

p.i.r.e. y G/T del UT

Los valores nominales de la p.i.r.e. y de la relación G/T del UT para cada ejemplo de tipo terminal figuran en el Cuadro 26.

CUADRO 26
p.i.r.e. y G/T nominal del UT

Terminal	Ganancia (dBi)	G/T (dB(K ⁻¹))	p.i.r.e. de cresta (dBW)	Mínima p.i.r.e. de cresta ⁽¹⁾ (dBW)	Valor medio de la p.i.r.e. en el tiempo ⁽²⁾ (dBW)
Portátil	2	-23,8	≤ 7	-9	≤ -4
Transportable resistente	3,5	-21,5	≤ 7	-9	≤ -4
Vehículo privado	3,5	-21,5	≤ 10	-6	≤ -1
Vehículo comercial	6,5	-18,0	≤ 10	-6	≤ -1
Semifijo	10,5	-14,0	≤ 10	-6	≤ -1

⁽¹⁾ Tiene en cuenta el control de potencia.

⁽²⁾ El valor medio en el tiempo se ha calculado suponiendo una señal vocal en un solo intervalo con la p.i.r.e. de cresta y transmisión discontinua. No se ha tenido en cuenta el control de potencia.

p.i.r.e. y G/T del satélite

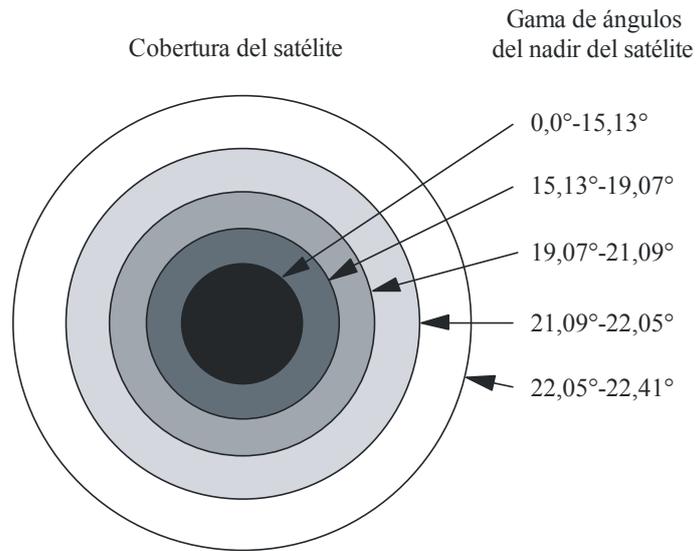
Para ayudar a describir las características de la p.i.r.e. y G/T del satélite, la Fig. 64 define varias gamas de ángulos del nadir del satélite (correspondientes a zonas de la misma superficie sobre la Tierra).

El recurso de la p.i.r.e. del enlace de servicio puede asignarse con flexibilidad a cualquiera de los 163 haces puntuales seleccionando adecuadamente la frecuencia del enlace ascendente (enlace de conexión) correspondiente al canal de filtro del satélite encaminado al haz puntual deseado. El Cuadro 27 indica la p.i.r.e. máxima nominal en cada anillo si toda la p.i.r.e. estuviese dirigida a dicho anillo únicamente, excluyendo los haces de los otros anillos. En aplicaciones de tráfico reales, la p.i.r.e. está redistribuida en todos los anillos con un valor inferior al de cresta.

En el Cuadro 28 figura la asignación de G/T del enlace de servicio nominal para cada anillo de los haces puntuales.

FIGURA 64

Definición de zonas de especificación de la p.i.r.e. desde un satélite



1850-64

CUADRO 27

Máxima p.i.r.e. del enlace de servicio nominal para cada anillo

	Anillo 1	Anillo 2	Anillo 3	Anillo 4	Anillo 5
Potencia de salida combinada del amplificador de potencia de estado sólido (dBW)	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5
Pérdidas a la salida (dB)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Ganancia media de la antena (dB)	30,6	29,6	28,9	28,7	28,2
p.i.r.e. (dBW)	58,2	57,4	56,7	56,6	56,1
Disminución de potencia con ajuste de ganancia en el caso más desfavorable (dB)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7
p.i.r.e. útil (dBW)	58,1	56,9	56,1	55,9	55,4

CUADRO 28

G/T del caso más desfavorable del enlace de servicio nominal para cada anillo

	Anillo 1	Anillo 2	Anillo 3	Anillo 4	Anillo 5
Ganancia media de la antena (dB)	30,4	29,4	28,7	28,5	28,1
Temperatura de ruido del sistema (dB/K)	25,5	25,0	24,3	23,9	23,8
<i>G/T</i> sin pérdidas (dB(K))	4,9	4,4	4,4	4,6	4,3
Pérdidas con una ganancia de procesador baja (dB)	2,3	2,4	2,6	2,8	2,8
<i>G/T</i> con una ganancia de procesador baja (dB(K))	2,6	2,0	1,8	1,9	1,5

Sincronización y estabilidad en frecuencia

Es necesario realizar una sincronización ETT-ETT del reloj de bits. La precisión de la temporización 2σ es de $1\ \mu\text{s}$ y el sistema externo de referencia es GPS.

La red controla la temporización por ráfagas del UT. El UT sincroniza la temporización del enlace de ida, la ETT mide el desplazamiento con respecto al valor esperado y cualquier corrección que deba aplicarse se envía al UT a través de un canal de control. La precisión del reloj de referencia de temporización del UT normalmente es de 3 ppm.

La estabilidad de frecuencia de la señal transmitida por el satélite es de 0,5 ppm.

La frecuencia transmitida por el UT viene controlada por la red. El UT se sincroniza a la frecuencia del enlace de ida, el SAN mide el desplazamiento con respecto al valor esperado y cualquier corrección que deba aplicarse se envía al UT a través de un canal de control. La estabilidad en frecuencia de la transmisión del UT es de 3 ppm (sin enganche) y de 0,1 ppm (enganchado).

Polarización

La polarización en el enlace ascendente (Tierra-espacio) y en el enlace descendente (espacio-Tierra) es RHCP.

Reutilización de frecuencias

Normalmente se utiliza un modelo de reutilización de frecuencias de 4 células como base para el plan de frecuencias (véanse más detalles en el § 4.3.4.1.2).

4.3.4.4 Especificaciones de banda base

Acceso múltiple

El sistema funciona en modo dúplex por división de frecuencias, sin embargo no existe normalmente una relación de frecuencia fija (separación dúplex) entre las frecuencias en sentido Tierra-espacio y espacio-Tierra utilizadas para las comunicaciones dirigidas a los UT y procedentes de los mismos. Se utiliza una combinación de AMDF y AMDT. Cada portadora RF de 25 kHz soporta tramas de 40 ms de duración. Cada trama soporta 6 intervalos de tiempo AMDT; por lo tanto, cada intervalo de tiempo tiene una duración aproximada de 6,67 ms (40/6 ms). Cada intervalo de tiempo contiene 2 símbolos de guarda al principio y al final.

Modulación

El esquema de modulación empleado depende del tipo de canal. En el Cuadro 29 se proporciona información sobre los tipos de portadora y sus modulaciones asociadas.

