

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R M.2047-0
(12/2013)

Especificaciones detalladas de las interfaces radioeléctricas de satélite de las telecomunicaciones móviles internacionales-avanzadas (IMT-Avanzadas)

Serie M

**Servicios móviles, de radiodeterminación,
de aficionados y otros servicios
por satélite conexos**

Prólogo

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

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

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

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

Series de las Recomendaciones UIT-R

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

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

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

Publicación electrónica
Ginebra, 2015

© UIT 2015

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

RECOMENDACIÓN UIT-R M. 2047-0

**Especificaciones detalladas de las interfaces radioeléctricas de satélite
de las telecomunicaciones móviles internacionales-avanzadas
(IMT-Avanzadas)**

(2013)

Cometido

En la presente Recomendación se identifican las tecnologías de la interfaz radioeléctrica de satélite de las telecomunicaciones móviles internacionales avanzadas (IMT-Avanzadas) y se presentan las especificaciones detalladas de la interfaz radioeléctrica.

En estas especificaciones de la interfaz radioeléctrica se detallan las características y parámetros de las IMT-Avanzadas. En la presente Recomendación se contempla la capacidad de lograr la compatibilidad a nivel mundial, la itinerancia internacional y el acceso a los servicios de datos de alta velocidad.

Palabras clave

Satélite; interfaz radioeléctrica; IMT-Avanzadas; SAT-OFDM; BMSat.

Abreviaturas/Glosario

3GPP	Proyecto de asociación de tercera generación (<i>third generation partnership Project</i>)
ACK	Acuse de recibo (<i>acknowledgement</i>)
AI	Indicador de adquisición (<i>acquisition indicator</i>)
AM	Modo acuse de recibo (<i>acknowledge mode</i>)
AMC	Modulación y codificación adaptables (<i>adaptive modulation and coding</i>)
ARQ	Petición de repetición automática (<i>automatic repeat request</i>)
AS	Estrato de acceso (<i>access stratum</i>)
BCCH	Canal de control de radiodifusión (<i>broadcast control channel</i>)
BCH	Canal de radiodifusión (<i>broadcast channel</i>)
BSR	Informe de estado de la memoria intermedia (<i>buffer status reporting</i>)
CCCH	Canal de control común (<i>common control channel</i>)
CCE	Elemento de canal de control (<i>control channel element</i>)
CCSA	Asociación de normalización de las comunicaciones de China (<i>China Communications Standards Association</i>)
CFI	Indicador de formato de control (<i>control format indicator</i>)
CGC	Componente terrena complementaria (<i>complementary ground component</i>)
CoMT	Transmisión multipunto coordinada (<i>coordinated multi-point transmission</i>)
CP	Prefijo cíclico (<i>cyclic prefix</i>)
CQI	Información de calidad del canal (<i>channel quality information</i>)
CRC	Verificación por redundancia cíclica (<i>cyclic redundancy check</i>)
C-RNTI	Identificador temporal de la red radioeléctrica de control (<i>control-radio network temporary identifier</i>)

CRS	Seña de referencia específica de la célula (<i>cell-specific reference signals</i>)
CSI	Información de estado del canal (<i>channel state information</i>)
DCCH	Canal de control dedicado (<i>dedicated control channel</i>)
DCI	Información de control del enlace descendente (<i>downlink control information</i>)
DEP	Densidad espectral de potencia
DFT	Transformada discreta de Fourier (<i>discrete Fourier transform</i>)
DFTS-OFDM	Multiplexación por división ortogonal de frecuencia con ensanchamiento de transformada discreta de Fourier (<i>discrete Fourier transform-spread orthogonal frequency division multiplexing</i>)
DL	Enlace descendente (<i>downlink</i>)
DL-SCH	Canal compartido de enlace descendente (<i>downlink shared channel</i>)
DM-RS	Señal de referencia de desmodulación (<i>demodulation reference signals</i>)
DSAT-eNB	eNodeB de satélite donante (<i>donor satellite eNodeB</i>)
DTCH	Canal de tráfico dedicado (<i>dedicated Traffic channel</i>)
ECR	Velocidad de código eficaz (<i>efficient Code rate</i>)
EF	Fluctuación de la envolvente (<i>envelop Fluctuation</i>)
E-PPCH	Canal físico de radiobúsqueda mejorado (<i>enhanced Physical paging channel</i>)
ETM	Estación terrestre móvil
E-USRA	Acceso radioeléctrico de satélite universal evolucionado (<i>evolved universal satellite radio access</i>)
E-USRAN	Red de acceso radioeléctrico de satélite universal evolucionado (<i>evolved universal satellite radio access network</i>)
FEC	Corrección de errores en recepción (<i>forward error correction</i>)
FDD	Duplexación por división de frecuencia (<i>frequency division duplexing</i>)
FDMA	Acceso múltiple por división de frecuencia (<i>frequency division multiple access</i>)
FFR	Reutilización fraccional de frecuencias (<i>fractional Frequency reuse</i>)
FSTD	Diversidad de transmisión por conmutación de frecuencias (<i>frequency switched transmit diversity</i>)
GBR	Velocidad binaria garantizada (<i>guaranteed bit rate</i>)
GEO	Órbita terrestre geoestacionaria (<i>geostationary earth orbit</i>)
GNSS	Sistema mundial de navegación por satélite (<i>global navigation satellite system</i>)
GPS	Sistema mundial de posicionamiento (<i>global positioning system</i>)
G/T	Temperatura ganancia/ruido de la antena
GTP	Protocolo de tunelización del servicio general de radiocomunicaciones por paquetes (<i>general packet radio service tunnelling protocol</i>)
HARQ	ARQ híbrida (<i>hybrid ARQ</i>)
HEO	Órbita muy elíptica (<i>highly elliptical orbit</i>)
HI	Indicador HARQ (<i>HARQ indicator</i>)

IBIC	Coordinación de interferencia entre haces (<i>inter-beam interference coordination</i>)
ID	Identidad
IFFT	Transformada rápida de Fourier inversa (<i>inverse fast Fourier transform</i>)
IMAP	Protocolo de acceso a mensajes Internet (<i>Internet message access protocol</i>)
IMT	Telecomunicaciones Móviles Internacionales (<i>international mobile telecommunications</i>)
IP	Protocolo Internet (<i>Internet protocol</i>)
ITS	Sistemas de transporte inteligentes (<i>intelligent transport systems</i>)
IU	Intercalador (<i>interleaving unit</i>)
L2	Capa 2 (<i>layer 2</i>)
LCID	Identificador de canal lógico (<i>logical Channel identifier</i>)
LEO	Órbita terrestre baja (<i>low earth orbit</i>)
LHCP	Polarización circular levógira (<i>left hand circular polarisation</i>)
LTE	Evolución a largo plazo (<i>long term evolution</i>)
MAC	Control de acceso a los medios (<i>medium Access control</i>)
MBMS	Radiodifusión multimedios y servicio de multidifusión (<i>multimedia broadcast and multicast service</i>)
MBSFN	multidifusión/radiodifusión por una red monofrecuencia (<i>multicast/broadcast over a single frequency network</i>)
MCCH	Canal de control de multidifusión (<i>multicast control channel</i>)
MCH	Canal de multidifusión (<i>multicast Channel</i>)
MCS	Esquema de modulación y codificación (<i>modulation and coding scheme</i>)
MDP-2	Modulación por desplazamiento de fase binaria (<i>binary phase shift keying</i>)
MEO	Órbita terrestre media (<i>medium earth orbit</i>)
MDP-4	Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura
MIMO	Antenas de múltiples entradas y múltiples salidas (<i>multiple input and multiple output antennas</i>)
MME	Entidad de gestión de la movilidad (<i>mobility management entity</i>)
MMEC	Código de entidad de gestión de la movilidad (<i>mobility management entity code</i>)
MTCH	Canal de tráfico multidifusión (<i>multicast traffic channel</i>)
NACK	Acuse de recibo negativo (<i>negative-acknowledgement</i>)
N/A	No aplicable
NAS	Estrato de no acceso (<i>non-access stratum</i>)
NDI	Indicador de nuevos datos (<i>new data indicator</i>)
OFDM	Multiplexación por división orthogonal de frecuencia (<i>orthogonal frequency division multiplexing</i>)
OFDMA	Acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (<i>orthogonal frequency division multiple Access</i>)

OSC	Portadora única modulada desplazada (<i>offset-modulated single-carrier</i>)
OSG	Órbita de los satélites geoestacionarios
PAPR	Relación potencia de cresta a potencia media (<i>peak to average power ratio</i>)
PBCH	Canal físico de radiodifusión (<i>physical broadcast channel</i>)
PCCC	Código convolucional concatenado paralelo (<i>parallel concatenated convolutional code</i>)
PCCH	Canal de control de radiobúsqueda (<i>paging control channel</i>)
PCFICH	Canal físico de indicador de format de control (<i>physical control format indicator channel</i>)
PCH	Canal de radiobúsqueda (<i>paging channel</i>)
PDCCH	Canal físico de control de enlace descendente (<i>physical downlink control channel</i>)
PDCP	Protocolo de convergencia de datos de paquetes (<i>packet data convergence protocol</i>)
PDSCH	Canal físico compartido de enlace descendente (<i>physical downlink shared channel</i>)
PDU	Unidad de datos de protocolo (<i>protocol data unit</i>)
PHICH	Canal físico de indicador de ARQ híbrida (<i>physical hybrid ARQ indicator channel</i>)
p.i.r.e.	Potencia isotrópica radiada equivalente (<i>equivalent Isotropically radiated power</i>)
PMCH	Canal físico de multidifusión (<i>physical multicast channel</i>)
PMI	Indicador de la matriz de precodificación (<i>precoding matrix indicator</i>)
POP	Protocolo de oficina de correos (<i>post office protocol</i>)
PRACH	Canal físico de acceso aleatorio (<i>physical random access channel</i>)
PRB	Bloque de recursos físicos (<i>physical resource block</i>)
PRS	Señal de referencia de posicionamiento (<i>positioning reference signals</i>)
PSRACH	Canal físico de acceso aleatorio al satélite (<i>physical satellite random access channel</i>)
PSS	Canal de sincronización primario (<i>primary synchronization channel</i>)
PUCCH	Canal físico de control del enlace ascendente (<i>physical uplink control channel</i>)
PUSCH	Canal físico compartido de enlace ascendente (<i>physical uplink shared channel</i>)
QoS	Calidad de servicio (<i>quality of service</i>)
RA	Acceso aleatorio (<i>random Access</i>)
RACH	Canal de acceso aleatorio (<i>random access channel</i>)
RAN	Red de acceso radioeléctrico (<i>radio access network</i>)
RB	Bloque de recursos (<i>resource block</i>)
RBG	Grupo de bloques de recursos (<i>resource block group</i>)
RE	Elemento de recursos (<i>resource element</i>)
RF	Radiofrecuencia
RHCP	Polarización circular dextrógira (<i>right hand circular polarisation</i>)
RI	Indicador de rango (<i>rank indicator</i>)

RIT	Tecnología de interfaz radioeléctrica (<i>radio interface technology</i>)
RLC	Control de radioenlace (<i>radio link control</i>)
RM	Memoria del receptor (<i>receiver memory</i>)
ROHC	Compresión de encabezamiento robusta (<i>robust header compression</i>)
RRC	Control de recursos radioeléctricos (<i>radio resource control</i>)
RRM	Gestión de recursos radioeléctricos (<i>radio resource management</i>)
RS	Señal de referencia (<i>reference signal</i>)
RTD	Retardo de ida y vuelta (<i>round trip delay</i>)
Rx	Receptor
S1AP	Protocolo de aplicación S1 (<i>S1 application protocol</i>)
SAT-eNB	eNodeB de satélite (<i>satellite eNodeB</i>)
SCH	Señal de sincronización (<i>synchronization signal</i>)
SDU	Unidad de datos de servicio (<i>service data unit</i>)
S-eNodeB	eNodeB de satélite en SAT-OFDM
S-GW	Pasarela de servicio (<i>Serving gateway</i>)
SC-FDMA	Acceso múltiple por división de frecuencia en portadora única (<i>single carrier frequency division multiple access</i>)
SFBC	Codificación de bloque espacio-frecuencia (<i>space-frequency block coding</i>)
SI	Información del sistema (<i>system information</i>)
SIR	Relación señal/interferencia (<i>signal to interference ratio</i>)
SMS	Servicio móvil por satélite
SN	Número de secuencia (<i>sequence number</i>)
SNR	Relación señal/ruido (<i>signal to noise ratio</i>)
SRS	Símbolo de referencia de sondeo (<i>sounding reference symbol</i>)
SSS	Canal de sincronización secundario (<i>secondary synchronization channel</i>)
STC	Codificación espacio-tiempo (<i>space-time coding</i>)
TA	Avance horario (<i>time advance</i>)
TB	Bloque de transporte (<i>transport block</i>)
TDM	Multiplexación por división en el tiempo (<i>time division multiplexing</i>)
TF	formato de transporte (<i>transport format</i>)
TM	Modo transparente (<i>transparent mode</i>)
TMSI	Identidad temporal del abonado móvil (<i>temporary mobile subscriber identity</i>)
TS	Especificación técnica (<i>technical specification</i>)
TTA	Asociación de tecnología de las telecomunicaciones de Corea
TTI	Intervalo de tiempo de transmisión (<i>transmission time interval</i>)
Tx	Transmisor

UCI	Información de control de enlace ascendente (<i>uplink control information</i>)
UE	Equipo de usuario (<i>user equipment</i>)
UL	Enlace ascendente (<i>uplink</i>)
UL-SCH	Canal compartido de enlace ascendente (<i>uplink shared channel</i>)
UM	Modo sin acuse de recibo (<i>unacknowledged mode</i>)
UTC	Tiempo universal coordinado
VARQ	HARQ virtual (<i>virtual HARQ</i>)
VoIP	Protocolo de voz por Internet (<i>voice over Internet protocol</i>)
X2AP	Protocolo de aplicación X2 (<i>X2 application protocol</i>)

Recomendaciones, Informes y Resoluciones de la UIT conexos

Recomendación UIT-R M.1224-1	Vocabulario de términos de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT)
Recomendación UIT-R M.1645	Marco y objetivos generales del desarrollo futuro de las IMT-2000 y de los sistemas posteriores
Recomendación UIT-R M.1822	Marco para los servicios soportados por las IMT
Recomendación UIT-R M.1850-1	Especificaciones detalladas de las interfaces radioeléctricas de la componente de satélite de las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000)
Informe UIT-R M.2176-1	Visión y requisitos de las interfaces radioeléctricas de los satélites de las IMT-Avanzadas
Informe UIT-R M.2279	Resultado de la evaluación, la creación y la toma de decisiones sobre el proceso de satélite de las IMT-Avanzadas (pasos 4 a 7), incluidas las características de las interfaces radioeléctricas de satélite de las IMT-Avanzadas
Resolución UIT-R 56-1	Denominación de las telecomunicaciones móviles internacionales
Resolución UIT-R 57-1	Principios para el proceso de desarrollo de las IMT-Avanzadas.

La Asamblea de Radiocomunicaciones del UIT-R,

considerando

- a) que los sistemas de telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) son sistemas de banda ancha móvil que comprenden tanto las IMT-2000 como las IMT-Avanzadas;
- b) que los sistemas de las IMT-Avanzadas están dotados de nuevas capacidades de IMT que superan a las de las IMT-2000;
- c) que dichos sistemas dan acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicaciones, en particular de servicios móviles avanzados, soportados por las redes móviles y fijas, que utilizan cada vez más la transmisión por paquetes;
- d) que los sistemas de las IMT-Avanzadas dan soporte a aplicaciones de baja a alta movilidad y a una amplia gama de velocidades de datos, a tenor de las exigencias de los usuarios y de las necesidades de los servicios en múltiples entornos de usuario;

- e) que las IMT-Avanzadas cuentan también con capacidades para ofrecer aplicaciones multimedios de gran calidad en el marco de una amplia gama de servicios y plataformas, lo que supone una mejora significativa de las prestaciones ofrecidas y la calidad de servicio;
- f) que las características esenciales de las IMT-Avanzadas son las siguientes:
- compatibilidad de sus funcionalidades en todo el mundo, sin perjuicio de la flexibilidad necesaria para soportar un gran número de servicios y aplicaciones de manera rentable;
 - compatibilidad de servicios en el marco de las IMT y con redes fijas;
 - capacidad de interfuncionamiento con otros sistemas de acceso radioeléctrico;
 - servicios móviles de alta calidad;
 - equipo de usuario adecuado para su uso en todo en el mundo;
 - aplicaciones, servicios y equipos fáciles de utilizar por el usuario;
 - capacidad de itinerancia mundial;
 - velocidades de datos de cresta mejoradas (es decir, banda ancha) para soportar aplicaciones y servicios avanzados;
- g) que estas características permiten que las IMT-Avanzadas respondan a las necesidades en evolución de los usuarios;
- h) que las capacidades de los sistemas de las IMT-Avanzadas se están mejorando continuamente aprovechando los desarrollos tecnológicos;
- j) que la componente de satélite de las IMT-Avanzadas será parte integrante de la futura infraestructura IMT con suministro de servicio optimizado;
- k) que, al diseñar y desarrollar un sistema de satélites IMT-Avanzadas, es conveniente que la componente de satélite y la componente terrenal tengan el mayor número de puntos comunes posible,

reconociendo

- a) que en la Resolución UIT-R 57 sobre «Principios para el proceso de desarrollo de las IMT-Avanzadas» se destacan los criterios y principios esenciales aplicados al proceso de elaboración de las Recomendaciones e Informes sobre las IMT-Avanzadas, y en particular de las Recomendaciones para la especificación de la interfaz radioeléctrica,
- b) que el Informe UIT-R M.2279 contiene el resultado de la evaluación, la creación y la toma de decisiones sobre el proceso de satélite de las IMT-Avanzadas (pasos 4 a 7), incluidas las características de las interfaces radioeléctricas de satélite de las IMT-Avanzadas,

recomienda

- 1** que las interfaces radioeléctricas de satélite para las IMT-Avanzadas sean:
- «BMSat» (Satélite móvil de banda ancha); y
 - «SAT-OFDM» (multiplexación por división ortogonal de frecuencia de satélite);
- 2** que se utilice preceptivamente la información ofrecida o referenciada en los Anexos 1 y 2 como conjunto completo de normas para las especificaciones detalladas de las interfaces radioeléctricas de satélite de las IMT-Avanzadas.

Anexo 1

Especificación de la tecnología de interfaz radioeléctrica BMSat

ÍNDICE

	<i>Página</i>	
1.1	Presentación de la tecnología de interfaz radioeléctrica.....	8
1.1.1	Presentación de la tecnología de interfaz radioeléctrica	8
1.1.2	Consideraciones generales sobre el sistema de la RIT.....	8
1.1.3	Presentación de las características específicas de la RIT	23
1.2	Especificación detallada de la tecnología de interfaz radioeléctrica	36
1.2.1	Específicas de BMSat	37
1.2.2	Capa radioeléctrica 1	37
1.2.3	Capas radioeléctricas 2 y 3.....	38
1.2.4	Arquitectura.....	38

1.1 Presentación de la tecnología de interfaz radioeléctrica

1.1.1 Presentación de la tecnología de interfaz radioeléctrica

Las especificaciones de la interfaz radioeléctrica de satélite de las IMT-Avanzadas, conocidas como BMSat, están siendo definidas por China. BMSat se ha diseñado a partir de los requisitos de satélite y las especificaciones de la evolución a largo plazo-Avanzada (LTE-Avanzada) terrenal (también conocida como LTE Versión 10 y posteriores elaboradas por el Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP)). Se ha aportado a LTE-Avanzada una serie de modificaciones para adaptarla al entorno de transmisión radioeléctrica por satélite.

BMSat tecnología de interfaz radioeléctrica (RIT) con duplexación por división de frecuencia (FDD) diseñada para funcionar en espectro de frecuencias apareadas. Se soportan tanto la FDD de dúplex completo como de semidúplex. BMSat cumple todos los requisitos mínimos fijados por la UIT para las IMT-Avanzadas en el entorno abierto obligatorio definido en todos los aspectos de servicios, espectro y rendimiento técnico.

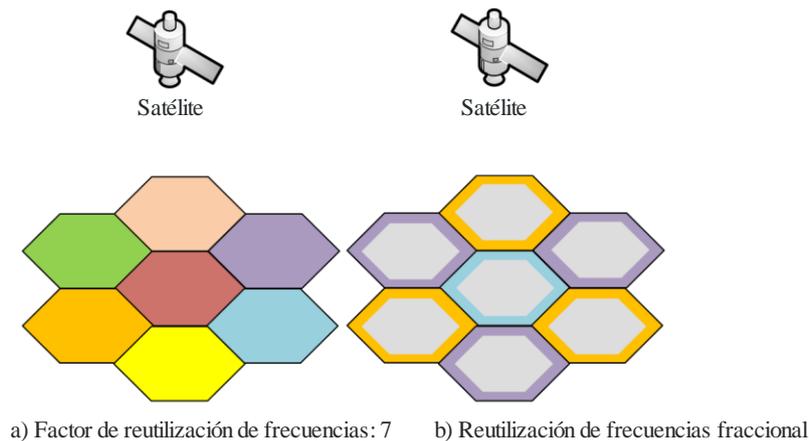
El conjunto completo de normas de la interfaz radioeléctrica de satélite de las IMT-Avanzadas identificado como BMSat comprende no solamente las características clave de las IMT-Avanzadas sino también las capacidades adicionales de la BMSat que continúan siendo objetivo de mejora.

1.1.2 Consideraciones generales sobre el sistema de la RIT

BMSat está principalmente diseñado para satélites de la órbita terrestre geostacionaria (GEO). Se supone que cada satélite se despliega con sistemas de antena reflector de gran apertura y puede ofrecer múltiples haces puntuales. Las frecuencias se reutilizan en distintos haces. BMSat puede soportar esquemas flexibles de reutilización de frecuencias, incluida la reutilización de frecuencias entera y la fraccional, como se muestra en la Fig. 1.1.

FIGURA 1.1

Esquemas de reutilización de frecuencias de BMSat



M.2047-1-01

El esquema de transmisión se basa en multiplexación por división ortogonal de frecuencia (OFDM) convencional. En función del rendimiento del amplificador de potencia del satélite/terminal desplegado, se pueden utilizar tanto en el enlace ascendente como en el descendente dos modos de transmisión de baja fluctuación de la envolvente dentro del marco de la OFDM: la OFDM con ensanchamiento de transformada discreta de Fourier (DFT) (DFTS-OFDM) y la portadora única modulada desplazada (OSC). La utilización de la transmisión DFTS-OFDM y la transmisión OSC se justifica por la menor relación potencia de cresta a potencia media (PAPR) de la señal transmitida frente a la OFDM convencional. Esto permite utilizar con mayor eficiencia el amplificador de potencia del satélite/terminal, lo que se traduce en un aumento de la cobertura y/o un menor consumo de energía.

Al canal se le aplica una codificación Turbo de velocidad-1/3. La modulación de datos soporta QPSK, 16QAM y 64QAM tanto para el enlace descendente como para el ascendente.

La BMSat soporta anchuras de banda de entre 1,4 MHz y 100 MHz, aproximadamente. Se recurre a la agregación de portadoras, es decir la transmisión simultánea de varias portadoras componentes en paralelo hacia/desde el mismo terminal, para soportar anchuras de banda superiores a 20 MHz. Las portadoras componentes no tienen por qué ser adyacentes en frecuencia e incluso pueden estar situadas en distintas bandas de frecuencias a fin de poder explotar atribuciones espectrales fragmentadas por medio de la agregación de espectro.

BMSat soporta tres tipos de planificación: la planificación por canales (dinámica), la planificación semipersistente y la planificación fija. La planificación por canales, tanto en el dominio de tiempo como en el de frecuencia, se soporta para el enlace ascendente y descendente, siendo el planificador de la estación base responsable de la selección (dinámica) de los recursos de transmisión y de la velocidad de los datos. La planificación semipersistente/fija permite atribuirse de manera semiestática/fija los recursos de transmisión y la velocidad de los datos a un equipo de usuario (UE) dado para garantizar la QoS de los servicios dependientes del tiempo y reducir la tara de señalización de control. La unidad de planificación básica es el intervalo de tiempo de transmisión (TTI) de 1 ms. A fin de mejorar la cobertura, BMSat soporta la agregación de TTI, lo que permite transmitir durante periodos más largos que un TTI (hasta 20 TTI).

Los esquemas de transmisión multiantena forman parte de la BMSat. Se soporta la multiplexación espacial de un máximo de dos capas en el enlace descendente y ascendente. También se soporta la diversidad de transmisión con arreglo a la codificación de bloques de espacio-frecuencia (SFBC) o una combinación de SFBC y diversidad de transmisión por conmutación de frecuencias (FSTD) en el enlace ascendente, o la diversidad de selección de antena autónoma en el enlace ascendente.

La RIT soporta la coordinación de interferencia entre haces (IBIC), donde los haces vecinos intercambian información a fin de facilitar la planificación y reducir la interferencia. La IBIC puede utilizarse para despliegues homogéneos con haces no solapados de similar potencia de transmisión.

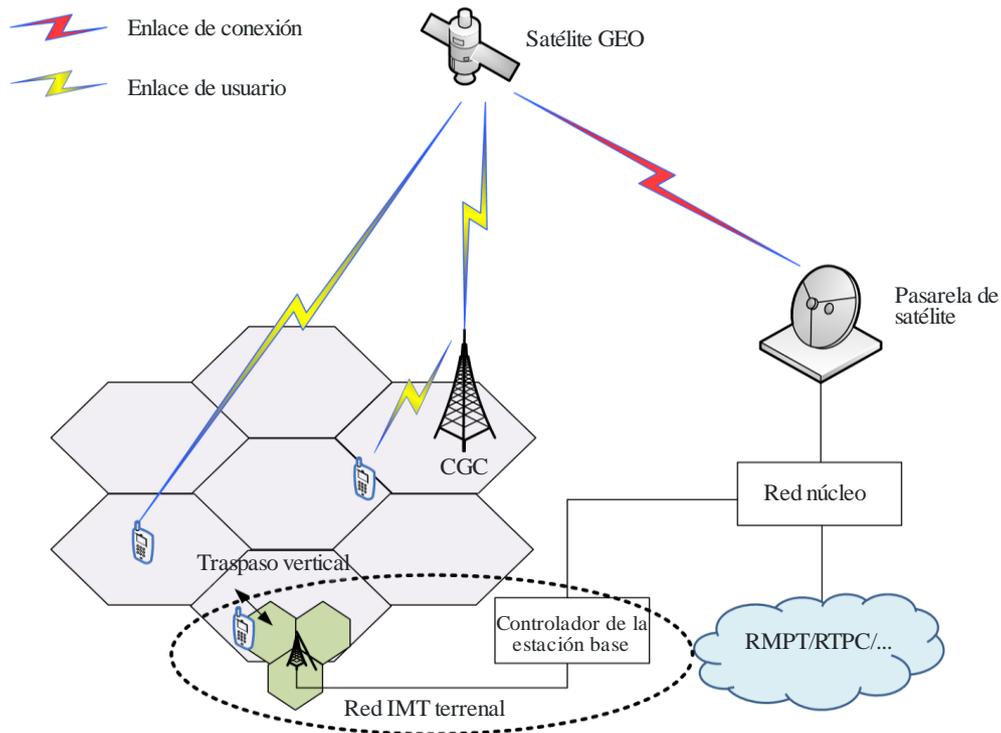
1.1.2.1 Arquitectura de red

La arquitectura de BMSat que se muestra en la Fig. 1.2 está formada por satélites GEO con o sin sistema de procesamiento y conmutación a bordo, pasarela de satélite, red núcleo de satélite y componente terrena complementaria (CGC). La pasarela de satélite es una entidad física que puede incluir múltiples entidades lógicas: eNodeB de satélite (STA-eNB). Un SAT-eNB controla lógicamente uno o varios haces, y un haz está lógicamente controlado por un SAT-eNB. La componente terrena complementaria (CGC) se ocupa en la BMSat de la funcionalidad de retransmisión a fin de colmar las lagunas que no pueden cubrirse con señales de satélite (por ejemplo, en interiores) o para ofrecer una mejor calidad de tráfico. La CGC no es simplemente un repetidor, sino que tiene su propio ID de haz, canales de sincronización, símbolos de referencia y puede crear su propio haz. La CGC desmodula y descodifica la señal en el enlace directo y posteriormente transmite la información al UE utilizando una nueva modulación y un tipo de codificación basados en la calidad del enlace entre la CGC y el UE. La CGC es un nodo fijo y puede utilizar técnicas de antena y de otro tipo más avanzadas para aumentar la eficacia de la transmisión en el enlace CGC-satélite. Para los terminales, la CGC aparece como un SAT-eNB y como un UE para los SAT-eNB.

La interfaz radioeléctrica BMSat comprende dos enlaces: el enlace UE-CGC y el enlace UE-satélite. La especificación del enlace UE-satélite se basa en las normas de LTE-Avanzada terrenal, pero se ha modificado para adaptarse al entorno de transmisión por satélite. El enlace UE-CGC puede reutilizar las especificaciones de la LTE-Avanzada terrenal. En tal caso, el terminal debe soportar tanto el modo BMSat como el modo LTE-Avanzada.

NOTA – El enlace CGC-satélite equivale al enlace UE-satélite.

FIGURA 1.2
Arquitectura de BMSat

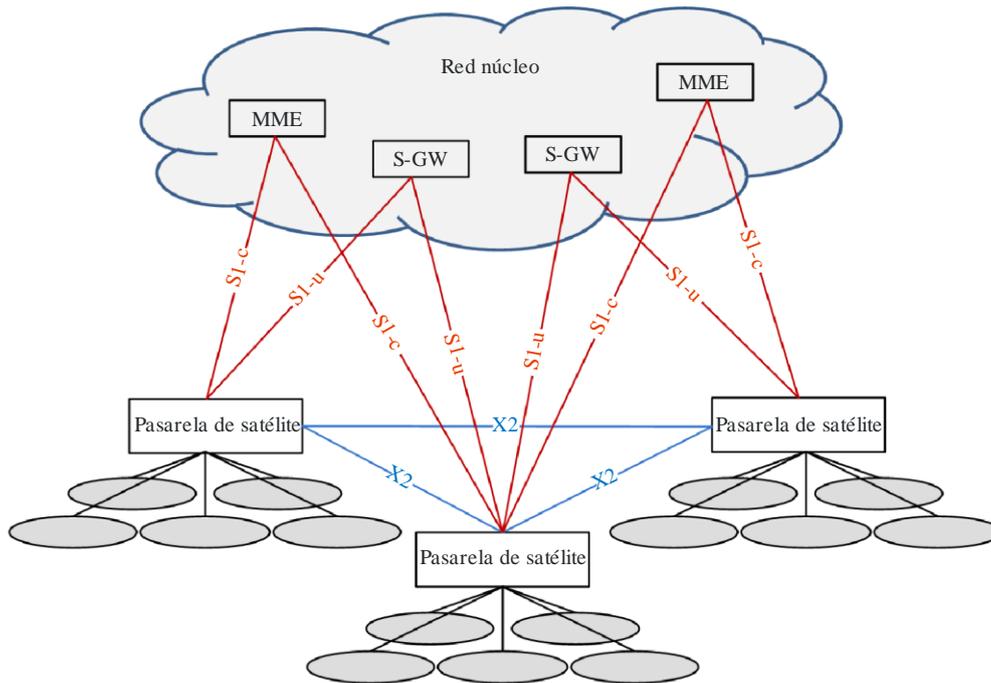


M.2047-1-02

La red de acceso radioeléctrico BMSat tiene una arquitectura plana con un único tipo de nodo, la pasarela de satélite (SAT-eNB), que se encarga de todas las funciones relacionadas con las radiocomunicaciones en uno o varios haces. El SAT-eNB se conecta a la red núcleo por medio de la interfaz S1, más concretamente la pasarela de servicio (S-GW) por medio de la parte del plano de usuario, S1-u, y a la entidad de gestión de la movilidad (MME) por medio de la parte del plano de control, S1-c. Un SAT-eNB puede actuar de interfaz con varias MME/S-GW a los efectos de repartir la carga y la redundancia.

