
- la subcapa de seguridad de capa de enlace;
- la subcapa MAC.

3.5.1 Subcapa LLC

La subcapa LLC DEBE proporcionarse de acuerdo con ISO/CEI 10039. La resolución de direcciones DEBE utilizarse según lo definido en RFC-826. La definición del servicio MAC a LLC se especifica en ISO/CEI 10039.

3.5.2 Subcapa de seguridad de capa de enlace

La seguridad de la capa de enlace DEBE proporcionarse de acuerdo con MCNS2 (véase el Anexo 1) y MCNS8 (véase el Anexo 1).

3.5.3 Subcapa MAC

La definición detallada de la subcapa MAC y de las interfaces asociadas se indica en el Anexo B de la Recomendación UIT-T J.116.

La subcapa MAC define un transmisor único para cada canal en sentido descendente –el módem BWA BTS. Todos los módems BWA CPE están a la escucha de todas las tramas transmitidas por el canal en sentido descendente con el que están registrados y aceptan aquellas cuyo destino concuerda con el propio módem BWA CPE o los CPE alcanzados por conducto del puerto de interfaz CPE. Los módems BWA CPE sólo pueden comunicar con otros módems BWA CPE a través del módem BWA BTS.

El canal en sentido ascendente se caracteriza por muchos transmisores (módems BWA CPE) y un receptor (el módem BWA BTS). El tiempo en el canal ascendente se divide en intervalos, permitiendo el AMDT en tics de tiempo regulados. El módem BWA BTS proporciona la referencia de tiempo y controla la utilización permitida de cada intervalo. Los intervalos pueden ser adjudicados para transmisiones por módems BWA CPE particulares o pueden competir por ellos todos los módems BWA CPE. Los módems BWA CPE pueden competir en la petición de tiempo de transmisión. En cierta medida, los módems BWA CPE pueden también competir en la transmisión de datos reales. En ambos casos, puede haber colisiones por lo que se llevan acabo reintentos.

En el Anexo B de la Recomendación UIT-T J.116 se describen los mensajes de subcapa MAC procedentes del módem BWA BTS que dirigen el comportamiento de los módems BWA CPE en el canal en sentido ascendente, así como la mensajería de los módems BWA CPE a los módems BWA BTS.

3.5.3.1 Visión de conjunto

Algunos de los puntos más destacados del protocolo MAC son:

- atribución de anchura de banda controlada por el módems BWA BTS;
- un tren de miniintervalos de tiempo en sentido ascendente;
- combinación dinámica de oportunidades de transmisión en sentido ascendente en base a contienda y reserva;
- eficacia de la anchura de banda mediante el soporte de paquetes de longitud variable;
- ampliaciones previstas para el soporte futuro del ATM o de otras unidades de datos de protocolo (PDU) datos;
- soporte de la clase de servicio;
- ampliaciones previstas a efectos de seguridad y de LAN virtuales en la capa de enlace de datos;
- soporte de una amplia gama de velocidades de datos.

3.5.3.2 Definición del servicio MAC

En el Anexo B de la Recomendación UIT-T J.116 figura la definición del servicio de la subcapa MAC.

3.6 Capa PHY

La capa PHY consta de dos subcapas:

- la subcapa de convergencia de transmisión (presente sólo en el sentido descendente);
- la subcapa PMD.

3.6.1 Subcapa de convergencia de la transmisión en sentido descendente

La subcapa de convergencia de la transmisión en sentido descendente sólo existe en ese sentido. Hace posibles servicios adicionales en el tren de bits de la capa física. Estos servicios adicionales podrían incluir, por ejemplo, el vídeo digital. La definición de cualquiera de esos servicios queda fuera del alcance de la presente Recomendación.

Esta subcapa se define como una serie continua de paquetes MPEG de la Recomendación UIT-T H.222.0 de 188 bytes, cada uno de los cuales consta de un encabezamiento de 4 bytes seguido de 184 bytes de cabida útil. El encabezamiento identifica la cabida útil perteneciente al MAC de datos por BWA. Otros valores del encabezamiento pueden indicar otras cabidas útiles. La combinación de cabidas útiles se hace de manera arbitraria y la controla el módem BWA BTS.

La subcapa de convergencia de la transmisión en sentido descendente se define en el § 5.

3.6.2 Subcapa PMD

3.6.2.1 Visión de conjunto

La subcapa PMD entraña la emisión de portadoras RF moduladas digitalmente.

En el sentido descendente, la subcapa PMD se basa en la Recomendación UIT-T J.83, con las excepciones señaladas en el § 4.3, y tiene las siguientes características:

- formatos de modulación MDP-4, MAQ-16 y MAQ-64;
- espectro ocupado de hasta 40 MHz;
- código de bloques RS y el código en rejilla definido en la Recomendación UIT-T J.83;
- el intercalador de profundidad variable admite tanto datos dependientes como datos independientes de la latencia, según la Recomendación UIT-T J.83.

Las características en el sentido ascendente son como sigue:

- módem BWA CPE flexible y programable bajo control del módem BWA BTS;
- versatilidad de frecuencia;
- AMDT;
- formatos de modulación MDP-4 y MAQ-16;
- soporte de formatos de PDU de trama fija y longitud variable;
- múltiples velocidades de símbolos;
- codificación de bloques RS programable;
- preámbulos programables.

3.6.2.2 Puntos de interfaz

En la subcapa PMD se definen tres puntos de interfaz RF:

- salida en el sentido descendente en el módem BWA BTS;
- entrada en el sentido ascendente en el módem BWA BTS;
- entrada/salida del cable en el módem BWA CPE.

Se necesitan interfaces separadas de salida en el sentido descendente y entrada en el sentido ascendente en el módem BWA BTS para compatibilidad con las configuraciones típicas de combinación y división de señales descendentes y ascendentes en las cabeceras.

4 Especificación de subcapa PMD

4.1 Alcance

Esta especificación define las características eléctricas y el protocolo de un módem BWA CPE y un módem BWA BTS. Lo que se pretende con la misma es definir un módem BWA CPE y un módem BWA BTS que interfaccionen de tal

manera que cualquier implementación de un módem BWA CPE pueda funcionar con cualquier módem BWA BTS. La presente especificación no trata de inducir la puesta en aplicación de ninguna implementación en concreto.

4.2 Sentido ascendente

4.2.1 Visión de conjunto

La subcapa PMD en el sentido ascendente utiliza un formato de modulación de ráfagas AMDF/AMDT, que proporciona cinco velocidades de símbolos y dos formatos de modulación (MDP-4 y MAQ-16). El formato de modulación incluye la conformación de impulsos a efectos de eficacia espectral, tiene agilidad de frecuencia de portadora y su nivel de potencia de salida es seleccionable. El formato de la subcapa PMD consta de una ráfaga modulada de longitud variable con temporización precisa que comienza en puntos separados por múltiplos enteros de 6,25 μ s.

Cada ráfaga admite modulación flexible, preámbulo, aleatorización de la cabida útil y codificación FEC programable.

Todos los parámetros de la transmisión en el sentido ascendente asociados con salidas de transmisión de ráfagas procedentes del módem BWA CPE pueden ser configurados por el módem BWA BTS mediante la mensajería MAC. Muchos de los parámetros son programables ráfaga por ráfaga.

La subcapa PMD puede admitir un modo de transmisión casi continua, en donde la rampa descendente de una ráfaga PUEDE superponerse con la rampa ascendente de la ráfaga siguiente, de tal manera que la envolvente transmitida nunca es cero. La temporización del sistema de las transmisiones AMDT desde los diversos módems BWA CPE DEBE hacerse de tal modo que el centro del último símbolo de una ráfaga y el centro del primer símbolo del preámbulo de la ráfaga que sigue inmediatamente estén separados por la duración de cinco símbolos como mínimo. El tiempo de guarda DEBE ser superior o igual a la duración de cinco símbolos más el error de temporización máximo. Al error de temporización contribuyen tanto el módem BWA CPE como el módem BWA BTS. El funcionamiento de la temporización del módem BWA CPE se especifica en el § 4. El error de temporización máximo y el tiempo de guarda pueden variar con los módems BWA BTS de diferentes vendedores.

El modulador en sentido ascendente forma parte del módem BWA CPE que hace interfaz con la red BWA. El modulador contiene la función de modulación de nivel eléctrico efectiva y la función de procesamiento de señales digitales; esta última proporciona la FEC, la agregación del preámbulo delantero, la correspondencia de símbolos y otros pasos del procesamiento. La presente especificación se ha redactado con la idea de que las ráfagas se almacenen en memoria tampón en el tramo procesamiento de señal, y de que el tramo procesamiento de señal:

- acepte el tren de información en base a una ráfaga en cada momento,
- convierta dicho tren en una ráfaga completa de símbolos para el modulador, e
- introduzca el tren de símbolos en ráfagas adecuadamente temporizadas en un modulador sin memoria en el momento exacto de la transmisión de la ráfaga.

El tramo sin memoria del modulador sólo efectúa la conformación de los impulsos y la conversión elevadora en cuadratura.

En el demodulador, al igual que en el modulador, hay dos componentes funcionales básicos: la función de demodulación y la función de procesamiento de señales. A diferencia del modulador, el demodulador reside en el módem BWA BTS y la especificación se establece teniendo en cuenta que habrá una función de demodulación (no necesariamente un demodulador físico real) por cada frecuencia de portadora que se utilice. La función de demodulación recibirá todas las ráfagas a una frecuencia determinada.

NOTA 1 – El procedimiento de diseño de la unidad deberá tener en cuenta la naturaleza multicanal de la demodulación y del procesamiento de la señal que se ha de efectuar en la cabecera, y dividir/compartir la funcionalidad adecuadamente para influir de manera óptima en la aplicación multicanal. Lo apropiado podría ser un diseño de demodulador que soportara múltiples canales en una unidad demoduladora.