CUADRO 29

Tipos de portadora y sus modulaciones asociadas

Tipo de portadora	Modulación
Voz (TCH)	MDP-4 (MDMG en el enlace ascendente de retorno)
Datos (TCH)	MDP-4 (MDMG en el enlace ascendente de retorno)
BCCH	MDP-2
RACH	MDP-2 (MDP-2 S en el enlace de retorno)
SDCCH	MDP-2

Codificación

La velocidad de codificación convolucional utilizada depende del tipo de portadora. En el Cuadro 30 aparece información sobre las velocidades de codificación utilizadas.

CUADRO 30

Velocidades de codificación

Tipo de portadora	Velocidad de codificación
Voz (TCH)	1/3
Datos (TCH)	1/2
BCCH	1/2
RACH	1/6
SDCCH	1/4

Se utiliza una decodificación de decisión flexible.

Velocidades binarias de portadora

Cada intervalo de tiempo soporta una velocidad binaria de 6 kbit/s (una velocidad binaria de canal de 36 kbit/s con 6 intervalos de tiempo por trama). Con ello se obtienen velocidades de 4,8 kbit/s para los datos y de 1,2 kbit/s para la señalización de trama y en banda.

Para el TCH, cada intervalo de tiempo soporta velocidades binarias de información de usuario nominales de 2,4 kbit/s para los datos (antes de la codificación) y de 4,8 kbit/s para la voz (después de la codificación).

Para los BCCH y RACH, se soporta una velocidad binaria de codificación de 18 kbit/s.

Para los canales de control asociados, se soportan las máximas velocidades binarias de 160 bit/s (SACCH) y 80 bits/40 ms (FACCH).

Entrelazado

Para la voz (TCH), se utiliza entrelazado dentro de las ráfagas. Para los datos (TCH), se utiliza entrelazado dentro de las ráfagas y entrelazado en 4 ráfagas.

4.3.5 Especificaciones de la interfaz radioeléctrica de satélite E

La interfaz radioeléctrica del satélite E (SRI-E) se optimizó para su utilización con una constelación de satélites geoestacionarios a fin de ofrecer coberturas a escala mundial para terminales multimedia, en coherencia con los objetivos de las IMT-2000. Aunque la SRI-E se ha optimizado para componentes de satélites, también se ha tenido en cuenta la necesidad de lograr una compatibilidad más amplia dentro del espíritu y los objetivos de las IMT-2000. El tipo de terminal previsto para utilizar con la SRI-E es un ordenador portátil o de bolsillo conectado a una pequeña unidad de comunicaciones portátil que incorpora una antena directiva. Con tales terminales, la SRI-E puede lograr velocidades de transmisión de hasta 512 kbit/s. La SRI-E abarca todos los entornos de los terminales, desde los estacionarios (incluyendo FWA) hasta terminales que se desplazan a las velocidades de aeronaves.

El objetivo principal del tráfico son los datos, especialmente para la conectividad con la red Internet pública y las redes Intranet privadas, en soporte de las aplicaciones típicas utilizadas a través de estas redes tales como el correo electrónico y los buscadores de información. También se soportan los servicios tradicionales de telecomunicaciones tales como los de voz y fax. Aunque la velocidad binaria por portadora es 512 kbit/s, también son posibles velocidades binarias más elevadas, mediante terminales especializados con múltiples transceptores y la combinación de portadoras. Los satélites utilizados para soportar la SRI-E deben emplear la tecnología de satélites geoestacionarios más reciente en la que cada satélite establece un gran número de haces puntuales que en su conjunto cubren zonas de tamaño continental y se logra la reutilización de frecuencias de forma análoga a la de los sistemas celulares terrenales.

Un objetivo fundamental en el diseño de la SRI-E ha sido hacerla completamente independiente de los servicios y de los tipos de tráfico que cursa. Esto se consideró una característica esencial para los sistemas multimediales.

Portadora de acceso compartido es el término que se utiliza para los canales de satélite específicos que soportan la transferencia de datos entre subsistemas de redes radioeléctricas (RNS) y terminales de usuario (UE). Por definición, las portadoras de acceso compartido son capaces de establecer más de una conexión a la vez. Los mecanismos de compartición del recurso conllevan a la utilización de una combinación de técnicas en la que cada paquete transmitido por separado por una portadora de acceso compartido tiene una dirección que identifica la conexión.

El sistema de gestión del recurso ayuda a que puedan funcionar múltiples tipos de portadora en el sistema. Los protocolos de interfaz radioeléctrica utilizan un sistema de señalización. Las portadoras físicas son lo suficientemente independientes de las capas superiores para poder utilizar casi cualquier sistema de señalización.

El método óptimo de gestión del recurso para esta configuración es utilizar los canales con multiplexación por división en el tiempo/acceso múltiple por división en el tiempo (MDT/AMDT).

4.3.5.1 Descripción de la arquitectura

4.3.5.1.1 Constelación

Como se ha indicado anteriormente, la SRI-E está optimizada para su aplicación a los sistemas de satélites geoestacionarios. Los parámetros de la constelación se resumen en el Cuadro 31.

CUADRO 31

Características de la constelación de satélites para la SRI-E

Altitud del satélite	36 000 km
Ángulo de inclinación de la órbita	≤ 3°
Número de planos orbitales	1
Número de satélites por plano orbital	3 para cobertura global
Método de diversidad de satélites	No se utiliza diversidad de satélites

4.3.5.1.2 Satélites

La complejidad de los equipos a bordo de satélites que cabe esperar que se utilicen con la SRI-E se encuentran en el límite de la tecnología actualmente disponible. Permite la utilización de múltiples haces puntuales y proporciona la potencia de RF necesaria para prestar servicios con velocidades elevadas de transmisión de la información a pequeños terminales móviles.

En el Cuadro 32 aparecen las características ideales del satélite para su utilización con la SRI-E.

CUADRO 32

Características de la constelación de satélites para la SRI-E

Número de haces puntuales por satélite	Hasta 300, dependiendo de la cobertura deseada
Configuración de los haces puntuales	Se supone que los haces puntuales son simples conos. La configuración debe ser flexible y reconfigurable durante la vida útil del sistema a fin de responder a las evoluciones del tráfico
Tamaño del haz puntual	Aproximadamente una anchura de haz de 1°; es decir, 800 km de diámetro en el punto subsatelital
Reutilización de frecuencias	El plan de reutilización de frecuencias se basa en agrupaciones de 7 haces. En el entorno de satélites, la asignación de frecuencias a los haces puntuales sigue un modelo sencillo y regular. La planificación de frecuencias no afecta al resto de las características del sistema; por ejemplo, la señalización, la sincronización y el interfuncionamiento con las redes terrenales
G/T del enlace del servicio del haz del satélite	Valor medio: 10 dB/K Valor mínimo: 9,5 dB/K
p.i.r.e. de saturación del enlace de servicio de cada haz	Valor mínimo: 38 dBW Valor máximo: 53 dBW
p.i.r.e. de saturación total del enlace del servicio por satélite	67 dBW
p.i.r.e. del satélite por cada portadora de RF: 43 dBW	p.i.r.e. máxima: 43 dBW p.i.r.e.: media: 42 dBW
Estabilidad en frecuencia requerida	1 ppm
Control de potencia	Permite un ahorro medio en torno a los 3 dB de la potencia del satélite; ello posibilita virtualmente duplicar la capacidad de tráfico
Tamaño del paso de control de potencia	0,5 dB
Número de ciclos de control de potencia por segundo	1
Gama dinámica del control de potencia	8 dB
Nivel de potencia mínimo transmitido con control de potencia	7 dBW

4.3.5.2 Descripción del sistema**4.3.5.2.1 Características del servicio**

La línea de base del sistema de satélites SRI-E se ha diseñado para suministrar, soportar y proporcionar interoperabilidad con aplicaciones del tipo UMTS.