La interfaz X2, que conecta los SAT-eNB entre sí, se utiliza principalmente para dar soporte a la movilidad en modo activo. Esta interfaz también puede utilizarse para funciones de la Gestión de recursos radioeléctricos (RRM) multihaz tales como la IBIC. La interfaz X2 se utiliza también para soportar la movilidad sin pérdidas entre haces vecinos por medio del reenvío de paquetes.

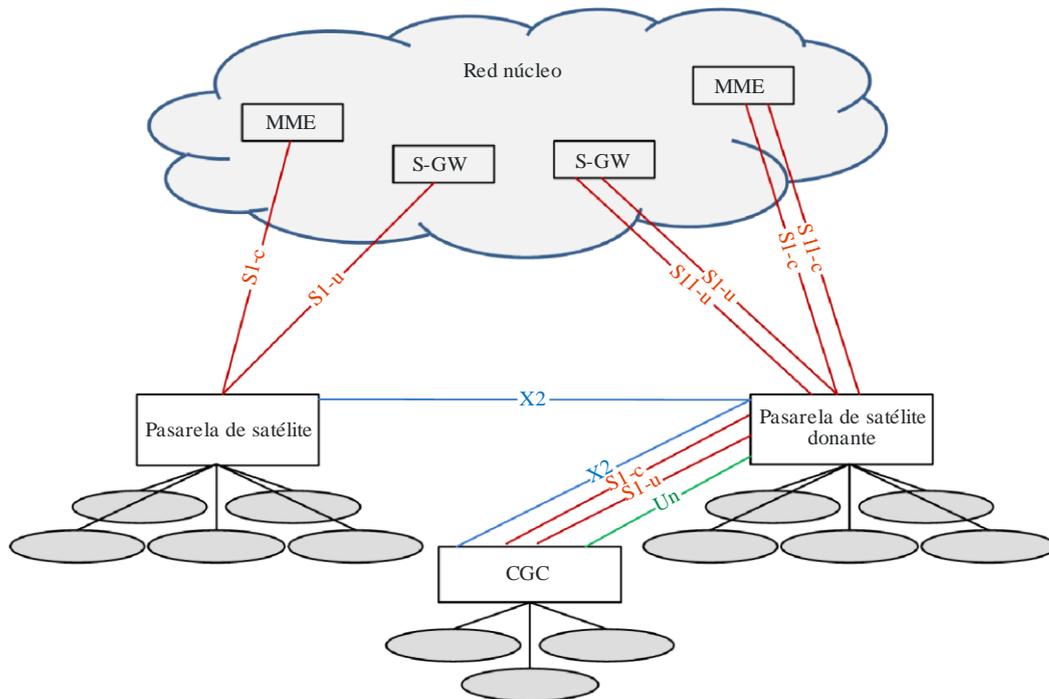
FIGURA 1.3
Interfaces de red de acceso radioeléctrico de BMSat



M.2047-1-03

Las interfaces de red de acceso radioeléctrico de BMSat que soportan las CGC se muestran en la Fig. 1.4. La CGC terminal y las interfaces S1, X2 y Un. El SAT-eNB donante (DSAT-eNB) ejerce de intermediario S1 y X2 entre la CGC y otros nodos de red (otros SAT-eNB, MME y S-GW). La funcionalidad de intermediario S1 y X2 comprende la transmisión de mensajes de señalización S1 y X2 propios del UE, así como paquetes de datos GTP entre las interfaces S1 y X2 asociadas con la CGC, y las interfaces S1 y X2 asociadas con otros nodos de red. Dada su funcionalidad de intermediario, el DSAT-eNB aparece como una MME (para S1-c), un SAT-eNB (para X2) y una S-GW (para S1-u) ante la CGC.

FIGURA 1.4
Interfaces de red de acceso radioeléctrico de BMSat que soportan la CGC

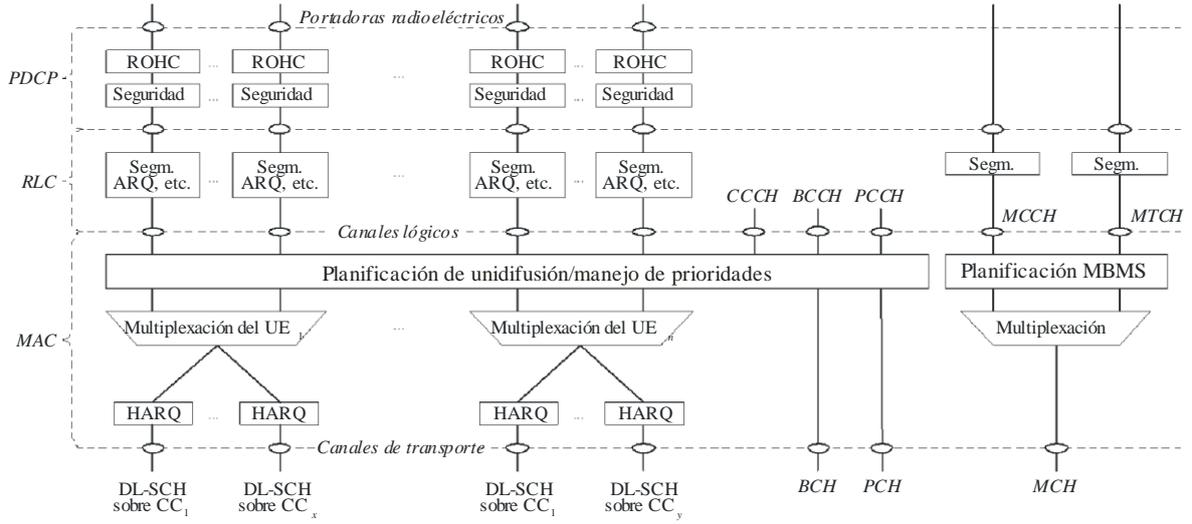


M.2047-04

1.1.2.2 Arquitectura del protocolo de capa 2

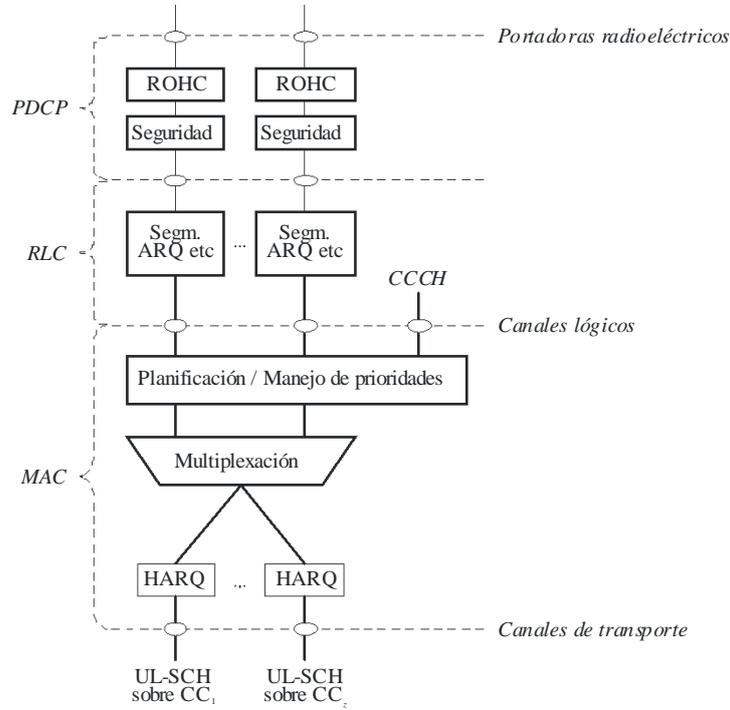
La capa 2 (L2) consta de varias subcapas, a saber: Protocolo de convergencia de datos en paquetes (PDCP), Control del radioenlace (RLC) y Control de acceso al medio (MAC). En las Figs. 1.5 y 1.6 se representan las estructuras de los protocolos de los enlaces descendente y ascendente, respectivamente. La capa 2 ofrece uno o varios portadores radioeléctricos a las capas superiores, estableciéndose una correspondencia de los paquetes IP con arreglo a sus requisitos de calidad de servicio (QoS). Las PDU L2/MAC, denominadas también bloques de transporte, se crean de acuerdo con decisiones de planificación instantáneas y se envían a la capa física a través de uno o varios canales de transporte (un canal de transporte del mismo tipo por portadora componente).

FIGURA 1.5
Estructura del protocolo L2 del enlace descendente



M.2047-05

FIGURA 1.6
Estructura del protocolo L2 del enlace ascendente



M.2047-06

1.1.2.2.1 Protocolo de convergencia de datos de paquetes

El protocolo de convergencia de datos de paquetes (PDCP) se encarga de efectuar:

- En el plano del usuario:
 - La compresión y descompresión del encabezamiento de los flujos de datos IP mediante ROHC.
 - La transferencia de los datos del usuario.
 - El mantenimiento de los números de secuencia del PDCP (SN).
 - La entrega en secuencia de las PDU de la capa superior en el procedimiento de restablecimiento del PDCP para RLC AM.
 - La detección duplicada de las SDU de capa inferior en el procedimiento de restablecimiento del PDCP para RLC AM.
 - La retransmisión de las SDU PDCP en el traspaso para RLC AM.
 - El cifrado y el descifrado.
 - El descarte de SDU en el enlace ascendente con arreglo a un temporizador.
- En el plano de control:
 - El mantenimiento de los números de secuencia (SN) del PDCP.
 - La verificación y protección de la integridad y cifrado.
 - La transferencia de los datos del plano de control.

El PDCP utiliza los servicios proporcionados por la subcapa RLC. Hay una entidad PDCP por cada portador radioeléctrico configurado para un UE.

1.1.2.2.2 Control de radioenlace

El control de radioenlace (RLC) se encarga de:

- La transferencia de las PDU de la capa superior.
- La corrección de errores mediante ARQ (solamente para la transferencia de datos en AM).
- La concatenación, segmentación y reensamblaje de las SDU del RLC (únicamente para la transferencia de datos UM y AM).
- La resegmentación de las PDU de datos del RLC (únicamente para la transferencia de datos en AM).
- La reordenación de las PDU de datos RLC (únicamente para la transferencia de datos en UM y AM).
- La detección de duplicados (únicamente para la transmisión de datos en UM y AM).
- La detección de errores de protocolo (únicamente para la transferencia de datos en AM).
- El descarte de SDU del RLC (únicamente para la transferencia de datos en UM y AM).
- El restablecimiento del RLC.

Dependiendo del modo de funcionamiento, una entidad RLC puede proporcionar todos los servicios anteriores, un subconjunto de ellos o ninguno. El RLC puede funcionar en tres modos distintos:

- Modo transparente (TM) I, en el que el RLC es totalmente transparente y se ignora a todos los efectos. Esta configuración se utiliza para los canales de difusión del plano de control tales como el canal de control de difusión (BCCH), el canal de control común (CCCH) y el canal de control de radiobúsqueda (PCCH), solamente cuando la información deba llegar a varios usuarios.

- Modo sin acuse de recibo (UM), en el que el RLC ofrece todas las funcionalidades anteriores salvo la corrección de errores. Se utiliza cuando no es necesaria la entrega sin errores, por ejemplo para el canal de control multidifusión (MCCH) y el canal de tráfico multidifusión (MTCH) utilizando difusión multimedios por una red monofrecuencia (MBSFN) y para voz-por-IP (VoIP).
- Modo con acuse de recibo (AM), en el que el RLC ofrece todos los servicios anteriores. Es el principal modo de funcionamiento para la transmisión de paquetes de datos TCP/IP en el canal compartido del enlace descendente (DL-SCH). Se soportan la segmentación/reensamblado, la entrega en secuencia y la retransmisión de los datos erróneos.

El RLC ofrece servicios al PDCP en forma de *portadores radioeléctricos* y utiliza servicios de la capa MAC en forma de *canales lógicos*. En cada terminal sólo hay configurada una entidad RLC por portador radioeléctrico.

1.1.2.2.3 Control de acceso a los medios

El control de acceso a los medios (MAC) se encarga de:

- La correspondencia entre los canales lógicos y de transporte.
- La multiplexación/demultiplexación de las SDU de la MAC pertenecientes a uno o varios canales lógicos en/de bloques de transporte entregados a/por la capa física de los canales de transporte.
- La planificación de la entrega de información.
- Enlace UE-CGC: La corrección de errores mediante ARQ-Híbrida de parada-y-espera de N-procesos con retransmisión síncrona (para el enlace ascendente) y asíncrona (para el enlace descendente).
- Enlace UE-satélite: la corrección de errores mediante ARQ-híbrida virtual (V-HARQ) con retransmisión síncrona (para el enlace ascendente) y asíncrona (para el enlace descendente).
- El manejo de prioridades entre los canales lógicos del UE.
- El manejo de prioridades entre los diversos UE por medio de la planificación dinámica.
- La asignación de prioridades a los canales lógicos.
- La identificación del servicio de difusión/multidifusión de multimedios (MBMS).
- La selección del formato de transporte.
- El relleno.

El MAC ofrece servicios al RLC en forma de canales lógicos. Un canal lógico se define por el tipo de información que transporta y suele clasificarse como canal de control, cuando se utiliza para la transmisión de la información de control y configuración necesaria para el funcionamiento del sistema BMSat, o como canal de tráfico, cuando se utiliza para los datos de los usuarios. El conjunto de tipos de canal lógico especificados para la BMSat está integrado por:

- El canal de control de difusión (BCCH), que se utiliza para la información del control de sistemas de difusión.
- El canal de control de radiobúsqueda (PCCH), canal del enlace descendente utilizado para la radiobúsqueda cuando la red desconoce la posición del UE y para notificar variaciones de la información del sistema.
- El canal de control común (CCCH), que se utiliza para la transmisión de la información de control entre el UE y la red cuando el UE no tiene conexión RRC.
- El canal de control dedicado (DCCH), que se utiliza para la transmisión de la información de control a/de un terminal móvil cuando el UE tiene una conexión RRC.

- El canal de control multidifusión (MCCH), que se utiliza para la transmisión de la información de control necesaria para la recepción del MTCH.
- El canal de tráfico dedicado (DTCH), que se utiliza para la transmisión de los datos de los usuarios a/de un terminal móvil. Éste es el tipo de canal lógico que se utiliza para la transmisión de todos los datos de los usuarios del enlace descendente no-MBSFN y del enlace ascendente.
- El canal de tráfico de multidifusión (MTCH), que se utiliza para la transmisión por el enlace descendente de servicios MBMS.

La capa MAC utiliza servicios de la capa física en forma de canales de transporte. El canal de transporte se define por cómo y con qué características se transmite la información por la interfaz radioeléctrica. Los datos del canal de transporte se organizan en bloques de transporte. En cada intervalo de tiempo de transmisión (TTI), se transmite un máximo de uno o dos (en el caso de multiplexación espacial) bloques de transporte por portadora componente.

Cada bloque de transporte lleva asociado un formato de transporte (TF), que especifica *cómo* se transmite el bloque de transporte por la interfaz radioeléctrica. El formato de transporte contiene la información del tamaño del bloque de transporte, el esquema de modulación y la configuración de las antenas. El planificador se encarga de determinar (dinámicamente) en cada TTI el formato de transporte del enlace ascendente así como del descendente.

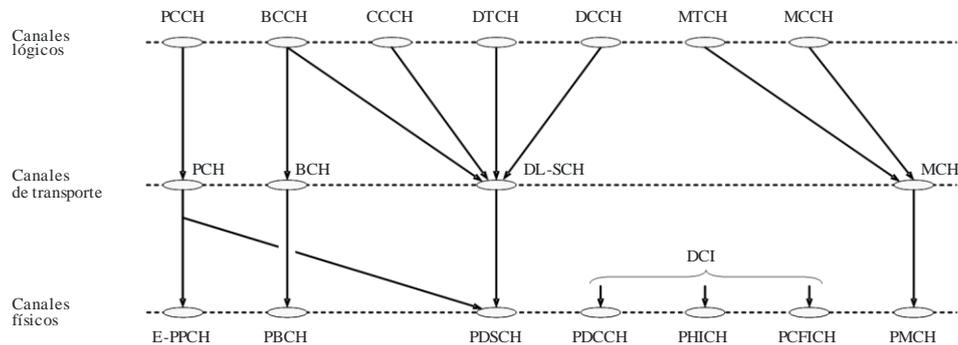
Se definen los siguientes tipos de canal de transporte:

- El canal de difusión (BCH), que tiene un formato de transporte fijo definido en las especificaciones. Se utiliza para transmisión de partes de la información del sistema BCCH, más concretamente del denominado bloque de información maestro (MIB).
- El canal de radiobúsqueda (PCH), que se utiliza para la transmisión de información de radiobúsqueda del canal lógico PCCH. El PCH soporta la recepción discontinua (DRX), haciendo posible que el terminal móvil ahorre energía de la batería gracias a su activación para recibir el PCH sólo en instantes predefinidos.
- El canal compartido del enlace descendente (DL-SCH), que es el principal tipo de canal de transporte utilizado para la transmisión de datos del enlace descendente en la BMSat. Soporta la adaptación de velocidad dinámica y la planificación dependiente del canal, la HARQ/V-HARQ con combinación blanda y la multiplexación espacial. También soporta DRX para reducir el consumo de energía del terminal móvil aunque dando la sensación de estar siempre conectado. El DL-SCH también se utiliza para la transmisión de partes de la información del sistema BCCH que no guarden correspondencia con el BCH. En el caso de la transmisión a un terminal que utilice varias portadoras componentes, el UE recibe un DL-SCH por portadora componente.
- El canal multidifusión (MCH), que se utiliza para soportar el MBMS. Se caracteriza por un formato de transporte semiestático y una planificación semipermanente. En el caso de transmisión multicelular que utilice MBSFN, la planificación y la configuración del formato de transporte se coordinan entre las células implicadas en la transmisión MBSFN.
- El canal compartido del enlace ascendente (UL-SCH), que es el homólogo del DL-SCH en el enlace ascendente, es decir es el canal de transporte del enlace ascendente que se utiliza para la transmisión de datos del enlace ascendente.

Debe mencionarse además el canal de acceso aleatorio (RACH), que se define también como canal de transporte del enlace ascendente aunque no lleve bloques de transporte. El RACH se utiliza en el enlace ascendente para responder al mensaje de radiobúsqueda o iniciar el paso al estado RRC_CONNECTED dependiendo de las necesidades de transmisión de los datos del terminal.

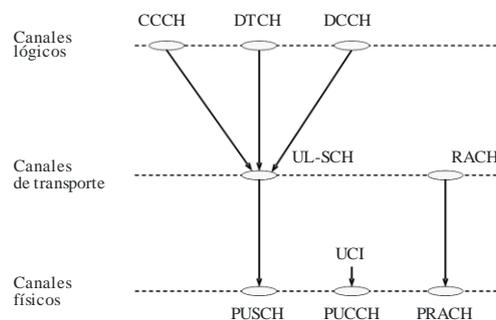
La correspondencia entre los canales lógicos, los canales de transporte y los canales físicos, (descrita en el § 1.1.3.3) se ilustra en la Fig. 1.7 para el enlace descendente y en la Fig. 1.8 para el ascendente.

FIGURA 1.7
Configuración del canal descendente



M.2047-07

FIGURA 1.8
Configuración del canal ascendente



M.2047-08

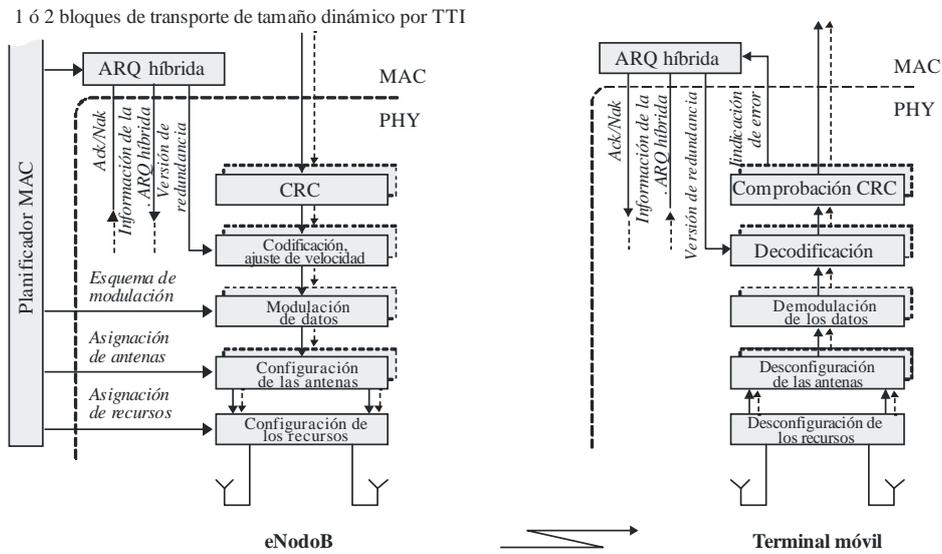
1.1.2.3 Capa física

Para el enlace UE-CGC, la capa física se encarga de:

- Modular y desmodular los canales físicos.
- Detectar errores en el canal de transporte e indicárselo a las capas superiores.
- Codificar y decodificar los canales de transporte con corrección de errores en recepción (FEC).
- Ajustar la velocidad del canal de transporte codificado a los canales físicos.
- Establecer la correspondencia entre el canal de transporte codificado y los canales físicos con arreglo a la Fig. 1.7 (para el enlace descendente) y la Fig. 1.8 (para el ascendente).
- Efectuar la combinación blanda de la ARQ Híbrida (HARQ).
- Sincronizar la frecuencia y el tiempo.
- Efectuar la ponderación en potencia de los canales físicos.
- Efectuar el procesamiento y la conformación de los haces de las diversas antenas.
- Medir las características e indicárselas a las capas superiores.
- Procesar la RF.

- En la Fig. 1.9 se muestra un esquema del procesamiento correspondiente al DL-SCH.

FIGURA 1.9
Esquema simplificado del procesamiento de la capa física para el DL-SCH con una portadora componente

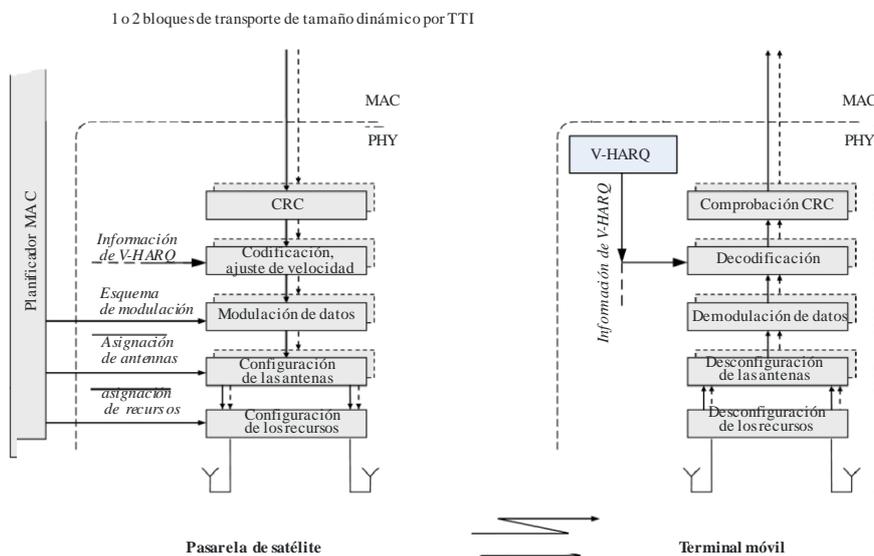


5-275-01-06

Para el enlace UE-satélite, los siguientes tres elementos de la capa física difieren de los del enlace UE-CGC:

- Combinación de ARQ híbrida virtual.
- En la Fig. 1.10 se muestra un esquema del procesamiento correspondiente al DL-SCH.
- procesamiento de las diversas antenas (no se soporta la conformación de haces).

FIGURA 1.10
Esquema simplificado del procesamiento de la capa física para el DL-SCH con una portadora componente y HARQ virtual



M.2047-1-10

1.1.2.3.1 Canales físicos

En el enlace descendente se definen siete tipos de canales físicos:

- El canal físico compartido del enlace descendente (PDSCH), que se utiliza para la transmisión de los servicios de datos del usuario y del plano de control.
- El canal físico multidifusión (PMCH), que se utiliza para la transmisión de los servicios de difusión del plano de usuario y de control durante las subtramas MBSFN.
- El canal físico de control del enlace descendente (PDCCH), que se utiliza para la transmisión de información de control tal como la atribución de recursos, formato de transporte e información relativa a la HARQ/V-HARQ.
- El canal físico de difusión (PBCH), que se utiliza para transportar células y/o información específica del sistema.
- El canal físico del indicador de formato de control (PCFICH), que indica al UE el formato de control (número de símbolos que comprenden PDCCH y PHICH) de la subtrama actual.
- El canal físico indicador de ARQ Híbrida (PHICH), que transporta la información ACK/NAK correspondiente a las transmisiones del UL (PUSCH) recibidas por la CGC para el enlace UE-CGC.
- el canal físico de radiobúsqueda mejorado (E-PPCH), que transporta la información de radiobúsqueda mejorada a los usuarios del servicio de radiobúsqueda en un entorno de gran desvanecimiento.

En el enlace ascendente se definen tres tipos de canales físicos:

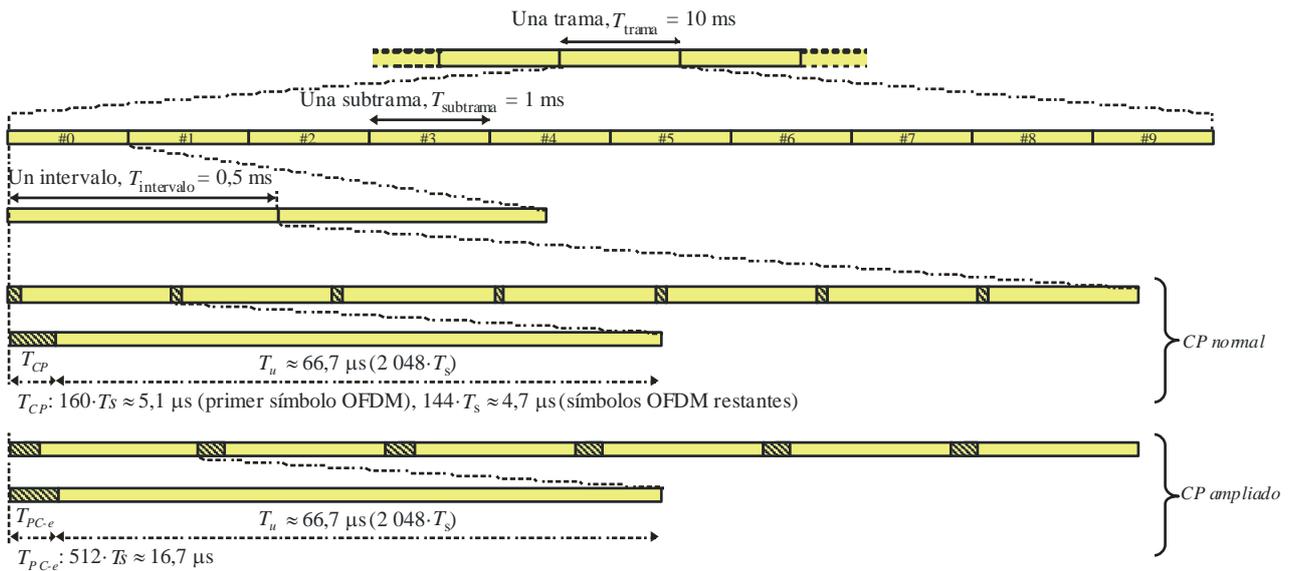
- El canal físico de acceso aleatorio (PRACH), que transporta un preámbulo utilizado para activar un procedimiento de acceso aleatorio en el SAT-eNB.
- El canal físico compartido del enlace ascendente (PUSCH), por el que se transportan tanto datos del usuario como información de control de la capa superior.
- El canal físico de control del enlace ascendente (PUCCH), por el que se transporta información de control (peticiones de planificación, CQI, PMI, RI, información HARQ/V-HARQ para el PDSCH, etc.).

1.1.2.3.2 Estructura en el dominio del tiempo y esquemas dúplex

En la Fig. 1.11 se representa la estructura de alto nivel de la transmisión en el dominio del tiempo, en la que cada trama (radioeléctrica) de 10 ms de longitud consta de diez subtramas de idéntico tamaño con una longitud de 1 ms. Cada subtrama consta de dos intervalos del mismo tamaño y longitud $T_{\text{slot}} = 0,5$ ms y cada intervalo consta de varios símbolos OFDM, entre ellos el prefijo cíclico.

FIGURA 1.11

Estructura de la BMSat en el dominio del tiempo

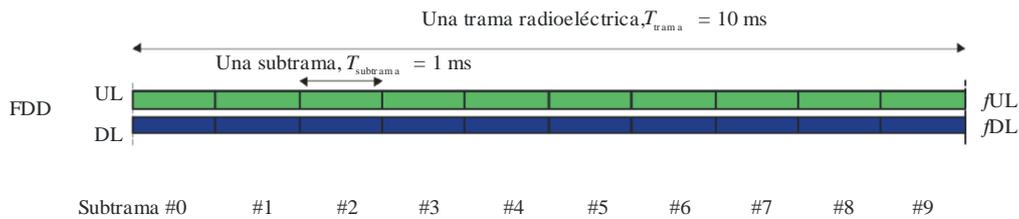


5-275-01-07

BMSat puede funcionar con FDD como se muestra en la Fig. 1.12.

FIGURA 1.12

Estructura en el tiempo y la frecuencia de los enlaces ascendente y descendente en el caso de FDD



M.2047-1-12

Hay dos frecuencias de portadora para cada portadora componente, una para la transmisión por el enlace ascendente (f_{UL}) y otra para la transmisión por el enlace descendente (f_{DL}). Cada trama tiene por consiguiente diez subtramas para el enlace ascendente y diez para el enlace descendente de modo que las transmisiones por el enlace ascendente y el descendente pueden tener lugar simultáneamente dentro de un haz. El planificador soporta el funcionamiento en semidúplex en el lado del UE, lo que permite la recepción y transmisión no simultáneas en el UE.