La función de demodulación del demodulador acepta una señal de nivel variable centrada en torno al nivel de potencia pedido y efectúa la temporización de símbolos y la recuperación y seguimiento de la portadora, la adquisición de ráfagas y la demodulación. Además, la función de demodulación proporciona una estimación de la temporización de las ráfagas con respecto a un borde de referencia, una estimación de la potencia de la señal recibida y una estimación de la relación S/N , y puede llevar a cabo una ecualización adaptable para atenuar los efectos de la propagación multitrayecto y de la distorsión del circuito de FI. La función procesamiento de señal del demodulador efectúa un procesamiento inverso al de la función procesamiento de señal del modulador. Se incluye en él la aceptación del tren de datos en ráfagas demoduladas, la decodificación, etc. y, posiblemente, la multiplexación de los datos procedentes de múltiples canales en un solo tren de salida. La función procesamiento de señal proporciona también la señal de referencia de temporización con respecto al borde y de desbloqueo a los demoduladores para activar la adquisición de ráfagas de cada intervalo de ráfagas asignado. Además puede proporcionar una indicación de decodificación satisfactoria, error de decodificación o fallo de la decodificación por cada palabra de código y el número de símbolos RS corregidos en cada palabra de código.

4.2.2 Formatos de modulación

El modulador en sentido ascendente DEBE proporcionar los formatos de modulación MDP-4 y opcionalmente el MAQ-16 y/o el MAQ-64.

El demodulador en el sentido ascendente DEBE admitir el formato MDP-4 y opcionalmente el MAQ-16 y/o el MAQ-64.

4.2.2.1 Velocidades de modulación

El modulador en sentido ascendente DEBE proporcionar MDP-4 y la velocidad de símbolos debe seleccionarse de la siguiente lista: 160, 320, 640, 1 280, 2 560, 5 120, 10 240 y 20 480 ksímbolos/s. El modulador opcional en el sentido ascendente debe proporcionar MAQ-16 y/o MAQ-64 y la velocidad de símbolos debe seleccionarse de la siguiente lista: 160, 320, 640, 1 280, 2 560, 5 120, 10 240 y 20 480 ksímbolos/s.

La velocidad de símbolos en sentido ascendente DEBE fijarse para cada frecuencia en sentido ascendente.

4.2.2.2 Correspondencia de símbolos

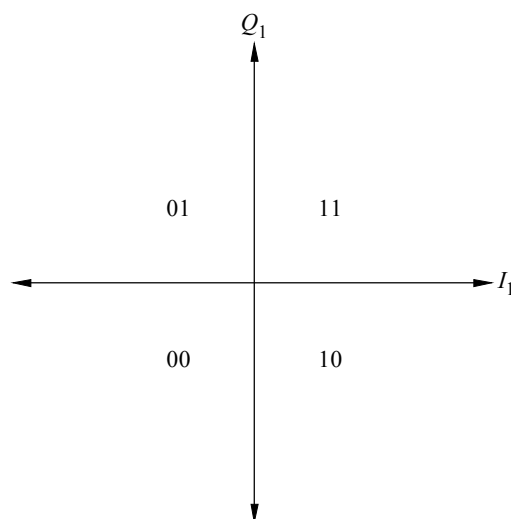
El modo de modulación (MDP-4 o MAQ-16 o MAQ-64) es programable. Los símbolos transmitidos en cada modo y la correspondencia entre los bits de entrada y la constelación I y Q DEBEN ser como se define en el Cuadro 2. En dicho Cuadro, I_1 es el MSB del diagrama de símbolos, Q_1 es el LSB para MDP-4, y Q_0 es el LSB para MAQ-16. Q_1 e I_0 tienen posiciones de bits intermedias en MAQ-16. El MSB DEBE ser el bit de los datos en serie con el que comienza el establecimiento de la correspondencia de símbolos.

CUADRO 2
Correspondencia de I/Q

Modo MAQ	Definiciones de bit de entrada
MDP-4	$I_1 Q_1$
MAQ-16	$I_1 Q_1 I_0 Q_0$

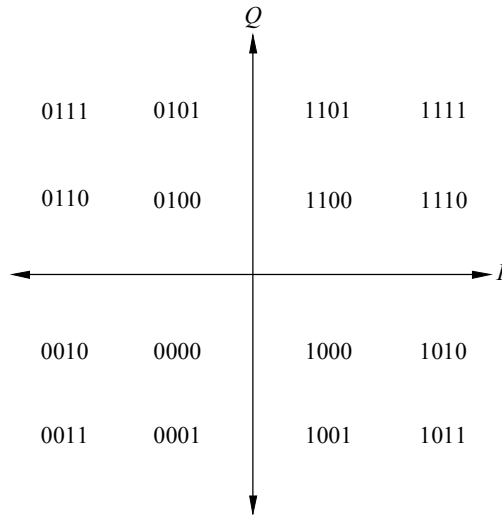
La correspondencia de símbolos de MDP-4 sentido ascendente DEBE ser como se muestra en la Fig. 10.

FIGURA 10
Correspondencia de símbolos de MDP-4



La correspondencia de símbolos no invertidos de MAQ-16 (con codificación Gray) DEBE ser como se muestra en la Fig. 11.

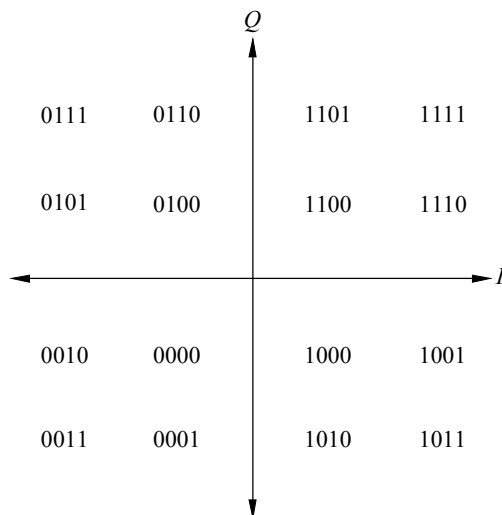
FIGURA 11
Correspondencia de símbolos con codificación Gray de MAQ-16



1499-11

La correspondencia de símbolos con codificación diferencial de MAQ-16 DEBE ser como se muestra en la Fig. 12.

FIGURA 12
Correspondencia de símbolos con codificación diferencial de MAQ-16



1499-12

Si es posible la codificación de cuadrante diferencial, el cuadrante de símbolos transmitido en un determinado momento se obtiene a partir del cuadrante de símbolos transmitido con anterioridad y de los bits de entrada en ese momento utilizando el Cuadro 3.

CUADRO 3

Obtención del cuadrante de símbolos transmitidos actualmente

Bits de entrada actuales $I(1) Q(1)$	Cambio de fase del cuadrante (grados)	MSB del símbolo transmitido previamente	MSB del símbolo transmitido actualmente
00	0	11	11
00	0	01	01
00	0	00	00
00	0	10	10
01	90	11	01
01	90	01	00
01	90	00	10
01	90	10	11
11	180	11	00
11	180	01	10
11	180	00	11
11	180	10	01
10	270	11	10
10	270	01	11
10	270	00	01
10	270	10	00

4.2.2.3 Conformación del espectro

La subcapa PMD en sentido ascendente DEBE admitir una conformación Nyquist de raíz cuadrada de coseno alzado con factor del 25%.

El espectro ocupado NO DEBE exceder de las anchuras de canal que se muestran en el Cuadro 4.

CUADRO 4

Máxima anchura de canal

Velocidad de símbolos (ksímbolos/s)	Anchura de canal (kHz) ⁽¹⁾
160	200
320	400
640	800
1 280	1 600
2 560	3 200
5 120	6 400
10 240	13 000
20 480	26 000

⁽¹⁾ La anchura de canal es la anchura de banda de -30 dB.

4.2.2.4 Agilidad y gama de las frecuencias en sentido ascendente

La subcapa PMD en sentido ascendente DEBE admitir el funcionamiento en la gama de frecuencias de 2,5-40 GHz borde a borde.

Se DEBE admitir la resolución del desplazamiento de frecuencia con una gama de ± 350 kHz.

4.2.2.5 Formato del espectro

El modulador en sentido ascendente DEBE funcionar con el formato $s(t) = I(t) * \cos(\omega t) \pm Q(t) * \text{sen}(\omega t)$, donde t representa el tiempo y ω indica la frecuencia angular.

4.2.3 Codificación FEC

El modulador en sentido ascendente DEBE proporcionar las siguientes opciones: códigos RS en GF(256) con $T = 1$ a 10 o ausencia de codificación FEC.

DEBE admitirse el siguiente polinomio generador de RS:

$$g(x) = (x + \alpha^0)(x + \alpha^1)(x + \alpha^{2T-1})$$

DEBE admitirse el siguiente polinomio primitivo de RS:

$$p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

El modulador en sentido ascendente DEBE proporcionar palabras de código con un tamaño comprendido entre 3 y 255 bytes. El tamaño de una palabra de código no codificada puede ser de hasta un mínimo de un byte.

En el modo última palabra de código abreviada, el módem BWA CPE DEBE proporcionar la última palabra de código de una ráfaga abreviada a partir de la longitud asignada de k bytes de datos por palabra de código, según se describe en el § 4.2.10.1.2.

El valor de T DEBE configurarse en respuesta al descriptor de canal en sentido ascendente del módem BWA BTS.

4.2.4 Aleatorizador

El modulador en sentido ascendente DEBE implementar un aleatorizador (véase la Fig. 13) cuyo valor semilla de 15 bits DEBE ser programable de manera arbitraria.

Al comienzo de cada ráfaga, se libera el registrador y se carga el valor semilla. El valor semilla se DEBE utilizar para calcular el bit del aleatorizador que se combina en un O EXCLUSIVO (XOR) con el primer bit de los datos de cada ráfaga (que es el MSB del primer símbolo que sigue al último símbolo del preámbulo).

El valor semilla del aleatorizador DEBE configurarse en respuesta al descriptor de canal en sentido ascendente del módem BWA BTS.

El polinomio DEBE ser $x^{15} + x^{14} + 1$.

4.2.5 Agregación de preámbulo delantero

La subcapa PMD en sentido ascendente DEBE admitir un campo preámbulo de longitud variable que se sitúa delante de los datos una vez que éstos han sido aleatorizados y codificados según RS.