La interfaz radioeléctrica es un sistema de datos por paquetes en el que las portadoras son portadoras de acceso compartido y, por consiguiente, la velocidad de los datos de usuario durante una conexión varía en función del volumen de tráfico. Se pueden utilizar aplicaciones del tipo conmutación de circuitos (voz, RDSI), mediante un conjunto de parámetros definidos sobre la calidad del servicio para garantizar la velocidad de datos de usuario.

4.3.5.2.1.1 Capacidad de servicios multimedios

Los servicios multimedios difieren de los servicios tradicionales de telecomunicaciones en un cierto número de aspectos, como se describe en los puntos siguientes. La SRI-E se ha diseñado para este tráfico como se explica en cada uno de los apartados.

Interdependencia entre transporte y aplicaciones

En las redes móviles de segunda generación existen una gran relación entre el transporte radioeléctrico y las características de la aplicación principal; es decir, el tráfico vocal. Para una red multimedios este acoplamiento no es nada conveniente y, la interfaz radioeléctrica debe diseñarse de manera que sea lo más general posible para soportar una amplia variedad de tráfico, incluido el tráfico no previsto actualmente. Este principio es básico en el diseño de ATM.

La SRI-E apoya plenamente este objetivo. No realiza hipótesis sobre los protocolos o servicios que van a utilizarse a través de ella. La compatibilidad con el ATM terrenal asegura que todo tráfico que puede cursarse por ATM puede también cursarse por la SRI-E (siempre que la anchura de banda sea la adecuada).

Soporte de servicios basados en el IP

En la próxima década Internet asumirá una importancia igual a la de la red telefónica internacional como red básica para la compartición y el intercambio de información así como para la distribución de datos en tiempo real. Evidentemente, hay quien supone que incluso absorberá el papel de la red telefónica en el transporte de las señales vocales, aunque este tema es bastante polémico. Además de la Internet compartida, las compañías y otros organismos basan actualmente la compartición de su información interna en torno a la tecnología Internet dando lugar a las llamadas «Intranet» y, en el caso de grupos cerrados de usuarios, a «Extranet».

Cualquier tecnología de comunicaciones diseñada para integrarse en el mundo real del siglo XXI debe incorporar a Internet y a sus protocolos asociados como modo de funcionamiento fundamental. La capacidad de manejar este tráfico con la máxima eficacia será el criterio para distinguir las tecnologías de comunicaciones utilizadas con éxito.

Una de las características básicas del tráfico Internet, en comparación con las telecomunicaciones tradicionales, es su carácter de ráfagas. Un usuario normalmente requerirá información en ráfagas relativamente concentradas, por ejemplo cuando se carga una página Web o un formulario, y tendrá requisitos de anchura de banda baja en el periodo posterior. Se trata de una característica bien conocida de la red actual que permite la multiplexión estadística de un número de usuarios normalmente cinco veces mayor al que permitiría la anchura de banda estática. Las redes tradicionales, que en las que se establece una anchura de banda fija durante la duración de la llamada, no están adecuadamente equipadas para cursar este tráfico. Otra característica del tráfico es su asimetría. Normalmente, el volumen de datos que se desplaza en un sentido (generalmente hacia el usuario) rebasa el volumen de tráfico en el otro sentido en un orden de magnitud.

La SRI-E ha sido diseñada con soporte Internet como objetivo primario. Su servicio de anchura de banda variable proporciona respuesta instantánea a las variaciones de tráfico, especialmente el dirigido hacia el usuario distante. No es necesaria la renegociación ni aparece ningún otro retardo entre la llegada del tráfico y la asignación de la anchura de banda correspondiente, suponiendo que se disponga de ésta última. Cuando surge un conflicto en cuanto a la anchura de banda (es decir, no hay anchura de banda suficiente para satisfacer la demanda instantánea), comparte automáticamente la cantidad disponible de manera equitativa. Aunque no se incluye en la propuesta actual, hay margen para esquemas más elaborados en los que, por ejemplo, algunas llamadas pueden recibir una mayor cuota de anchura de banda cuando surgen conflictos, basándose en una calidad de servicio a la que puede ponerse precio comercialmente.

La asignación de anchura de banda dinámica también tiene en cuenta de forma natural el tráfico asimétrico. Una combinación de usuarios de Internet típicos junto con un tráfico en sentido inverso, tal como la carga del historial de transacción o los datos sobre telemedida, optimizarán automáticamente la utilización de la anchura de banda.

Otra característica de la utilización de Internet (incluyendo servicios similares a Internet tales como Intranet) es que los usuarios esperan una conexión a tiempo completo sin intervención activa de su parte, por ejemplo para establecer o interrumpir una llamada en relación con sus actividades. (Este modo de funcionamiento

difícilmente lo soportan los usuarios de sistemas de marcación domésticos pero no aparecen en el entorno empresarial y es en realidad un indicio de la inadaptabilidad de la RTPC a este tipo de tráfico.) Por consiguiente, conviene que la tecnología de acceso proporcione un modo de conexión de bajo coste durante todo el tiempo, utilizándose la anchura de banda real únicamente cuando así se requiera en respuesta al tráfico.

La SRI-E proporciona tal opción, correspondiente a la velocidad binaria no garantizada (UBR, *unassured bit rate*) en las redes ATM. Cuando un usuario está inactivo (situación determinada por la supervisión del tráfico) no se utiliza ningún recurso radioeléctrico. Cuando el usuario pasa a estar activo, es decir cuando se recibe tráfico de la EB dirigido al terminal de usuario o procedente del mismo, se asignan los recursos radioeléctricos mediante un procedimiento de restauración de llamada.

Soporte de múltiples llamadas coincidentes

El tráfico multimedia requerirá frecuentemente múltiples llamadas dirigidas a distintos destinos o al mismo destino y con diferentes requisitos de calidad. Por ejemplo, la norma de la Recomendación UIT-T H.323 para conferencias multimedia supone esta capacidad.

La SRI-E soporta toda combinación de llamadas, cada una con su propio destino y calidad de servicio, dentro del límite de la capacidad global de un canal (512 kbit/s). La SRI-E multiplexa automáticamente las llamadas para distintos terminales dentro de un canal pero puede dedicar todo un canal a un solo terminal, si ello es necesario.

La capacidad de traspaso se utiliza no solamente para soportar la movilidad geográfica sino también para optimizar la utilización de canal. Un terminal puede iniciar su actividad con una sola llamada en una anchura de banda baja (por ejemplo, llamada vocal) y a continuación añadir más llamadas hasta que la capacidad compartida del canal ya no es la adecuada. En ese instante, se invoca el mecanismo de traspaso para desplazar ese terminal (o, evidentemente, otro terminal) a otro canal que tenga la capacidad requerida. De forma similar, a medida que las llamadas se terminan, la utilización eficaz de la anchura de banda puede exigir que los terminales que funcionan en diferentes canales se unan en un solo canal liberando los recursos para otra utilización.

Soporte de determinación del emplazamiento

Cada vez es más común el requisito legal de exigir a los sistemas móviles que puedan informar a los servicios de seguridad y emergencia del emplazamiento físico de un terminal. La prestación de esta capacidad, por lo tanto, será un requisito para obtener una licencia de funcionamiento en muchos países. Además, otras diferencias regulatorias entre los países, que pueden tener repercusión sobre la utilización de los terminales o los servicios, exigen información sobre el emplazamiento.