1.1.2.3.3 Procesamiento de la capa física

A los bloques de transporte que vayan a transmitirse por el DL-SCH o el UL-SCH, se les añade un CRC seguido de una codificación Turbo de velocidad-1/3 para la corrección de errores. La velocidad no se ajusta únicamente para que coincida el número de bits codificados con la cantidad de recursos atribuidos a la transmisión por el DL-SCH/UL-SCH, sino también para generar las diversas versiones de redundancia controladas por el protocolo de HARQ/V-HARQ. En el caso de multiplexación espacial, el procesamiento se duplica para los dos bloques de transporte. Tras el ajuste de velocidad, los bits codificados se modulan (QPSK, 16QAM, 64QAM para el enlace UE-CGC; QPSK, 16QAM/16APSK para el enlace UE-satélite). En el caso de transmisión con varias antenas, se establece una correspondencia de los símbolos de la modulación con varias capas y se precodifican

antes de ser asignados a los diferentes puertos de antena. Alternativamente, puede recurrirse a la transmisión con diversidad. Por último, se establece una correspondencia entre los símbolos de modulación (precodificados) y los recursos de tiempo-frecuencia atribuidos para la transmisión.

La transmisión por el enlace descendente utiliza OFDM convencional con un prefijo cíclico. El valor de la separación de la subportadora es $\Delta f = 15$ kHz y se soportan dos longitudes de prefijo cíclico: el prefijo cíclico normal $\approx 4,7$ μ s y el prefijo cíclico ampliado $\approx 16,7$ μ s. En el dominio de la frecuencia, el número de bloques de recursos puede variar entre 6 y 110 por portadora componente (para anchuras de banda de canal comprendidas entre 1,4 y 20 MHz respectivamente). El bloque de recursos tiene 180 kHz en el dominio de la frecuencia. Se pueden transmitir en paralelo hasta cinco portadoras componentes lo que conlleva una anchura de banda global de hasta 100 MHz.

La transmisión por el enlace ascendente utiliza OFDM con DFT ensanchada (DFTS-OFDM). La DFTS-OFDM puede considerarse como un precodificador DFT seguido de una OFDM convencional con la misma numeración que el enlace descendente. Pueden utilizarse varios tamaños de precodificación DFT para transmisiones con distintas anchuras de banda planificadas.

Dependiendo del rendimiento del amplificador de potencia del satélite/UE utilizado, podrán utilizarse tanto en el canal ascendente como descendente del enlace UE-satélite DFTS-OFDM y la portadora única modulada desplazada (OSC).

Los restantes canales de transporte del enlace descendente (PCH, BCH y MCH) utilizan el mismo procesamiento general de la capa física que el DL-SCH, aunque con ciertas restricciones en el conjunto de características utilizadas.

1.1.2.3.4 Transmisión multiantena

El enlace descendente UE-CGC soporta una amplia gama de esquemas de transmisión multiantena, a saber:

- La transmisión por una sola antena utilizando una única señal de referencia específica de la célula.
- La multiplexación espacial en bucle cerrado, denominada también precodificación o formación de haz por libro de códigos, de hasta cuatro capas, que utiliza señales de referencia específicas de la célula. Se utilizan informes de estado del terminal para ayudar a la CGC a seleccionar la matriz de precodificación conveniente.
- La multiplexación espacial en bucle abierto, denominada también diversidad de retardo cíclico de gran retardo, de hasta cuatro capas, que utiliza señales de referencia específicas de la célula.
- La multiplexación espacial de hasta ocho capas que utiliza señales de referencia específicas del UE. La CGC puede utilizar informes de estado o explotar la reciprocidad de canal para fijar las ponderaciones de la conformación del haz.
- La diversidad de transmisión por codificación de bloques de espacio-frecuencia (SFBC) o combinación de SFBC y diversidad de transmisión conmutada en frecuencia (FSTD).
- La MIMO multiusuario en el que asignan a varios terminales recursos de tiempo-frecuencia solapados.

En el enlace UE-satélite descendente:

- Se soporta la diversidad de transmisión por SFBC (codificación de bloques de espacio-frecuencia) con un máximo de 2 puertos de antena.
- Se soporta la multiplexación espacial en bucle abierto de hasta dos capas utilizando señales de referencia específicas de la célula.

En el enlace UE-CGC ascendente se soportan los siguientes esquemas de transmisión multiantena:

- Transmisión con una única antena.
- Precodificación con soporte de multiplexación espacial adaptable en rango con un número de capas comprendido entre uno y cuatro.

En el enlace UE-satélite ascendente:

- Se soporta la multiplexación especial en bucle abierto de hasta dos capas.
- Se soporta la diversidad de selección de antena en bucle abierto y autónoma del UE.

1.1.2.3.5 Adaptación del enlace y control de potencia

El esquema de modulación y codificación (MCS) puede adaptarse flexiblemente dependiendo de las condiciones del canal radioeléctrico. En un mismo TTI se aplica la misma modulación y codificación a todas las unidades de recursos asignadas al mismo bloque de transporte. El control de potencia de enlace ascendente determina la potencia media del símbolo DFTS-OFDM en el que se transmite el canal físico.

1.1.2.3.6 Señalización de control L1/L2

La información de control del enlace descendente (DCI) se transmite en uno de los tres primeros símbolos OFDM de cada subtrama de enlace descendente de cada portadora componente, indicándose el número de símbolos OFDM en el PCFICH. Las concesiones de planificación del enlace descendente y del ascendente (que constan de identidad del UE, recursos de tiempo-frecuencia y formato de transporte) así como los acuses de recibo del ARQ-Híbrido se transmiten por el PDCCH y el PHICH, respectivamente. Cada concesión se transmite por un PDCCH independiente con modulación QPSK.

La información de control del enlace ascendente (UCI) que consta de información del estado del canal, peticiones de planificación y acuses de recibo del HARQ/V-HARQ, se transmite en los bordes de la banda de la principal portadora componente del enlace ascendente. Alternativamente, parte de la señalización de control puede multiplexarse con los datos en el PUSCH.

1.1.2.3.7 Funcionamiento de la multidifusión/radiodifusión por una red de frecuencia única

La transmisión multidifusión/difusión por una red de frecuencia única (MBSFN), en la que la misma señal se transmite por varios haces sincronizados en el tiempo, está soportada por el canal de transporte MCH. Una portadora componente puede soportar simultáneamente la unidifusión y la difusión gracias a la utilización de la multiplexación de las transmisiones MCH y DL-SCH en el dominio del tiempo.

1.1.3 Presentación de las características específicas de la RIT

1.1.3.1 Modo de transmisión con baja fluctuación de la envolvente

Los sistemas de comunicación por satélite suelen estar limitados en potencia. A fin de aumentar la eficacia de la potencia, pueden utilizarse dos modos de transmisión con baja fluctuación de la envolvente (EF) con OFDM: la OFDM con ensanchamiento de DFT en el enlace ascendente LTE terrenal y la portadora única modulada desplazada (OSC) tanto en el enlace ascendente como en el descendente.

1.1.3.1.1 Modo OSC

La correspondencia entre la señal de transmisión y un conjunto de subportadoras en el dominio de frecuencia se genera de acuerdo con la siguiente ecuación:

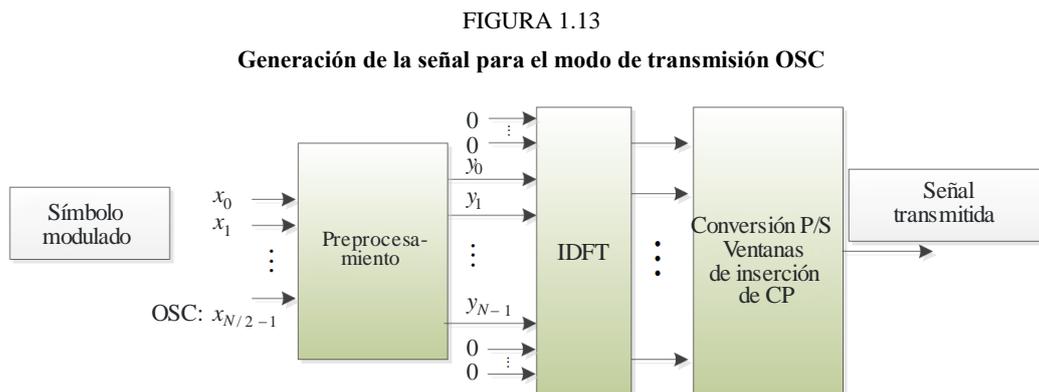
$$y_m = \sqrt{\frac{2}{N}} \operatorname{sen} \frac{\pi(m+0,5)}{N} \sum_{n=0}^{N-1} e^{-j2\pi(m+0,5)n/N} \underline{x}_n$$

donde:

$$\underline{x}_{2k} = \operatorname{Re}\{x_k\} \quad \text{y} \quad \underline{x}_{2k+1} = \operatorname{Im}\{x_k\}, \quad k = 0, 1, \dots, N/2 - 1$$

$$X_n, \quad n = 0, 1, \dots, N/2 - 1$$

Son símbolos de modulación de valor complejo, siendo N el tamaño del conjunto de subportadoras.



M.2047-1-13

1.1.3.2 ARQ híbrida virtual

El esquema ARQ híbrida (HARQ) utilizado en los sistemas LTE terrenales no puede funcionar eficazmente a causa del largo retardo de transmisión radioeléctrica de los sistemas de comunicaciones por satélite. Sin embargo, utilizando el proceso HARQ LTE terrenal, se ha diseñado un nuevo esquema, HARQ virtual sin información ACK/NACK, para soportar una amplia gama de condiciones de canal y de velocidades de transmisión.

A fin de soportar transmisiones efectivas en la región SINR inferior, se han de soportar MCS de baja velocidad. Los niveles de MCS pueden ampliarse de manera equivalente utilizando el proceso HARQ LTE. En el esquema HARQ virtual, de acuerdo con la CQI remitida por el receptor, el transmisor selecciona de manera adaptable el nivel de MCS y el número de versiones de redundancia transmitidas. Este esquema puede soportar la transmisión de datos en condiciones de canal SINR muy bajas seleccionando un máximo de 4 versiones de redundancia.

A Procesamiento de transmisión con HARQ virtual

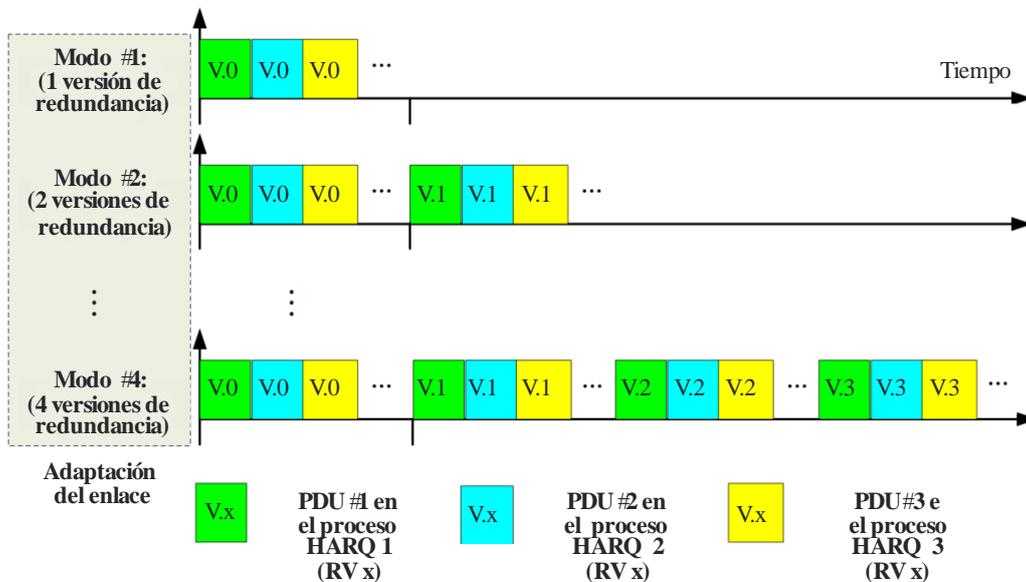
De acuerdo con la CQI recibida, el transmisor selecciona al mismo tiempo el nivel MCS y el número de versiones de redundancia que se transmiten simultáneamente para un determinado número de TTI, normalmente sólo un TTI. De este modo, la elección de la velocidad de transmisión es más flexible que con AMC en LTE. Cada MCS corresponde a una velocidad de código eficaz (ECR) en LTE, y LTE soporta 29 ECR. Cuando BMSat no soporte 64QAM, el número de MCS/ECR restantes es 17. Cuando se combina la selección de MCS y el número de versiones de redundancia transmitidas simultáneamente, las 17 ECR se ampliarán a 68 ECR en BMSat. De entre todas las ECR posibles, o de sus subconjuntos, se seleccionará la velocidad de transmisión máxima inferior a la capacidad del canal.

Una vez determinada la velocidad de transmisión, es decir el nivel de MCS y el número de versiones de redundancia que se transmiten simultáneamente, el transmisor calcula el tamaño de los datos para adaptarlo a dicha velocidad. Una vez hecha la correspondencia con la velocidad, cada versión de redundancia pasa por la modulación de símbolos, la concatenación, la correspondencia de recursos y la modulación OFDM. Si se escoge la transmisión de múltiples versiones de redundancia en un solo TTI, éstas se concatenarán en el tiempo o el espacio.

B Receptor HARQ virtual

En primer lugar, el receptor desconcatena la señal recibida correspondiente a múltiples versiones de redundancia en un TTI, de ser necesario. Posteriormente, se utiliza en BMSat el método de decodificación HARQ de LTE considerando las múltiples versiones de redundancia transmitidas simultáneamente en un TTI como retransmitidas.

FIGURA 1.14
ARQ híbrida virtual



M.2047-1-14

1.1.3.3 Agregación larga de TTI

A causa de la gran pérdida de trayecto del enlace de satélite y de la limitación de la potencia de transmisión de UE/satélite, es posible que la transmisión UL/DL esté limitada en potencia para ciertas clases de UE. Para mejorar la cobertura de la transmisión PDSCH/PUSCH, se puede configurar una agregación larga de TTI (hasta 20 ms). Al agregar los TTI, se transmitirá un bloque de transporte en múltiples subtramas sucesivas. Se aumenta radicalmente la potencia total de transmisión del paquete. La transmisión de un bloque de transporte con agregación larga de TTI se define con los siguientes pasos (Fig. 1.15):

- codificación de los bits Fuente en cada una de las palabras de código que se han de transmitir;
- aleatorización de los bits codificados en cada una de las palabras de código que se han de transmitir;
- modulación de los bits aleatorizados para generar símbolos de modulación de valor complejo;
- correspondencia de los símbolos de modulación de valor complejo del bloque de transporte en un puerto de antena dentro de cada subtrama de agregación de TTI: $x^a(n) = d(q \times M_{sym}^{SF} + n)$, $q = 0, 1, \dots, Q-1$, $n = 0, 1, \dots, M_{sym}^{SF} - 1$, donde Q es el número de subtramas agregadas, M_{sym}^{SF} es el

número de símbolos de modulación cuya correspondencia se ha establecido en cada subtrama, $x^q(n)$ es el n -ésimo símbolo de modulación cuya correspondencia se ha establecido en la q -ésima subtrama y, $d(\cdot)$ son los símbolos de modulación de valor complejo del bloque de transporte;

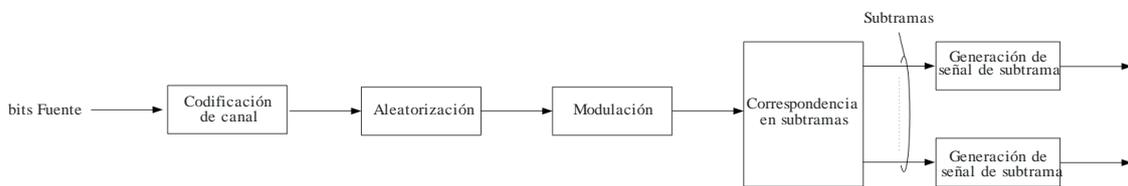
- generación de la señal del dominio de tiempo que se ha de transmitir en cada subtrama.

A fin de mejorar la eficacia espectral, puede utilizarse el acceso múltiple por división de código además de OFDMA (SC-FDMA) al generar la señal del dominio de tiempo de cada subtrama. Para ser precisos, el procedimiento sigue los siguientes pasos:

- dispersión de los símbolos de modulación de valor complejo en cada subtrama (puede verse un ejemplo en la Fig. 1.16); el n -ésimo símbolo de modulación de la subtrama q se dispersa según $[w_0, w_1, \dots, w_{N_{SF}-1}]$, donde NSF es la longitud del código de dispersión;
- correspondencia de los símbolos dispersados con los elementos de recursos. Por ejemplo, en la Fig. 1.16, los símbolos dispersados del n -ésimo símbolo de modulación se corresponde con la n -ésima subportadora de todos los símbolos SC-FDMA, excepto los símbolos para la señal de referencia;
- generación de la señal del dominio de tiempo para cada subtrama.

FIGURA 1.15

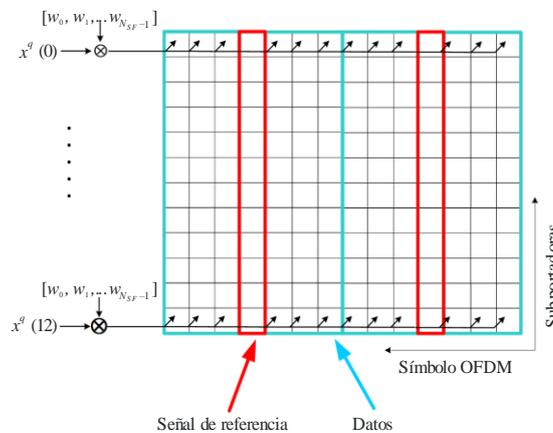
Transmisión con agregación larga de TTI



M.2047-1-15

FIGURA 1.16

Correspondencia de los símbolos dispersados con los elementos de recursos (UL) (Ejemplo)



M.2047-1-16

1.1.3.4 Optimización de acceso aleatorio

El retardo de propagación de los sistemas de satélite es mucho mayor que el de los sistemas LTE terrenales. Se debe optimizar el procedimiento de acceso LTE terrenal para adaptarlo a un largo retardo.

En función de si el UE puede obtener un avance horario (TA) con antelación, en BMSat se pueden utilizar dos esquemas de acceso:

- Acceso sin RACH: cuando el UE puede obtener un TA preciso con antelación;
- RACH: cuando el UE no puede obtener un TA con antelación.

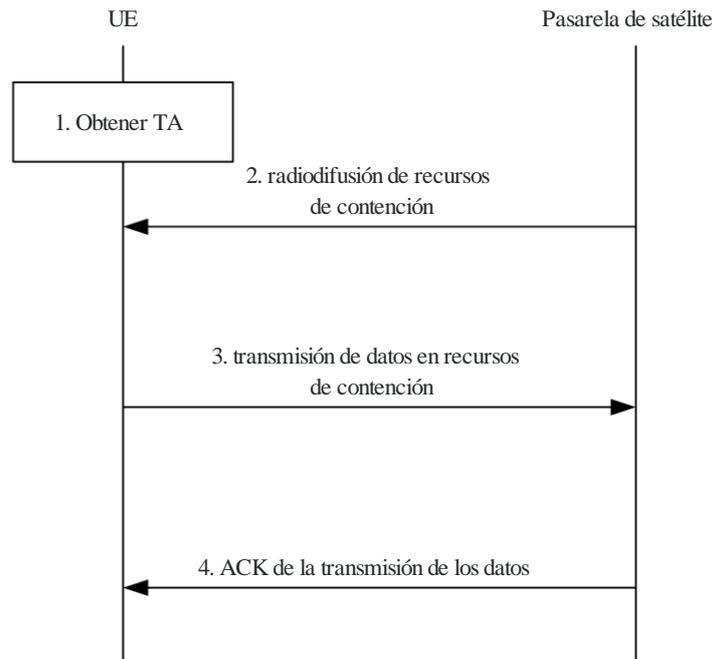
1.1.3.4.1 Acceso sin RACH

Cuando el UE puede obtener un valor TA preciso con antelación, puede evitarse el procedimiento de acceso aleatorio y utilizar el procedimiento de acceso sin RACH. El procedimiento de acceso sin RACH se efectúa para los siguientes tres casos posibles:

- 1) El UE ha accedido al satélite y obtenido con antelación un valor TA, que el UE almacena y sigue siendo válido, pues el periodo entre el último acceso y el acceso presente es breve.
- 2) El UE deduce el valor TA entre él mismo y el satélite con un método de aplicación. Por ejemplo, el UE puede obtener la distancia entre él mismo y el satélite utilizando el sistema mundial de navegación por satélite (GNSS).
- 3) Un satélite radiodifunde un tiempo de referencia en UTC, un UE equipado con GNSS puede deducir el valor TA en función de la diferencia de tiempo entre el tiempo en que recibe el mensaje de radiodifusión y el tiempo de referencia del satélite.

Con el procedimiento de acceso sin RACH, la pasarela de satélite radiodifunde una serie de PRB de contención, el UE que accede escoge uno de los PRB de contención para enviar datos con su identificador. Si los datos se transmiten con éxito, la pasarela de satélite debe enviar una respuesta al UE. En caso contrario, puede haber una colisión de acceso y el UE puede volver a intentar el procedimiento de acceso tras un periodo aleatorio.

FIGURA 1.17
Acceso sin RACH



M.2047-1-17

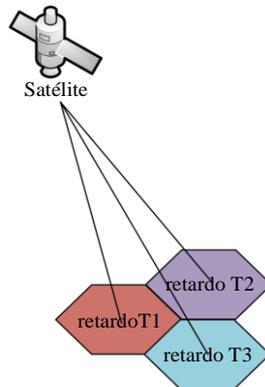
NOTA – Si el TA calculado es superior al ciclo de tiempo T de los PRB de contención, $TA = TA \bmod T$.

1.1.3.4.2 Optimización de RACH

En caso de que el UE no pueda obtener un valor TA con antelación, puede reutilizarse el procedimiento RACH de LTE, que puede optimizarse en dos puntos:

- 1) Cuando el diámetro del haz de satélite oscila entre 100 y 500 km, la diferencia de tiempo del satélite que recibe los códigos de sincronización de enlace ascendente de distintos UE por el mismo haz puede ser superior a la ventana de detección de sincronización. Por consiguiente, se deberá ajustar la longitud del CP y el GT en función de la amplitud del haz (véase § 1.1.3.7).
- 2) Cuando el satélite tiene una serie de haces, el retardo de transmisión del satélite es diferente para cada haz. Para asegurarse de que los preámbulos RACH de los distintos haces llegan al satélite dentro de la ventana de detección, el satélite radiodifunde el retardo de propagación (es decir, el retardo T) entre el satélite y la ubicación de referencia de un haz (por ejemplo, el centro del haz) para cada haz de satélite. Los UE del haz configuran entonces la transmisión del preámbulo RACH en función del retardo T para asegurarse de que el satélite puede recibir el preámbulo dentro de la ventana de detección.

FIGURA 1.18
Radiodifusión del retardo de propagación entre el satélite
y la ubicación de referencia de un haz
(ejemplo)



M.2047-1-18

1.1.3.5 Optimización del traspaso

En comparación con el sistema LTE terrenal, el procedimiento de traspaso en un sistema de comunicación por satélite es más complejo. Pueden darse tres posibilidades: traspaso entre haces de un mismo satélite, traspaso de satélite a terrenal y traspaso de terrenal a satélite. Se ha de considerar la posibilidad de aportar mejoras que optimicen el procedimiento de traspaso para reducir el tiempo de interrupción de traspaso que causa un retardo de propagación grande.

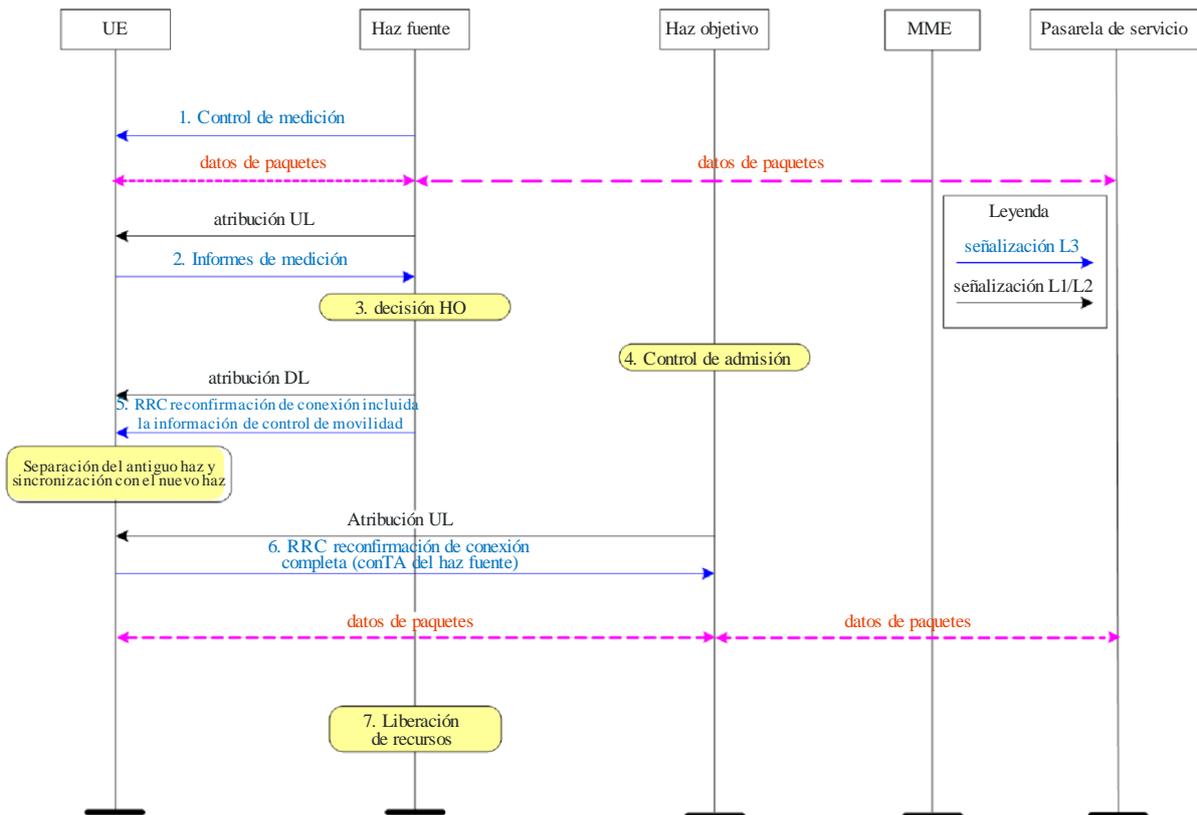
El traspaso se basa en el control de red asistido por el UE, es decir, que para un UE conectado la decisión de traspaso la toma la red, en función de los posibles informes de medición del UE. Las mediciones del UE se basan en la fuerza o calidad del símbolo de referencia, y la red puede configurar diversas condiciones de información de medidas.

1.1.3.5.1 Traspaso entre haces de un mismo satélite

Normalmente es posible lograr una Buena sincronización entre haces, y el avance horario ascendente del haz fuente y el haz objetivo es idéntico. A partir de esta buena sincronización, a fin acelerar el procedimiento de traspaso, el UE que traspasa puede evitar realizar el procedimiento RACH en el haz objetivo. Una vez enviada la instrucción de traspaso desde el haz fuente, el haz objetivo puede directamente planificar el UE que traspasa en el haz objetivo. Cuando el UE recibe la instrucción de traspaso, inmediatamente pasa al haz objetivo para escuchar la planificación. Puede esperarse que el tiempo de interrupción por traspaso sea muy breve, por ejemplo, varios ms.

FIGURA 1.19

Traspaso entre haces de un mismo satélite



M.2047-1-19

1.1.3.5.2 Traspaso de satélite a terrenal

En este caso puede reutilizarse directamente el procedimiento de traspaso de LTE existente. Puede esperarse que el tiempo de interrupción sea idéntico al del sistema LTE terrenal, es decir unos 10 ms.

1.1.3.5.3 Traspaso de terrenal a satélite

En este caso el tiempo de interrupción por traspaso puede optimizarse con un procedimiento de presincronización. A fin de reducir el tiempo de interrupción por traspaso, el eNodeB terrenal puede indicar el traspaso al UE a fin de establecer la sincronización de enlace ascendente con el haz de satélite objetivo antes de enviar la instrucción de traspaso. Esto implica que el UE debe soportar la comunicación terrenal y por satélite simultáneamente para establecer la sincronización de enlace ascendente con el haz de satélite objetivo antes de abandonar la célula fuente; o que el UE debe estar equipado con GNSS para deducir el TA. Una vez recibida la instrucción de traspaso, el UE envía inmediatamente el mensaje de traspaso completo al haz de satélite objetivo (NOTA – Los recursos RB

para enviar el mensaje de traspaso completo y la información conexas pueden facilitarse en la instrucción de traspaso.) Cuando la pasarela de satélite recibe el mensaje de traspaso completo, se realiza satisfactoriamente el procedimiento de traspaso y puede continuar la transmisión de datos. De este modo, se evita el tiempo de interrupción debido al procedimiento de sincronización de enlace ascendente. Sin embargo, aún hay un tiempo de interrupción por traspaso de unos 480 ms (GEO, por ejemplo): 240 ms (tiempo que tarda el mensaje de traspaso completo en ir del UE a la pasarela de satélite) + 240 ms (tiempo que tardan los datos en ir del satélite al UE).

1.1.3.6 Mejora de la radiobúsqueda

Los terminales de los sistemas de comunicaciones móviles por satélite en ocasiones funcionan en regiones de muy baja SNR, como en interiores o en entornos muy apantallados. En tales casos, la intensidad de la señal será muy inferior al umbral SNR de la descodificación de radiobúsqueda normal, lo que implica que una llamada entrante no podrá llegar al usuario.

Este problema se soluciona mejorando la radiobúsqueda en BMSat. La radiobúsqueda mejorada puede informar a los usuarios en entornos muy apantallados de que está entrando una llamada y el usuario puede optar por alejarse del apantallamiento para recibir la llamada. Para ello, el umbral de descodificación de la radiobúsqueda mejorada debe ser muy inferior al de la radiobúsqueda normal.

Para mejorar la radiobúsqueda se ha diseñado en BMSat un nuevo canal físico, E-PPCH, con la estructura de tramas de LTE.

1.1.3.6.1 Carga útil de E-PPCH

Para la radiobúsqueda normal de LTE, se utiliza una S-TMSI (identidad temporal del abonado móvil) para buscar al usuario en la zona de rastreo. La S-TMSI se compone de 8 bits MMEC (código de entidad de gestión de la movilidad) y 32 bits M-TMSI. MME es una entidad de control del procesamiento de mensajes en las redes núcleo LTE. Varias MME forman un conjunto MME, y la MMEC se utiliza para identificar exclusivamente a una MME dentro de un conjunto MME. La M-TMSI es la identidad temporal de un abonado en una MME.