El valor del preámbulo que se agrega delante DEBE ser programable y su longitud DEBE ser de 0, 2, 4, ..., ó 1 024 bits para MDP-4 y 0, 4, 8, ..., ó 1 024 bits para MAQ-16. Con ello, la longitud máxima del preámbulo es de 512 símbolos MDP-4 o bien de 256 símbolos MAQ.

La longitud y el valor del preámbulo DEBEN configurarse en respuesta al mensaje del descriptor de canal en sentido ascendente transmitido por el módem BWA BTS.

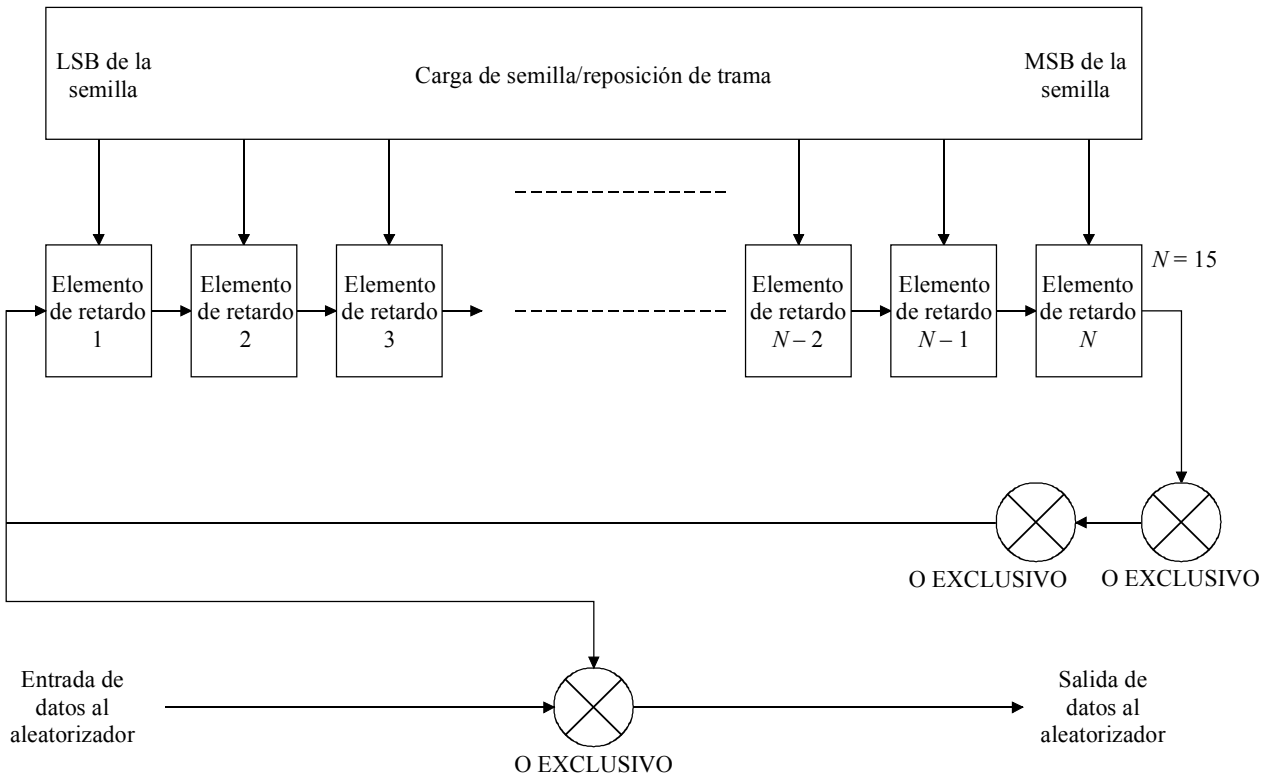
4.2.6 Perfiles de ráfagas

Los perfiles de ráfagas se dividen en dos categorías:

- parámetros de ráfaga de canal, que son comunes a todos los usuarios asignados a un canal determinado que utilice dicho tipo de ráfaga, y
- parámetros exclusivos del usuario, que pueden variar para cada usuario incluso cuando utilizan el mismo tipo de ráfaga por el mismo canal que otro usuario (por ejemplo, el nivel de potencia).

Además de estos parámetros, el módem BWA BTS DEBE dar las frecuencias centrales asignadas y las concesiones de miniintervalos de tiempo.

FIGURA 13
Estructura del aleatorizador



1499-13

La subcapa PMD en sentido ascendente DEBE soportar un mínimo de cuatro perfiles de ráfaga distintos que han de almacenarse en el módem BWA CPE con los parámetros variables definidos en el Cuadro 5. Los parámetros exclusivos del usuario se definen en el Cuadro 6.

CUADRO 5
Parámetros de ráfagas de canal

Parámetro	Fijaciones de configuración
Modulación	MDP-4, MAQ-16
Codificación diferencial	Activa/inactiva
Velocidad de símbolos	8 grupos de configuraciones
Longitud del preámbulo	0-1 024 bits (véase el § 4.2.5)
Valores del preámbulo	1 024 bits
FEC activa/inactiva	Activa/inactiva
Bytes de información de la palabra de código FEC(k)	Fija: 1 a 253 (suponiendo FEC activa) Abreviada: 16 a 253 (suponiendo FEC activa)
FEC (bytes T)	0 a 10
Semilla del aleatorizador	15 bits
Longitud de ráfaga máxima (miniintervalos de tiempo) ⁽¹⁾	0 a 255
Longitud de última palabra de código	Fija, abreviada
Tiempo de guarda	5 a 255 símbolos

⁽¹⁾ Una longitud de ráfaga de 0 miniintervalos de tiempo en el perfil del canal significa que la longitud de las ráfagas es variable en ese canal para ese tipo de ráfaga. La longitud de ráfaga, aunque no sea fija, la adjudica explícitamente el módem BWA BTS al módem BWA CPE en el MAP.

CUADRO 6

Parámetros en ráfaga exclusivos de usuario

Parámetro	Fijaciones de configuración
Nivel de potencia ⁽¹⁾ (alcance mínimo) (en el conector de la antena)	-30 a +20 dBm (MDP-4) -27 a +17 dBm (MAQ-16) pasos de 1 dB
Frecuencia de desplazamiento ⁽¹⁾	Gama = ± 350 kHz
Inversión de espectro	Normal invertido
Desplazamiento de la alineación	0 a $(2^{16} - 1)$, incrementos de 6,25 μ s/64
Longitud de ráfaga (miniintervalos de tiempo) si es variable en este canal (cambia de ráfaga a ráfaga)	1 a 255 miniintervalos de tiempo
Coefficientes de ecualizador de transmisión 1 ⁽¹⁾ (módems avanzados solamente)	Hasta 64 coeficientes; 4 bytes por coeficiente: 2 reales y 2 complejos

⁽¹⁾ Los valores del Cuadro son aplicables para este determinado canal y esta precisa velocidad de símbolos.

El desplazamiento de alineación es la corrección de retardo aplicada por el módem BWA CPE al tiempo de trama en sentido ascendente del módem BWA BTS derivado en el módem BWA CPE, para sincronizar las transmisiones en sentido ascendente en el esquema AMDT. El desplazamiento de alineación es un avance equivalente aproximadamente al tiempo de propagación de ida y vuelta del módem BWA CPE con respecto al módem BWA BTS. El módem BWA BTS DEBE proporcionar al módem BWA CPE la corrección de este desplazamiento por realimentación, en base a la recepción satisfactoria de una o más ráfagas (es decir, resultado satisfactorio de cada una de las técnicas empleadas: corrección de errores y/o VRC), con una exactitud de 1/2 símbolo o mejor y una resolución de 1/64 del incremento de tics de trama ($6,25 \mu\text{s}/64 = 0,09765625 \mu\text{s}$).

El módem BWA BTS envía ajustes al módem BWA CPE, en donde un valor negativo significa que el desplazamiento de alineación se ha de disminuir, dando lugar a tiempos de transmisión posteriores en el módem BWA CPE. El módem BWA CPE DEBE implementar la corrección con una resolución equivalente a la duración de 1 símbolo como máximo (de la velocidad de símbolos utilizada para una ráfaga dada), y (aparte de un sesgo fijo) con una exactitud de $\pm 0,25 \mu\text{s}$ más $\pm 1/2$ símbolo debido a la resolución. La exactitud de la temporización de ráfagas del módem BWA CPE de $\pm 0,25 \mu\text{s}$ más $\pm 1/2$ símbolo está referida a los límites del miniintervalo de tiempo obtenible en el módem BWA CPE, en base a un procesamiento ideal de las señales de indicación de tiempo recibidas del módem BWA BTS.

El módem BWA CPE DEBE ser capaz de cambiar de perfiles de ráfagas sin que se requiera tiempo de reconfiguración entre ráfagas, salvo en el caso en que cambien los siguientes parámetros:

- potencia de salida;
- modulación;
- velocidad de símbolos;
- frecuencia de desplazamiento;
- frecuencia de canal; y
- desplazamiento de alineación.

Para modulación, velocidad de símbolos, frecuencia de desplazamiento y desplazamiento de alineación, el módem BWA CPE DEBE ser capaz de transmitir ráfagas consecutivas en tanto en cuanto el módem BWA BTS atribuya por lo menos 25 símbolos entre el centro del último símbolo de una ráfaga y el centro del primer símbolo de la ráfaga siguiente. El módem BWA CPE DEBE implementar, y haber establecido, los cambios en la potencia de salida, la modulación, la velocidad de símbolos o la frecuencia de desplazamiento con 12,5 símbolos o más de antelación al centro del primer símbolo de una ráfaga transmitida y 12,5 símbolos o más después del centro del último símbolo transmitido en una ráfaga. La potencia de salida, la velocidad de símbolos, la frecuencia de desplazamiento y el desplazamiento de alineación NO DEBEN cambiar hasta que el módem BWA BTS dé el tiempo suficiente entre ráfagas al módem BWA CPE.