Un sistema que utilice la SRI-E debe emplear un receptor GPS dependiente para obtener una información de posición precisa (100 m). El protocolo de señalización incluye los medios para transmitir ésta a la EB. Si se utiliza la SRI-E en un entorno terrenal, el receptor GPS puede ser sustituido por métodos de radiolocalización.

4.3.5.2.1.2 Aspectos relativos a la calidad

La SRI-E no impone intrínsecamente ninguna calidad vocal particular. Está previsto que la calidad venga especificada por lo dispuesto en la Recomendación UIT-T G.729. Es posible lograr calidades mayores o menores (con la correspondiente repercusión en los requisitos de anchura de banda) sin influir en la interfaz radioeléctrica.

La calidad de la transmisión es uno de los aspectos positivos de la SRI-E. La tasa de errores se especifica en tasas de bloques con errores FEC. Se buscará la adaptación del enlace hasta conseguir una tasa de errores estable e inferior a 1×10^{-3} . Estos valores son adecuados para todas las aplicaciones multimedia sin tener que mejorar la interfaz radioeléctrica o las capas de interfaz. (Las aplicaciones que requieren una mayor integridad utilizan siempre sus propios protocolos de integridad de datos de capa más elevada.)

La SRI-E utiliza codificación turbo adaptativa, por la cual la velocidad de codificación (y por tanto la velocidad de datos de usuario) se ajusta en tiempo real al cambio de las condiciones del canal para mantener una tasa constante de bloques con errores de 10^{-3} .

Además, la SRI-E incluye un protocolo de control de alto nivel para enlaces de datos (HDLC) en el salto de satélite optimizado para un entorno de satélites. Las conexiones con conmutación de paquetes (de clase interactiva o en segundo plano) funcionan en modo con acuse de recibo y se retransmiten los paquetes perdidos. Las conexiones con conmutación de circuitos o con conmutación de paquetes de clase flujo continuo funcionan en modo sin acuse de recibo/ transparente y pueden sufrir pérdidas.

La SRI-E no impone limitaciones en los protocolos de servicio utilizados y adoptará el nuevo códec de excitación adaptativa multibanda de 4 kbit/s (AMBE + 2TM) para el cual las mediciones han alcanzado una calidad de transmisión vocal subjetiva superior a la transmisión vocal con calidad de tipo circuito interurbano citada en la Recomendación UIT-T G.729. Ello satisface los requisitos de las IMT-2000.

En algunos modos de funcionamiento, por ejemplo el modo con acuse de recibo, no se prevé que se pierdan paquetes durante el traspaso, ya que se detiene todo el tráfico. En el modo sin acuse de recibo, se puede detener el tráfico, aunque esto sólo puede ser perceptible, por ejemplo, en aplicaciones de flujo de vídeo continuo. El modo transparente, principalmente en la voz perceptible, daría lugar a una pérdida de tramas, lo que podría afectar la calidad de la voz. En el caso de servicios que no son en tiempo real, tales como el acceso a Internet, la pérdida de células será recuperada por el protocolo de mejora de integridad de la Recomendación UIT-T V.42 y, por consiguiente, será transparente a la aplicación. Aparecerá de la misma forma que un error de transmisión que estadísticamente es más común.

Las variaciones en la calidad de la señal se controlan principalmente mediante la gestión activa de la codificación por lo que la velocidad de datos ofrecida al usuario depende de la calidad del enlace, aunque se limita la tasa de errores. Esto es más adecuado para un entorno multimedios donde las aplicaciones normalmente son más sensibles a los errores de datos o los efectos de la recuperación de errores que en el caso de servicios tradicionales tales como los servicios vocales.

4.3.5.2.2 Características del sistema

Cabeceras

Las llamadas se dirigen a la cabecera del satélite responsable del haz puntual en el que está situado el terminal. En un mismo haz puntual pueden transmitir múltiples estaciones RNS. La movilidad se gestiona mediante una red principal GSM/UMTS. Cada haz puntual se comporta como una zona de encaminamiento/ubicación de gestión de la movilidad y los móviles se rastrean sobre esta base. Todos los satélites del sistema deben ser visibles desde al menos una cabecera. Por consiguiente, sólo se necesita un pequeño número de cabeceras en el entorno de satélites geoestacionarios; un mínimo de una por satélite o tres para un sistema mundial.

Interfaz de red

La SRI-E no impone ninguna limitación en la interfaz de red. No se necesita ninguna funcionalidad RTPC adicional para el interfuncionamiento RDSI o RTPC. De forma similar, no se imponen restricciones a los encaminadores Internet. Sin embargo, la SRI-E puede aprovechar las recientes características de Internet tales como la reserva de anchura de banda.

Pueden utilizarse interfaces de red convencionales que siguen las normas establecidas tales como las que figuran en las Recomendaciones UIT-T Q.931, UIT-T Q.2931 y UIT-T Q.761. En la interfaz de red no son visibles las características específicas de los satélites o de los servicios móviles tales como el traspaso o la gestión de la movilidad.

No es preciso introducir modificaciones en la red terrestre para que la SRI-E cumpla el conjunto de normas establecidas para los servicios portadores RDSI. Todas las RDSI terrestres y otros servicios y características se adaptan a la SRI-E. La SRI-E sólo proporciona una pila para los protocolos de señalización UMTS y no interpreta estos mensajes.

Traspaso/Transferencia de radioenlace automática

Es necesaria una gestión eficaz de los usuarios, lo que puede dar lugar a que pasen de un haz a otro. Se pueden dar varios casos:

- El desplazamiento a un haz diferente del mismo tipo y sobre el mismo satélite, controlado por el mismo controlador de red radioeléctrica (RNC).

- El desplazamiento a un haz diferente del mismo tipo y sobre el mismo satélite, controlado por un RNC diferente.
- El desplazamiento a un haz diferente del mismo tipo en otro satélite.

El traspaso se controla enteramente dentro de las distintas capas de la SRI-E y es iniciado por el evento gestión de recursos radioeléctricos (RRM), la capa de control de portadora configura el proceso de control de portadora correspondiente pero deja intacto el proceso de control de portadora fuente. Mediante un proceso de señalización del EU se ayuda al proceso de control de portadora a reconfigurar y comunicar con el RNC. Después de volverse a conectar y de señalar el acuse de recibo, la conexión anterior se corta.

El traspaso puede provocar la pérdida de datos. En el caso de señales vocales ello supone una pérdida de corta duración, sin repercusiones audibles, cuando se utilizan las disposiciones de la Recomendación UIT-T G.729. Para los datos, la utilización de mecanismos ARQ garantiza la integridad de datos.

El traspaso afecta la complejidad del sistema de dos formas:

- la necesidad de establecer mecanismos de protocolo adicional; ello afecta únicamente al soporte informático y, por consiguiente, no influye en el coste del terminal unitario;
- la necesidad de que las unidades de canal de la EB puedan dividir y combinar el tráfico procedente de los antiguos y de los nuevos radiocanales durante el traspaso; esta circunstancia no tiene influencia en los terminales.