Por norma general, una MME suele bastar para una pasarela de satélite, por lo que una M-TMSI es suficiente para la radiobúsqueda normal y la radiobúsqueda mejorada en BMSat, que no necesita de MMEC.

1.1.3.6.2 Atribución de recursos para E-PPCH

Dado que E-PPCH es un nuevo canal físico diseñado para la radiobúsqueda mejorada, la correspondencia del mensaje con los elementos de recursos en BMSat debe realizarse cuidadosamente para no superponer los canales de control y de sincronización.

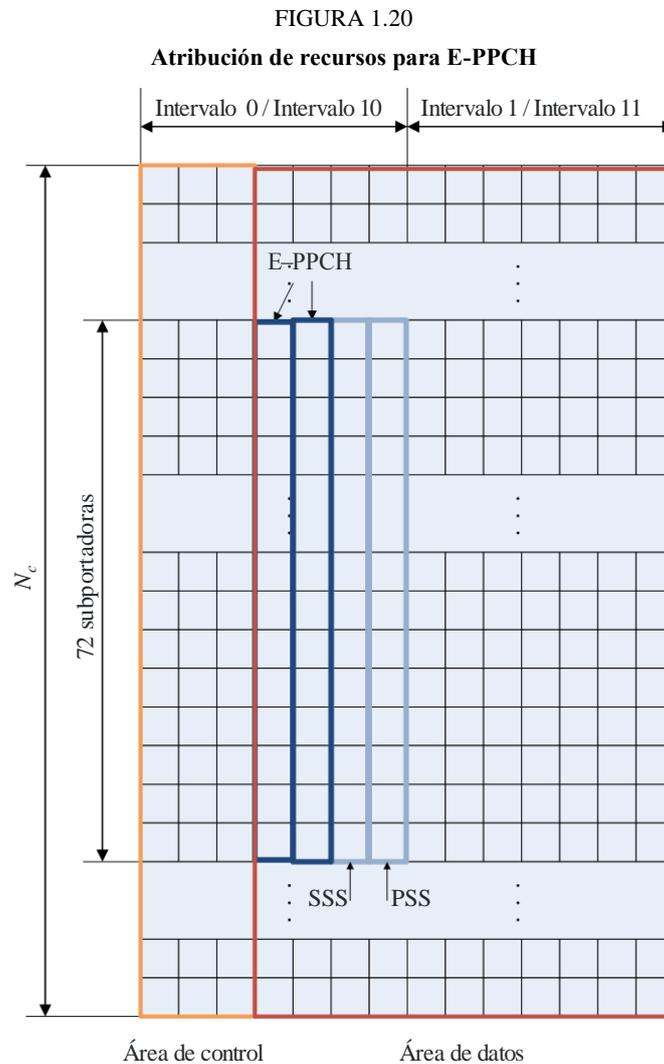
En la Fig. 1.20 se muestran los recursos de tiempo-frecuencia de BMSat para el intervalo 0/intervalo 10 y el intervalo 1/intervalo 11. La unidad básica de atribución de recursos en BMSat es el PRB (bloque de recursos físicos), que se compone de 12 subportadoras (180 kHz) durante un intervalo (7 símbolos OFDM). Los tres primeros símbolos OFDM de cada TTI (compuesto por dos intervalos) suelen utilizarse para la información de control y los símbolos OFDM 6° y 7° de los 6 PRB centrales (72 subportadoras) del intervalo 0 y el intervalo 10 se utilizan para la SSS (señal de sincronización secundaria) y la PSS (señal de sincronización primaria), respectivamente.

A partir de lo anterior, los símbolos OFDM 4° y 5° de los 6 PRB centrales del intervalo 0 y del intervalo 10 se señalan como E-PPCH, como se ve en la Fig. 1.20.

1.1.3.6.3 Transmisión fiable de la radiobúsqueda mejorada

Para aumentar la SNR de la descodificación de radiobúsqueda mejorada, se consideran dos métodos posibles. El primero consiste en aplicar el «ensanchamiento de tiempo» para reducir el umbral SNR

de decodificación. Al «ensanchar el tiempo», el mensaje breve se amplía docenas de veces para que el receptor pueda obtener una ganancia de ensanchamiento mediante el «desensanchamiento de tiempo». Para mejorar aún más el rendimiento, el mensaje ensanchado puede repetirse tantas veces como sea necesario. El otro método consiste en aumentar la potencia de transmisión de la señal E-PPCH.



M.2047-1-20

1.1.3.6.4 Ahorro energético para usuarios no objetivo

Gracias al ensanchamiento de tiempo, los 32 bits M-TMSI pueden ampliarse docenas de veces. Si se transmite la secuencia ampliada como un todo, la recuperación del mensaje M-TMSI en el receptor llevará mucho tiempo. En tal caso, los usuarios no objetivo gastarán mucha energía antes de saber que la M-TMSI del mensaje no coincide con su propia M-TMSI.

Para resolver este problema, los 32 bits M-TMSI se dividen en S segmentos con $32/S$ bits cada uno. Todos los usuarios descodificarán el mensaje segmento a segmento y efectuarán la comparación de cada segmento codificado con la parte correspondiente de su propia M-TMSI.

Sólo se descodificarán los siguientes segmentos cuando todos los anteriores coincidan con la M-TMSI local. De este modo, los usuarios no objetivo pueden abandonar la detección lo antes posible y ahorrar toda la energía que habrían invertido en ello.

1.1.3.6.5 Procedimiento para la radiobúsqueda mejorada

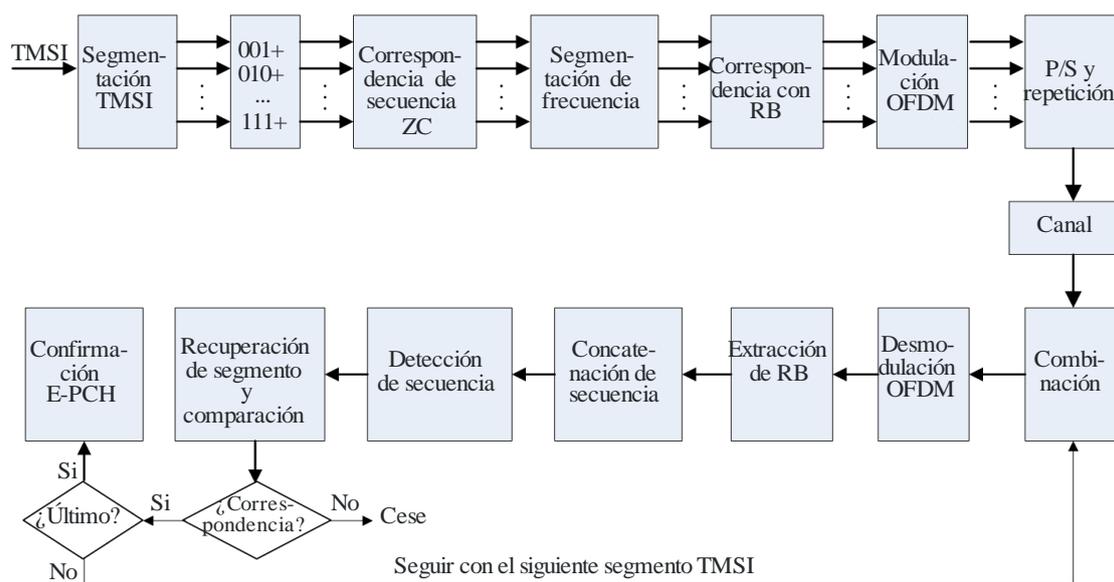
Todo el procedimiento se ilustra en la Fig. 1.21. En el transmisor, en primer lugar se divide el mensaje de 32 bits M-TMSI en varios segmentos. A continuación se anexa a cada segmento un ID de segmento, que se utiliza para efectuar la comparación en el receptor. Se establece entonces la correspondencia de cada segmento M-TMSI con ID con una secuencia Zadoff-Chu, que en realidad es el proceso de ensanchamiento de tiempo. Dado que la secuencia Zadoff-Chu para cada segmento M-TMSI suele ser superior a 72, ésta se ha de dividir primero en varios segmentos y luego establecer su correspondencia con los bloques de recursos atribuidos. Una vez aplicada la modulación OFDM, el mensaje entero se repite cuanto haga falta.

En el receptor, en primer lugar se combina el mensaje repetido para el segmento M-TMSI actual. Una vez realizada la desmodulación OFDM y la extracción de los bloques de recursos, se concatenan los segmentos de la secuencia para la M-TMSI actual. Puede entonces utilizarse el método ML para la detección de la secuencia y recuperar el segmento M-TMSI actual con su ID de segmento de acuerdo con las reglas de correspondencia de secuencia. Con la ayuda del ID de segmento, el receptor compara el segmento M-TMSI recibido con la parte correspondiente de la M-TMSI local. Si el segmento M-TMSI actual corresponde, el receptor seguirá detectando el segmento M-TMSI siguiente. En caso contrario, el receptor cesará la detección E-PPCH. Cuando todas las M-TMSI recibidas se correspondan con la M-TMSI local, el receptor podrá informar al usuario de que se ha recibido un E-PPCH.

Las configuraciones E-PPCH se radiodifunden en bloques de información de sistema.

FIGURA 1.21

Diseño completo de la radiobúsqueda mejorada



M.2047-1-21

1.1.3.7 Modificaciones específicas para retardos largos

1.1.3.7.1 Configuración del PRACH

En el sistema LTE terrenal se definen diversas configuraciones de PRACH para soportar una gama de cobertura máxima de 100 km. La cobertura del haz de satélite aspira a soportar una zona mucho más amplia con diámetro de entre 100 km y 500 km. En el Cuadro 1.1 se añade en BMSat una configuración PRACH, «sat1».

CUADRO 1.1

Configuración de PRACH

Formato de preámbulo	TCP	TSEQ	Longitud de secuencia	GT
0	3168T _s	24576T _s	839	≈97,4 us
1	21024T _s	24576T _s	839	≈516 us
2	6240T _s	2*24576T _s	839	≈197,4 us
3	21024T _s	2*24576T _s	839	≈716 us
4 (sólo estructura de trama tipo 2)	448T _s	4096T _s	139	≈9,4 us
Sat1	41024T _s	2*24576T _s	839	≈1280 us

1.1.3.7.2 Configuración del periodo de retrocomunicación de CQI

El periodo máximo de retrocomunicación de CQI en los sistemas LTE terrenales es de 160 ms. En BMSat, este periodo se amplía para soportar un máximo de 2 048 ms.

CUADRO 1.2

Configuración de retrocomunicación de CQI

$I_{CQI/PMI}$	Valor de N_{pd}	Valor de $N_{OFFSET, CQI}$
$0 \leq I_{CQI/PMI} \leq 1$	2	$I_{CQI/PMI}$
$2 \leq I_{CQI/PMI} \leq 6$	5	$I_{CQI/PMI} - 2$
$7 \leq I_{CQI/PMI} \leq 16$	10	$I_{CQI/PMI} - 7$
$17 \leq I_{CQI/PMI} \leq 36$	20	$I_{CQI/PMI} - 17$
$37 \leq I_{CQI/PMI} \leq 76$	40	$I_{CQI/PMI} - 37$
$77 \leq I_{CQI/PMI} \leq 156$	80	$I_{CQI/PMI} - 77$
$157 \leq I_{CQI/PMI} \leq 316$	160	$I_{CQI/PMI} - 157$
$I_{CQI/PMI} = 317$	Reservado	
$318 \leq I_{CQI/PMI} \leq 349$	32	$I_{CQI/PMI} - 318$
$350 \leq I_{CQI/PMI} \leq 413$	64	$I_{CQI/PMI} - 350$
$414 \leq I_{CQI/PMI} \leq 541$	128	$I_{CQI/PMI} - 414$
$542 \leq I_{CQI/PMI} \leq 641^*$	256	$I_{CQI/PMI} - 542$
$642 \leq I_{CQI/PMI} \leq 741^*$	512	$I_{CQI/PMI} - 642$
$742 \leq I_{CQI/PMI} \leq 841^*$	1024	$I_{CQI/PMI} - 742$
$842 \leq I_{CQI/PMI} \leq 941^*$	2048	$I_{CQI/PMI} - 842$
$942 \leq I_{CQI/PMI} \leq 1023$	Reservado	

1.1.3.7.3 Cuadro QCI

Hay 9 clases de nivel QCI normalizadas predefinidas en el sistema LTE para soportar una amplia gama de servicios. Las comunicaciones por satélite no pueden soportar servicios con muy bajo retardo, como los juegos en línea. Por consiguiente, en BMSat se ha suprimido la QCI 3 LTE original, pero se mantienen las otras ocho clases QCI normalizadas, además, se optimiza el presupuesto de retardo de paquetes para soportar el amplio retardo del satélite.

CUADRO 1.3
Configuración de QCI

QCI	Tipo de recurso	Prioridad	Presupuesto de retardo de paquete	Tasa de pérdida de paquetes con errores	Ejemplo de servicios
1	GBR	2	100 ms + x	10^{-2}	Conversación de voz
2		3	150 ms + x	10^{-3}	Conversación de vídeo (flujo continuo en directo)
3		4	300 ms + 2x	10^{-6}	Vídeo sin conversación (flujo en memoria tampón)
4	No GBR	1	100 ms + 2x	10^{-6}	Señalización IMS
5		5	300 ms + 2x	10^{-6}	Vídeo (flujo en memoria tampón) basado en TCP (por ejemplo, www, correo-e, chat, ftp, compartición de ficheros p2p, vídeo progresivo, etc.)
6		6	100 ms + 2x	10^{-3}	Voz, Vídeo (flujo continuo en directo) Juegos interactivos
7		7	300 ms + 2x	10^{-6}	Vídeo (flujo en memoria tampón) basado en TCP (por ejemplo, www, correo-e, chat, ftp, ficheros p2p)
8		8			Compartición, vídeo progresivo, etc.

NOTA – x es el retardo de transmisión medio entre el UE y la pasarela de satélite.

«+x», se supone que el servicio se transmite con RLC UM;

«+2x», se supone que el servicio se transmite con RLC AM.

1.1.3.8 Codificación de red

En los sistemas de comunicación móvil por satélite se utiliza una tecnología de codificación de red XOR simple para mejorar la eficacia en frecuencia del enlace descendente.

En primer lugar, los dos usuarios conectados transmiten mensajes por distintos canales de enlace ascendente. En segundo lugar, la estación en tierra (o el procesador a bordo) descodifica el mensaje de los dos canales de enlace ascendente y transmite el XOR de los dos mensajes descodificados por el mismo canal de enlace descendente. En tercer lugar, los dos usuarios descodifican el mensaje XOR y recuperan el mensaje del otro usuario aplicando XOR al mensaje recibido del mensaje de enlace ascendente mismo. El sistema de comunicación móvil por satélite está limitado en potencia, sobre todo para la transmisión de enlace descendente, por lo que al utilizar un canal descendente para dar servicio a dos usuarios, se aumenta drásticamente la capacidad del sistema.

1.2 Especificación detallada de la tecnología de interfaz radioeléctrica

Las especificaciones detalladas de la interfaz radioeléctrica de satélite IMT-Avanzada denominada BMSat se publicaron en el sitio web de la Asociación China de Normas de Comunicaciones (CCSA).

Las especificaciones de BMSat se basan en las especificaciones de LTE-Avanzada, y su relación se expone en el Cuadro 1.4.

CUADRO 1.4

Relación entre las especificaciones de BMSat y las especificaciones de LTE-Avanzada

Terminología	Definición
Se aplica LTE-Avanzada	Las características de esta especificación de BMSat son idénticas a las de LTE-Avanzada, por lo que se aplica la especificación de LTE-Avanzada correspondiente
Específica de BMSat	Esta especificación de BMSat describe una nueva característica de BMSat que no tiene equivalente en LTE-Avanzada
Sustituye a LTE-Avanzada	La especificación de BMSat sustituye a la especificación de LTE-Avanzada correspondiente. La especificación de BMSat puede hacer referencia a la correspondiente especificación de LTE-Avanzada

La familia de especificaciones BMSat se organiza en una serie de documentos que se estructuran igual que los documentos correspondientes a LTE-Avanzada, como se muestra en el Cuadro 1.5.

CUADRO 1.5

Estructura de la familia de especificaciones BMSat

	BMSat	LTE-Avanzada
Específica de BMSat	Serie TS 36.0xx.2	
Capa radioeléctrica 1	Serie TS 36.2xx.0/2	Serie TS 36.2xx
Capas radioeléctrica 2 y 3	Serie TS 36.3xx.0/2	Serie TS 36.3xx
Arquitectura	Serie TS 36.4xx.0/2	Serie TS 36.4xx

donde:

- TS xx.yyy.0 se utiliza para las especificaciones BMSat que tienen una especificación LTE-Avanzada correspondiente. En este caso, los números xx e yyy corresponden al esquema de numeración de LTE-Avanzada.
- TS xx.yyy.2 se utiliza para las especificaciones BMSat que no tienen una especificación LTE-Avanzada correspondiente. En este caso, sólo el número xx corresponde al esquema de numeración de LTE-Avanzada y BMSat atribuye el número yyy.

El contenido completo de la familia de especificaciones BMSat se encuentra en TS BMSat 36.001.2. En esta cláusula sólo se introducen brevemente las especificaciones donde se definen las diferencias (es decir, las modificaciones) con respecto a las especificaciones LTE-Avanzada terrenal, a saber, las especificaciones «Específicas de BMSat» y las «Sustituye a LTE-Avanzada».

1.2.1 Específicas de BMSat

1.2.1.1 TS BMSat 36.001.2

Introducción a la familia de especificaciones BMSat.

En este documento se ofrece una introducción general a la familia de especificaciones BMSat.

Puede encontrarse en: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>.

1.2.1.2 TS BMSat 36.002.2

BMSat; Descripción general.

En este documento se describe en términos generales el sistema BMSat y la correspondiente especificación de interfaz aérea. Su objetivo es señalar algunas de las diferencias existentes entre el sistema LTE-Avanzada terrenal y el sistema BMSat móvil por satélite.

Puede encontrarse en: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>.

1.2.2 Capa radioeléctrica 1

1.2.2.1 TS BMSat 36.201.0

Acceso radioeléctrico por satélite universal evolucionado (E-USRA); capa física de BMSat; Descripción general.

En este documento se ofrece una descripción general de la capa física de la interfaz radioeléctrica del E-USRA. También se describe la estructura de las especificaciones de la capa física del E-USRA, es decir la serie TS BMSat 36.200. En la serie TS BMSat 36.200 se especifica el punto Uu para los sistemas BMSat y se define el nivel mínimo de especificaciones necesarias para las conexiones básicas en términos de compatibilidad y conectividad recíproca.

Puede encontrarse en: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>.

1.2.2.2 TS BMSat 36.211.0

Acceso radioeléctrico por satélite universal evolucionado (E-USRA); Canales físicos y modulación.

En este documento se describen los canales físicos y la modulación para el E-USRA.

Puede encontrarse en: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>.

1.2.2.3 TS BMSat 36.212.0

Acceso radioeléctrico por satélite universal evolucionado (E-USRA); Multiplexación y codificación de canales.

En este documento se especifican la codificación, la multiplexación y la correspondencia con los canales físicos para el E-USRA.

Puede encontrarse en: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>.

1.2.2.4 TS BMSat 36.213.0

Acceso radioeléctrico por satélite universal evolucionado (E-USRA); procedimientos de la capa física.

En este documento se especifican y establecen las características de los procedimientos de la capa física para el E-USRA.

Puede encontrarse en: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>.

1.2.2.5 TS BMSat 36.216.0

Acceso radioelétrico por satélite universal evolucionado (E-USRA); capa física y funcionamiento de la CGC.

En este documento se describen las características de las transmisiones entre SAT-eNB y de las transmisiones CGC.

Puede encontrarse en: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>.

1.2.3 Capas radioeléctricas 2 y 3

1.2.3.1 TS BMSat 36.300.0

Acceso radioelétrico por satélite universal evolucionado (E-USRA) y red de acceso radioelétrico por satélite universal evolucionada (E-USRAN); Descripción global; etapa 2.

En este documento se ofrece un resumen y la descripción global de la arquitectura del protocolo de la interfaz radioeléctrica de la E-USRAN. Los pormenores de los protocolos de la interfaz radioeléctrica se recogen en las especificaciones acompañantes de la serie 36.

Puede encontrarse en: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>.

1.2.3.2 TS BMSat 36.321.0

Acceso radioelétrico por satélite universal evolucionado (E-USRA); especificación del protocolo del control de acceso a medios (MAC).

En este documento se especifica el protocolo de control de acceso a medios (MAC) del E-USRA.

Puede encontrarse en: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>.

1.2.3.3 TS BMSat 36.331.0

Acceso radioelétrico por satélite universal evolucionado (E-USRA); especificación del protocolo de control de recursos radioeléctricos (RRC); especificación del protocolo.

En este documento se especifica el protocolo de control de recursos radioeléctricos para la interfaz radioeléctrica entre el UE y la E-USRAN, así como la interfaz radioeléctrica entre la CGC y la E-USRAN.

Puede encontrarse en: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>.

1.2.4 Arquitectura

1.2.4.1 TS BMSat 36.423.0

Red de acceso radioelétrico por satélite universal evolucionada (E-USRAN); Protocolo de aplicación X2 (X2AP).

En este documento se especifican los procedimientos de la capa de red radioeléctrica del plano de control entre los SAT-eNB en la E-USRAN. X2AP soporta las funciones de la interfaz X2 mediante los procedimientos definidos en este documento.

Puede encontrarse en: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>.

Anexo 2

Especificación de la tecnología de interfaz radioeléctrica SAT-OFDM

ÍNDICE

	<i>Página</i>
2.1	Introducción..... 39
2.2	Descripción del sistema IMT-Avanzadas con SAT-OFDM..... 40
2.2.1	Descripción de la arquitectura..... 40
2.2.2	Descripción del sistema..... 41
2.3	Especificaciones de RF..... 44
2.3.1	Satélite (estación espacial) 44
2.3.2	Estación terrena móvil (ETM) 45
2.4	Especificaciones de la banda base 46
2.4.1	Acceso múltiple..... 46
2.4.2	Descripción general de la transmisión en banda base..... 46
2.4.3	Canales físicos y relaciones de temporización..... 49
2.4.4	Multiplexación y codificación de canal 58
2.4.5	Procedimientos de la capa física 61
2.4.6	Características propias del satélite para mejorar el rendimiento..... 65
2.5	Especificaciones detalladas..... 85

2.1 Introducción

SAT-OFDM es una interfaz radioeléctrica de satélite destinada a proporcionar diversos servicios de telecomunicaciones móviles avanzados definidos para los entornos IMT de satélite. Esta interfaz radioeléctrica puede aplicarse a los satélites de la órbita de los satélites geoestacionarios (OSG) para las comunicaciones internacionales globales.

SAT-OFDM utiliza el acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (OFDMA) en el enlace descendente (espacio-Tierra) y el acceso múltiple por división de frecuencia en portadora única (SC-FDMA) en el enlace ascendente (Tierra-espacio).

Esta interfaz radioeléctrica tiene muchos puntos comunes con las especificaciones radioeléctricas terrenales, tecnología de evolución a largo plazo (LTE) de 3GPP para servicios IMT-Avanzadas, pero también tiene varias diferencias. Tales características, necesarias para reflejar las especificidades del satélite, como el largo retraso de ida y vuelta y el canal de satélite de lento desvanecimiento, se reflejan en el acceso aleatorio, el intercalado, el control de potencia en bucle cerrado, etc.

En este sentido, la interfaz radioeléctrica tiene dos modos operativos: el modo normal y el modo mejorado. El modo normal es plenamente compatible con LTE Versión 8 de 3GPP, mientras que el modo mejorado ofrece un mayor rendimiento al incorporar características específicas de satélite adicionales. La RAN de satélite debe soportar ambos modos, mientras que el UE puede soportar ambos modos o sólo el modo normal.

2.2 Descripción del sistema IMT-Avanzadas con SAT-OFDM

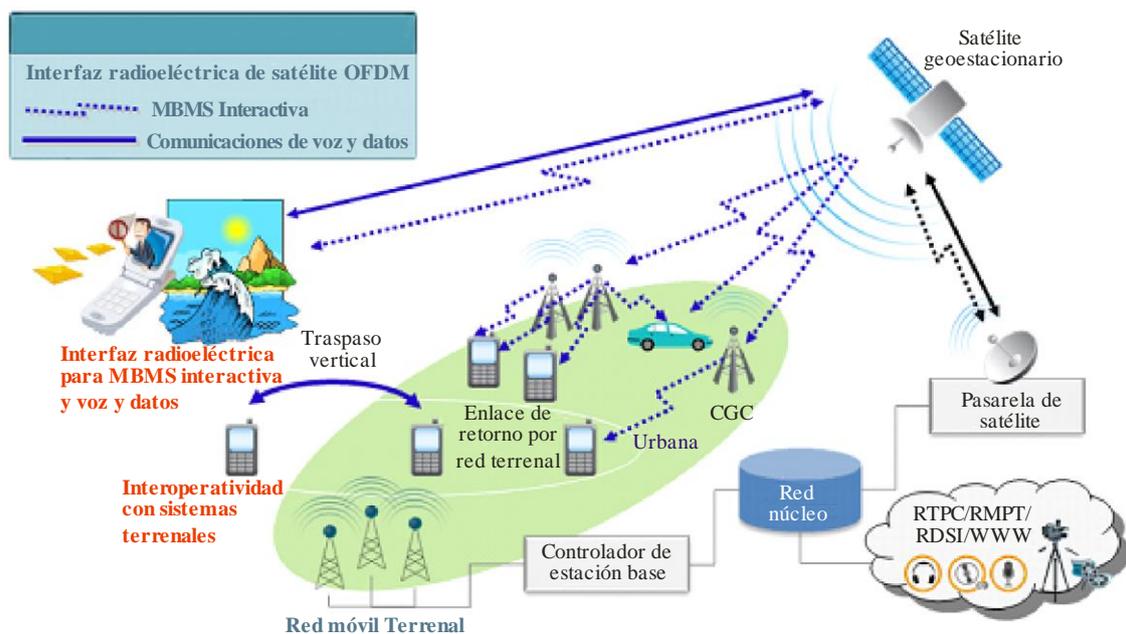
2.2.1 Descripción de la arquitectura

En la Fig. 2.1 se describe la arquitectura global del sistema con SAT-OFDM. Se toman en consideración los siguientes factores:

- **Satélite:** Facilitará servicios y aplicaciones semejantes a las de los sistemas terrenales fuera de la cobertura terrenal y de la componente terrena complementaria (CGC) con sujeción a las limitaciones inherentes impuestas por la limitación de potencia y el amplio retardo de ida y vuelta.
- **CGC:** a fin de ofrecer servicios de radiodifusión/multidifusión móviles por satélite, se pueden implantar en zonas donde resulta difícil la recepción por satélite, en particular en las zonas urbanas. Pueden estar coubicadas con células terrenales o desplegarse de manera independiente.
- **Componente terrenal de las IMT-Avanzadas:** la componente de satélite puede ofrecer servicios de comunicaciones de voz y datos en regiones fuera de la cobertura terrenal. Entre las zonas que no están adecuadamente cubiertas por la componente terrenal se cuentan las regiones físicamente aisladas, aquéllas que carecen de componente terrenal y las zonas donde dicha componente está temporal o permanentemente inoperativa por circunstancias particulares.

FIGURA 2.1

Ejemplo de arquitectura de sistema IMT-Avanzadas con SAT-OFDM



M.2047-2-01

La comunicación bidireccional se considera como una ampliación de la cobertura y la continuidad de servicio de la parte terrenal. En ese caso, lo más importante es la técnica de traspaso con la parte terrenal. A fin de que el traspaso sea rentable, las futuras interfaces radioeléctricas de satélite deberán ser compatibles con el sistema radioeléctrico terrenal LTE correspondiente y tener muchos puntos comunes con el mismo. También podría ser posible reutilizar la tecnología de la parte terrenal para minimizar los microcircuitos del terminal y el equipo de red del usuario a fin de reducir los costos y permitir un rápido desarrollo.

Además, SAT-OFDM puede utilizarse para ofrecer de manera eficiente servicios de radiodifusión multimedios interactivos, pues las interfaces radioeléctricas móviles terrenales previstas pueden asumir servicios de radiodifusión y comunicación bidireccional en un sistema celular. De hecho, la componente de satélite es más ventajosa que la componente terrenal para la entrega del mismo contenido a lo largo y ancho de una amplia zona geográfica.

2.2.1.1 Constelación

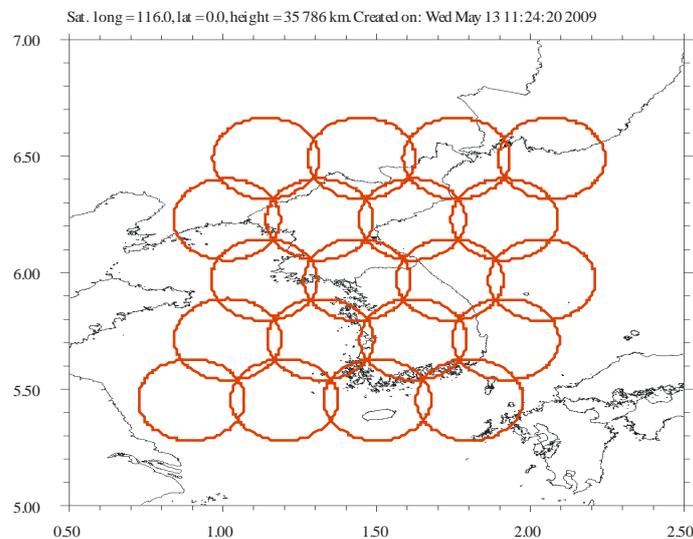
Esta interfaz puede asumir diversos tipos de constelaciones de satélites, es decir, órbita terrestre baja (LEO), órbita terrestre alta (HEO), órbita terrestre media (MEO) u OSG. Hay que señalar, no obstante, que las descripciones de las cláusulas siguientes se basan principalmente en el tipo de constelación OSG.

2.2.1.2 Satélites

Se prevén varias arquitecturas en función de los requisitos de caudal, por ejemplo, configuraciones de haz mundial, multihaz y multisatélite. En la Fig. 2.2 se muestra un ejemplo de configuración multihaz, que se utiliza para estimar las características del sistema, incluidas las especificaciones RF.

FIGURA 2.2

Ejemplo de configuración multihaz con una antena de satélite de 24 m



M.2047-2-02

2.2.2 Descripción del sistema

2.2.2.1 Características de servicio

Como se muestra en el Cuadro 2.1, esta interfaz radioeléctrica puede ofrecer a los usuarios móviles la amplia gama de servicios de telecomunicaciones indicada en la Recomendación UIT-R M.1822.