Si se ha de cambiar la frecuencia del canal, el módem BWA CPE DEBE ser capaz de implementar el cambio entre ráfagas en tanto en cuanto el módem BWA BTS atribuya por lo menos 25 símbolos más 100 ms entre el centro del último símbolo de una ráfaga y el centro del primer símbolo de la ráfaga siguiente.

La frecuencia de canal del módem BWA CPE DEBE estabilizarse teniendo en cuenta los requisitos de ruido de fase y exactitud de los § 4.2.9.5 y 4.2.9.6 dentro de los 100 ms que siguen al comienzo del cambio.

Si la potencia de salida se va a cambiar en 1 dB o menos, el módem BWA CPE DEBE ser capaz de implementar el cambio entre ráfagas en tanto en cuanto el módem BWA BTS atribuya por lo menos 25 símbolos más 5 μ s entre el centro del último símbolos de una ráfaga y el centro del primer símbolo de la ráfaga siguiente.

Si la potencia de salida se va a cambiar en más de 1 dB, el módem BWA CPE DEBE ser capaz de implementar el cambio entre ráfagas en tanto en cuanto el módem BWA BTS atribuya por lo menos 25 símbolos más 10 μ s entre el centro del último símbolo de una ráfaga y el centro del primer símbolo de la ráfaga siguiente.

La potencia de salida del módem BWA CPE DEBE estabilizarse a $\pm 0,1$ dB o menos de su nivel de potencia de salida final:

- dentro de los 5 μ s a partir del comienzo de un cambio de 1 dB o menos; y
- dentro de los 10 μ s a partir del comienzo de un cambio de más de 1 dB.

La potencia transmisión de salida DEBE mantenerse constante dentro de una ráfaga AMDT a menos de 0,1 dB (excluyendo la cantidad presente en teoría a causa de la conformación del impulso, y a la modulación de amplitud en caso de MAQ-16).

4.2.7 Convenio de temporización de ráfagas

La Fig. 14 ilustra la temporización de una ráfaga nominal.

La Fig. 15 indica la temporización de una ráfaga en el caso más desfavorable. En este caso, la ráfaga N llega con 1,5 símbolos de retardo y la ráfaga $N+1$ llega con 1,5 símbolos de adelanto, pero se mantiene la separación de 5 símbolos; se muestra la banda de guarda de 8 símbolos.

Con una velocidad de símbolos de R_s , los símbolos se producen con una cadencia de uno cada $T_s = 1/R_s$ s. Las rampas ascendente y descendente representan la dispersión de un símbolo en el dominio temporal más allá del periodo de duración T_s debido al filtro de conformación de símbolos. Si sólo se transmitiera un símbolo, su duración sería superior a T_s porque la respuesta en impulsos del filtro de conformación es superior a T_s . La dispersión del primero y el último símbolos de una transmisión de ráfaga amplía efectivamente la duración de la ráfaga haciendo que sea superior a $N \cdot T_s$, donde N es el número de símbolos de la ráfaga.

4.2.8 Requisitos con respecto a la potencia de la transmisión

La subcapa PMD en sentido ascendente DEBE soportar la variación de la cantidad de potencia de la transmisión. Se establecen requisitos con respecto a:

- la gama de potencia de transmisión pedida;
- el tamaño de los pasos de las peticiones de potencia; y
- la exactitud (potencia de salida efectiva en comparación con la cantidad pedida) de la respuesta a la petición.

Los ajustes de potencia DEBEN quedar dentro de las gamas de tolerancia que se describen a continuación.

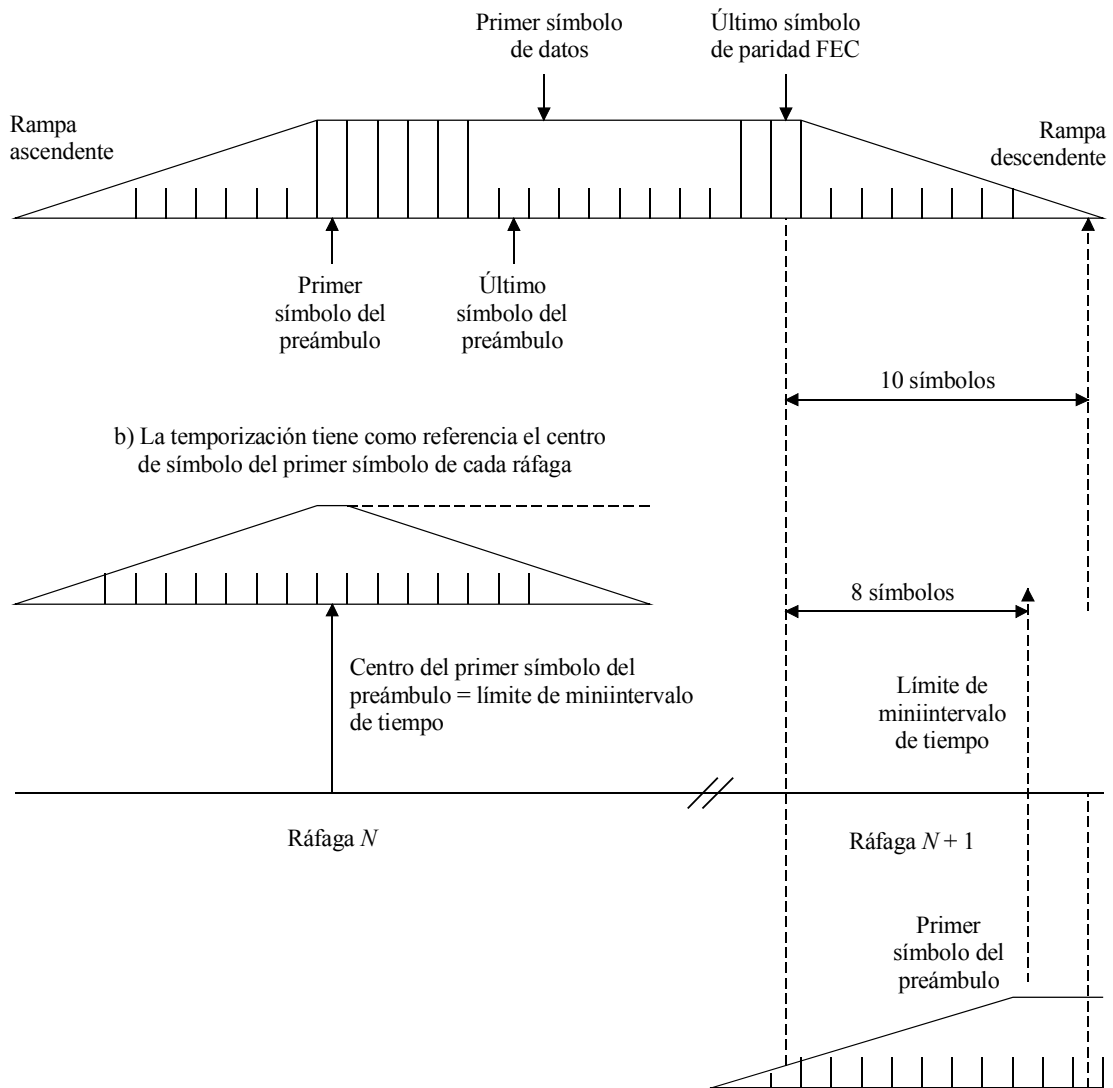
4.2.8.1 Versatilidad y gama de la potencia de salida

La potencia de transmisión de salida en la anchura de banda de diseño DEBE ser variable en la gama de -27 dBm a $+17$ dBm (MAQ-16), -30 dBm a $+20$ dBm (MDP-4), en pasos de 1 dB.

La exactitud absoluta de la potencia transmitida DEBE ser de ± 2 dB, y la del tamaño de los pasos, de $\pm 0,4$ dB. Por ejemplo, el incremento efectivo de potencia resultante de una petición de que se aumente el nivel de potencia en 1 dB en la siguiente ráfaga transmitida de un BWA CPE DEBE estar entre 0,6 y 1,4 dB.

FIGURA 14
Temporización de ráfaga nominal

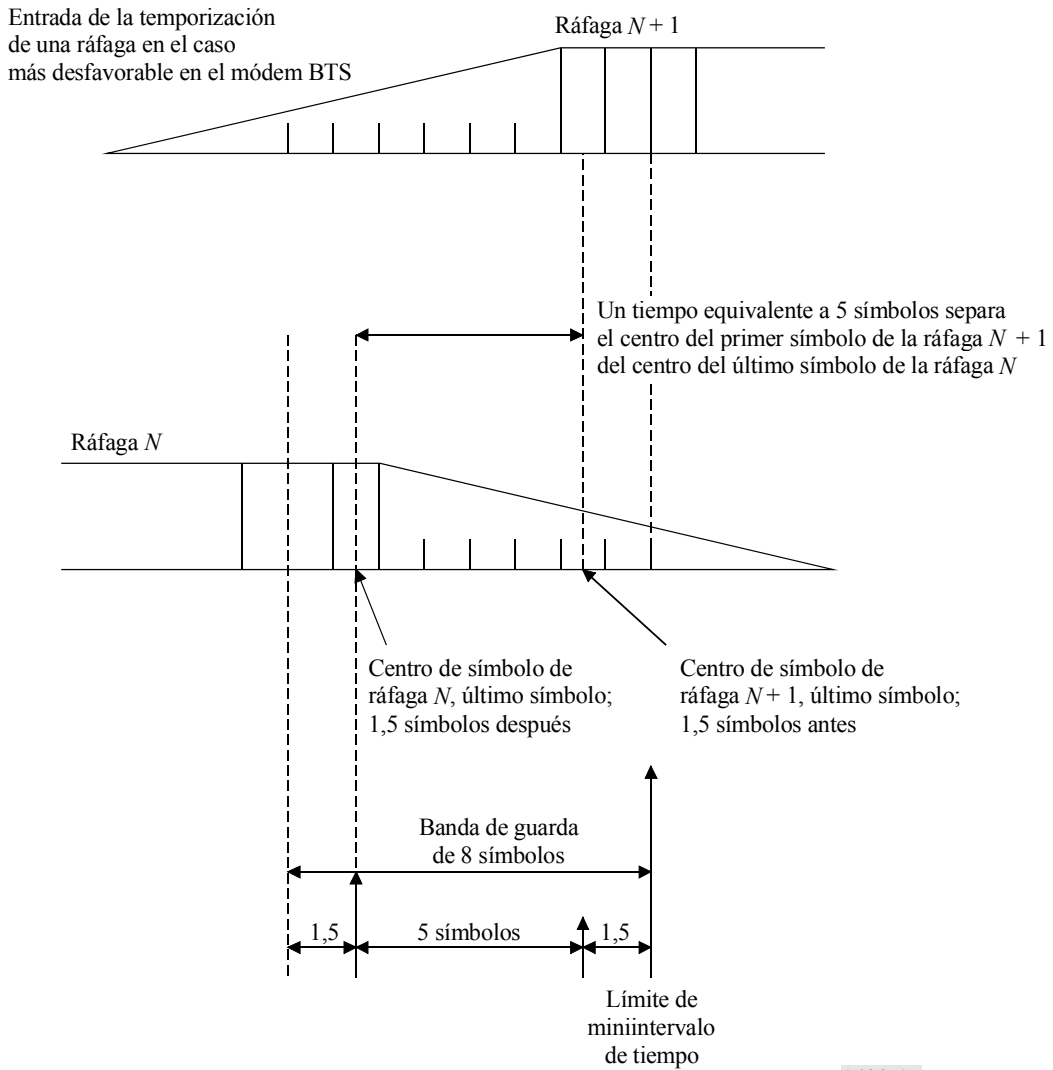
a) Perfil de ráfaga nominal (sin errores de temporización); se ilustra una banda de guarda de 8 símbolos; se ilustra una rampa ascendente y una rampa descendente de 10 símbolos