Atribución dinámica de canal

Las frecuencias pueden asignarse de manera dinámica a los haces puntuales de acuerdo con la carga de tráfico. La componente de satélite está en un entorno donde no se producen variaciones muy importantes en las condiciones de propagación. Por consiguiente, la SRI-E es más eficaz desde el punto de vista espectral (y más eficiente también en la utilización de la potencia crítica del satélite) que en el caso en que es necesario tener en cuenta variaciones más amplias.

Consumo de potencia

La SRI-E se ha diseñado para su utilización en situaciones donde el acceso a la red eléctrica es imposible. Por lo tanto, optimiza el consumo de potencia permitiendo la mayor economía posible tanto en los modos de reserva como de funcionamiento. En transmisión y en recepción funciona intermitentemente según lo exija el tráfico. Aun cuando se utilizan llamadas de anchura de banda variable (por ejemplo, para tráfico Internet), se emplea recepción intermitente salvo cuando se recibe una ráfaga de tráfico.

Debido a que los EU pueden ocupar diversas ubicaciones geográficas con respecto al haz puntual, a las variaciones de la fuente de alimentación y a las tolerancias de los fabricantes, las transmisiones originadas en los EU se pueden recibir en los RNS con una considerable gama de relaciones S/N . Para limitar la interferencia, garantizar que el receptor funciona en su gama óptima y conservar la batería en el móvil, los RNS realizan una conexión de las transmisiones para cada UE, cuando sea necesario. Esto puede suceder en cualquier momento durante la comunicación.

Corrección de la temporización

En las comunicaciones por satélite, la longitud del trayecto de propagación de las señales radioeléctricas varía considerablemente debido a la variación de las ubicaciones geográficas de los móviles. Normalmente esto no supone un problema para los sistemas con un solo canal por portadora (SCPC) AMDF, pero en un sistema con acceso compartido en el que múltiples transmisores móviles utilizan el mismo recurso físico es importante garantizar que los móviles no interfieren entre sí. Para que esto no suceda se puede emplear la posición del satélite y la posición GPS o utilizar una combinación consistente en proporcionar un tiempo de guarda entre las transmisiones móviles y facilitar a cada transmisor móvil la información de corrección de temporización, relativa a una referencia en el receptor del RNS. La supervisión y corrección de errores de temporización se realiza en la subcapa de control de portadora.

La precisión de la medición de temporización y de los requisitos de corrección es función de la capa física concreta en funcionamiento.

Después de haber corregido los desplazamientos de temporización inicial, se supervisa continuamente la temporización de las transmisiones de cada móvil y, cuando sea necesario, se aplica un mecanismo de corrección diferencial.

Corrección de frecuencias

El EU quedará enganchado a la portadora directa y corregirá su propia estabilidad de frecuencia a largo plazo.

4.3.5.3 Especificaciones de RF

Banda de frecuencias

La SRI-E no impone limitaciones de la banda de frecuencias. En principio, puede utilizarse en cualquier banda de frecuencias aunque las condiciones de propagación y las limitaciones de la tecnología de las antenas la hacen más adecuada para su empleo en frecuencias comprendidas entre 1 y 3 GHz.

Acceso múltiple

La SRI-E generalmente se basa en técnicas bien desarrolladas y probadas. Ello incluye la utilización de MDT/AMDT/AMDF.

El sistema de acceso múltiple consiste en canales de ida y vuelta compartidos por varios usuarios. Al permitir que varios usuarios compartan el mismo canal, cuando un usuario está inactivo el canal lo ocupará otro usuario activo. Los usuarios que estén comunicando transferirán datos en ambos sentidos, por lo que los canales de ida y vuelta estarán ocupados.

Método dúplex

La SRI-E está diseñada para emisiones DDF. La mínima separación de frecuencia ascendente/ descendente es una función de realización dependiente del coste.

Modulación y codificación

La SRI-E permite la utilización de una amplia gama de aperturas de antena de los terminales móviles y capacidades de p.i.r.e., por lo que no es posible proporcionar una única solución que haga óptima la velocidad de transmisión y que sirva para la comunicación entre todo tipo de terminales. En este caso el problema se soluciona mediante la introducción de una gama de tipos de portadora, que utilizan modulaciones MAQ-16 y cuaternaria en el sentido de retorno. En el sentido hacia adelante se emplea la portadora MAQ-16 y MDP-4 para señalización. Para hacer máxima la eficiencia y la velocidad binaria que pueda alcanzar cada terminal se utiliza la tecnología conocida como codificación variable. Esto es fundamental para lograr una alta eficacia en la utilización del espectro.

Las técnicas de codificación variable implican la perforación de los flujos de paridad generados por el codificador turbo utilizando una serie de matrices de perforación predefinidas, de manera que el nivel de redundancia que facilita el codificador es variable. De esta manera la información que se transmite hacia el móvil o desde el mismo a través de un solo canal puede aumentarse cuando las condiciones del canal son buenas y reducirse consecuentemente para mantener el enlace de comunicaciones cuando el móvil está funcionando en malas condiciones de canal.

Requisito de la relación C/N

El sistema se ha diseñado de manera que en la velocidad de codificación se proporcionan nominalmente pasos de 1 dB en la C/N_0 necesaria para lograr una tasa de ráfagas de errores de 10^{-3} . Esta aproximación sólo puede utilizarse para contrarrestar el efecto de desvanecimiento lento. La cabecera del satélite controla la velocidad de codificación en función de los valores C/N_0 del enlace.

Separación de portadoras y canalización

Las portadoras directas de SRI-E son capaces de cursar una velocidad de datos nominal en la gama entre 4,5 kbit/s y 512 kbit/s y sobre la base de la transmisión continua de portadoras de multiplexación por división de tiempo (MDT). La portadora directa se transmite con un nivel de potencia medio constante.

Las portadoras de retorno pueden cursar velocidades de datos nominales en la gama de 8,4 kbit/s y 492,8 kbit/s y se basa en la utilización de transmisiones a ráfagas con un esquema de acceso múltiple por división en el tiempo (AMDT). Las ráfagas se transmiten en intervalos de 5 ms o 20 ms de duración, que se describen en un esquema de retorno transmitido en la portadora directa. Estos esquemas de retorno también describen la velocidad de símbolos y la modulación que se utilizará en la transmisión.

Eficacia del espectro

La SRI-E logra la mayor eficacia posible en la utilización del espectro con la tecnología actual, en el caso de sistemas de satélites geoestacionarios. La eficacia de la modulación básica proporcionada por las tecnologías avanzadas de modulación y codificación es de 1,4 bit/s/Hz. La utilización de un sistema de multiplexación estadística sensible al tráfico aumenta aún más la eficacia del espectro. En el caso de tráfico de datos e Internet, debido al mecanismo de anchura variable muy flexible, la velocidad efectiva teniendo en cuenta las ganancias de multiplexiones estadísticamente probables se encuentra en la gama de 3 a 7 bit/s/Hz. En el caso del tráfico vocal, puede esperarse una activación vocal para duplicar la eficacia bruta básica de canal.

Características de las estaciones terrenas móviles

La SRI-E soporta múltiples tipos de terminales de usuario. No obstante, en este documento sólo se incluyen datos para tres de estos tipos, cada uno con ganancias que oscilan entre 7,7 dBi y 14 dBi. La p.i.r.e. de estos terminales móviles estará entre 10 dBW y 20 dBW.

Sintetizador de frecuencia de los equipos de usuario (EU)

Los requisitos para el sintetizador de frecuencia de los EU se indican en el Cuadro 33.