CUADRO 2.1

Servicios que se pueden soportar

Clases de experiencias de usuario	Clases de servicios	Ejemplos de servicios
Conversacional	Conversacional básica	Telefonía vocal (incluida VoIP). Llamada de emergencia. Presione para hablar.
	Conversacional enriquecida	Videoconferencia. Telefonía vídeo de alta calidad. Telecolaboración. Cibereducación (por ejemplo, llamada vídeo a profesores). Consulta (por ejemplo, interacción vídeo con los médicos). Comercio móvil.
	Conversacional con escaso retardo	Juegos interactivos. Consulta. Servicios prioritarios.
Interactiva	Interactiva con gran retardo	Cibereducación (por ejemplo, búsqueda de datos). Consulta (por ejemplo, búsqueda de datos). Navegación en Internet. Comercio móvil. Servicios basados en la ubicación. Servicios habilitados por ITS.
	Interactiva con escaso retardo	Llamada de emergencia. Correo electrónico (acceso a servidores IMAP). Telecolaboración (por ejemplo, compartición de computadores de mesa). Alerta pública (por ejemplo, con retroalimentación). Mensajería (mensajería instantánea). Radiodifusión/multidistribución móvil (televisión móvil interactiva adaptada a las características del usuario). Juegos interactivos.
Transmisión secuencial	Transmisión secuencial en directo	Llamada de emergencia. Alerta pública. Cibereducación (por ejemplo, telelectura). Consulta (por ejemplo, telesupervisión). Máquina a máquina (por ejemplo, observación). Radiodifusión/multidistribución móvil. Multimedios.
	Transmisión secuencial diferida	Radiodifusión/multidistribución móvil. Cibereducación (por ejemplo, películas educativas). Multimedios. Comercio móvil. Telecolaboración.

CUADRO 2.1 (Fin)

Clases de experiencias de usuario	Clases de servicios	Ejemplos de servicios
Funcionamiento interno	Funcionamiento interno	Mensajería. Videomensajería. Alerta pública. Correo electrónico (transferencia RX/TX, por ejemplo, POP). Máquina a máquina. Transferencia/descarga de ficheros. Cibereducación (descarga/carga de ficheros). Consulta (descarga/carga de ficheros). Navegación en Internet. Servicios basados en la ubicación.

La calidad de servicio (QoS) de los diversos servicios de telecomunicaciones soportados por esta interfaz diferirá de la de la componente terrenal de las IMT-Avanzadas a causa de las características propias del satélite, como el amplio retardo de ida y vuelta. En esta interfaz, el retardo de transferencia máximo en un sentido para los servicios en tiempo real en el nivel de transporte portador puede ser inferior a 400 ms en la gama de valores de BER entre 1×10^{-3} y 1×10^{-7} .

2.2.2.2 Características del sistema

En el Cuadro 2.2 se indican las principales características técnicas de esta interfaz radioeléctrica.

CUADRO 2.2

Principales características técnicas de SAT-OFDM

Técnica de acceso múltiple	OFDMA (enlace descendente), SC-FDMA (enlace ascendente)
Técnica dúplex	Duplexación por división de frecuencia (FDD)
Velocidad de chip	Múltiplo o submúltiplo de 3,84 Mcps
Separación entre subportadoras	15 kHz
Separación entre portadoras	1,3, 3, 5, 10, 15, 20 MHz
Longitud de trama	10 ms
Sincronización entre puntos	No se necesita una sincronización precisa (se necesita una sincronización precisa para la coordinación entre haces)
Velocidad múltiple/variable	Modulación y velocidad de codificación variables + multicapa
Codificación del canal	Codificación convolucional 1/3 Codificación turbo 1/3

2.2.2.3 Características del terminal

Existen diversos tipos de equipos de usuario, a saber: móviles, portátiles, en vehículos, transportables y aeronáuticos. En el Cuadro 2.3 se describe la velocidad de datos y la restricción de movilidad de cada tipo de terminal. Para evaluar la capacidad máxima es necesario distinguir entre las velocidades de datos del enlace directo y del de retorno.

CUADRO 2.3

Restricciones de movilidad de cada tipo de terminal

Tipo de terminal	Velocidad de datos de los servicios aplicados (enlace de retorno) (bps/(Hz·layer))	Velocidad de datos de los servicios aplicados (enlace directo) (bps/(Hz·layer))	Restricción de movilidad nominal (km/h)
Móvil (clase 3)	$\leq 0,089$	$\leq 1,556$	500
Portátil	$\leq 1,156$	$\leq 1,556$	500
Vehicular	$\leq 1,556$	$\leq 1,556$	500 (máximo 1 000)
Transportable	$\leq 1,556$	$\leq 1,556$	Estático

2.2.2.4 Traspaso

Esta interfaz radioeléctrica permite el traspaso de comunicaciones de un radiocanal de satélite a otro. La estrategia utilizada es el traspaso por decisión de la red asistida por el móvil.

Sólo se admite el traspaso sin continuidad.

Los tipos de traspaso más comunes en el sistema son los siguientes.

Traspaso de haz

El UE mide periódicamente el nivel del símbolo $C/(N + I)$ de referencia procedente de los haces adyacentes y comunica esa información a la RAN de satélite. En función de esas mediciones, el haz de satélite que presta el servicio empieza a preparar el traspaso, que puede conllevar un intercambio de señalización entre el haz que presta el servicio y el haz objetivo, y el control de admisión del UE en el haz objetivo. Una vez finalizada con éxito la preparación del traspaso, se adopta la decisión de traspaso y se envía consecuentemente la instrucción al UE. Se liberará la conexión entre el UE y el haz que presta el servicio, y el UE intentará sincronizarse y acceder al haz objetivo utilizando el canal de acceso aleatorio.

Traspaso entre satélites

El procedimiento es análogo al del traspaso entre haces. La única diferencia es que el UE también debe buscar las distintas identidades del símbolo de referencia específico del satélite.

Traspaso entre frecuencias

En general el traspaso entre frecuencias puede no ser necesario. La decisión de este traspaso la toma la RAN de satélite sin ayuda del UE (es decir, que no se trata de un traspaso asistido por el móvil).

En el enlace inverso, la RAN de satélite puede en su lugar combinar todas las señales recibidas del mismo UE a través de diversos haces y/o satélites.

2.3 Especificaciones de RF**2.3.1 Satélite (estación espacial)**

En el Cuadro 2.4 se resumen las características del satélite consideradas durante la evaluación del rendimiento.

CUADRO 2.4

Arquitectura de satélite multihaz con una antena de satélite de 24 m

Número de haces puntuales	20
Frecuencia del enlace descendente (satélite-UE) (MHz)	2 170-2 200
Polarización	LHCP o RHCP
p.i.r.e. por portadora a bordo (dBW)	73
Frecuencia del enlace ascendente (UE-satélite) (MHz)	1 980-2 010
Polarización	LHCP o RHCP
Ganancia de la antena receptora (dB)	≤ 50

2.3.2 Estación terrena móvil (ETM)

La estación terrena móvil también se denomina equipo de usuario (EU), que puede ser de varios tipos:

Teléfono móvil 3G normalizado: la utilización en un entorno de satélite exige la adaptación y la flexibilidad de frecuencias en la banda del SMS. Se parte de la hipótesis de que el equipo de usuario tiene una clase de potencia 1, 2 y 3, y que está equipado con una antena omnidireccional normal.

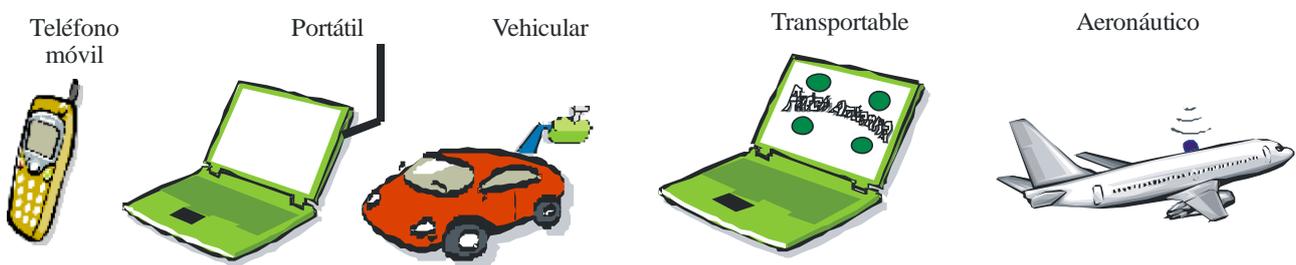
Portátil: consiste en un PC portátil al que se le conecta una antena externa.

Vehicular: la configuración vehicular consiste en colocar un módulo RF en el techo de un automóvil conectado al equipo de usuario del salpicadero.

Transportable: la configuración transportable consiste en un computador portátil con una antena plana integrada (que se orienta manualmente en la dirección del satélite).

Aeronáutico: la configuración aeronáutica consiste en colocar una antena en la parte superior del fuselaje.

FIGURA 2.3
Configuración del UE



1850-82

En el Cuadro 2.5 se resumen las características de potencia y ganancia para las cuatro configuraciones del equipo de usuario.

CUADRO 2.5

Características del UE

Tipo de EU	Potencia máxima de transmisión	Ganancia de la antena de referencia	p.i.r.e máxima	Temperatura de la antena	G/T
Teléfono 3G					
Clase 1	2 W (33 dBm)	0 dBi	3 dBW	290 K	-24,6 dB/K
Clase 2	500 mW (27 dBm)		-3 dBW		
Clase 3	250 mW (24 dBm)		-6 dBW		
Portátil	2 W (33 dBm)	2 dBi	5 dBW	200 K	-21 dB/K
Vehicular	8 W (39 dBm)	4 dBi	13 dBW	250 K	-20 dB/K
Transportable	2 W (33 dBm)	14 dBi	17 dBW	200 K	-9 dB/K

2.4 Especificaciones de la banda base

2.4.1 Acceso múltiple

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 4.2.1 de TTAT.3G-36.201¹, elaborado por TTA.

Además, las siguientes especificaciones tienen por objetivo la adaptación a las condiciones propias del satélite o a mejorar el rendimiento del sistema de satélite.

Para soportar la transmisión en el espectro aparejado de la banda de 2 GHz, se soporta un modo dúplex: la duplexación por división de frecuencia (FDD), que soporta el funcionamiento el dúplex completo y semidúplex.

Con el modo mejorado, en el enlace descendente también se soporta la multiplexación por división de frecuencia en portadora única (SC-FDM) con un prefijo cíclico. Pueden encontrarse más detalles al respecto en la § 2.4.6.6.

Con el modo mejorado, en el enlace ascendente también se soportan bloques de recursos de menos de 180 kHz para los terminales móviles con limitación de potencia en el enlace ascendente. Pueden encontrarse más detalles al respecto en la § 2.4.6.5.

2.4.2 Descripción general de la transmisión en banda base

En las Figs. 2.4 y 2.5 se ilustran las transmisiones SAT-OFDM de enlace descendente y enlace ascendente. SAT-OFDM tiene básicamente los mismos bloques de transmisión que la interfaz radioeléctrica de LTE Versión 8 de 3GPP, aunque algunos bloques están modificados y se añaden otros nuevos para conformarse a las características propias del satélite.

¹ La norma TTAT 3G-36.201 es una transposición del documento 3GPP TS 36.201 [http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.201\(R8-8.3.0\).zip](http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.201(R8-8.3.0).zip). TTA es una de las Organizaciones de Transposición de las especificaciones de LTE(-Avanzada) de 3GPP.

FIGURA 2.4

Transmisiones de enlace descendente en SAT-OFDM

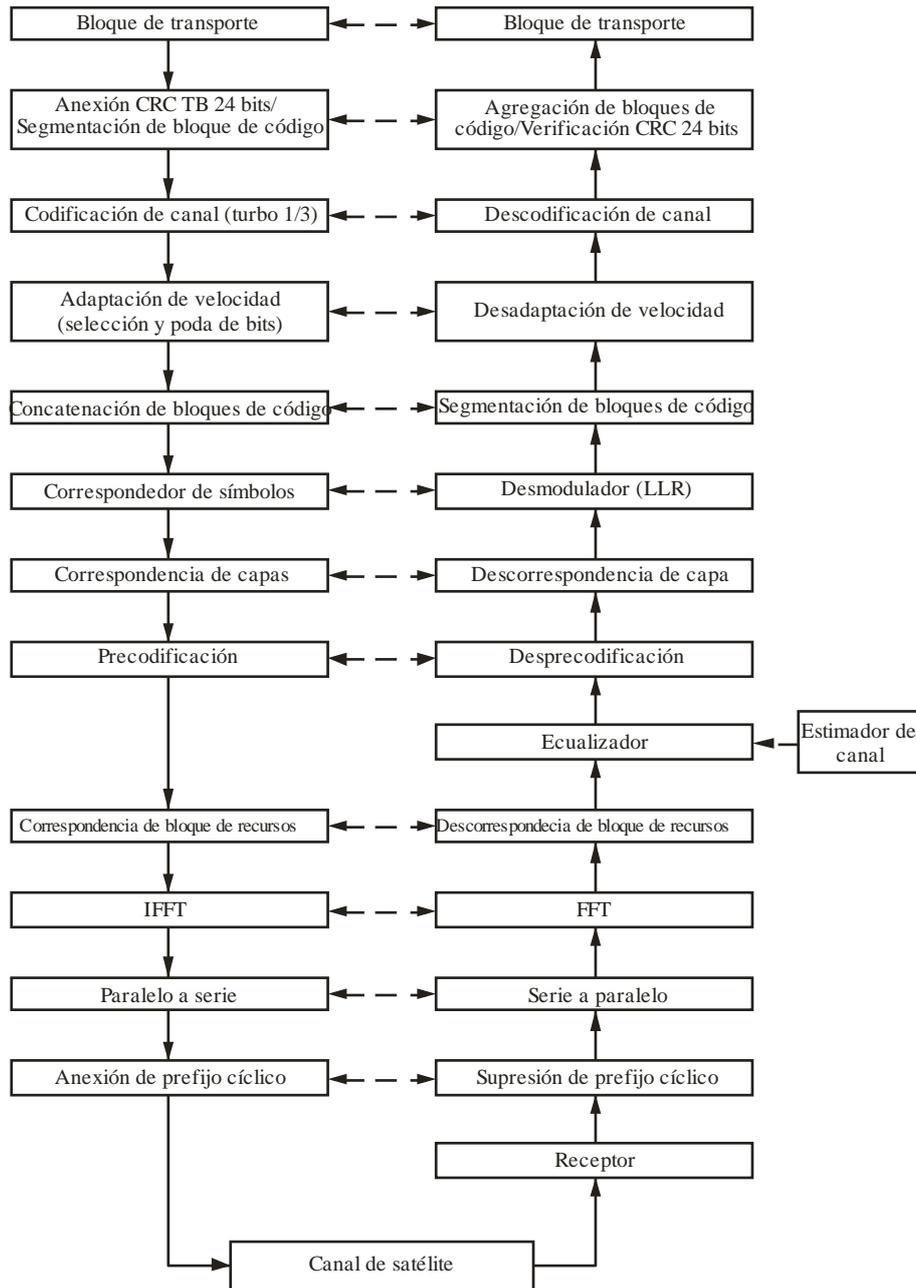


FIGURA 2.5
Transmisiones de enlace ascendente en SAT-OFDM



2.4.3 Canales físicos y relaciones de temporización

En SAT-OFDM se definen los siguientes canales físicos.

- Enlace descendente
 - Canales físicos: datos de usuario, control, información
 - PDSCH (Canal físico compartido de enlace descendente)
 - PMCH (Canal físico de multidifusión)
 - PDCCH (Canal físico de control de enlace descendente)
 - PBCH (Canal físico de radiodifusión)
 - PCFICH (Canal físico de indicador de formato de control)
 - PHICH (Canal físico de indicador de ARQ híbrida).
 - Señales físicas: búsqueda de célula, estimación de canal
 - RS (Señal de referencia)
 - SCH (Señal de sincronización).
- Enlace ascendente
 - Canales físicos: datos de usuario, control
 - PUSCH (Canal físico compartido de enlace ascendente)
 - PUCCH (Canal físico de control de enlace ascendente)
 - PSRACH (Canal físico de acceso aleatorio al satélite).
 - Señales físicas: estimación de canal
 - RS (Señal de referencia).

2.4.3.1 Estructura de trama

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 4 de TTAT.3G-36.211² de TTA.

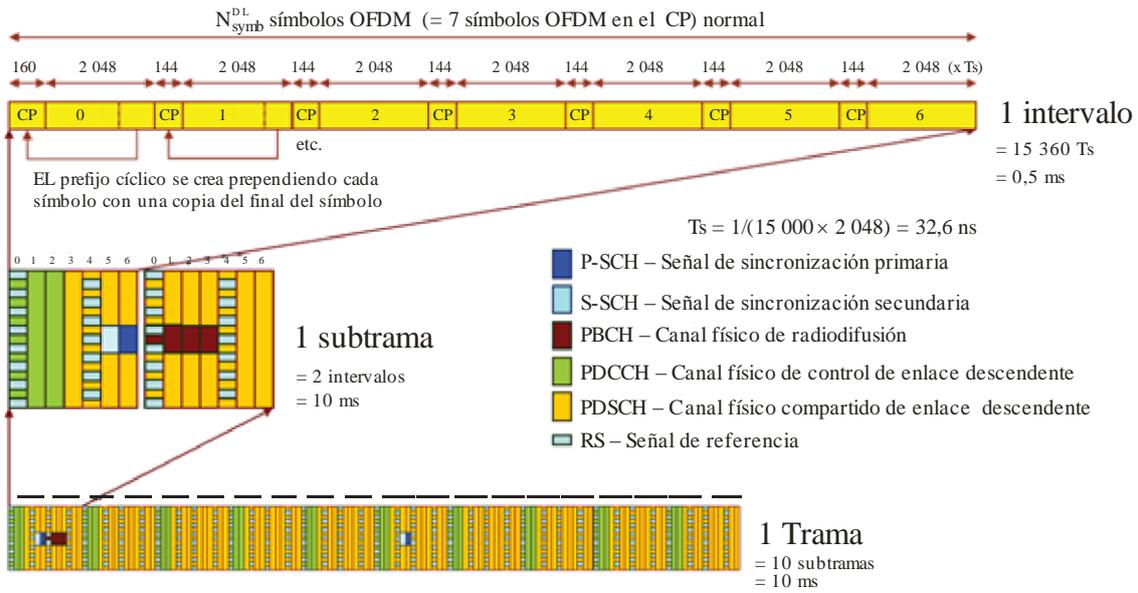
Además, para la adaptación a las condiciones propias del satélite o mejorar el rendimiento del sistema de satélite, sólo se soporta la estructura de trama tipo 1, aplicable a FDD.

En las Figs. 2.6 y 2.7 se muestran las estructuras de trama de enlace descendente y de enlace ascendente de SAT-OFDM con siete símbolos OFDM en el prefijo cíclico normal.

² La norma TTAT.3G-36.211 es una transposición del documento TS 36.211 de 3GPP
[http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.211\(R8-8.6.0\).zip](http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.211(R8-8.6.0).zip).

FIGURA 2.6

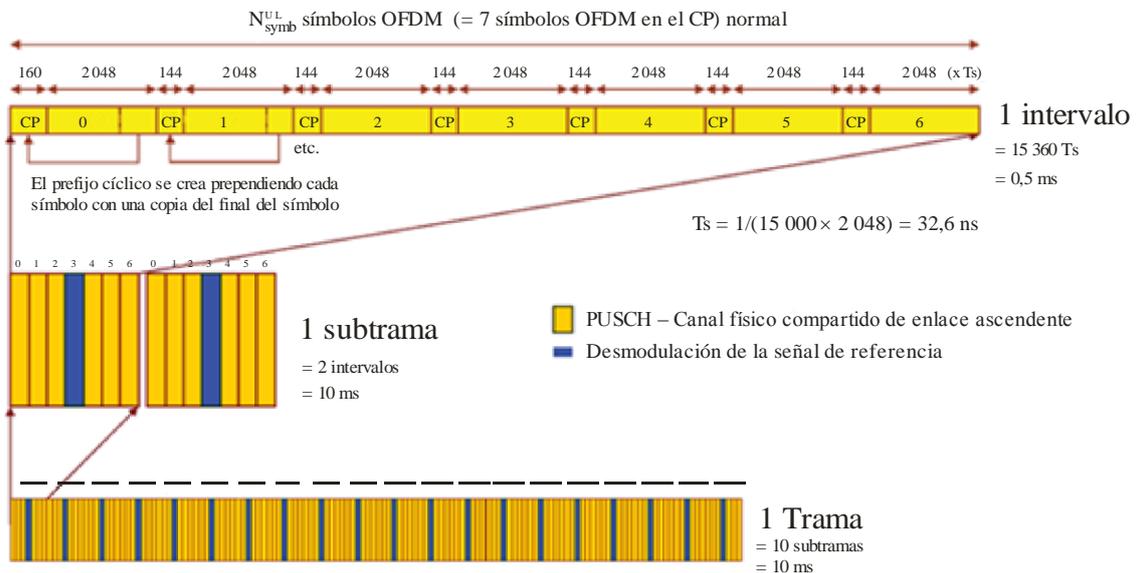
Estructura de trama de enlace descendente de SAT-OFDM



M.2047-2-06

FIGURA 2.7

Estructura de trama de enlace ascendente de SAT-OFDM



M.2047-2-07

2.4.3.2 Canales físicos de enlace ascendente

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.1 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.2.1 Estructura de intervalos y recursos físicos

2.4.3.2.1.1 Red de recursos

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.2.1 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.2.1.2 Elementos de recursos

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.2.2 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.2.1.3 Bloques de recursos

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.2.3 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

Además, se especifica lo siguiente con fines de adaptación a las condiciones propias del satélite o para mejorar el rendimiento del sistema de satélite.

En el modo mejorado, también se soporta en el enlace ascendente un bloque de recursos físico de banda estrecha correspondiente a 2 intervalos de 90 kHz, 4 intervalos de 45 kHz y 6 intervalos de 30 kHz en los dominios de tiempo y frecuencia, respectivamente.

2.4.3.2.2 Canal físico compartido de enlace ascendente

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.3 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.2.2.1 Aleatorización

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.3.1 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.2.2.2 Modulación

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.3.2 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

Además, con fines de adaptación a las condiciones propias del satélite o para mejorar el rendimiento del sistema de satélite, no se soporta el esquema de modulación 64QAM.

CUADRO 2.6

Esquemas de modulación de enlace ascendente

Canal físico	Esquemas de modulación
PUSCH	QPSK, 16QAM

2.4.3.2.2.3 Precodificación de transformada

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.3.3 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.2.2.4 Correspondencia con los recursos físicos

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.3.4 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

Además, con fines de adaptación a las condiciones propias del satélite o para mejorar el rendimiento del sistema de satélite, no se considera el funcionamiento TDD.

2.4.3.2.3 Canal físico de control de enlace ascendente

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.4 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.2.4 Señales de referencia

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.5 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

Además, con fines de adaptación a las condiciones propias del satélite o para mejorar el rendimiento del sistema de satélite, no se considera el funcionamiento TDD para la señal de sondeo de referencia en la cláusula 5.5.3 de TTAT.3G-36.211.

2.4.3.2.5 Generación de señal en banda base SC-FDMA

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.6 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.2.6 Canal físico de acceso aleatorio

2.4.3.2.6.1 Funcionamiento en modo normal

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.7.1 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

Además, con fines de adaptación a las condiciones propias del satélite o para mejorar el rendimiento del sistema de satélite, no se considera un canal físico de acceso aleatorio para TDD.

2.4.3.2.6.2 Funcionamiento en modo mejorado

En el modo mejorado, se definen nuevos preámbulos RA para mejorar la capacidad del sistema en el entorno de satélite. En el Cuadro 2.7 se enumeran los valores de parámetro, que están determinados por la configuración de acceso aleatorio. El formato de preámbulo está controlado por las capas superiores.

CUADRO 2.7

Parámetros de preámbulo de acceso aleatorio

Formato de preámbulo	T_{CP}	T_{SEQ}
4	$9 \cdot 6240 \cdot T_s$	$3 \cdot 24576 \cdot T_s$
5	$3 \cdot 21024 \cdot T_s$	$6 \cdot 24576 \cdot T_s$

Si está desencadenada por la capa MAC, la transmisión de un preámbulo de acceso aleatorio se limita a determinados recursos de tiempo y frecuencia. Esos recursos se enumeran conforme al orden creciente del número de subtrama dentro de la trama radioeléctrica y de los bloques de recursos físicos en el dominio de frecuencia, de tal manera que el índice 0 corresponde al bloque de recurso físico y de subtrama de número más bajo en la trama radioeléctrica. Los recursos PRACH dentro de la trama radioeléctrica se denominan de acuerdo con el índice de recursos PRACH.

El acceso aleatorio de capa física se configura con los dos formatos de preámbulo indicados en el Cuadro 2.7 y las subtramas donde se permite la transmisión de preámbulo de acceso aleatorio para una determinada configuración de trama de estructura tipo 1. La configuración del parámetro índice de PRACH depende de las capas superiores. El inicio del preámbulo de acceso aleatorio debe alinearse con el inicio de la subtrama de enlace ascendente correspondiente en el UE. Para determinadas configuraciones PRACH, el UE puede, con fines de traspaso, asumir un valor absoluto de la diferencia de tiempo relativa entre la trama radioeléctrica i en el haz actual y en el haz objetivo.

Para la configuración de PRACH las oportunidades de acceso aleatorio se alinearán en primer lugar en tiempo y posteriormente en frecuencia, única y exclusivamente si la multiplexación de tiempo no basta para abarcar todas las oportunidades de una configuración PRACH necesaria para un determinado valor de densidad PRACH por cada 10 ms sin solapamiento en el tiempo.

Para los formatos de preámbulo 5 y 6, la multiplexación de frecuencia se realizará de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$n_{\text{PRB}}^{\text{RA}} = \begin{cases} n_{\text{PRBoffset}}^{\text{RA}} + 2 \left\lfloor \frac{f_{\text{RA}}}{2} \right\rfloor, & \text{si } f_{\text{RA}} \bmod 2 = 0, \\ N_{\text{RB}}^{\text{UL}} - 2 - n_{\text{PRBoffset}}^{\text{RA}} - 2 \left\lfloor \frac{f_{\text{RA}}}{2} \right\rfloor, & \text{en caso contrario,} \end{cases}$$

donde:

$N_{\text{RB}}^{\text{UL}}$: número de bloques de recursos de enlace ascendente

f_{RA} : índice de frecuencia de recursos PRACH dentro del punto del dominio de tiempo considerado

$n_{\text{PRB}}^{\text{RA}}$: primer bloque de recursos físicos atribuidos a la oportunidad PRACH considerada y donde el parámetro prach-Frequency Offset

$n_{\text{PRBoffset}}^{\text{RA}}$: primer bloque de recursos físicos para PRACH expresado como número de bloque de recurso físico configurado por las capas superiores y que cumpla la condición $0 \leq n_{\text{PRBoffset}}^{\text{RA}} \leq N_{\text{RB}}^{\text{UL}} - 2$.

Los preámbulos de acceso aleatorio están generados a partir de secuencias Zadoff-Chu con cero zonas de correlación, generadas a partir de una o varias secuencias Zadoff-Chu raíz. La red configura el conjunto de secuencias de preámbulo que el UE puede utilizar.

En cada haz hay 64 preámbulos disponibles. El conjunto de 64 secuencias de preámbulo de un haz se encuentra incluyendo la primera, en orden de desplazamiento cíclico ascendente, de todos los desplazamientos cíclicos disponibles de una secuencia Zadoff-Chu raíz con índice lógico RACH_ROOT_SEQUENCE, donde RACH_ROOT_SEQUENCE se radiodifunde como parte de la información de sistema. En caso de que no se puedan generar 64 preámbulos a partir de una única secuencia Zadoff-Chu raíz, las secuencias de preámbulo adicionales se obtienen a partir de las secuencias raíz con índices lógicos consecutivos, hasta que se encuentren las 64 secuencias. El orden de secuencia raíz lógico es cíclico.

La señal de acceso aleatorio continua en el tiempo $s(t)$ se define con la siguiente fórmula:

$$s(t) = \beta_{\text{PRACH}} \sum_{k=0}^{N_{\text{ZC}}-1} \sum_{n=0}^{N_{\text{ZC}}-1} x_{u,v}(n) \cdot e^{-j \frac{2\pi k n}{N_{\text{ZC}}}} \cdot e^{j 2\pi (k + \varphi + K(k_0 + \frac{1}{2})) N_{\text{sc}} (t - T_{\text{CP}})},$$

donde:

$$0 \leq t < T_{\text{SEQ}} + T_{\text{CP}}$$

β_{PRACH} : factor de escala de amplitud para ajustarse a la potencia del transmisor

$x_{u,v}(n)$: preámbulos de acceso aleatorio

$$k_0 = n_{\text{PRB}}^{\text{RA}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}} - N_{\text{RB}}^{\text{UL}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}} / 2$$

La ubicación en el dominio de frecuencia está controlada por el parámetro n_{PRB}^{RA} , que es el primer bloque de recursos físicos atribuido a la oportunidad PRACH considerada. El factor $K = \Delta f / \Delta f_{RA}$ tiene en cuenta la diferencia de espaciamiento de subportadoras entre el preámbulo de acceso aleatorio y la transmisión de los datos de enlace ascendente. La variable Δf_R , espaciamiento de subportadoras del preámbulo de acceso aleatorio, y la variable φ , desviación fija que determina la ubicación en el dominio de frecuencia del preámbulo de acceso aleatorio dentro de los bloques de recursos físicos, se definen en el Cuadro 2.8.

CUADRO 2.8

Parámetros de banda base de acceso aleatorio

Formato de preámbulo	Δf_{RA}	φ
4-5	416,67 Hz	-6

2.4.3.2.7 Modulación y conversión ascendente

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.8 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.3 Canales físicos de enlace descendente

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6.1 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.3.1 Estructura de intervalo y recursos físicos

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6.1 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

Además, con fines de adaptación a las condiciones propias del satélite o para mejorar el rendimiento del sistema de satélite, no se considera la subcláusula 6.2.6 en lo que respecta al periodo de guarda para el funcionamiento TDD.

2.4.3.3.2 Estructura general de los canales físicos de enlace descendente

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6.3 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

CUADRO 2.9

Esquema de modulación

Canal físico	Esquemas de modulación
PDSCH	QPSK, 16QAM
PMCH	QPSK, 16QAM

Además, se especifica lo siguiente con fines de adaptación a las condiciones propias del satélite o para mejorar el rendimiento del sistema de satélite.

No se soporta el esquema de modulación 64QAM.

En el modo mejorado, se definen además los siguientes pasos para la señal de banda base que representa un canal físico de enlace descendente:

- intercalado largo de los símbolos de modulación de valor complejo en varias subtramas (los detalles se especifican en la cláusula 2.4.6.1);
- generación de la señal SC-FDM del dominio de tiempo de valor complejo para cada puerto de antena (los detalles se especifican en la cláusula 2.4.6.6).

En el modo mejorado, también se añade la precodificación para la diversidad de transmisión cooperativa con componentes terrenas complementarias (CGC) a fin de mejorar el rendimiento en una configuración CGC de satélite integrada (los detalles se especifican en la cláusula 2.4.6.4).