Nota 1 – La rampa descendente de una ráfaga puede solapar la rampa ascendente de la ráfaga siguiente incluso cuando un transmisor tiene asignadas ambas ráfagas.

FIGURA 15

Temporización de ráfaga en el caso más desfavorable



1499-15

4.2.9 Requisitos de fidelidad

4.2.9.1 Emisiones no esenciales

El ruido y la potencia espuria NO DEBEN exceder de los niveles que se indican en el Cuadro 7. La anchura de banda de medición de las emisiones no esenciales dentro de banda es igual a la velocidad de símbolos (por ejemplo, 160 kHz para 160 ksímbolos/s). Además del Cuadro 7, las emisiones no esenciales DEBEN cumplir los límites locales nacionales y/o regionales.

CUADRO 7

Emisiones no esenciales

Parámetro	Ráfaga transmisora (dBc)	Entre ráfagas
Dentro de banda	-40	-72 dBc o -97 dBm, lo que sea mayor
Banda adyacente	-45	-72 dBc o -97 dBm, lo que sea mayor

4.2.9.2 Emisiones no esenciales durante los transitorios de activación/desactivación en ráfagas

Cada transmisor DEBE controlar las emisiones no esenciales, antes y durante la rampa ascendente y durante y después de la rampa descendente, con anterioridad y con posterioridad a una ráfaga en el esquema AMDT.

Las emisiones no esenciales de activación/desactivación, tales como las del cambio de tensión a la salida de un transmisor en sentido ascendente debido a la habilitación o inhabilitación de la transmisión, no DEBEN ser superiores a 100 mV, y ese paso incremental no DEBE disiparse antes de 2 μ s siguiendo un desarrollo de pendiente constante. Este requisito se aplica cuando el BWA CPE transmite a +20 dBm o más; con niveles de transmisión reducidos, el cambio máximo de tensión DEBE disminuir con un factor de 2 para cada 6 dB de disminución del nivel de potencia a partir de +20 dBm, hasta un cambio máximo de 7 mV a -4 dBm y por debajo. Este requisito no es aplicable a los transitorios de activación y desactivación de potencia del BWA CPE.

4.2.9.3 BER

La calidad de funcionamiento total del módem DEBE ser tal que su salida se encuentre a 1,5 dB o menos de la BER codificada teórica en función de la relación C/N , con una BER de sólo 1×10^{-6} , para MDP-4 y MAQ-16.

4.2.9.4 Distorsión de filtro

En los requisitos que siguen se supone que cualquier ecualización previa queda inhabilitada.

4.2.9.4.1 Amplitud

La plantilla del espectro DEBE ser el espectro teórico de raíz cuadrada de coseno alzado con $\alpha = 0,25$, dentro de las gamas que se indican a continuación:

$$f_c - R_s/4 \text{ Hz a } f_c + R_s/4 \text{ Hz: } -0,3 \text{ dB a } +0,3 \text{ dB}$$

$$f_c - 3R_s/8 \text{ Hz a } f_c - R_s/4 \text{ Hz, y } f_c + R_s/4 \text{ Hz a } f_c + 3R_s/8 \text{ Hz: } -0,5 \text{ dB a } 0,3 \text{ dB}$$

$$f_c - R_s/2 \text{ Hz y } f_c + R_s/2 \text{ Hz: } -3,5 \text{ dB a } -2,5 \text{ dB}$$

$$f_c - 5R_s/8 \text{ Hz y } f_c + 5R_s/8 \text{ Hz: no superior a } -30 \text{ dB}$$

donde:

f_c : frecuencia central

R_s : velocidad de símbolos.

4.2.9.4.2 Fase

$f_c - 5R_s/8 \text{ Hz a } f_c + 5R_s/8 \text{ Hz}$: la variación del retardo de grupo NO DEBE ser superior a 100 ns.

4.2.9.5 Ruido de fase de portadora

El ruido de fase integrado total del transmisor en sentido ascendente (incluido el ruido parásito discreto) DEBE ser inferior o igual a -43 dBc, teniendo en cuenta las regiones espectrales que se extienden de 1 kHz a 1,6 MHz por encima y por debajo de la portadora.

4.2.9.6 Exactitud de la frecuencia de canal

El BWA CPE DEBE implementar la frecuencia de canal asignada con una exactitud de ± 5 ppm con una gama de temperaturas de -40 a 75° C hasta cinco años después de la fecha de fabricación.

4.2.9.7 Exactitud de la velocidad de símbolos

El modulador en sentido ascendente DEBE proporcionar una exactitud absoluta de velocidad de símbolos de ± 50 ppm con una gama de temperaturas de 0 a 40° C hasta cinco años después de la fecha de fabricación.

4.2.9.8 Fluctuación de fase de la temporización de símbolos

La fluctuación de fase cresta a cresta de los símbolos, referida al cruce de cero de símbolos, de la forma de onda transmitida, DEBE ser inferior al 0,02 de la duración nominal de un símbolo durante un periodo de 2 s. En otras palabras, la diferencia entre la duración máxima y mínima de un símbolo durante el periodo de 2 s deberá ser inferior al 0,02 de la duración nominal de un símbolo para cada una de las cinco velocidades de símbolos en sentido ascendente.

El error de fase acumulado cresta a cresta, referido al momento del primer símbolo y descontado cualquier desplazamiento fijo de la frecuencia de símbolos, DEBE ser inferior al 0,04 de la duración nominal de un símbolo durante un periodo de 0,1 s. En otras palabras, la diferencia entre el error de fase acumulado máximo y mínimo durante el periodo

de 0,1 s deberá ser inferior al 0,04 de la duración nominal de un símbolo para cada una de las cinco velocidades de símbolos en sentido ascendente. La eliminación de un desplazamiento fijo de la frecuencia de símbolos se ha de hacer utilizando la duración media de los símbolos calculada durante el periodo de 0,1 s.

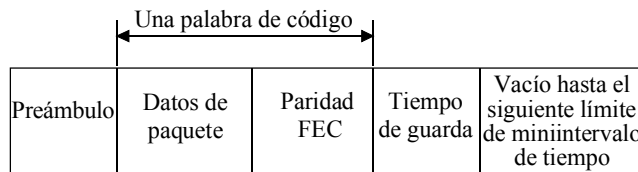
4.2.10 Estructura de trama

La Fig. 16 muestra dos ejemplos de estructura de trama; uno en el que la longitud de los paquetes es igual al número de bytes de información de una palabra de código, y otro en el que la longitud de los paquetes es superior al número de bytes de información de una palabra de código, pero inferior al de dos palabras de código. El ejemplo 1 ilustra el modo longitud de palabra de código fija, y el ejemplo 2, el modo última palabra de código abreviada. Ambos modos se definen en el § 4.2.10.1.

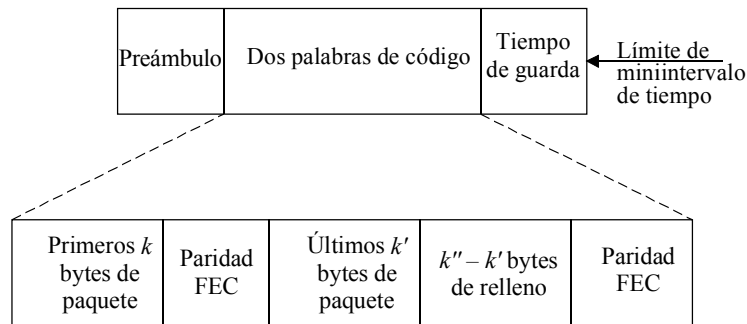
FIGURA 16

Ejemplo de estructura de trama con modo longitud de ráfagas flexible

Ejemplo 1: Longitud de paquete = número de bytes de información de la palabra de código = k



Ejemplo 2: Longitud de paquete = k + bytes de información restantes en la segunda palabra de código = $k + k' \leq k + k'' \leq 2$ Kbytes



1499-16

4.2.10.1 Longitud de palabra de código

El módem BWA CPE funciona en modo palabra de código de longitud fija o con la capacidad palabra de código abreviada habilitada. La capacidad palabra de código abreviada está disponible con $k \geq 16$ bytes, siendo k el número de bytes de información de una palabra de código. Con $k < 16$, la capacidad palabra de código abreviada no está disponible.