CUADRO 33

Requisitos del sintetizador de frecuencia

Tamaño del paso de referencia	1,25 kHz
Velocidad de conmutación	80 ms (incluido el procesamiento de protocolo)
Gama de frecuencias	Depende únicamente de la atribución del espectro
Estabilidad de frecuencia	1 ppm

Método de compensación Doppler

No se requiere ningún método de compensación Doppler explícito pues la SRI-E está diseñada para un sistema de satélites geoestacionarios. El CAF del receptor es adecuado para todas las velocidades del terminal móvil incluidas las de los aviones. El desplazamiento en frecuencia residual se determinará en banda base utilizando técnicas DSP.

Factores de propagación

La interferencia multitrayecto tiene únicamente una influencia limitada en el entorno móvil. Se la tiene en cuenta en el balance de enlace.

La proporción de desvanecimiento es muy inferior a la velocidad de símbolos, por consiguiente la interferencia entre símbolos causada por el perfil cambiante de la dispersión del retardo es despreciable.

4.3.5.4 Especificaciones en banda base

Velocidades binarias

Enlace de ida

Los datos del enlace de ida se pueden transmitir de 21,6 kbit/s hasta 512 kbit/s dependiendo del tipo de portadora que pueda utilizar el móvil y las condiciones del canal. La velocidad de datos de usuario se puede

modificar para ajustarse a las variaciones de la C/N_0 del canal a medida que el usuario se mueva desde el centro del haz puntual. La velocidad de los datos se puede ajustar dinámicamente en cada ráfaga mediante el RNS, lo cual se indica mediante una palabra única y un par de valores de atributos (AVP) en el primer bloque FEC si la velocidad de codificación no es la misma en toda la trama.

Enlace de retorno

De igual manera, en el sentido de retorno las velocidades de datos que se pueden utilizar dependen de las características del móvil y de las condiciones del canal. Las portadoras de retorno son capaces de transmitir a velocidades que van de 19,2 kbit/s a 512 kbit/s. De nuevo, la velocidad de datos se puede ajustar en cada ráfaga, lo cual se controla mediante el RNS y parcialmente por el propio equipo del usuario.

Estructura de trama

Estructuras de trama directa

En el sentido de ida se ha adoptado la estructura de trama directa y la combinación de palabra única inicial y sistemas piloto distribuidos. La duración de la trama es de 80 ms. Se han diseñado tres tipos de portadoras directas:

- La primera funciona a 8,4 ksímbolo/s y se utiliza principalmente en el haz global, la portadora emplea MDP-4. Cada trama ocupa 10,5 kHz.
- La segunda funciona a 33,6 ksímbolo/s (ocupando 42 kHz) y se utiliza para la señalización y para transmitir hacia terminales de apertura pequeña. Cada trama se divide en cuatro bloques FEC de 20 ms. La portadora utiliza MDP-4 y MAQ-16.
- El tercer tipo es un portadora «ancha» que funciona a 151,2 ksímbolos/s (189 kHz). Esta portadora transporta el tráfico de datos. Cada trama se divide en ocho bloques FEC de 10 ms. De este modo se reducen los retrasos en el sentido de ida de 20 ms a 10 ms. Esto es de importancia fundamental para aplicaciones sensibles a la latencia, como por ejemplo la voz.

Estructuras a ráfagas de retorno

En el sentido de retorno, se han seleccionado dos duraciones de ráfagas: 5 ms y 20 ms. Para la portadora de velocidad más alta el número de bloques en una ráfaga se ha aumentado de 1 a 2, para evitar un aumento excesivo de los requisitos de memoria del codificador turbo. De nuevo se ha elegido una duración de ráfaga de 5 ms para minimizar la latencia.

La carga útil viable más pequeña para los bloques codificados turbo es de unos 20 octetos, lo que genera un límite más bajo en la utilización del tamaño de intervalo de 5 ms – sólo puede utilizarse en portadoras con una velocidad de símbolo de al menos 33,6 ksímbolo/s cuando se utiliza la modulación MAQ-16 o una velocidad de símbolo de 67,2 ksímbolo/s cuando se utiliza una modulación cuaternaria.

Nomenclatura

CUADRO 34a

Definición de los nombres de portadora

Sentido	Duración de la trama/ráfaga (ms)	Velocidad de símbolos (multiplicador) (ksímbolos/s)	Modulación	Bloques de FEC por trama
F: Ida	80	0,25 × 33,6 1 × 33,6 4,5 × 33,6	X: MAQ-16 Q: MDP-4	1 4 8
R: Retorno	20 5	0,5 × 33,6 1 × 33,6 2 × 33,6 4,5 × 33,6	X: MAQ-16 Q: MDP-4 $\pi/4$	1 2

CUADRO 34b

Resumen de tipos de portadora directa

Identificador	Duración de la trama (ms)	Velocidad de símbolos (ksímbolos/s)	Modulación	Bloques de FEC por trama
F80T0.25Q1B	80	$0,25 \times 33,6$	MDP-4	1
F80T1X4B	80	33,6	MAQ-16	4
F80T4.5X8B	80	$4,5 \times 33,6$	MAQ-16	8
F80T1Q4B	80	33,6	MDP-4	4

CUADRO 34c

Resumen de tipos de portadora de retorno

Identificador	Duración de ráfaga (ms)	Velocidad de símbolos (ksímbolos/s)	Modulación	Bloques de FEC por ráfaga
R5T1X	5	33,6	MAQ-16	1
R5T2X	5	$2 \times 33,6$	MAQ-16	1
R5T4.5X	5	$4,5 \times 33,6$	MAQ-16	1
R20T1X	20	33,6	MAQ-16	1
R20T2X	20	$2 \times 33,6$	MAQ-16	1
R20T4.5X	20	$4,5 \times 33,6$	MAQ-16	2
R5T2Q	5	$2 \times 33,6$	MDP-4 $\pi/4$	1
R5T4.5Q	5	$4,5 \times 33,6$	MDP-4 $\pi/4$	1
R20T0.5Q	20	$0,5 \times 33,6$	MDP-4 $\pi/4$	1
R20T1Q	20	33,6	MDP-4 $\pi/4$	1
R20T2Q	20	$2 \times 33,6$	MDP-4 $\pi/4$	1
R20T4.5Q	20	$4,5 \times 33,6$	MDP-4 $\pi/4$	1

Codificación

Para maximizar la eficacia y la velocidad binaria que puede alcanzar cada móvil se emplea una tecnología que se define como una codificación variable. Esto implica la perforación del código turbo generado por los flujos de paridad utilizando una serie de matrices de perforación predefinidas, de manera que el nivel de redundancia que genera el codificador es variable.

De esta manera la velocidad de información hacia un móvil, o desde el mismo, a través de un solo canal se aumenta cuando las condiciones del canal son buenas y se reduce, consecuentemente, para mantener un enlace de comunicación cuando las condiciones del canal son desfavorables.

En la velocidad de codificación se proporcionan nominalmente pasos de 1 dB en la C/N_0 necesaria para lograr una tasa de ráfagas de errores de 10^{-3} . Este método también se utiliza para contrarrestar el efecto de desvanecimiento lento. Las cabeceras de satélite controlan la velocidad de codificación en función de los valores C/N_0 del enlace.