2.4.3.3.3 Canal físico compartido de enlace descendente

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6.4 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.3.4 Canal físico de multidifusión

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6.5 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.3.5 Canal físico de radiodifusión

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6.6 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.3.6 Canal físico de indicador de formato de control

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6.7 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.3.7 Canal físico de control de enlace descendente

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6.8 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.3.8 Canal físico de indicador de ARQ híbrida

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6.9 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.3.9 Señal de referencia

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6.10 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.3.9.1 Señales de referencia específicas de la célula

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6.10.1 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.3.9.2 Señales de referencia MBSFN

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6.10.2 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.3.9.3 señales de referencia específicas del UE

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6.10.3 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.3.10 Señal de sincronización

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6.11 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.3.10.1 Señal de sincronización primaria

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6.11.1 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.3.10.2 Señal de sincronización secundaria

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6.11.2 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.3.11 Generación de la señal de banda base OFDM

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6.12 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.3.12 Modulación y conversión ascendente

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6.13 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

2.4.3.4 Temporización

2.4.3.4.1 Temporización de tramas de enlace ascendente-descendente

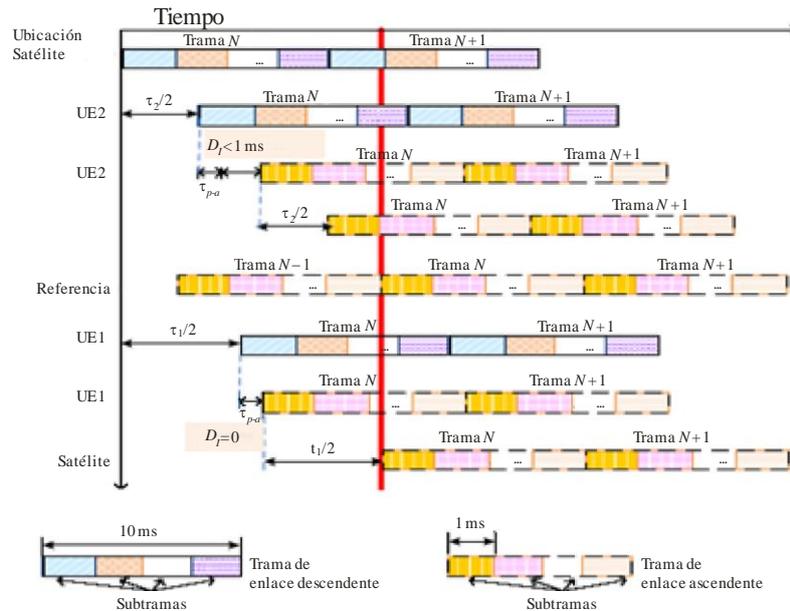
La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 8 de TTAT.3G-36.211 de TTA.

Además, con fines de adaptación a las condiciones propias del satélite o para mejorar el rendimiento del sistema de satélite, se especifica lo siguiente.

La atribución de recursos se ha de efectuar para satisfacer la temporización de tramas de enlace ascendente-descendente definida en la cláusula 8 de TTAT.3G-36.211. En la Fig. 2.8 se muestra un método de atribución de recursos previsto a tal efecto, habida cuenta de las condiciones propias del satélite. UE1 y UE2 representan terminales ubicados en el borde y en el centro del haz, respectivamente. Por consiguiente, UE1 y UE2 tienen, respectivamente, el máximo y el mínimo retardo de ida y vuelta (RTD), por lo que $\Delta t_{1,2}$ tiene el valor máximo de todos los $\Delta t_{i,j}$ disponibles. La referencia de temporización se fija para la transmisión de enlace ascendente con respecto al RTD del UE1. Con esta referencia UE1 puede transmitir su señal ascendente en cuanto reciba la información de atribución de recursos por el enlace descendente, es decir, $D_I = 0$. Por otra parte, para UE_j , $\Delta t_{i,j}$ se compensa utilizando el método de atribución de recursos modificado sin modificación alguna de la temporización de enlace ascendente-descendente de LTE terrenal. De hecho, el planificador de un satélite puede obtener la información de ubicación de cada UE a través de su propio ensayo de acceso aleatorio. Utilizando esta información, el planificador atribuye los recursos disponibles a las subtramas más adecuadas emparejadas con una subtrama de enlace descendente concreta. Por ejemplo, como se muestra en la Fig. 2.8, UE1 y UE2 reciben la señal de enlace descendente después de $t_1/2$ y $t_2/2$, respectivamente, siendo t_i el RTD de UE_i . El Planificador atribuye los recursos disponibles a la subtrama de referencia de enlace ascendente más adyacente justo después de que se haya recibido la señal de enlace descendente y se haya conmutado el retardo, t_{pro} . Dado que el planificador dispone de la información $\Delta t_{i,j}$, se puede resolver el problema de la ortogonalidad.

FIGURA 2.8

Atribución de recursos para la temporización de tramas de enlace ascendente-descendente



M.2047-2-08

2.4.3.4.2 Relación de temporización entre el PRACH y el AI del PDCCH

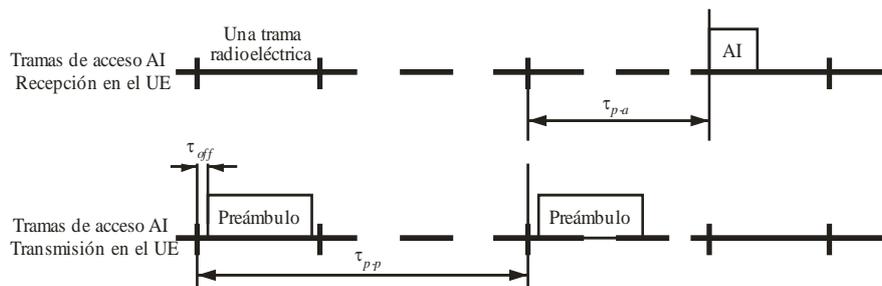
Las tramas de acceso PRACH de enlace ascendente están alineadas en el tiempo con la recepción de la trama de acceso indicador de adquisición (AI) del PDCCH de enlace descendente. La trama de acceso de enlace ascendente número n se transmite desde las subtramas ETM τ_{p-a} antes de que se reciba la trama de acceso de enlace descendente número n , $n = 0, 1, \dots, 9$. La relación de temporización PRACH/PDCCH se ilustra en la Fig. 2.9. La desviación de transmisión, τ_{off} , oscilará entre $-\tau_{off,máx}$ y $\tau_{off,máx}$, siendo $\tau_{off,máx}$ la máxima desviación de transmisión, señalizada por las capas superiores. La distancia preámbulo a preámbulo, τ_{p-p} , será mayor o igual a la mínima distancia preámbulo a preámbulo, $\tau_{p-p,mín}$. Además de $\tau_{p-p,mín}$, la distancia preámbulo a AI, τ_{p-a} , se define de la siguiente manera:

- cuando AI_Transmission_Timing está puesto a 0, $\tau_{p-p,mín} = 300$ subtramas (30 tramas radioeléctricas) y $\tau_{p-a} = 280$ subtramas (28 tramas radioeléctricas);
- cuando AI_Transmission_Timing está puesto a 1, $\tau_{p-p,mín} = 560$ subtramas (56 tramas radioeléctricas) y $\tau_{p-a} = 540$ subtramas (54 tramas radioeléctricas).

El parámetro AICH_Transmission_Timing está señalizado por las capas superiores.

FIGURA 2.9

Relación de temporización entre PRACH y AI, según se ve desde la ETM



M.2047-2-09

2.4.4 Multiplexación y codificación de canal

2.4.4.1 Correspondencia con los canales físicos

2.4.4.1.1 Enlace ascendente

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 4.1 de TTAT.3G-36.212³ de TTA.

2.4.4.1.2 Enlace descendente

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 4.2 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

2.4.4.2 Codificación, multiplexación e intercalado de canal

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

2.4.4.2.1 Procedimiento genérico

2.4.4.2.1.1 Cálculo de CRC

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.1.1 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

2.4.4.2.1.2 Segmentación de bloque de código y anexión CRC de bloque de código

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.1.2 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

2.4.4.2.1.3 Codificación de canal

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.1.3 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

2.4.4.2.1.3.1 Codificación convolucional con recorte de cola

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.1.3.1 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

³ La norma TTAT.3G-36.212 es una transposición del documento TS 36.212 de 3GPP
[http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.212\(R8-8.6.0\).zip](http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.212(R8-8.6.0).zip).

2.4.4.2.1.3.2 Codificación turbo

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.1.3.1 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

2.4.4.2.1.4 Adaptación de velocidad**2.4.4.2.1.4.1 Adaptación de velocidad para los canales de transporte con codificación turbo**

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.1.4.1 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

2.4.4.2.1.4.2 Adaptación de velocidad para canales de transporte con codificación convolucional e información de control

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.1.4.2 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

2.4.4.2.1.5 Concatenación de bloques de código

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.1.5 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

2.4.4.2.2 Canales de transporte e información de control de enlace ascendente**2.4.4.2.2.1 Canal de acceso aleatorio**

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.2.1 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

2.4.4.2.2.2 Canal compartido de enlace ascendente

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.2.2 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

Además, con fines de adaptación a las condiciones propias del satélite o para mejorar el rendimiento del sistema de satélite, se especifica lo siguiente.

No se considera el funcionamiento TDD.

En el modo mejorado, se añaden también 5 bits CQI de banda amplia, como se muestra en el Cuadro 2.10. Esta adición está destinada a la retroinformación de calidad del canal con informes CQI de banda amplia, y se utiliza para los modos transmisión 4 y 6.

CUADRO 2.10

Campo CQI de banda amplia para el modo mejorado

Campo	Ancho de bit			
	Dos puertos de antena		Cuatro puertos de antena	
	Rango = 1	Rango = 2	Rango = 1	Rango > 1
Palabra de código de CQI de banda amplia 0	5	5	5	5
Palabra de código de CQI de banda amplia 1	0	5	0	5

2.4.4.2.2.3 Información de control de enlace ascendente (UCI) en PUCCH

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.2.3 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

Además, con fines de adaptación a las condiciones propias del satélite o para mejorar el rendimiento del sistema de satélite, se especifica lo siguiente.

No se considera el funcionamiento TDD.

En el modo mejorado, se añade el campo memoria del receptor (RM) al HARQ-ACK (los detalles se especifican en la § 2.4.6.10).

En el modo mejorado, se añaden también 5 bits de CQI de banda amplia, como se muestra en los Cuadros 2.11 y 2.12. En el Cuadro 2.11 se define la retroinformación de calidad de canal para los informes CQI de banda amplia, y se utiliza para los modos de transmisión 1, 2, 3 y 7. El Cuadro 2.12 se utiliza para los modos de transmisión 4, 5 y 6.

CUADRO 2.11

Campo UCI para el modo mejorado (modos de transmisión 1, 2, 3 y 7)

Campo	Ancho de bit
CQI de banda amplia	5

CUADRO 2.12

Campo UCI para el modo mejorado (modos de transmisión 4, 5 y 6)

Campo	Ancho de bit			
	Dos puertos de antena		Cuatro puertos de antena	
	Rango = 1	Rango = 2	Rango = 1	Rango > 1
CQI de banda amplia	4	4	4	4

2.4.4.2.2.4 Información de control de enlace ascendente en PUCCH sin datos UL-SCH

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.2.4 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

2.4.4.2.3 Canales de transporte e información de control de enlace descendente

2.4.4.2.3.1 Canal de radiodifusión

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.3.1 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

2.4.4.2.3.2 Canal compartido, canal de radiobúsqueda y canal de multidifusión de enlace descendente

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.3.2 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

2.4.4.2.3.3 Información de control de enlace descendente (DCI)

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.2.3 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

Además, con fines de adaptación a las condiciones propias del satélite o para mejorar el rendimiento del sistema de satélite, se especifica lo siguiente.

No se considera el funcionamiento TDD.

En el modo mejorado, el número de bits indicadores en el formato 0 DCI se modifica para la agregación de portadora de satélite.

- Nuevo indicador de datos – 2 bits (se incrementa a 2 bits el 1 bit de la cláusula 5.3.3 de TTAT.3G-36.212).

En el modo mejorado, el número de bits indicadores en los formatos 1, 1A, 1B, 1D, 2, 2A y 2B DCI se modifica para la HARQ de satélite y la agregación de portadora de satélite.

- número de proceso HARQ – 9 bits (se incrementan a 9 bits los 3 bits de la cláusula 5.3.3 de TTAT.3G-36.212).
- Nuevo indicador de datos – 2 bits (se incrementa a 2 bits el 1 bit de la cláusula 5.3.3 de TTAT.3G-36.212).

2.4.4.2.3.4 Indicador de formato de control (CFI)

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.3.4 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

2.4.4.2.3.5 Indicador HARQ (HI)

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.3.5 de TTAT.3G-36.212 de TTA.

2.4.5 Procedimientos de la capa física

2.4.5.1 Búsqueda de haz

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 4.1 de TTAT.3G-36.213⁴ de TTA.

2.4.5.2 Sincronización de temporización

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 4.1 de TTAT.3G-36.213 de TTA.

Además, con fines de adaptación a las condiciones propias del satélite o para mejorar el rendimiento del sistema de satélite, se especifica lo siguiente.

El método de atribución de recursos para estos ajustes de temporización de la transmisión en entornos de satélite se especifica en la § 2.4.3.4.

⁴ La norma TTAT.3G-36.213 es una transposición del documento TS 36.213 de 3GPP
[http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.213\(R8-8.6.0\).zip](http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.213(R8-8.6.0).zip).

2.4.5.3 Control de potencia

2.4.5.3.1 Control de potencia de enlace ascendente

2.4.5.3.1.1 Funcionamiento en modo normal

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.1 de TTAT.3G-36.213 de TTA.

2.4.5.3.1.2 Funcionamiento en modo mejorado

El control de potencia de enlace ascendente se basa en las mediciones de la señal y su intensidad realizadas por el terminal mismo (control de potencia en bucle abierto), así como en las mediciones efectuadas por la estación base.

Aunque el enlace ascendente utiliza el acceso SC-FDMA ortogonal, un alto nivel de interferencia causado por los haces vecinos puede todavía limitar la cobertura del enlace ascendente si los UE de los haces vecinos no están controlados en potencia. El nivel medio de interferencia entre células recibido por el satélite se reduce efectivamente con el control de potencia lento de cada UE para compensar la pérdida de trayectos y el apantallamiento.

Para el enlace ascendente se aplica un algoritmo de control de potencia en bucle cerrado y en bucle abierto, combinados, según los eventos.

El control de potencia del enlace ascendente ajusta la potencia de transmisión del UE a fin de mantener la densidad espectral de potencia (PSD) de la transmisión a un determinado nivel objetivo para cada MCS, PSD_{target} . El control de potencia del enlace ascendente se realizará mientras la potencia de transmisión del UE está por debajo del nivel máximo de potencia de salida permitido.

Cualquier modificación de la potencia de transmisión del enlace ascendente se realizará inmediatamente antes del inicio de la trama. El UE deriva la modificación de la potencia con respecto a su valor anterior y su denotación es Δ_{UP} (dB).

La RAN de satélite debe estimar la densidad espectral de potencia, PSD_{est} , del SRS de enlace ascendente recibido, debe generar las instrucciones TPC y transmitir las instrucciones una vez por cada dos o más tramas, de acuerdo con la siguiente regla:

Definir la variable:

$\Delta_{\epsilon}(i)$: $PSD_{est} - PSD_{target}$ para un determinado nivel de MCS

$\Delta_p(i)$: escalón de control de potencia cuyo valor se determina de acuerdo con el TPC_cmd para la i ésima trama, donde el tamaño del escalón es [-1 dB 0 dB +1 dB +3 dB] bajo el control de la RAN de satélite

N_{frame} : retardo de bucle expresado en tramas.

Y entonces, se genera $\Delta_p(i)$ utilizando $\Delta_{\epsilon}(i)$ y los anteriores N_{frame} escalones de control de potencia, $\Delta_p(k)$, $k = i - N_{frame} - 1, \dots, i - 1$, de la siguiente manera:

Se calcula:

$$\Delta_{\epsilon,c} = \Delta_{\epsilon}(i) + \chi G_1 (PSD_{SRS}(i) - PSD_{SRS}(i-1)),$$

donde el indicador de compensación de retardo de bucle, G_1 ($0 \leq G_1 \leq 1$), es el parámetro de capa superior e idéntico para todas las ETM en el mismo haz. Cuando puede utilizarse SRS para la estimación de canal, el valor de χ es 1, y χ es cero en caso contrario:

- si $|\Delta_{\epsilon,c}| < \epsilon_T$ y $\Delta_{\epsilon,c} < 0$, $\Delta_p(i) = 1$ dB
- si $|\Delta_{\epsilon,c}| < \epsilon_T$ y $\Delta_{\epsilon,c} > 0$, $\Delta_p(i) = 0$ dB

- si $|\Delta_{\varepsilon,c}| < \varepsilon_T$ y $\Delta_{\varepsilon,c} < 0$, $\Delta_p(i) = 3$ dB
- si $|\Delta_{\varepsilon,c}| > \varepsilon_T$ y $\Delta_{\varepsilon,c} > 0$, $\Delta_p(i) = -1$ dB.

La ETM ajusta la potencia de transmisión del DSCCH de canal ascendente con un escalón de Δ_{UP} (dB) utilizando los dos escalones de control de potencia recibidos más recientemente, $\Delta_p(i)$ y $\Delta_p(I-1)$, de la siguiente manera:

$$\Delta_{UP} = \Delta_p(i) - \alpha \Delta_p(I-1)$$

donde α es idéntico al utilizado en el haz que da servicio y está señalizado por la capa superior.

2.4.5.3.2 Control de potencia de enlace descendente

2.4.5.3.2.1 Funcionamiento en modo normal

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 5.2 de TTAT.3G-36.213 de TTA.

2.4.5.3.2.2 Funcionamiento en modo mejorado

El control de potencia dinámico se aplica a los canales de control dedicados a un único UE o grupo de UE. No se facilita retroinformación sobre las instrucciones TPC en el enlace ascendente y la atribución de potencia se basa en la información sobre calidad del canal de enlace descendente que facilitan los UE. Pueden atribuirse distintos niveles de potencia a los diversos bloques de recursos utilizados para la transmisión de datos de manera semiestática a fin de soportar la coordinación de interferencia entre haces (IBIC). Además, se pueden definir dos niveles de potencia diferentes en los símbolos OFDM utilizados para la transmisión de los datos dentro de una subtrama a fin de mejorar la utilización de la potencia por la RAN de satélite. Sin embargo, no se pueden utilizar distintos niveles de potencia en los puertos de la antena para resolver el desequilibrio de potencia en el dominio espacial.

A fin de decidir cuál es el nivel MCS adecuado a partir de la información sobre la calidad del canal descendente, el UE puede utilizar un algoritmo de predicción que estima las futuras condiciones del canal tras el retardo de ida y vuelta. Puede realizarse la predicción de la variación del canal observando el rastro de las anteriores variaciones del canal común en el conjunto activo. A fin de soportar los UE que utilizan el algoritmo de predicción, las capas superiores señalan el retardo de ida y vuelta nominal del haz al que pertenece el UE. La RAN de satélite utiliza la variación de canal tras el retardo de ida y vuelta, Δ_{pred} , predicho.

$$\Delta_{pred} = G(PSD_{CSI-RS+PBCH+SCH}(i) - PSD_{CSI-RS+PBCH+SCH}(i-1)),$$

donde la ganancia de predicción, G , es el parámetro de capa superior y puede diferir para cada ETM en el mismo haz.

Básicamente se aplica el esquema de modulación y codificación adaptable (AMC) a la transmisión de enlace descendente, en lugar del control de potencia, que, no obstante, puede aplicarse a la transmisión de enlace descendente para mantener una PAPR baja, de la siguiente manera:

- Etapa 1: Supervisar los valores de desvanecimiento a gran escala (L_k) que experimentan los UE.
- Etapa 2: Contar el número de UE (N_u) donde $L_k > B_0$.
- Etapa 3: Si $N_u < B_1$, contar el número total de subportadoras (N_c) que utilizan N_u UE.

En caso contrario, se realiza el funcionamiento en modo AMC.

- Etapa 4: Si $N_c < B_2$, se realiza el control de potencia.
En caso contrario, se realiza el funcionamiento en modo AMC.

Donde los umbrales, B_0 , B_1 y B_2 están señalados por las capas superiores.

2.4.5.4 Procedimiento de acceso aleatorio

La referencia normativa de los contenidos de esta cláusula es la cláusula 6 de TTAT.3G-36.213 de TTA.

Además, con fines de adaptación a las condiciones propias del satélite o para mejorar el rendimiento del sistema de satélite, se especifica lo siguiente.

Se define un procedimiento de acceso aleatorio para un UE dotado de GPS. Un UE dotado de GPS puede predecir la magnitud del retardo de ida y vuelta a partir de su propia información de ubicación. Tras ajustar la temporización de enlace ascendente del UE a una fracción del prefijo cíclico de un preámbulo de acceso aleatorio, éste realiza la transmisión de acceso aleatorio con los mismos formatos de preámbulo que los de la LTE terrenal. El UE debe facilitar la información de temporización de enlace ascendente adaptada a la RAN de satélite seleccionando un grupo de secuencia de preámbulo adecuado a partir del Cuadro 2.13. Algunas de las 64 secuencias totales se configuran para el acceso aleatorio con contención y su información de agrupación está señalizada por las capas superiores.

CUADRO 2.13

Grupo de secuencia de preámbulo RA

Diferencia RTD a partir del centro del haz	Grupo de secuencia de preámbulo utilizado
Diferencia RTD ≤ 1 ms	Grupo de secuencia de preámbulo 1
Diferencia RTD ≤ 2 ms	Grupo de secuencia de preámbulo 2
Diferencia RTD ≤ 3 ms	Grupo de secuencia de preámbulo 3
Diferencia RTD ≤ 4 ms	Grupo de secuencia de preámbulo 4

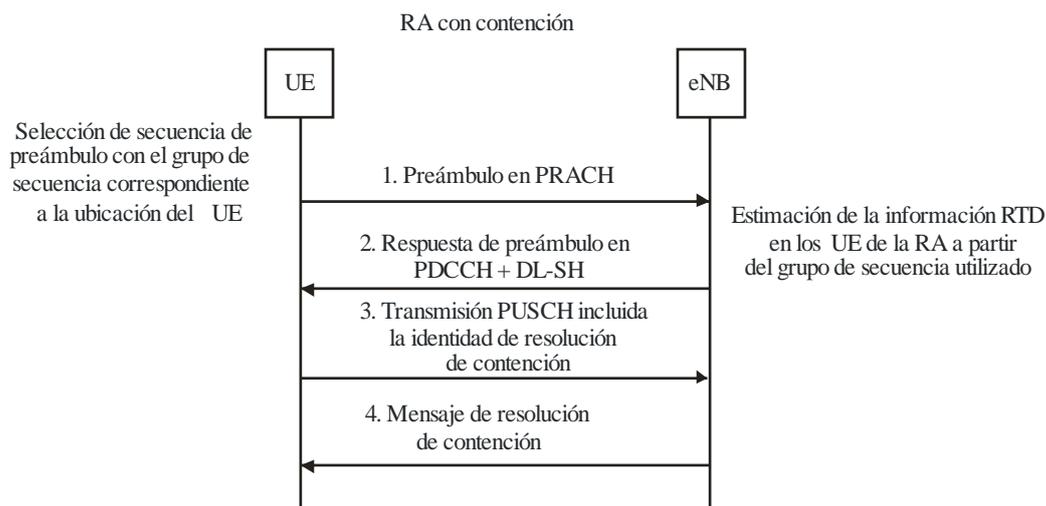
El acceso aleatorio a través de la agrupación de secuencia permite a la RAN de satélite estimar y, de ser necesario, ajustar la temporización de planificación de enlace ascendente del UE. A continuación se indican las etapas para el ajuste de la temporización de planificación de enlace ascendente del UE:

- La RAN de satélite estima el RTD del UE utilizando el preámbulo de acceso aleatorio recibido y el Cuadro 2.13.
- La RAN de satélite planifica la temporización de acceso del UE utilizando el RTD estimado.

Cuando la RAN de satélite recibe satisfactoriamente un preámbulo de acceso aleatorio, envía una respuesta de acceso aleatorio indicando que ha recibido satisfactoriamente el/los preámbulo(s) además de la información de avance horario (TA) y de atribución de recursos de enlace ascendente, habida cuenta del RTD al UE, como se muestra en la Fig. 2.10.

FIGURA 2.10

Procedimiento de acceso aleatorio con contención con grupos de secuencia de preámbulo



M.2047-2-10

2.4.6 Características propias del satélite para mejorar el rendimiento

SAT-OFDM tiene muchos puntos comunes con la interfaz radioeléctrica terrenal LTE, pero también ciertas diferencias. Se utilizan esas características, necesarias para reflejar las condiciones propias del satélite, como el amplio retardo de ida y vuelta. Para ello, se incluyen las siguientes técnicas para el funcionamiento en modo mejorado.

2.4.6.1 Intercalador de largo periodo para el funcionamiento AMC eficaz

Este esquema se utiliza para el funcionamiento AMC eficaz en entornos de satélite.

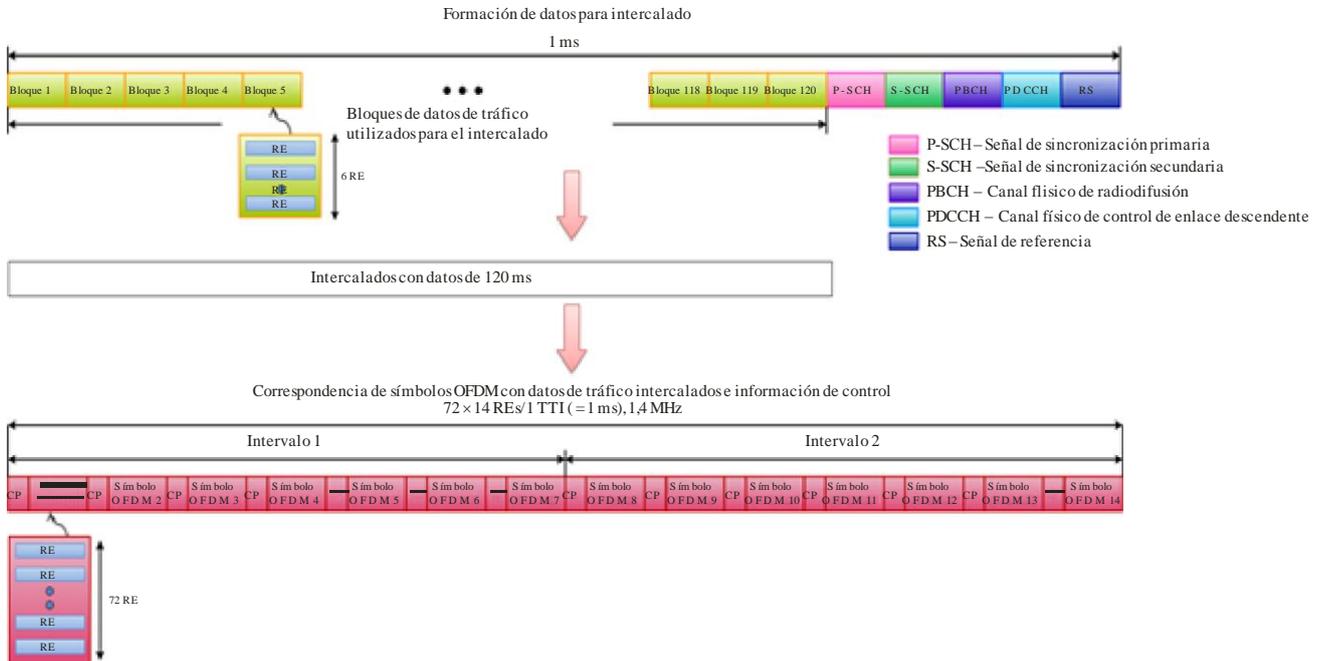
Habida cuenta del RTD de un sistema OSG, la AMC de los sistemas de satélite no puede contrarrestar eficazmente el desvanecimiento a corto plazo. Puede utilizarse con la AMC una técnica de intercalado de largo periodo para compensar el desvanecimiento a corto plazo.

Una vez realizada la codificación con una velocidad de código madre de $1/3$, se adapta la velocidad para producir diversas velocidades de código que se utilizarán de manera adaptada. Se aplica el intercalado a los bloques de datos compuestos de elementos de recursos (RE) de datos de tráfico después de la modulación de banda base y antes de establecer la correspondencia de bloques de recursos (RB) y la IFFT para la modulación OFDM.

En la Fig. 2.11 se muestra un ejemplo de formación de datos para el intercalado y la correspondencia de símbolos OFDM antes de la IFFT, cuando el tamaño del intercalador es 120 ms. En el ejemplo se asume que un único usuario está atribuido a seis RB, es decir, 720 elementos de recursos (RE) con un ancho de banda de 1,4 MHz. Los datos de tráfico contenidos en una palabra código de 1 ms se dividen en 120 bloques para el intercalado, y cada uno de esos bloques se denomina unidad de intercalado (IU). En la Fig. 2.12 se muestra la configuración del intercalador de bloque cuadrado correspondiente, que puede utilizarse para realizar el intercalado de la Fig. 2.11. Aunque en la Fig. 2.12 se muestra un intercalador de bloque, puede utilizarse un intercalador convolucional equivalente para reducir el tamaño de la mejoría del intercalador. Con el intercalador, una palabra código está formada por 120 IU, y cada IU contiene un número distinto de RE, en función del ancho de banda atribuido. En la Fig. 2.12 la notación C_1^2 en un único IU indica el segundo segmento de la primera palabra código. Cuando se aplica el intercalado, la transmisión se iniciará a partir del primer elemento de la primera columna y continuará hasta el último elemento de esa columna. A continuación, proseguirá con el primer elemento de la segunda columna y así sucesivamente hasta el

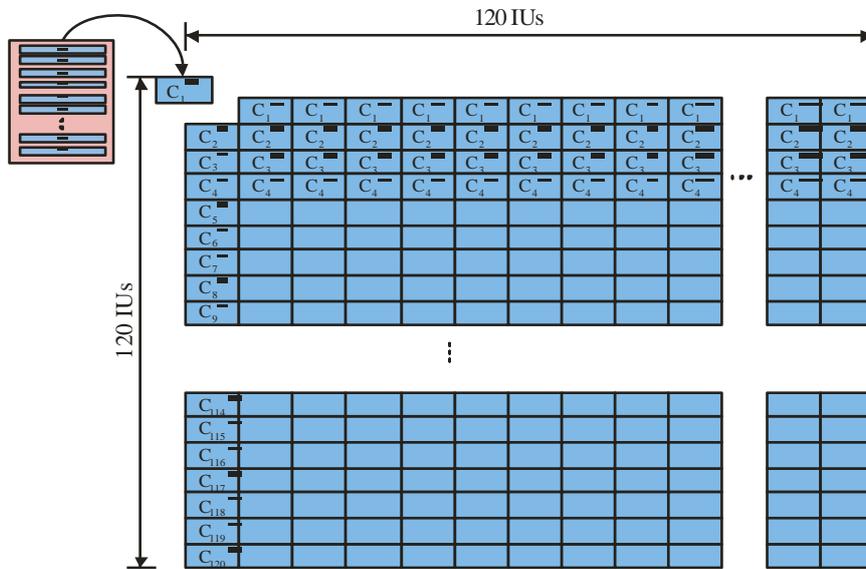
último elemento de la última columna. En el Cuadro 2.14 se muestran ejemplos de parámetros de intercalador, en función del ancho de banda atribuido.