Las descripciones que siguen son aplicables a una concesión de miniintervalos de tiempo atribuida tanto en regiones de competencia como de no competencia. (La atribución de miniintervalos de tiempo se examina en el § 6.) La descripción tiene por objeto definir las reglas y los convenios que permitan a los módems BWA CPE pedir el número adecuado de miniintervalos de tiempo y que la capa PHY del módem BWA BTS sepa lo que cabe esperar con respecto a la alineación de trama FEC, tanto en el modo longitud de palabra de código fija como en el modo última palabra de código abreviada.

4.2.10.1.1 Longitud de palabra de código fija

Con las palabras de código de longitud fija, una vez codificados todos los datos, se rellenarán con bytes de valor cero si tal cosa hace falta para alcanzar los k bytes de datos asignados por palabra de código, y el relleno con bytes de valor cero DEBE continuar hasta que ya no puedan insertarse más palabras de código de longitud fija antes del final del último miniintervalo de tiempo atribuido en la concesión, teniendo en cuenta los símbolos de paridad FEC y de tiempo de guarda.

4.2.10.1.2 Última palabra de código abreviada

Como se muestra en la Fig. 16, k' es el número de bytes de información que quedan después de dividir los bytes de información de la ráfaga en palabras de código de longitud total (k bytes de datos en ráfaga). El valor de k' es inferior al

de k . Suponiendo funcionamiento en modo última palabra de código abreviada, sea k'' el número de bytes de datos de la ráfaga más los bytes de relleno de valor cero de la última palabra de código abreviada. En el modo palabra de código abreviada, el módem BWA CPE codificará los bytes de datos de la ráfaga (incluido el encabezamiento MAC) utilizando el tamaño de palabra de código asignado (k bytes de información por palabra de código) hasta que:

- todos los datos estén codificados; o
- quede un resto de bytes de datos inferior a k .

Las últimas palabras de código abreviadas no deberán tener menos de 16 bytes de información, y esto es algo que hay que tener en cuenta cuando los módems BWA CPE pidan miniintervalos de tiempo. En el modo última palabra de código abreviada, el módem BWA CPE se llenará con datos de valor cero si es necesario hasta el final de la atribución del miniintervalo de tiempo, lo que la mayoría de las veces ocurrirá en el siguiente límite de un miniintervalo de tiempo, teniendo en cuenta los símbolos de paridad FEC y de tiempo de guarda. En muchos casos, sólo serán necesarios $k'' - k'$ bytes de relleno de valor cero para llenar una atribución de miniintervalos de tiempo con $16 \leq k'' \leq k$ y $k' \leq k''$. No obstante, conviene tener en cuenta lo que sigue.

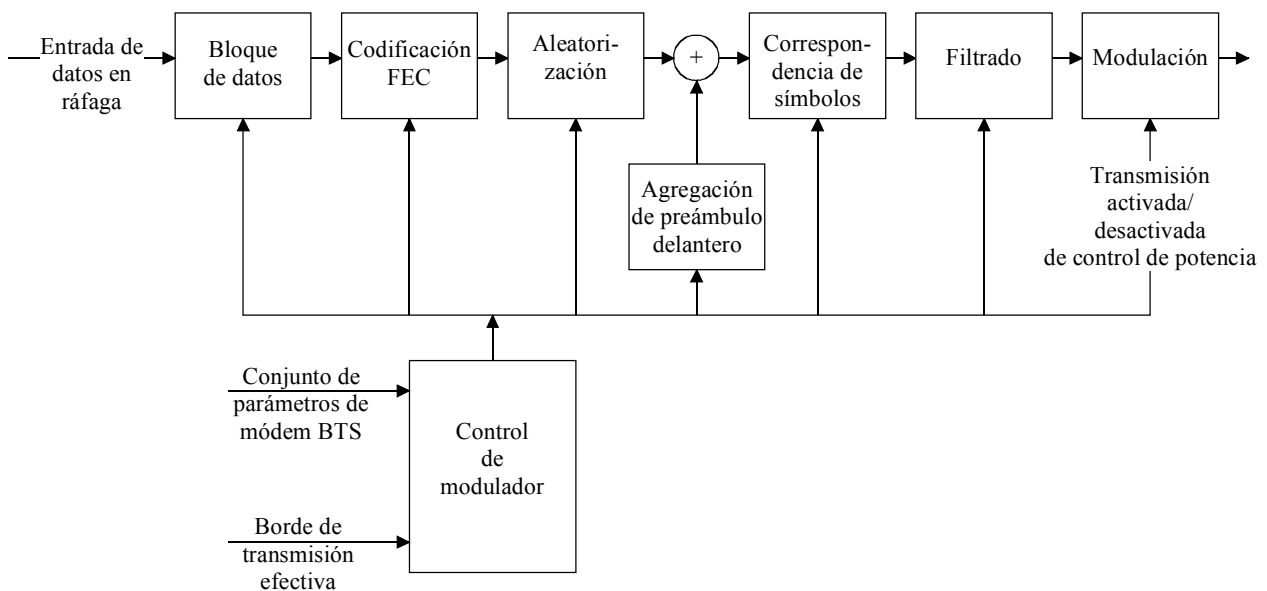
De manera más general, es preciso que el módem BWA CPE rellene datos con bytes de valor cero hasta que ya no puedan insertarse más palabras de código de longitud fija antes del final del último miniintervalo de tiempo atribuido en la concesión (teniendo en cuenta los símbolos de paridad FEC y de tiempo de guarda), y a continuación, si se puede, deberá insertarse una última palabra de código abreviada de relleno con bytes de valor cero para que encaje en la atribución de miniintervalos de tiempo.

Si, tras rellenar con bytes de valor cero palabras de código adicionales de k bytes de información quedan menos 16 bytes en la concesión atribuida de miniintervalos de tiempo, teniendo en cuenta los símbolos de paridad y tiempo de guarda, el módem BWA CPE no deberá crear esta última palabra de código abreviada.

4.2.11 Requisitos del procesamiento de la señal

El orden de procesamiento de una señal para cada tipo de paquete en ráfaga DEBE ser compatible con la secuencia que se muestra en la Fig. 17 y DEBE seguir el orden de los pasos que se indica en la Fig. 18.

FIGURA 17
Secuencia de procesamiento de señal



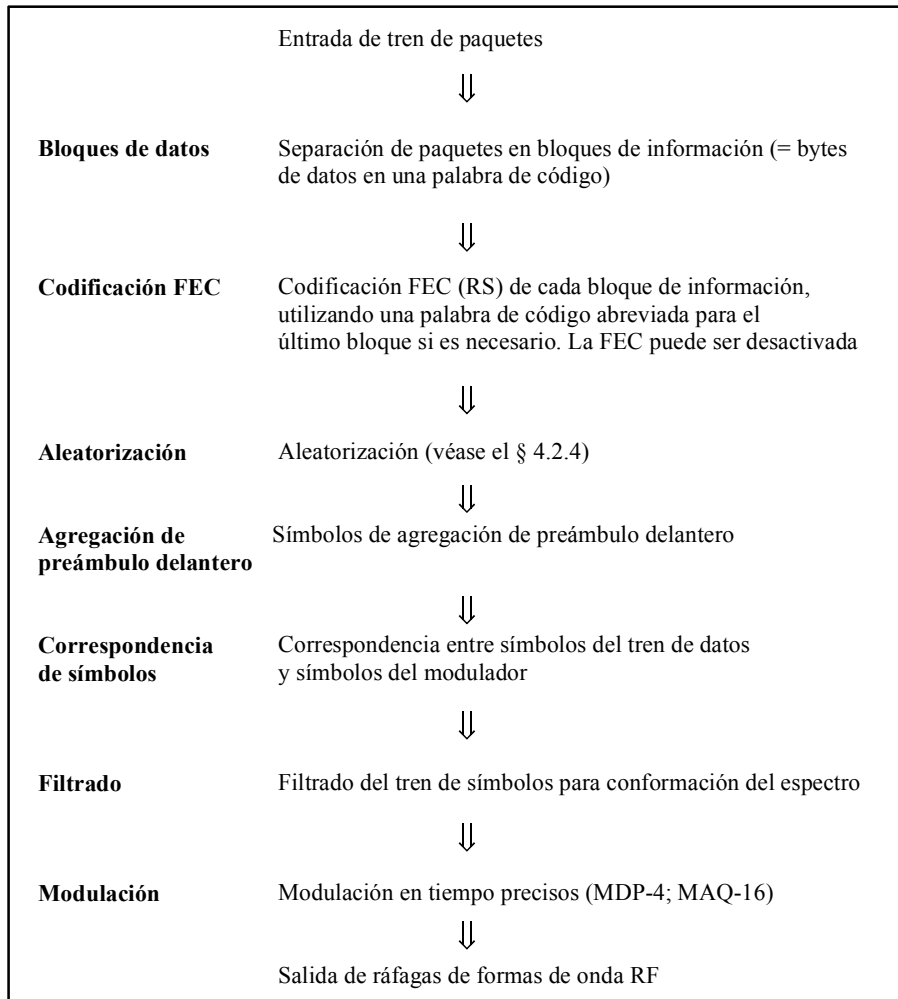
1499-17

4.2.12 Características de la potencia de entrada en el demodulador en el sentido ascendente

Todos los CPE DEBEN aplicar el control de potencia en el sentido ascendente de forma que las diversas ráfagas procedentes de los distintos CPE lleguen al BWA BTS con el mismo nivel de potencia aproximadamente. La señal de recepción pretendida en el receptor BTS depende del algoritmo específico de control de potencia aplicado. Una vez definido el nivel de la señal recibida pretendida, el demodulador DEBE actuar ateniéndose a sus especificaciones definidas de calidad de funcionamiento con ráfagas recibidas dentro de un margen de ± 6 dB con respecto a la potencia de recepción nominal pedida.

FIGURA 18

Procesamiento de la transmisión en sentido ascendente con AMDT



1499-18

4.2.13 Salida eléctrica del módem BWA CPE en sentido ascendente

El módem BWA CPE DEBE producir como salida una señal modulada RF con las características que se indican en el Cuadro 8.