CUADRO 35

Variables de la interfaz radioeléctrica

Modulación	Velocidad de símbolos (ksímbolos/s)	Velocidad de codificación
MDP-4, MDP-4 $\pi/4$, MAQ-16	8,4; 16,8; 33,6; 67,2; 151,2	0,34; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,84

Diseño de algoritmos paramétricos

Para abarcar toda la gama de funcionamiento son necesarias numerosas velocidades de codificación, aunque los requisitos de memoria para los móviles se mantienen a un mínimo. Las funciones para controlar el codificador y el decodificador, las matrices de perforación y las matrices de intercalación de canales se describen mediante un algoritmo, en lugar de utilizar un cuadro. De esta manera se garantiza que se hace mínima la posibilidad de que haya errores de especificación y de implementación.

Palabras únicas

La velocidad de codificación se indica mediante una palabra única utilizada para la ráfaga, que minimiza las limitaciones en el diseño del sistema y garantiza que cada trama o ráfaga se pueda demodular y decodificar correctamente sin saber *a priori* la velocidad de codificación que está aplicando el transmisor a una determinada transmisión a ráfagas o de trama.

Sincronización turbo

Cuando se emplean técnicas clásicas en la señalización que utiliza palabras únicas y funciona con E_s/N_0 bajas, aparecen problemas en la calidad de detección de ráfagas y en los mecanismos de sincronización. La SRI-E incorpora una nueva técnica que mejora enormemente la calidad.

El retardo del procesamiento de la transmisión radioeléctrica debido al proceso global de codificación de canal, entrelazado de bits, alineamiento de tramas, etc., sin incluir la codificación de fuente, considerado como el retardo del transmisor desde la entrada del codificador de canal a la antena más el retardo del receptor desde la antena hasta la salida del decodificador de canal, es de 55 ms para las señales vocales a 8 kbit/s y de 10 ms para los datos a 144 kbit/s.

Control del eco

El retardo de ida y vuelta de la SRI-E es de 100 ms para una conexión a 8 kbit/s, sin incluir el retardo de propagación. Evidentemente, en un sistema de satélites geoestacionarios predomina este último, añadiendo aproximadamente 600 ms y haciendo indispensable la utilización del control del eco.

Requisitos del transmisor lineal

El funcionamiento de los equipos de usuario será conforme con la ETSI y demás máscaras de espectro.

Requisitos del receptor

La gama dinámica del receptor se especifica para 10 dB. Como la relación entre las potencias de cresta y media tras ser filtrada en banda base es de 3 dB, se trata de una cifra perfectamente adecuada para absorber las variaciones de los niveles de señal esperados.

Aislamiento transmisor/receptor requerido

40 dB.

4.3.6 Especificaciones de la interfaz radioeléctrica de satélite F

La interfaz radioeléctrica del satélite Satcom2000 F proporciona las especificaciones de la interfaz de aire para un sistema de comunicaciones personales móviles por satélite que utiliza arquitectura y tecnologías avanzadas para soportar una variedad de aplicaciones de servicio en diversos entornos de usuario.

Un sistema de ese tipo que utilice la interfaz eléctrica Satcom2000 servirá como una extensión mundial de las redes terrenales y un complemento a las mismas, ofreciendo la calidad y diversidad de servicios prevista para los sistemas IMT-2000. En coordinación con los operadores de las redes terrenales, este sistema puede ofrecer a los abonados un teléfono y un número para casi todas sus necesidades de comunicaciones y proporcionará una amplia gama de servicios vocales y de datos, incluyendo una combinación de transferencia de voz, datos y facsímil, acceso Internet, correo electrónico, correo vocal y aplicaciones de mensajería y radiobúsqueda.

4.3.6.1 Descripción de la arquitectura

Con antenas pequeñas, esquemas de acceso múltiple híbridos, procesamiento y conmutación a bordo y otras tecnologías avanzadas, un sistema de satélites de comunicaciones personales móviles que utilice la interfaz radioeléctrica Satcom2000 está diseñado para optimizar los recursos del espectro, espacial y de potencia. La capacidad de seleccionar esquemas de acceso múltiple alternativos permite elegir el método más adecuado para el servicio y el entorno. La conmutación en banda base proporciona un elevado nivel de control en el trayecto para los datos de usuario específicos. El procesamiento y la codificación en banda base permite obtener una menor BER en los canales de usuario.

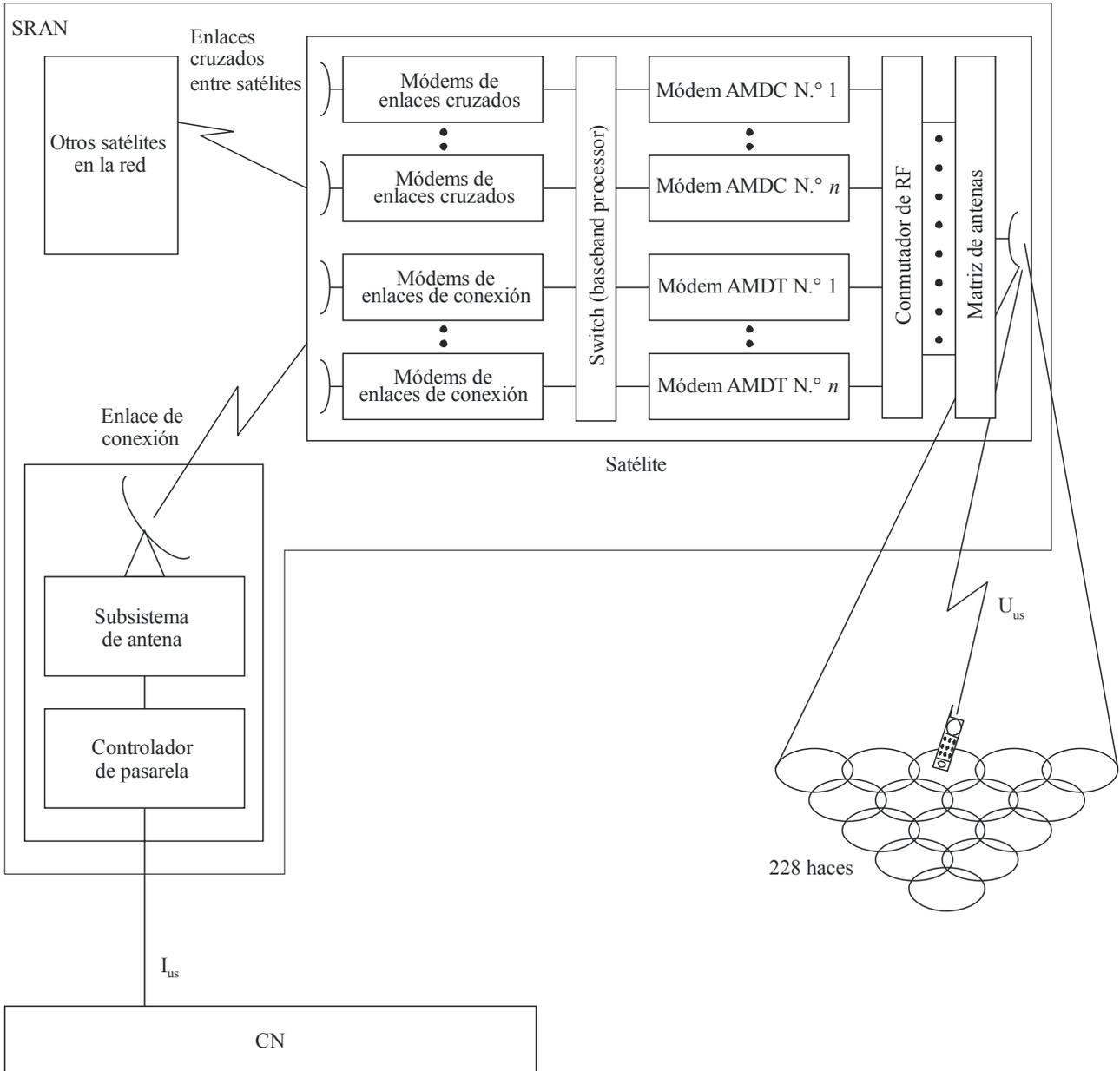
En la Fig. 65 se muestra un diagrama de bloques de la arquitectura de la interfaz radioeléctrica Satcom2000. En esta Figura, el equipo de cabecera (controlador de cabecera y subsistema de antenas) y la constelación de satélites están agrupados, constituyendo la red de acceso radioeléctrico del satélite (SRAN). Los enlaces de conexión y entre satélites constituyen detalles de implementación interna de la SRAN. La interfaz con la red central (CN) se denomina interfaz I_{us} y la interfaz con terminales de usuario recibe el nombre de interfaz U_{us} . La realización física de este sistema incluye una constelación de satélites de comunicaciones digitales conmutadas con un gran número de haces puntuales de elevada ganancia para cada satélite.