FIGURA 2.11
Ejemplo de formación de datos para intercalado y correspondencia de símbolos OFDM



M.2047-2-11

FIGURA 2.12
Ejemplo de intercalador de bloque cuadrado



M.2047-2-12

CUADRO 2.14

Ejemplos de parámetros de intercalador de largo periodo

Ancho de banda atribuido (MHz)	Nº de RB	Nº de RE	Tamaño del intercalador (ms)	Nº de RE en una IU	Nº de IU/ms
1,4	6	720	120	6	120
			360	2	360
			720	1	720
3	15	1 800	120	15	180
			360	5	360
			1 800	1	1 800
5	25	3 000	120	25	120
10	50	6 000	120	50	120
15	75	9 000	120	75	120
20	100	12 000	120	100	120

La información de intercalador basada en el tipo de atribución de recursos y la información de mejora se intercambia entre los S-eNodeB y los UE para realizar el intercalado de largo periodo. La información del intercalador indica el identificador del intercalador (ID) que representa un tamaño de intercalador (N) y una unidad de intercalado (IU). En el Cuadro 2.15 se muestran los ID de intercalador.

CUADRO 2.15

ID de intercalador de largo periodo

ID de intercalador	N	IU
0001	120	1
0010	120	2
0011	120	3
0100	120	4
0101-1111	Reservado	Reservado

En concreto, el proceso de intercalado de símbolos comprende el intercalado de los datos de símbolo con un intercalador de un tamaño máximo de 120 IU con respecto a un único RB, cuando la información de tipo de atribución de recursos incluye el tipo 2 definido en la cláusula 7.1.6 de TTAT.3G-36.213.

La aplicación del intercalador de símbolos (de largo periodo) se basa en la información de servicio. El intercalador de largo periodo sólo puede aplicarse a los servicios en tiempo no real.

Para la transmisión continua con proceso de intercalado largo, se utiliza un temporizador de bits de relleno. Cuando no se introducen datos en la memoria intermedia del intercalador hasta que haya expirado el temporizador de bits de relleno, se pueden introducir en el intercalador de largo periodo datos aleatorios. Es decir, que cuando la memoria intermedia de intercalando no contiene nuevos datos y el temporizador aún no ha expirado, no se transmiten los datos.

2.4.6.2 Reutilización fraccional de frecuencias en múltiples haces

Este esquema se utiliza para soportar servicios de satélite de banda ancha y para incrementar la eficacia espectral en un sistema de satélite multihaz. También puede aplicarse sin modificar el chipset LTE en modo normal, porque es propio de la aplicación.

Para la reutilización fraccional de frecuencias (FFR) en múltiples haces, la RAN de satélite obtendrá la información de ubicación del UE a fin de distinguir los UE del centro del haz de los UE del borde del haz. La información de ubicación se determina durante el ensayo de acceso aleatorio de un UE con la ayuda del GPS instalado en el UE, o a partir de los valores SINR recibidos por el UE de los haces objetivo y adyacente.

La RAN de satélite recibe la información de temporización del UE a partir del ensayo de acceso aleatorio de la siguiente manera:

- si $\theta_1 < T_{\text{RTD_difference}} < \theta_2$, el UE está ubicado en la región central del haz;
- en caso contrario, el UE se encuentra en la región periférica del haz,

donde $T_{\text{RTD_difference}}$ es la diferencia de retardo de ida y vuelta entre el UE objetivo y el UE que tiene el mínimo retardo de ida y vuelta en el haz objetivo, y los valores umbral, θ_1 y θ_2 , son parámetros de capa superior.

Cuando un UE estima las SINR de enlace descendente recibidas de los haces objetivo y adyacente, la información de temporización del UE también puede darse de la siguiente manera:

- si $\theta_3 < \frac{\text{SINR recibida del haz objetivo}}{\text{SINR recibida de un haz adyacente}}$, el UE se encuentra en la región central del haz;
- en caso contrario, el UE se encuentra en la zona periférica del haz,

donde el valor umbral, θ_3 , es un parámetro de capa superior.

La información de ubicación obtenida por el UE se enviará a la RAN de satélite de la siguiente manera:

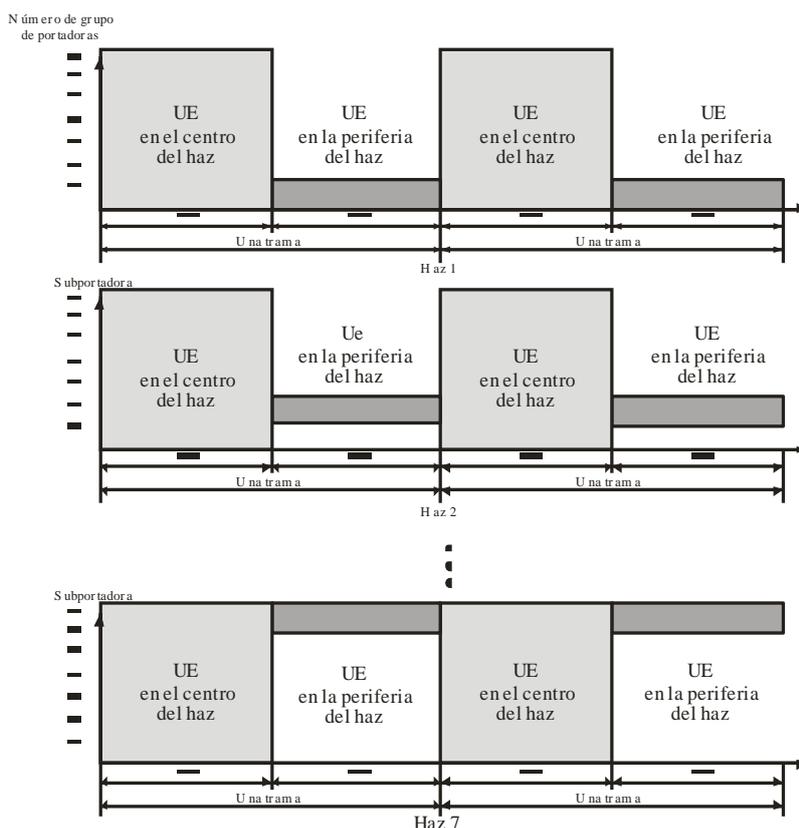
- si el UE está ubicado en la región central del haz, se envía «0»;
- si el UE está ubicado en la región periférica del haz, se envía «1».

En caso de que se aplique la reutilización fraccional de frecuencia en un sistema de satélite multihaz, cada uno de los haces se divide en dos regiones y cada trama debe dividirse en dos secciones temporales, T_1 y T_2 , en cada haz, como se muestra en la Fig. 2.13. La primera sección, T_1 , se atribuye a los UE del centro del haz y durante este periodo de tiempo todas las subportadoras se utilizan para la transmisión. Por otra parte, la segunda sección temporal, T_2 , se atribuye a los UE de la periferia del haz. Durante este periodo de tiempo, de todas las subportadoras sólo se utilizan las subportadoras fraccionales identificadas.

La identificación de las subportadoras fraccionales depende de las capas MAC. Los valores T_1 y T_2 están determinados por la capa superior, habida cuenta del caudal total del sistema y de la interferencia entre haces.

FIGURA 2.13

Estructura de trama para la reutilización fraccional de frecuencia



M.2047-2-13

2.4.6.3 Transmisión multihaz coordinada

Este esquema se utiliza para mejorar el rendimiento en la región periférica del haz y reducir la interferencia entre haces. También puede aplicarse sin modificar el chipset LTE en modo normal, porque depende de la aplicación en el transmisor de satélite.

Para la transmisión multipunto coordinada (CoMT) en múltiples haces, la RAN de satélite obtendrá la información de ubicación del UE a fin de distinguir los UE del centro del haz de los UE de la periferia del haz. La información de ubicación puede darse con la ayuda del GPS instalado en el UE o a partir de los valores SINR recibidos del haz objetivo y de dos haces adyacentes por el UE.

Cuando el UE estima las SINR de enlace descendente recibidas del haz objetivo y de dos haces adyacentes, la información puede dars de la siguiente manera:

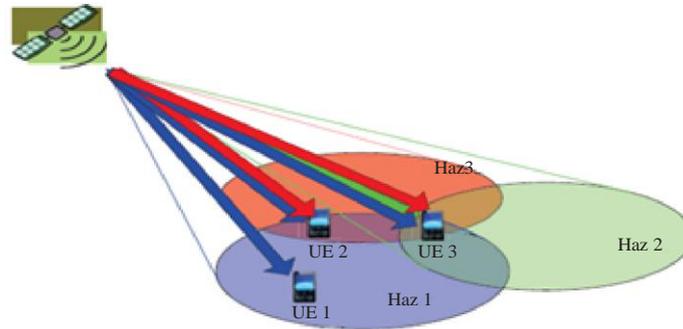
- si $\theta_4 < \frac{\text{SINR de enlace descendente recibida del haz objetivo}}{\text{suma de las SINR de enlace descendente recibidas de dos haces adyacentes}}$, el UE se encuentra en la región central del haz;
- si $\theta_5 < \frac{\text{SINR de enlace descendente recibida del haz objetivo}}{\text{suma de las SINR de enlace descendente recibidas de dos haces adyacentes}} < \theta_4$, el UE se encuentra en una región donde ambos haces se solapan;
- en caso contrario, el UE se encuentra en una región donde los tres haces se solapan, donde los valores umbral, θ_4 y θ_5 , son parámetros de capa superior.

La información de ubicación obtenida por los UE se enviará a la RAN de satélite de la siguiente manera:

- si el UE se encuentra en la región central del haz, se envía «00»;
- si el UE se encuentra en una región donde dos haces se solapan, se envía «01»;
- si el UE se encuentra en una región donde tres haces se solapan, se envía «11».

En el esquema CoMT, los múltiples haces de satélite cooperan para transmitir señales al UE. Es decir, que el esquema CoMT es un esquema de transmisión multihaz que permite a una señal de un haz adyacente mejorar la calidad de servicio de la comunicación. En la Fig. 2.14 se muestra un sistema que utiliza el esquema CoMT. El satélite transmite señales para UE1 a UE3 por el haz 1. UE1 representa los terminales ubicados en la región central del haz, UE2 son los terminales ubicados en la zona donde se solapan dos haces y UE3 representa los terminales ubicados donde se solapan tres haces. En el esquema CoMT, UE2 y UE3 pueden recibir múltiples señales de todos los haces solapados disponibles, lo que mejora el rendimiento.

FIGURA 2.14
Transmisión multipunto coordinada

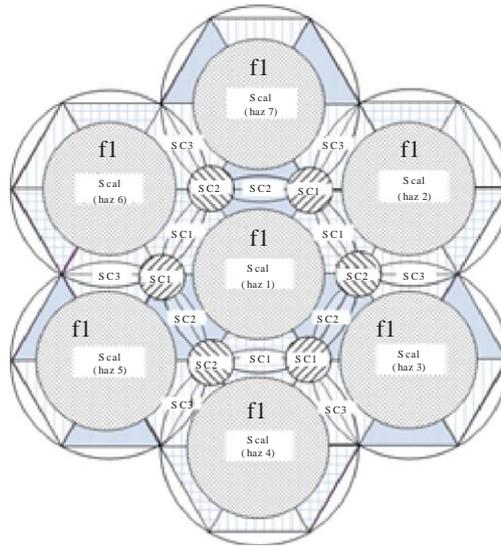


M.2047-2-14

En la Fig. 2.15 se ilustra un ejemplo de planificación de haces para un sistema SMS CoMT multihaz formado por un haz y seis haces adyacentes. En el sistema SMS multihaz, la señal se transmite en la misma banda de frecuencias, f_1 , por todos los haces para lograr un factor de reutilización de frecuencias de 1. Todos los haces están divididos en región central, región de solapamiento de dos haces y región de solapamiento de tres haces.

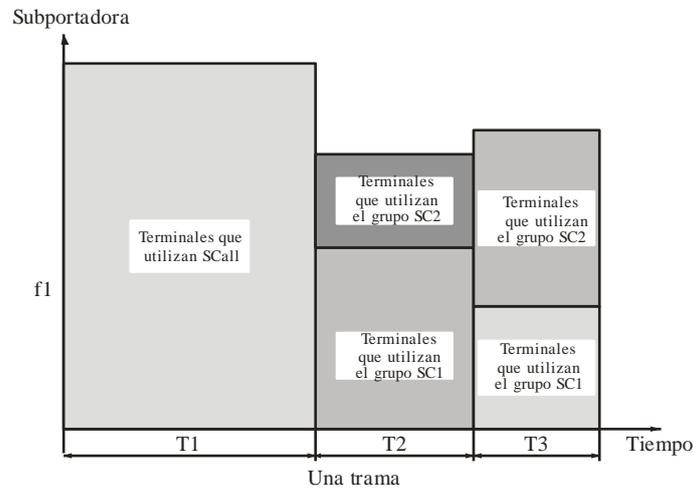
En la Fig. 2.16 se muestra un ejemplo de estructura de trama para lograr la planificación de haces de la Fig. 2.14 para la CoMT en un sistema SMS SAT-OFDM. En este Fig. , una trama está dividida en tres intervalos de transmisión en el dominio de tiempo y tres grupos de subportadora en el dominio de frecuencia. Los intervalos de transmisión, T1, T2 y T3, se atribuyen a un UE en el centro del haz, a un UE en la región en que se solapan dos haces y a un UE en la región en que se solapan tres haces, respectivamente. El UE del centro del haz puede recibir su propia señal por todas las subportadoras durante T1, mientras que los UE de las regiones donde se solapan dos y tres haces pueden disponer de recursos de frecuencia sólo por la parte fraccional de todas las subportadoras predeterminada, como los grupos de subportadoras SC1 a SC3 y SC1' a SC3'. La RAN de satélite puede definir de manera flexible el tamaño de cada grupo de subportadoras y del intervalo de tiempo, en función de la demanda de tráfico en cada región correspondiente.

FIGURA 2.15
Planificación de haces para CoMT



M.2047-2-15

FIGURA 2.16
Estructura de trama del haz 1 para CoMT



M.2047-2-16

En las regiones donde se solapan dos haces, se transmite la señal siguiente aplicándola a la diversidad de retardo cíclico (CDD) entre dos haces:

$$\begin{bmatrix} y_k^0 \\ y_k^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{j\varphi^1 k} \end{bmatrix} x_k,$$

donde x_k son datos de usuario en la $k^{\text{ésima}}$ subportadora, y_k^i ($i=0, 1$) es la señal transmitida por el $i^{\text{ésimo}}$ haz y $\varphi^1 k$ es la desviación de retardo cíclico para generar el desplazamiento de fase en la $k^{\text{ésima}}$ subportadora señalada por la capa superior a causa del retardo.

En las regiones donde se solapan tres haces, se transmite la señal siguiente aplicándola a la CDD entre dos haces:

$$\begin{bmatrix} y_k^0 \\ y_k^1 \\ y_k^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\varphi^2 k} & 0 \\ 0 & 0 & e^{j\varphi^3 k} \end{bmatrix} x_k$$

donde x_k son datos de usuario en la $k^{\text{ésima}}$ subportadora, y_k^i ($i=0, 1, 2$) es la señal transmitida por el $i^{\text{ésimo}}$ haz y $\varphi^2 k$ $\varphi^3 k$ los desplazamientos de fase de la $k^{\text{ésima}}$ subportadora señalada por la capa superior a causa del retardo. La RAN de satélite determina la desviación de retardo cíclico adecuada para cada haz y dicha desviación se aplica a la señal de transmisión de cada haz.

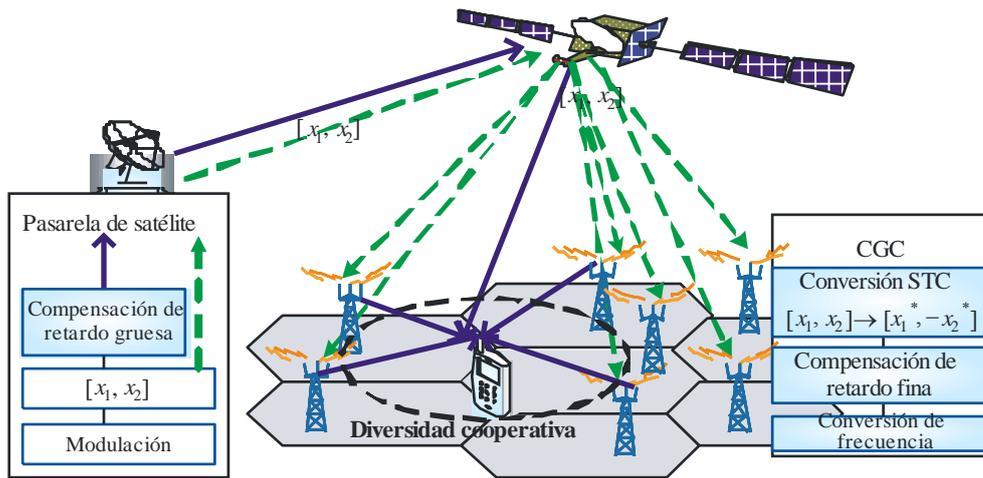
2.4.6.4 Transmisión cooperativa entre un satélite y las CGC

Este esquema se utiliza para mejorar el rendimiento en una configuración satélite/CGC integrada. También puede aplicarse sin modificar el chipset LTE en el modo normal, porque depende de la aplicación en los transmisores del satélite y las CGC.

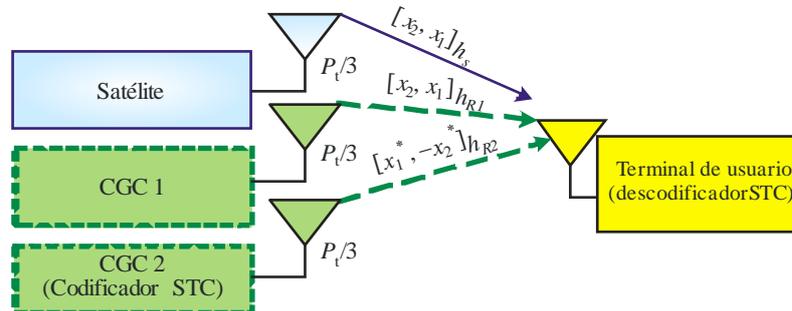
En la Fig. 2.17 a) se muestra el concepto de un modelo de sistema donde se utiliza una técnica de diversidad cooperativa con un esquema de codificación espacio-tiempo (STC), mientras que en la Fig. 2.17 b) se muestra la transmisión de una señal con codificación STC a un terminal de usuario equipado con un decodificador STC. El esquema STC empleado aquí se denomina esquema Alamouti. El satélite transmite datos a los UE y todas las componentes terrenas. A fin de lograr ganancias de diversidad utilizando los esquemas STC, cada CGC alterna debe transformar las señales recibidas en un formato de señal codificada dado y retransmitirlas al UE. Las componentes terrenas y de satélite pueden cooperar para transmitir señales con codificación espacio-tiempo, y las componentes terrenas pueden codificar señales más que servir de simples amplificadores. Un UE puede recibir las señales con codificación STC. Si el UE recibe múltiples señales tanto de los repetidores como del satélite, puede lograr ganancias STC utilizando estas señales.

Además, se necesita un algoritmo de compensación de retardo. Dado que puede estimarse el retardo de procesamiento para transformar un formato de codificación STC dado en la componente terrena, así como la diferencia temporal del retardo de propagación entre los enlaces del satélite y de las componentes terrenas, la compensación del retardo para los trayectos de señal en las componentes terrenas puede sincronizarse satisfactoriamente en el UE. Por ejemplo, como se muestra en la Fig. 2.17, puede realizarse una compensación gruesa y fina en la pasarela del satélite y en cada componente terrena, respectivamente.

FIGURA 2.17
Ejemplo de modelo de sistema que utiliza la técnica de diversidad cooperativa en un sistema integrado



a) concepto de sistema



b) STC Transmisión de una señal con codificación STC a un terminal de usuario equipado con un descodificador STC

M.2047-2-17

En primer lugar, se transmite la secuencia de símbolos modulada, $[x_1, x_2]$, durante el periodo de dos símbolos, $2T$. A continuación, el satélite transmite esta secuencia de símbolos, $[x_1, x_2]$, durante el periodo $2T$. Gracias a un algoritmo de compensación de retardo adecuado para la señal a un repetidor terrenal, la señal retransmitida desde el repetidor puede llegar al terminal del usuario casi al mismo tiempo que la señal transmitida directamente desde el satélite.

Una vez recibida la secuencia de símbolos $[x_1, x_2]$ sin errores desde el satélite, cada CGC alternativa aplica la codificación Alamouti. Se utiliza la siguiente matriz de codificación, X_2 , para generar secuencias de símbolos transmitidas por los dos repetidores.

$$X_2 = \begin{bmatrix} x_1 & -x_2^* \\ x_2 & x_1^* \end{bmatrix},$$

donde $*$ representa una operación conjugada compleja.

En la matriz de codificación de un esquema STC, cada fila de la matriz representa intervalos de tiempo y las columnas representan las antenas de transmisión correspondientes. Por consiguiente, la matriz de codificación, X_2 , indica que la primera CGC transmite el conjunto de señales, $[x_1, x_2]$, mientras que la segunda transmite $[-x_2^*, x_1^*]$ durante el periodo $2T$. De este modo, un terminal de usuario puede obtener ganancias de diversidad gracias a la combinación de ambos trayectos de señal, desde el satélite y desde los repetidores, siempre que sea posible.

Un terminal de usuario puede recibir diversas combinaciones de conjuntos de señales en función de la disponibilidad de señal, que depende principalmente de la ubicación. Si el terminal de usuario recibe tres conjuntos de señales, es decir, $[x_1, x_2]$ desde el satélite con ganancia de canal h_s , $[x_1, x_2]$ de uno de los repetidores con ganancia de canal h_{R1} , y $[-x_2^*, x_1^*]$ desde el otro repetidor con ganancia de canal h_{R2} , puede lograr la máxima ganancia de diversidad utilizando el algoritmo de descodificación ordinario del esquema Alamouti. Suponiendo un canal de desvanecimiento plano durante el periodo $2T$, las señales recibidas, r_1 y r_2 , en el terminal de usuario durante ese periodo pueden representarse de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2^* \end{bmatrix} = H_2 \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2^* \end{bmatrix},$$

donde n_i es el ruido gaussiano complejo añadido en el $i^{\text{ésimo}}$ periodo de tiempo. H_2 es la matriz de canal para el esquema de la Fig. 2.17 b), que se representa de la siguiente manera:

$$H_2 = \begin{bmatrix} h_{R1} + h_s & -h_{R2} \\ h_{R2}^* & h_{R1} + h_s^* \end{bmatrix},$$

donde h_s es el coeficiente de canal del trayecto desde el satélite al terminal de usuario, y h_{R1} y h_{R2} son los coeficientes de canal del trayecto desde la primera y la segunda CGC al terminal de usuario, respectivamente.

Dado que la matriz de codificación, X_2 , es ortogonal, al igual que la matriz de canal, H_2 , el terminal de usuario puede determinar la estimación de los símbolos transmitidos utilizando la siguiente ecuación lineal.

$$\begin{bmatrix} \hat{x}_1 \\ \hat{x}_2^* \end{bmatrix} = H_2^H \cdot \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2^* \end{bmatrix}$$

2.4.6.5 Transmisión de enlace ascendente de RB en banda estrecha

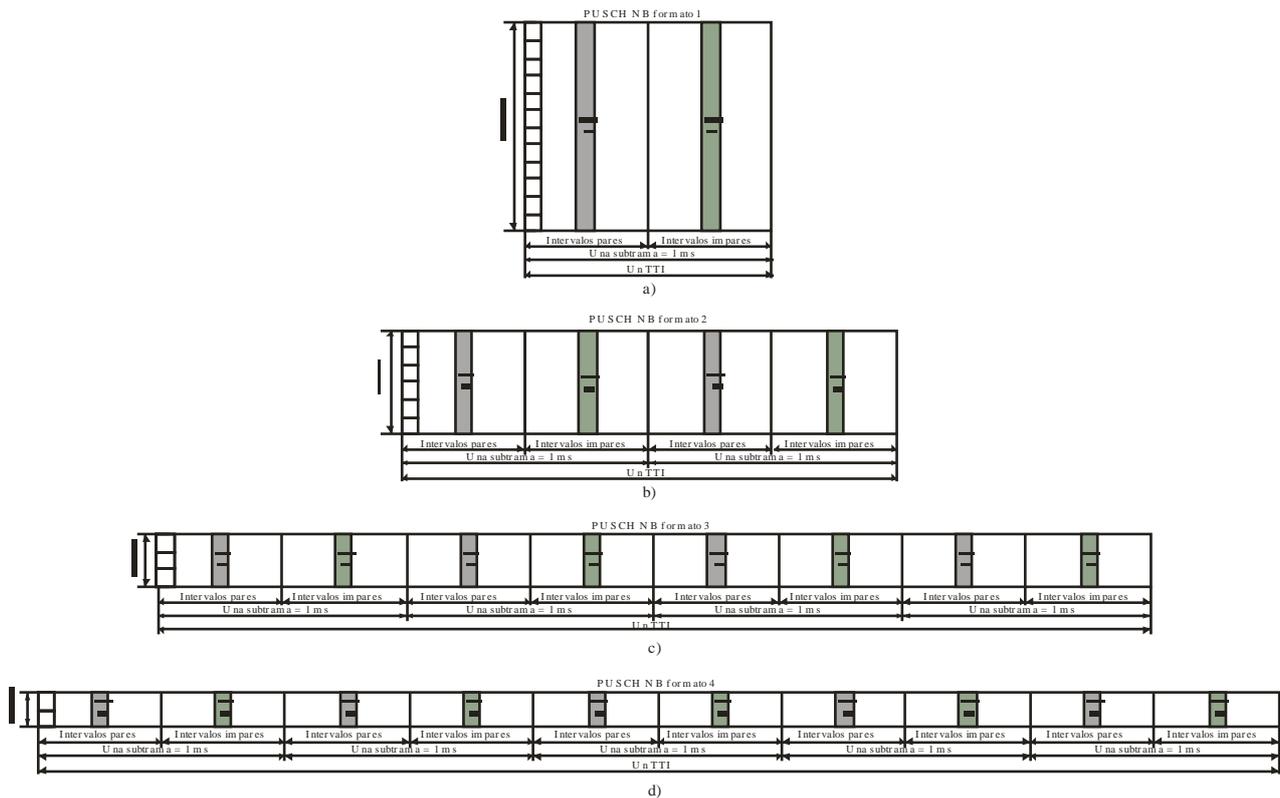
Este esquema se utiliza para aumentar la velocidad máxima de datos soportable por los terminales móviles.

En general, un sistema SMS estará limitado en potencia y un terminal móvil tendrá una potencia de transmisión máxima limitada. Habida cuenta de que la potencia transmitida total se distribuirá entre todas las subportadoras en un RB, un RB grande de 180 kHz en modo normal puede no atribuirse con suficiente potencia en los terminales móviles. En tal caso, es posible que no se soporte un esquema de alta modulación y velocidad de codificación. Puede definirse una transmisión de RB en banda estrecha para solucionar este problema. A fin de mantener la igualdad con la capa superior, el tamaño del bloque de transporte en el RB es igual que en el modo normal.

En la Fig. 2.18 se muestra la estructura de PUSCH para soportar la transmisión en banda estrecha.

FIGURA 2.18

**Estructura del canal PUSCH de enlace ascendente
para la transmisión en banda estrecha**



M.2047-2-18

En la Fig. 2.18 a) se muestra la estructura PUSCH en modo normal con un RB grande de 180 kHz, que tiene 12 subportadoras y dos intervalos. En primer lugar, el canal codifica los bits de información con un código turbo de velocidad de código madre de $1/3$, adaptado a una velocidad de código final adecuada mediante el proceso de adaptación de velocidad. A continuación se realiza el intercalado de canal a nivel de símbolo, que sucede a una simple correspondencia de «tiempo primero». Dicho de otro modo, los símbolos de datos adyacentes terminan correspondiéndose en primer lugar con los símbolos SC-FDMA adyacentes en el dominio de tiempo y luego por las subportadoras. Entonces, los bits codificados e intercalados se aleatorizan con un código GOLD de longitud 31 antes de realizar la correspondencia de modulación, la ampliación DFT, la correspondencia de subportadora y la modulación OFDM. Para la estimación de canal y la desmodulación de los datos, se transmiten las señales de referencia (RS) 1 y 2 por cada intervalo par e impar, respectivamente, de un TTI.

En la Fig. 2.18 b) se muestra la estructura PUSCH de banda estrecha con un RB de 90 kHz, que tiene 6 subportadoras y 4 intervalos. Su ancho de banda de canal se reduce a la mitad y se duplica el TTI, en comparación con el PUSCH convencional. También se efectúa una correspondencia simple de «tiempo primero» para que la transmisión por un enlace ascendente de satélite limitado en potencia sea eficiente. Dentro de un TTI, en primer lugar se establece la correspondencia entre los símbolos de datos adyacentes y los símbolos SC-FDMA adyacentes en el dominio de tiempo y, posteriormente, entre las subportadoras. Por otra parte, a fin de reutilizar las RS 1 y 2 convencionales en el PUSCH de banda estrecha y obtener una ganancia de diversidad de tiempo, se transmiten la mitad de las RS 1 y 2 en el primer y segundo intervalos, respectivamente, y luego se establece la correspondencia de la otra mitad de las RS 1 y 2 en el tercero y cuarto intervalos, respectivamente.

Al igual que en la Fig. 2.18 b), en las Figs. 2.18 c) y 2.18 d) también se muestra la estructura PUSCH de banda estrecha propuesta con RB de 45 kHz y 30 kHz, respectivamente. El número de subportadoras en el PUSCH de banda estrecha se limita a los productos de 2, 3 y 5 a fin de guardar semejanzas con la LTE terrenal, porque el tamaño de la DFT en la LTE terrenal se limita a las DFT de baja complejidad de aplicación.