CUADRO 8

Salida eléctrica del módem BWA CPE

Parámetro	Valor
Frecuencia (GHz)	2,5 a 40
Gama mínima de niveles (un canal) (dBm)	-27 a +17 (MAQ-16) -30 a +20 (MDP-4)
Tipo de modulación	MDP-4 y, opcionalmente, MAQ-16 y/o MAQ-64
Velocidad de símbolos (nominal) (ksímbolos/s)	160, 320, 640, 1 280, 2 560, 5 120, 10 240 y 20 480
Anchura de banda (kHz)	200, 400, 800, 1 600, 3 200, 6 400, 13 000 y 26 000
Impedancia de salida (Ω)	50
Pérdida de retorno de salida (dB)	>6

4.3 Sentido descendente

4.3.1 Protocolo en sentido descendente

La subcapa PMD en sentido descendente DEBE atenerse a la Recomendación UIT-T J.83 con las excepciones del MAQ-256 y las que se indican en el § 4.3.2. La subcapa PMD en sentido descendente DEBE ser válida para las modulaciones MDP-4, MAQ-16 y, opcionalmente, MAQ-64 y para las velocidades de símbolos y la anchura de banda definidas en el Cuadro 10.

4.3.2 Intercalación escalable para soportar baja latencia

La subcapa PMD en el sentido descendente DEBE soportar un intercalador de profundidad variable con las características definidas en la Recomendación UIT-T J.83 excepto las que tienen latencias superiores a 4 ms.

La profundidad del intercalador, que se codifica en una palabra de control de 4 bits contenida en la cola de sincronismo de trama FEC, refleja siempre la intercalación en la trama que sigue inmediatamente. Además, se permiten errores mientras se vacía la memoria del intercalador después de que se haya indicado un cambio en la intercalación.

Véase la Recomendación UIT-T J.83 a propósito de la especificación de bits de control requerida para indicar el modo de intercalación utilizado.

4.3.3 Plan de frecuencias en sentido descendente

El plan de frecuencias en sentido descendente deberá estar en la gama de 2,5 a 40 GHz con una anchura de canal de hasta 40 MHz.

4.3.4 Salida eléctrica del BWA BTS

El BWA BTS DEBE producir como salida una señal modulada RF con las características que se indican en el Cuadro 9.

CUADRO 9
Salida en RF del BWA BTS

Parámetro	Valor
Frecuencia central, f_c	2,5 a 40 GHz \pm 5 ppm
Nivel de potencia de transmisión (con el conector de antena) (dBm)	>10
Tipo de modulación	MDP-4, MAQ-16 y, opcionalmente, MAQ-64
Velocidad de símbolos, R_s	Hasta 34,78 Msímbolos/s
Separación nominal de canales	Hasta 40 MHz
Respuesta de frecuencia	Conformación de raíz cuadrada de coseno alzado de 12%–18%
Emisiones no esenciales discretas	
Dentro de banda ($f_c \pm R_s/2$)	< –50 dBc en la anchura de banda de la velocidad de símbolos (R_s)
Canal adyacente ($f_c \pm R_s/2$) a ($f_c \pm 1,25 \cdot R_s/2$)	< –51 dBc en una anchura de banda de $R_s/8$
Canal adyacente ($f_c \pm 1,25 \cdot R_s/2$) a ($f_c \pm 3 \cdot R_s/2$)	< –55 dBc en $1,75 \cdot R_s$, excluyendo hasta tres señales espurias cada una de las cuales debe ser < –53 dBc cuando se mide en una banda de 10 kHz
Canal adyacente siguiente ($f_c \pm 3 \cdot R_s/2$) a ($f_c \pm 5 \cdot R_s/2$)	< –58 dBc en la anchura de banda de la velocidad de símbolos (R_s)
Impedancia de salida (Ω)	50
Pérdida de retorno de salida (dB)	>14

4.3.5 Entrada RF en el BWA CPE en sentido descendente

El BWA CPE DEBE aceptar una señal modulada RF con las características siguientes (véase el Cuadro 10).

CUADRO 10

Entrada de RF en el BWA CPE

Parámetro	Valor
Frecuencia central	2,5 a 40 GHz \pm 5 ppm
Gama de niveles (un canal) (dBm)	-87 a -32
Tipo de modulación	MDP-4, MAQ-16 y, opcionalmente, MAQ-64
Velocidad de símbolos (nominal)	Hasta 34,78 Msímbolos/s
Anchura de banda	Hasta 40 MHz con conformación de raíz cuadrada de coseno alzado de 12%~18%
Impedancia de entrada (carga) (Ω)	50
Pérdida de retorno de entrada (dB)	> 14

4.3.6 Características de BER del módem BWA CPE

La característica de BER de un módem BWA CPE DEBE ser tal como se describe en este punto.

4.3.6.1 MDP-4

4.3.6.1.1 Característica de BER del módem BWA CPE con MDP-4

La pérdida de implementación de un módem BWA CPE DEBE ser tal que el módem BWA CPE tenga una BER después de la FEC inferior o igual a 1×10^{-8} cuando funciona con una relación C/N de 10,8 dB o superior.

4.3.6.1.2 Calidad del canal adyacente con MDP-4

La característica descrita en el § 4.3.6.1.1 DEBE cumplirse con una señal digital a 0 dBc en los canales adyacentes.

La calidad descrita en el § 4.3.6.1.1, con un margen adicional de 0,2 dB, DEBE cumplirse con una señal digital a +10 dBc en los canales adyacentes.

4.3.6.2 MAQ-16

4.3.6.2.1 Característica de BER del módem BWA CPE con MAQ-16

La pérdida de implementación de un módem BWA CPE DEBE ser tal que el módem BWA CPE tenga una BER después de la FEC inferior o igual a 1×10^{-8} cuando se funcione con una relación C/N de 17,8 dB o superior.

4.3.6.2.2 Calidad del canal adyacente con MAQ-16

La característica descrita en el § 4.3.6.2.1 DEBE cumplirse con una señal analógica o digital a 0 dBc en los canales adyacentes.

La característica descrita en el § 4.3.6.2.1, con un margen adicional de 0,2 dB, DEBE cumplirse con una señal analógica a +10 dBc en los canales adyacentes.

4.3.6.3 MAQ-64

4.3.6.3.1 Característica de BER del módem BWA CPE con MAQ-64

La pérdida de implementación de un módem BWA CPE DEBE ser tal que el módem BWA CPE tenga una BER después de la FEC inferior o igual a 1×10^{-8} cuando funciona con una relación C/N de 24,5 dB o superior.

4.3.6.3.2 Calidad del canal adyacente con MAQ-64

La característica descrita en el § 4.3.6.3.1 DEBE cumplirse con una señal digital a 0 dBc en los canales adyacentes.

La calidad descrita en el § 4.3.6.3.1, con un margen adicional de 0,2 dB, DEBE cumplirse con una señal digital a +10 dBc en los canales adyacentes.

5 Subcapa de convergencia de la transmisión en sentido ascendente

5.1 Introducción

Para aumentar la solidez de la modulación, facilitar el que el equipo físico de recepción sea común para vídeo y datos y dejar abierta la posibilidad de una futura multiplexación de vídeo y datos en el tren de bits de la subcapa PMD definida en el § 4, se interpone una subcapa entre la subcapa PMD en sentido descendente y la subcapa MAC de datos por BWA.

El tren de bits en sentido descendente se define como una serie continua de paquetes MPEG en la Recomendación UIT-T H.222.0 de 188 bytes. Dichos paquetes constan de un encabezamiento de 4 bytes seguido de 184 bytes de cabida útil. El encabezamiento identifica la cabida útil como perteneciente al MAC de datos por BWA. Otros valores del encabezamiento pueden indicar otras cabidas útiles. La combinación de cabidas útiles MAC y las de otros servicios es opcional y la controla el módem BWA BTS.

La Fig. 19 ilustra la intercalación de bytes MAC de datos por BWA (DOC, *data-over-cable*) con otra información digital (vídeo digital en el ejemplo mostrado).

FIGURA 19
Ejemplo de intercalación de paquetes MPEG en sentido ascendente

Encabezamiento = DOC	Cabida útil MAC de DOC
Encabezamiento = vídeo	Cabida útil de vídeo digital
Encabezamiento = vídeo	Cabida útil de vídeo digital
Encabezamiento = DOC	Cabida útil MAC de DOC
Encabezamiento = vídeo	Cabida útil de vídeo digital
Encabezamiento = DOC	Cabida útil MAC de DOC
Encabezamiento = vídeo	Cabida útil de vídeo digital
Encabezamiento = vídeo	Cabida útil de vídeo digital
Encabezamiento = vídeo	Cabida útil de vídeo digital

5.2 Formato de paquete MPEG

En la Fig. 20 se muestra el formato de un paquete MPEG que lleva datos BWA. El paquete consta de un encabezamiento MPEG de 4 bytes, un campo de puntero (`pointer_field`) (no presente en todos los paquetes) y la cabida útil BWA.

FIGURA 20
Formato de un paquete MPEG

Encabezamiento MPEG (4 bytes)	<code>pointer_field</code> (1 byte)	Cabida útil BWA (183 ó 184 bytes)
-------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------

1499-20

5.3 Encabezamiento MPEG para datos por radiodifusión de BWA

El formato del encabezamiento del flujo de transporte MPEG se define en el § 2.4 de la Recomendación UIT-T H.222.0. Los valores de campos particulares que distinguen a los trenes de datos por BWA MAC se definen en el Cuadro 11. Los nombres de los campos proceden de la especificación de la UIT.

CUADRO 11

Formato de encabezamiento MPEG para paquetes de datos por BWA de BWA

Campo	Longitud (bits)	Descripción
Byte de sincronismo (<code>sync_byte</code>)	8	0x47; byte de sincronismo de paquete MPEG
Indicador de error de transporte (<code>transport_error_indicator</code>)	1	Indica un error que se ha producido en la recepción del paquete. Este bit es repuesto a cero por el emisor, y puesto a uno cuando quiera que se produzca un error en la transmisión del paquete
Indicador de comienzo de unidad de cabida útil (<code>payload_unit_start_indicator</code>)	1	Un valor de uno indica la presencia de un campo de puntero (<code>pointer_field</code>) como el primer byte de la cabida útil (quinto byte del paquete)
Prioridad de transporte (<code>transport_priority</code>)	1	Reservado; puesto a cero
PID ⁽¹⁾	13	PID conocido de datos por BWA de BWA (0x1FFE)
Control de aleatorización del transporte (<code>transport_scrambling_control</code>)	2	Reservado; puesto a '00'
Control de campo de adaptación (<code>adaptation_field_control</code>)	2	'01', la utilización del campo de adaptación NO ESTÁ PERMITIDA en el PID de BWA
Contador de continuidad (<code>continuity_counter</code>)	4	Contador cíclico dentro de este PID

⁽¹⁾ En el futuro se PUEDEN asignar PID adicionales a un módem BWA CPE.

El encabezamiento MPEG consta de 4 bytes que inician el paquete MPEG de 188-bytes. El formato del encabezamiento a utilizar en un PID de datos por BWA de BWA está sometido a las restricciones que se muestran en el Cuadro 11. El formato del encabezamiento se atiene a la norma MPEG, pero su utilización está limitada en esta especificación para NO PERMITIR la inclusión de un campo de adaptación (`adaptation_field`) en los paquetes MPEG.

5.4 Cabida útil MPEG para datos por radiodifusión de BWA

La porción de cabida útil MPEG del paquete MPEG llevará las tramas BWA MAC. El primer byte de la cabida útil MPEG será un campo de puntero (`pointer_field`) si se ha fijado el indicador de comienzo de unidad de cabida útil (`payload_unit_start_indicator`) (PUSI) del encabezamiento MPEG.

byte de relleno (`stuff_byte`)

Esta norma define un esquema de bytes de relleno que tienen un valor (0xFF) utilizado dentro de la cabida útil BWA para llenar cualquier intervalo entre tramas MAC de BWA. El valor se elige como valor no utilizado para el primer byte de la trama MAC de BWA. El byte FC del encabezamiento MAC se definirá de modo que nunca contenga ese valor. (FC_TYPE = 11 indica una trama específica del MAC, y FC_PARM = 11111 no se utiliza actualmente y, de acuerdo con esta especificación, se define como un valor ilegal para FC_PARM.)

campo de puntero (`pointer_field`)

El campo de puntero está presente como quinto byte del paquete MPEG (quinto byte tras el encabezamiento MPEG) cuando en el encabezamiento MPEG se ha fijado el PUSI a uno. La interpretación del campo de puntero es como sigue:

«El campo de puntero contiene el número de bytes de este paquete que siguen inmediatamente a dicho campo que el decodificador del módem BWA CPE debe saltarse antes de buscar el comienzo de una trama MAC de BWA. Un campo de puntero módem BWA CPE DEBE estar presente si es posible para empezar una trama MAC de BWA en el paquete, y DEBE apuntar al comienzo de la primera trama MAC para empezar en el paquete o a cualquier byte de relleno que preceda.»

5.5 Interacción con la subcapa MAC

Las tramas MAC pueden empezar en cualquier punto dentro de un paquete MPEG y pueden abarcar varios paquetes MPEG y, dentro de un paquete MPEG, pueden existir varias tramas MAC.

Las Figs. 21 a 24 que siguen muestran el formato de los paquetes MPEG que llevan tramas MAC de BWA. En todos los casos, la bandera PUSI indica la presencia del campo de puntero como primer byte de la cabida útil MPEG.

La Fig. 21 muestra una trama MAC situada inmediatamente después del byte campo de puntero (`pointer_field`). En este caso, el campo de puntero es 0 y el decodificador BWA empezará la búsqueda de un byte FC válido en el byte que sigue inmediatamente al campo de puntero.

FIGURA 21

Formato de paquete cuando una trama MAC sigue inmediatamente al campo de puntero

Encabezamiento MPEG (PUSI = 1)	Campo de puntero (<code>pointer_field</code>) (= 0)	Trama MAC (hasta 183 bytes)	Byte(s) de relleno (<code>stuff_byte(s)</code>) (0 o más)
--------------------------------	---	-----------------------------	---

1499-21

La Fig. 22 muestra el caso más general en el que una trama MAC va precedida por la cola de una trama MAC anterior y una secuencia de bytes de relleno. En este caso, el campo de puntero (`pointer_field`) identifica todavía al primer byte después de la cola de la trama N.º 1 byte de relleno (un `stuff_byte`) como la posición en la que el decodificador debería empezar la búsqueda de un valor FC de subcapa MAC legal. Este formato permite la operación de multiplexación en el módem BWA BTS para insertar inmediatamente una trama MAC que esté disponible para transmisión si dicha trama llega después de que se hayan transmitido el encabezamiento y el campo de puntero (`pointer_field`) MPEG.

FIGURA 22

Formato de paquete con trama MAC precedida por bytes de relleno

Encabezamiento MPEG (PUSI = 1)	Campo de puntero (<code>pointer_field</code>) (= M)	Cola de la trama MAC N.º 1 (M bytes)	Byte(s) de relleno (<code>stuff_byte(s)</code>) (0 o más)	Comienzo de la trama MAC N.º 2
--------------------------------	---	--------------------------------------	---	--------------------------------

1499-22

Para facilitar la multiplexación del tren de paquetes MPEG que lleva datos BWA con otros datos con codificación MPEG, el módem BWA BTS NO DEBERÍA transmitir paquetes MPEG con el PID de BWA que contienen solamente bytes de relleno (stuff_bytes) en la zona de cabida útil. En su lugar, DEBERÍAN transmitirse paquetes nulos MPEG. Se señala que existen relaciones de temporización implícitas en la subcapa MAC de BWA que también deben ser preservadas por cualquier operación de multiplexación MPEG.

La Fig. 23 muestra que dentro del paquete MPEG pueden estar contenidas múltiples tramas MAC. Las tramas MAC pueden estar concatenadas una tras otra o separadas por una secuencia opcional de bytes de relleno.

FIGURA 23

Formato de paquete mostrando múltiples tramas MAC en un solo paquete

Encabezamiento MPEG (PUSI = 1)	Campo de puntero (pointer_field) (= 0)	Trama MAC N.º 1	Trama MAC N.º 2	Byte(s) de relleno (stuff_byte(s)) (0 o más)	Trama MAC N.º 3
--------------------------------	--	-----------------	-----------------	--	-----------------

1499-23

La Fig. 24 muestra el caso en el que una trama MAC abarca múltiples paquetes MPEG. En este caso, el pointer_field de la trama subsiguiente apunta al byte que sigue al último byte de la cola de la primera trama.

FIGURA 24

Formato de paquete cuando una trama MAC abarca múltiples paquetes

Encabezamiento MPEG (PUSI = 1)	Cabeza de puntero (pointer_field) (= 0)	Byte(s) de relleno (stuff_byte(s)) (0 o más)	Comienzo de la trama N.º 1 (hasta 183 bytes)		
Encabezamiento MPEG (PUSI = 0)	Continuación de la trama MAC N.º 1 (184 bytes)				
Encabezamiento MPEG (PUSI = 1)	Cabeza de puntero (pointer_field) (= M)	Cola de la trama MAC N.º 1 (M bytes)	Byte(s) de relleno (stuff-byte(s)) (0 o más)	Comienzo de la trama MAC N.º 2 (M bytes)	

1499-24

La subcapa de convergencia de transmisión debe funcionar en estrecha relación con la subcapa MAC para proporcionar una indicación de tiempo precisa que se ha de insertar en el mensaje de sincronización de tiempo (véase el § 6).

5.6 Interacción con la capa física

El tren de paquetes MPEG-2 DEBE ser codificado de acuerdo con la Recomendación UIT-T J.83, incluyendo la alineación de trama de transporte MPEG-2 que utiliza una suma de comprobación de paridad como se describe en la Recomendación UIT-T J.83.

5.7 Sincronización y recuperación de encabezamiento MPEG

El tren de paquetes MPEG-2 DEBERÍA ser declarado dentro de trama (es decir, que se ha conseguido la alineación correcta de los paquetes) cuando se hayan recibido cinco sumas de comprobación de paridad correctas consecutivas, cada una de ellas a 188 bytes de la anterior.

El tren de paquetes MPEG-2 DEBERÍA ser declarado fuera de trama, y debería iniciarse una búsqueda de alineación correcta de los paquetes, cuando se hayan recibido nueve sumas de comprobación de paridad incorrectas consecutivas.

En el § 6 se describe en detalle el formato de las tramas MAC.

6 Especificación MAC

En el Anexo B a la Recomendación UIT-T J.116 se especifica el protocolo MAC.

ANEXO 1

Documentos de la interfaz de datos por BWA

A continuación figura una lista de los textos de la familia de especificaciones de la interfaz de datos por BWA. Para una versión más actual, véase el URL <http://www.cablemodem.com>.

Especificación	Designación	Título
MCNS1	SP-RFI	Radio Frequency Interface Specification, SP-RFI-I01-970326
MCNS2	SP-DOCSS	Data Over Cable Security System (DOCSS) Specification, SP-SSI-I01-970506
MCNS3	SP-CMTS-NSI	Cable Modem Termination System Network Side Interface Specification, SP-CMTS-NSI-I01-960702
MCNS4	SP-CMCI	Cable Modem to Customer Premises Equipment Interface Specification, SP-CMCI-I01-960702
MCNS5	SP-OSSI	Operations Support System Interface Specification, SP-OSSI-I01-970403
MCNS6	SP-CMTRI	Cable Modem Telco Return Interface Specification, SP-CMTRI-I01-970804
MCNS7	SP-RSM	Removable Security Module Specification, SP-RSM-D02-971004
MCNS8	SP-BDS	Baseline Data Over Cable Security Specification, SP-BPI-I01-970609

Clave de las asignaciones:

SP: Especificación

TR: Informe técnico (ofrece un contexto para comprender y aplicar documentos de especificación de este tipo que puedan publicarse en el futuro).