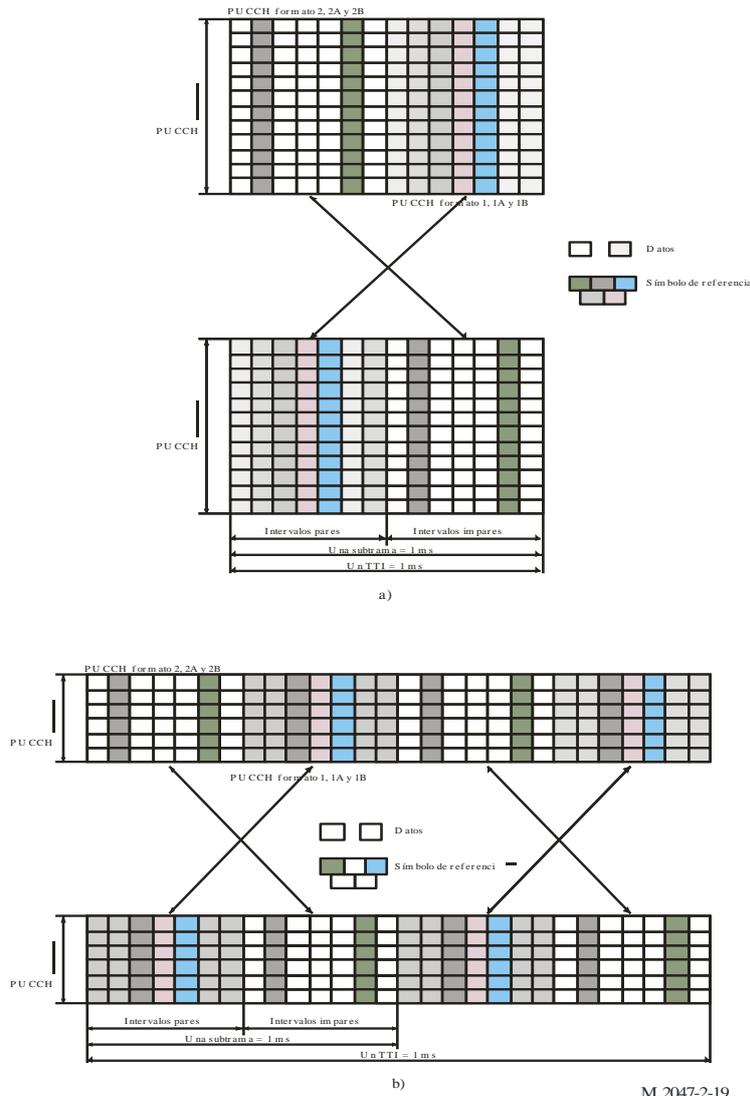
Cuando la RAN de satélite facilita información de atribución de recursos de enlace ascendente a un UE, deberá incluir información de formato PUSCH de enlace ascendente con los siguientes indicadores de formato.

- si se utiliza PUSCH con RB de 180 kHz, la RAN de satélite envía el indicador de formato «00»;
- si se utiliza PUSCH con RB de 90 kHz, la RAN de satélite envía el indicador de formato «01»;
- si se utiliza PUSCH con RB de 45 kHz, la RAN de satélite envía el indicador de formato «10»;
- si se utiliza PUSCH con RB de 30 kHz, la RAN de satélite envía el indicador de formato «11».

Dado que en el modo normal se utilizan RB de 180 kHz, los PUSCH de banda estrecha se agruparán hasta alcanzar un ancho de banda de 180 kHz en un TTI a fin de mantener la compatibilidad con el modo normal y con la LTE terrenal.

Siguiendo el mismo principio, en la Fig. 2.19 se muestra la estructura de PUCCH. Un UE utiliza el PUCCH para transmitir la señalización de control necesaria únicamente en subtramas donde no se han atribuido al UE RB para la transmisión PUSCH. La señalización de control del PUCCH se transmite en una región de frecuencia en la periferia del ancho de banda del sistema. A fin de minimizar los recursos necesarios para la transmisión de la señalización de control en una subtrama, cada transmisión PUCCH en una subtrama está formada por un único RB en el borde del ancho de banda del sistema, o cerca del mismo, seguido por un segundo RB en el borde opuesto del ancho de banda del sistema, o cerca del mismo, como se muestra en la Fig. 2.19. Al igual que en el caso de la estructura PUCCH, en las Figs. 2.19 a) y 2.19 b) se representan los formatos PUCCH 1 y 2 del modo normal y sus transmisiones en banda estrecha para la adaptación al enlace ascendente de satélite. En la Fig. 2.19 b) se muestra la estructura PUCCH de banda estrecha con RB de 90 kHz, que tiene 6 subportadoras y 4 intervalos. Pueden utilizarse otras estructuras PUCCH de banda estrecha de manera análoga a las estructuras PUSCH de banda estrecha de las Figs. 2.18 c) y 2.18 d).

FIGURA 2.19
Estructura del canal PUCCH de enlace ascendente para la transmisión en banda estrecha



Cuando la RAN de satélite facilita información de atribución de recursos de enlace ascendente a un UE, deberá incluir información de formato PUCCH de enlace ascendente con los siguientes indicadores de formato.

- si se utiliza PUCCH con RB de 180 kHz, la RAN de satélite envía el indicador de formato «00»;
- si se utiliza PUCCH con RB de 90 kHz, la RAN de satélite envía el indicador de formato «01»;
- si se utiliza PUCCH con RB de 45 kHz, la RAN de satélite envía el indicador de formato «10»;
- si se utiliza PUCCH con RB de 30 kHz, la RAN de satélite envía el indicador de formato «11».

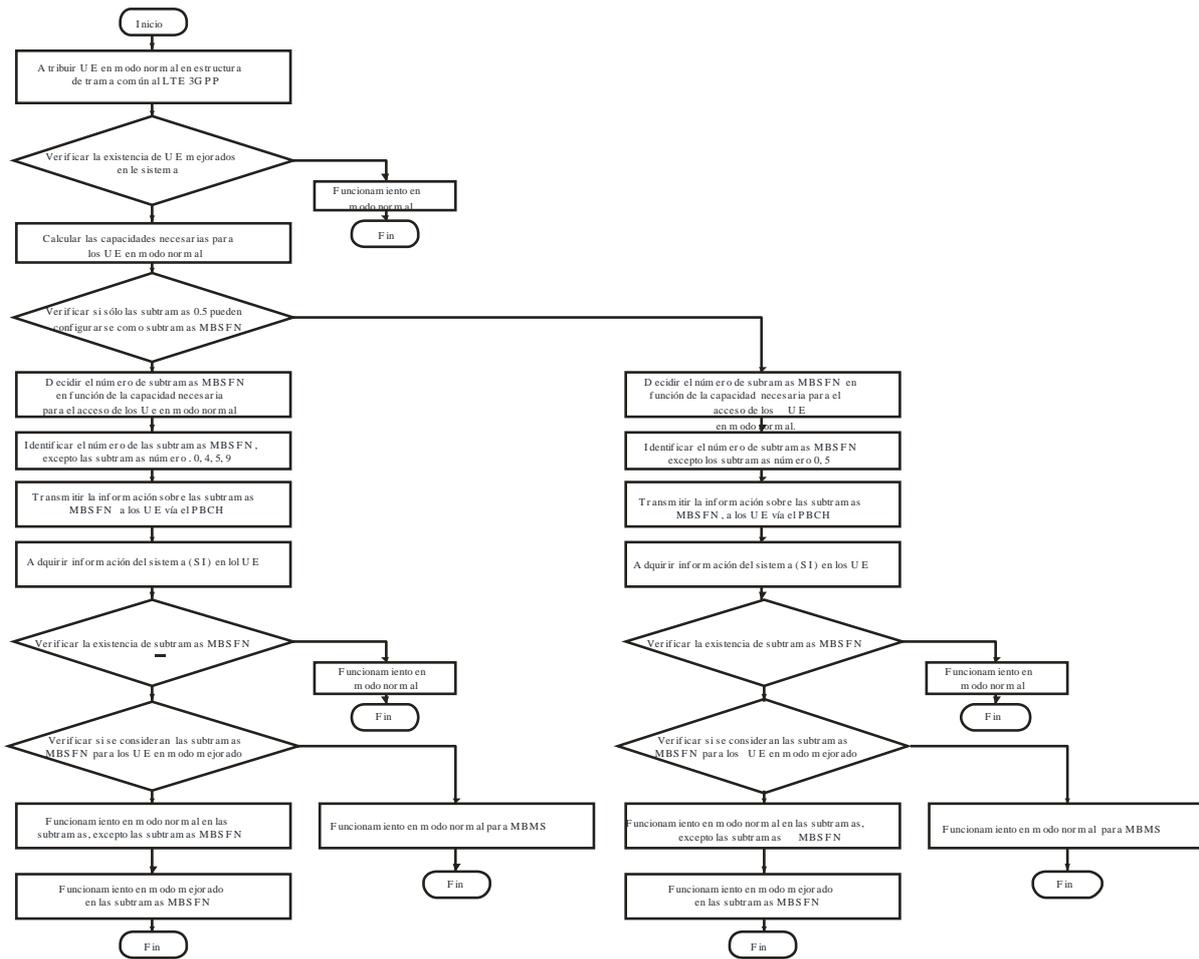
Dado que en el modo normal se utilizan RB de 180 kHz, los PUSCH de banda estrecha se agruparán hasta alcanzar un ancho de banda de 180 kHz en un TTI a fin de mantener la compatibilidad con el modo normal y con la LTE terrenal. Además, puede considerarse la posibilidad de multiplexar el PUCCH de banda estrecha en el modo PUCCH normal para reducir los recursos utilizados para la transmisión PUCCH.

2.4.6.6 Esquema de transmisión de enlace descendente con baja PAPR

Este esquema se utiliza para reducir la relación potencia de cresta a potencia media (PAPR) en la transmisión de enlace descendente en el modo mejorado. Dado que el enlace descendente SAT-OFDM deberá soportar los UE en modo normal y mejorado en la trama descendente, sólo las subtramas MBSFN indicadas a los UE en modo normal se utilizan como subtramas para transmitir señales de UE en modo mejorado. Con fines de compatibilidad con los UE en modo normal, se efectúa la multiplexación de los UE en modo mejorado con los UE en modo normal dentro de una trama radioeléctrica como se muestra en la Fig. 2.20.

FIGURA 2.20

Transmisión OFDMA de enlace descendente combinada con SC-FDM



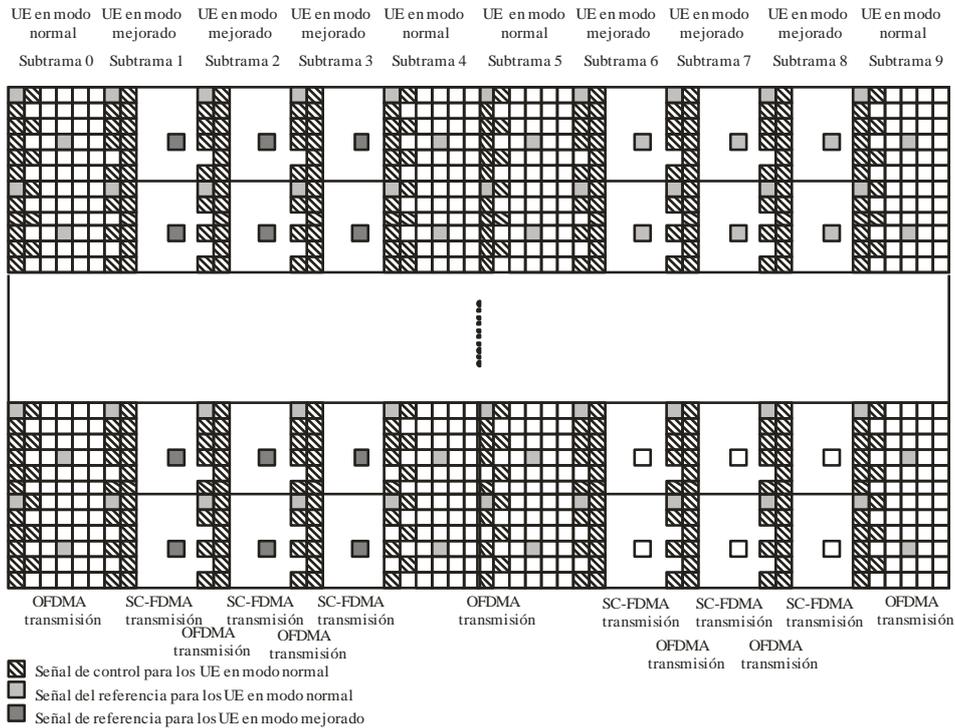
M. 2047-2-20

En la Fig. 2.21 se muestra un ejemplo de estructura de trama para la transmisión de enlace descendente con baja PAPR en UE en modo mejorado. Las subtramas 0, 4, 5 y 9 se utilizarán para los UE en modo normal, y las demás subtramas pueden utilizarse para los UE en modo mejorado. Los UE en modo normal reconocen las subtramas para los UE en modo mejorado como subtramas MBSFN. La información del sistema (SI) en que se utilizan las subtramas para el modo mejorado (o MBSFN) se transmite a los UE por el PBCH. Los primeros uno o dos símbolos de las subtramas MBSFN se utilizarán en el PDCCH para los UE en modo normal, pero éstos no recibirán los datos sobre los demás símbolos de las subtramas MBSFN. Por consiguiente, los demás símbolos de las subtramas MBSFN pueden utilizarse para la transmisión de portadora única con baja PAPR para

mejorar el rendimiento de los UE en modo mejorado a partir de la no linealidad del amplificador de potencia del satélite. La RAN de satélite controla que no se utilicen las subtramas 4 y 9 para la radiobúsqueda, por lo que también pueden atribuirse a los UE en modo mejorado.

FIGURA 2.21

Estructura de trama para la transmisión de enlace descendente con baja PAPR

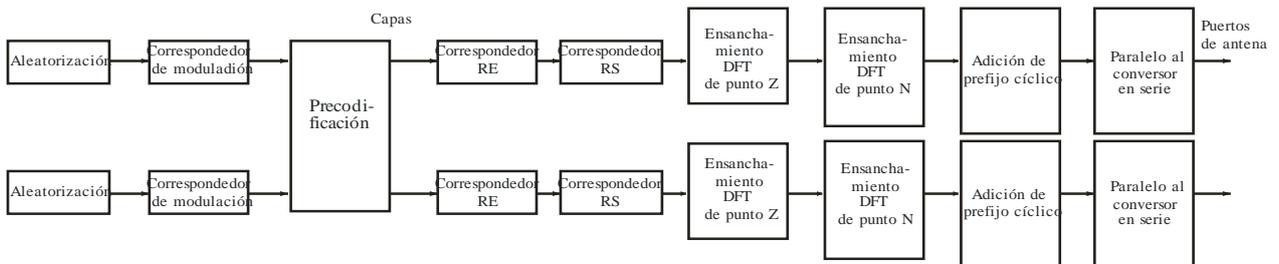


M.2047-2-21

Para generar una señal SC-FDM para los UE en modo mejorado en el dominio de frecuencia se utiliza una estructura OFDM con ensanchamiento de transformada discreta de Fourier (DFTS-OFDM), como se muestra en la Fig. 2.22.

FIGURA 2.22

Bloque de transmisión de enlace descendente con baja PAPR



M.2047-2-22

La correspondencia RE para los símbolos de datos y la correspondencia RS para los símbolos RS aplican la misma norma para el funcionamiento en modo normal. El tamaño de la DFT de punto Z depende del número de subportadoras que se utilicen para los símbolos RS y de datos. Los RB para los UE se corresponderán continuamente a fin de mantener las propiedades de la portadora única.

2.4.6.7 Esquema AMC eficiente combinado con control de potencia

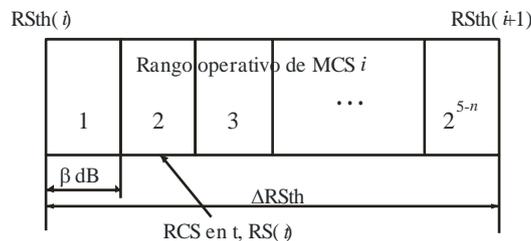
La estructura del indicador de calidad del canal (CQI) en modo normal se modifica para el esquema AMC combinado con control de potencia. En modo normal se atribuyen cinco bits para identificar 32 modos MCS, pero en el modo mejorado, los cinco bits se dividen en dos partes: los primeros n bits se atribuyen a la identificación de los modos MCS y los otros $(5-n)$ bits se atribuyen al control de potencia, donde el parámetro n está señalado por la capa superior. Cuando se utilizan $(5-n)$ bits para el control de potencia, se definen $2^{(5-n)}$ niveles de control de potencia distintos utilizando $(5-n)$ bits. Si el estado del canal comunicado (RCS) en t corresponde al $k^{\text{ésimo}}$ nivel de potencia, el UE envía el mensaje para transmitir en el $2^{(5-n)k}$ nivel de potencia. Una vez que la RAN de satélite recibe un CQI que indica que la potencia de recepción se encuentra en el $k^{\text{ésimo}}$ nivel, se ajusta el nivel de potencia de transmisión de la siguiente manera:

$$\text{Transmit_Power}(t) = \text{Transmit_Power}(t-1) + (2^{5-n} - k) \cdot \beta$$

donde β es la diferencia de potencia entre los niveles $i^{\text{ésimo}}$ e $(i+1)^{\text{ésimo}}$ de control de potencia.

FIGURA 2.23

Esquema AMC combinado con control de potencia



M.2047-2-23

En la Fig. 2.23, $RS_{\text{ésimo}}(i)$ y $\Delta RS_{\text{ésimo}}$ representan el límite inferior del estado del canal en modo MCS i y la diferencia de límite inferior de los estados de canal en los modos MCS i e $(i+1)$, respectivamente.

A continuación se describen los procedimientos del esquema AMC combinado con control de potencia:

- eliminar el nivel de control de potencia, aplicado a un paquete recibido con anterioridad, de la SNR recibida calculada, es decir, sustraer el nivel de potencia controlada en dB de la SNR recibida calculada en dB;
- utilizar la SNR restada anterior como SNR recibida final;
- escoger un modo MCS a partir de la SNR recibida final y determinar si se necesita control de potencia:
 - i) cuando se determina que es necesario controlar la potencia, decidir la magnitud del control de potencia necesario utilizando un estado de canal posicionado en un rango de modo MCS correspondiente (en la Fig. 2.23, cuando la ubicación RCS es 2^{5-n} , no se necesita el control de potencia);
- transmitir el modo MCS escogido y la información de control de potencia de la magnitud de control de potencia decidida a través del indicador de calidad del canal (CQI) o de la información MCS.

2.4.6.8 interacción HARQ/ARQ

En el modo normal, cada HARQ y ARQ realizan de manera independiente la tarea que se les ha asignado en la capa correspondiente. En el modo mejorado, la HARQ y la ARQ interactúan para aumentar la eficacia de la transmisión. Se trata de la interacción de una operación HARQ realizada en la capa MAC o en la capa física y una operación ARQ realizada en la capa de control de enlace radioeléctrico (RLC). La retroinformación recibida de HARQ se comunica a la capa ARQ, lo que permite a la ARQ proceder a una rápida retransmisión y solucionar los errores de retrocomunicación HARQ. De este modo se aumenta la eficacia de la transmisión.

La ventana de transmisión se opera de acuerdo con la retroinformación HARQ y la ventana de espera se opera de acuerdo con la PDU de estado. La ventana de transmisión se opera en función de las VT(A), VT(S) y VT(MS) de la ventana de transmisión RLC; y la ventana de espera se opera en función de la VT(CA).

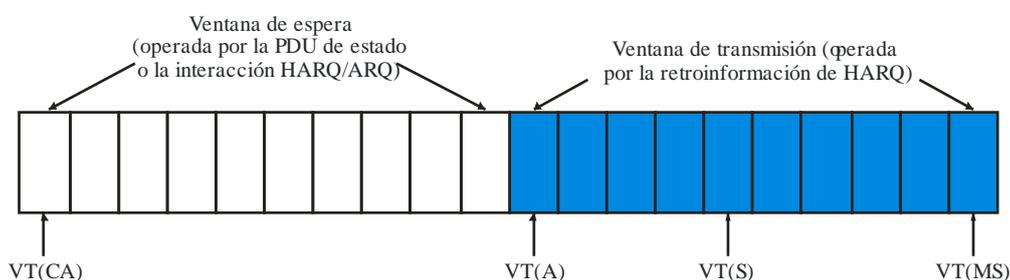
La ventana de transmisión se opera como se ha descrito para el modo normal. En el modo mejorado, sólo se modifica el funcionamiento de la VT(A) de acuerdo con la retroinformación HARQ. En el modo normal, la VT(A) se actualiza de acuerdo con una señal de acuse de recibo positiva recibida, a saber, ACK, sobre la PDU de estado. Por otra parte, en el modo mejorado, la VT(A) se actualiza a partir de la retroinformación interna con respecto a la recepción de un ACK de HARQ.

En el modo mejorado, la VT(CA) de la ventana de espera se actualiza a partir de un ACK en la PDU de estado. En caso de que se gestionen por separado la ventana de transmisión y la ventana de espera, la ventana de transmisión se opera de acuerdo con la información ACK interna procedente de HARQ, lo que permite transmitir prontamente la unidad de datos de protocolo (PDU) siguiente. Cuando se retransmite un paquete con HARQ y se recibe de la PDU de estado un NACK, el paquete se excluye de la lista de retransmisión de ARQ, evitando así retransmisiones innecesarias.

La VT(CA) tiene el valor SN del siguiente paquete de datos para el que se ha de recibir un ACK a través de la PDU de estado, de acuerdo con una secuencia, y se facilita a la ventana de espera como un valor inferior.

FIGURA 2.24

Estructura de ventana para la interacción HARQ/ARQ



M.2047-2-24

MAC determina si la transmisión de un paquete de HARQ se realiza o no satisfactoriamente utilizando la retroinformación recibida en respuesta a la transmisión del paquete. RLC transfiere un paquete de una ventana de transmisión a una ventana de espera cuando MAC determina que la transmisión de paquete de HARQ se ha realizado efectivamente. Por otra parte, RLC transfiere el paquete de la ventana de transmisión a una memoria intermedia de transmisión para retransmitir el paquete cuando MAC determina que la transmisión de paquete de HARQ no se ha realizado tras un máximo de retransmisiones. RLC recibe la retroinformación de la PDU de estado y determina un proceso para el paquete retransmitido a partir de la retroinformación. RLC suprime el paquete cuando la transmisión del paquete se realiza con éxito como resultado del análisis de la PDU de estado.

RLC no realiza la retransmisión del paquete cuando MAC está realizándola, cuando la transmisión del paquete falla y cuando el paquete está en la ventana de transmisión como resultado de la PDU de estado. RLC procede a la retransmisión del paquete cuando MAC no la está realizando, cuando la transmisión del paquete falla y cuando el paquete está en la ventana de espera como resultado de la PDU de estado.

2.4.6.9 Modificación del tamaño del grupo RBG para la atribución de recursos

En el modo normal, el tamaño del grupo de bloque de recursos (RBG) se determina en función del ancho de banda del sistema, como se indica en el Cuadro 2.16. Por otra parte, en el modo mejorado, el tamaño máximo del RBG se define además en función de un tipo de UE y una especificación de satélite de S-eNodeB, como se muestra en el Cuadro 2.17. En el Cuadro 2.17 se considera que la ganancia máxima de antena de S-eNodeB es de 50 dBi y que se utiliza el diagrama de haz de antena de la Recomendación UIT-R S.672-4. Si la ganancia de antena de satélite de S-eNodeB o el diagrama de haz de antena se modifican, podrá ajustarse convenientemente el tamaño del RBG en función del tipo de UE. Para soportar RBG más pequeños en dispositivos móviles con un gran ancho de banda de sistema, el tamaño del RBG se determina, en el modo mejorado, de la siguiente manera:

$$\text{RBG_Size} = \text{mín} (\text{tamaño del RBG a partir del ancho de banda del sistema}, \text{tamaño máximo del RBG a partir del tipo de UE})$$

CUADRO 2.16

Tamaño del RBG a partir del ancho de banda del sistema

Ancho de banda del sistema (número de RB)	Tamaño del RBG (número de RB)
10 o menos	1
11-26	2
27-63	3
64-110	4

CUADRO 2.17

Tamaño del RBG a partir del tipo de UE

Tipo de UE	Tamaño del RBG (número de RB)
Móvil clase 1, 2, 3	1
Portátil	2
Vehicular, transportable	4

2.4.6.10 Definición de un nuevo campo memoria del receptor para HARQ

Una aplicación directa del esquema HARQ en un sistema de satélite causaría un serio problema de memoria al receptor, dado el largo RTD de los sistemas de comunicaciones por satélite. Para poder funcionar con HARQ de 8 canales, el receptor necesita una gran cantidad de memorias para la transmisión continua, a fin de gestionar los paquetes erróneos. En el modo mejorado de SAT-OFDM, se añade el campo memoria del receptor (RM) para solucionar este problema. El campo RM se inserta en el paquete de retroinformación HARQ para la transmisión continua.

En la Fig. 2.25 el campo RM indica el estado de la memoria del receptor. En el Cuadro 2.18 se indica la interpretación del campo RM.

FIGURA 2.25
Campo RM adicional insertado en el paquete de retroinformación HARQ



M.2047-2-25

CUADRO 2.18
Interpretación del campo RM

Valor	Descripción
00	La memoria del receptor es suficiente para almacenar nuevos paquetes con errores
01	La memoria del receptor no es suficiente para almacenar nuevos paquetes con errores
10	El paquete indicado por la retroinformación no está almacenado en la memoria del receptor
11	El paquete indicado por la retroinformación debe retransmitirse en la primera parte del paquete de codificación

Cuando un UE recibe una PDU MAC, el UE decide el valor del campo RM en función del estado de la memoria del receptor y envía un paquete de retroinformación con el campo RM.

2.4.6.11 Informe de estado de la memoria intermedia para la comunicación por satélite

Es posible que el sistema de satélite, a causa del largo RTD, no soporte el esquema informe de estado de la memoria intermedia (BSR). En un sistema de satélite, la información de estado de la memoria intermedia procedente de un UE no es válida después de un largo RTD, porque el estado de la memoria puede haber cambiado drásticamente durante el RTD. Por consiguiente, no se puede planificar el enlace ascendente en función de la información de estado de la memoria intermedia de un UE.

En el modo mejorado de SAT-OFDM, el BSR de un UE se realiza de dos maneras: informe normal o informe sucesivo. En el informe normal, se comunica toda la información de estado de la memoria intermedia del UE, como ocurre con la LTE terrenal. Por otra parte, en el informe sucesivo, se indica la información sobre la cantidad creciente de datos en la memoria intermedia desde el último informe. La cantidad creciente de datos es un valor que se obtiene sumando una cantidad de datos, que está en espera de retransmisión por información de fallo de transmisión entre datos que ya han sido transmitidos, a una cantidad de datos que se acaban de añadir a la memoria tampón del terminal del usuario. El informe normal y el informe sucesivo se distinguen mediante los valores de identificador de canal lógico (LCID) del Cuadro 2.19.

CUADRO 2.19

Valores de LCID para UL-SCH

Índice	Valores LCDI
00000	Canal de control común (CCCH)
00001-01010	Identidad del canal lógico
01011-10110	Reservado
10111	BSR truncado para informe sucesivo
11000	BSR breve para informe sucesivo
11001	BSR largo para informe sucesivo
11010	Informe de margen de potencia
11011	Identificador temporal de la red radioeléctrica de control (C-RNTI)
11100	BSR truncado

2.4.6.12 Retransmisión HARQ en la agregación de portadoras de satélite

En el modo mejorado, las portadoras componentes se modifican para la retransmisión HARQ. Esto puede utilizarse para reducir el retardo de capa superior. Cuando se reciben de las portadoras componentes distintos paquetes de retroinformación y la ganancia que representa el cambio de portadoras componentes es superior a la de la retransmisión HARQ sin cambiar las portadoras componentes, el transmisor cambia las portadoras componentes para HARQ. Puede obtenerse la ganancia derivada del cambio de portadoras componentes si la condición del canal mejora gracias al cambio de portadoras componentes, y se aplica el modo MCS anterior, y posteriormente aumenta el rendimiento de BLER. Cuando el transmisor cambia las portadoras componente para la retransmisión, se transmite la versión inicial del paquete HARQ en una nueva portadora componente y se transmite un nuevo paquete de datos en la portadora componente anterior. Para detectar el cambio de portadoras componente, se modifica el campo NDI como se indica en el Cuadro 2.20.

CUADRO 2.20

Interpretación del campo NDI

Valor	Descripción
00	Nuevo paquete de datos
01	Paquete retransmitido
10	Nuevo paquete de datos con cambio de portadora componente
11	Reservado

Básicamente, el campo NDI (valor: 00 y 01) se utiliza igual que el modo normal. Cuando se cambia la portadora componente, el transmisor, que ha recibido un acuse de recibo negativo, envía un nuevo paquete con un nuevo campo NDI (valor: 10).

A Continuación se detallan los pasos de la retransmisión HARQ en la agregación de portadoras:

- recepción de distintos paquetes de retroinformación de las portadoras componentes;
- comparación de la ganancia del cambio de portadora componente con la ganancia media de la retransmisión HARQ:
 - i) cuando se utilizan tres o más portadoras componente, se aplica al cambio de portadora componente la prioridad en función del número de secuencia del paquete de capa superior y de la condición del canal;
- aplicación del cambio de portadora componente, cuando la ganancia del cambio de portadora componente es superior a la de la retransmisión HARQ:
 - i) se transmite un paquete de versión inicial de HARQ por la portadora componente donde no ha habido errores en los paquetes;
 - ii) se transmite un nuevo paquete por la portadora componente donde ha habido errores en los paquetes;
- no aplicación del cambio de portadora componente cuando la ganancia media de la retransmisión HARQ es superior a la del cambio de portadora componente:
 - i) prosigue el funcionamiento en modo normal.

2.5 Especificaciones detalladas

Dado que SAT-OFDM se deriva de la LTE(-Avanzada) de 3GPP, la organización de las especificaciones SAT-OFDM se ajusta estrictamente a la estructura original de 3GPP. La numeración de SAT-OFDM está diseñada para corresponder al sistema de numeración de LTE de 3GPP. Todas las especificaciones SAT-OFDM siguen el siguiente sistema de numeración.

- SAT-OFDM xx.yyy

Donde los números xx e yyy corresponden al sistema de numeración de 3GPP.

A causa de las diferentes características de los canales terrenales y de satélite, ha sido necesario modificar en cierta medida las normas LTE. Algunas especificaciones son directamente aplicables, mientras que otras lo son con modificaciones.

Un sistema SAT-OFDM está definido por una combinación de la familia de especificaciones SAT-OFDM y de especificaciones de 3GPP, de la siguiente manera:

- De existir, la especificación SAT-OFDM tiene prevalencia sobre la correspondiente especificación 3GPP (de haberla). Esta norma de prevalencia se aplica a todas las referencias en las especificaciones 3GPP correspondientes.
- De no existir una especificación SAT-OFDM, se puede o no aplicar la correspondiente especificación 3GPP.

Las especificaciones detalladas de la interfaz radioeléctrica SAT-OFDM se basan en los siguientes documentos:

- Capa física: versión más reciente de los documentos SAT-OFDM derivados de la serie 36.200.
- Protocolos: versión más reciente de los documentos SAT-OFDM derivados de la serie 36.300.

Las especificaciones de la presente Versión 1 de SAT-OFDM se ha elaborado a partir de las especificaciones de la Versión 8 de LTE de 3GPP en el seno del Grupo de Trabajo sobre Acceso Radioeléctrico (WG7011) que forma parte del Grupo de Proyecto sobre las IMT-Avanzadas (PG701) de la TTA de Corea (República de).