La SRAN lleva a cabo las siguientes funciones:

- Distribución de mensajes de control: La SRAN determinará el destino de encaminamiento adecuado de los mensajes recibidos de la constelación. Esta función incluye el encaminamiento de mensajes a la CN así como a otras redes de acceso.
- Negociación de la admisión para la CN.
- Radiobúsqueda: La SRAN proporciona la distribución de radiobúsqueda para una solicitud de página.
- Funciones de gestión de recursos de la red de satélites. Estas funciones incluyen:
 - coordinación de las funciones de red de acceso, incluyendo la atribución y asignación de los recursos para realizar el establecimiento y la liberación de la llamada,
 - gestión del traspaso, incluyendo el traspaso entre haces en un satélite, el traspaso entre distintos satélites de la constelación y el traspaso entre un satélite y la red terrenal,
 - negociaciones sobre la calidad de servicio (puede requerir interacción con la CN),
 - recopilación de valores estadísticos sobre la utilización de recursos del satélite.

FIGURA 65

Arquitectura de Satcom2000



1850-65

4.3.6.1.1 Constelación

El sistema de comunicaciones personales móviles por satélite Satcom2000 está constituido por una constelación de 96 satélites LEO situados en ocho órbitas casi polares, con doce satélites equidistantes en cada plano orbital (excluyendo las reservas). El criterio de selección de la órbita, cada una de las cuales es fundamental para la prestación del servicio comercial y la viabilidad tecnológica del sistema, fue el siguiente:

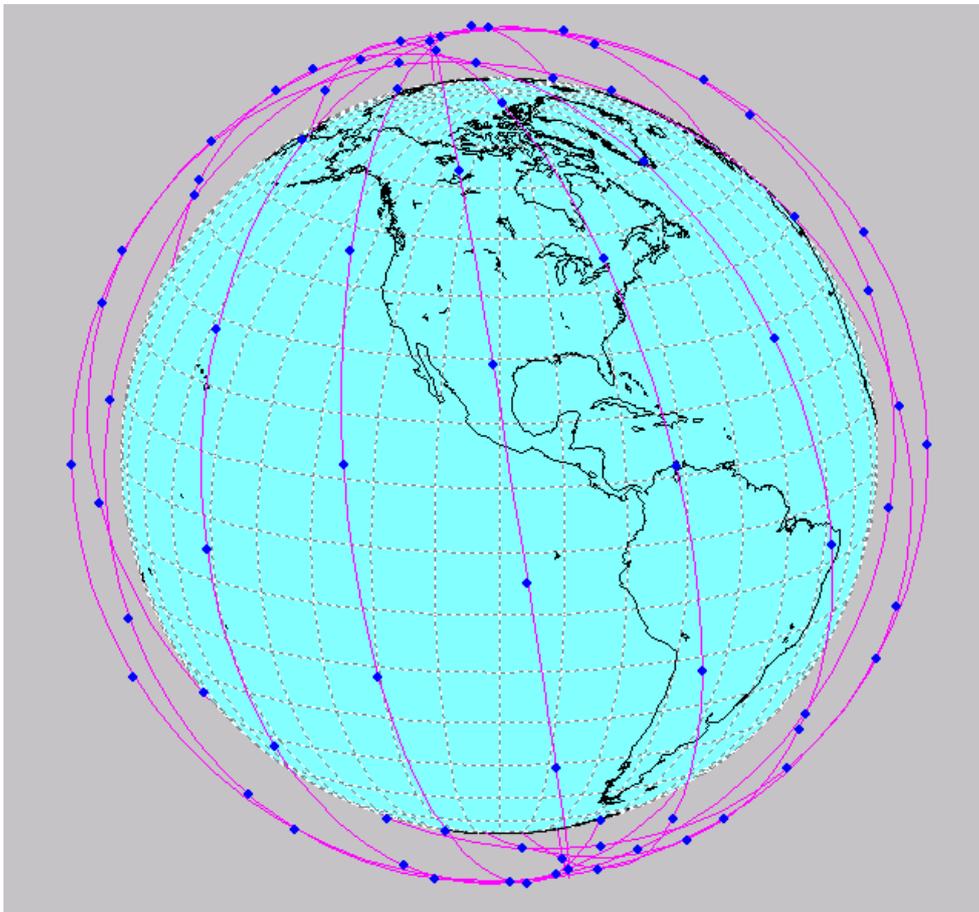
- la necesidad de proporcionar una cobertura mundial sobre toda la superficie de la Tierra en todo instante;
- el requisito de que la separación relativa y las relaciones de línea de visibilidad con los satélites vecinos sean fijas o cambien poco, permitiendo de esa manera simplificar los subsistemas a bordo que controlan los enlaces entre satélites;

- el deseo de minimizar el coste de toda la constelación; y
- los efectos de la altitud en los costes del soporte físico (es decir, los compromisos alcanzados considerando que el entorno de radiación a elevada altitud aumenta notablemente los costes mientras que las bajas altitudes suponen un mayor consumo de combustible y un número más elevado de maniobras de mantenimiento de la estación en posición).

Esta constelación de satélites, que se representa en la Fig. 66, proporciona cobertura a toda la superficie de la Tierra. Esta órbita seleccionada puede ajustarse para optimizar el diseño del sistema.

Los principales parámetros de la constelación de este sistema de satélites se indican en el Cuadro 36.

FIGURA 66
Constelación de satélites



CUADRO 36

Parámetros de la constelación

Tipo de órbita	LEO
Número de satélites	96
Número de planos orbitales	8
Número de satélites por plano	12
Tipo de inclinación	Polar
Inclinación	98,8°
Periodo orbital	6 119,6 s
Altitud del apogeo	862,4 km
Altitud del perigeo	843,5 km
Argumentos del perigeo	270°
Arcos de servicio activos	No se aplica – Zona de cobertura mundial
Ascensión recta de los nodos ascendentes	160°, 183,5°, 207°, 230,5°, 254°, 277,5°, 301°, 324,5°

4.3.6.1.2 Satélites

Los 96 satélites del segmento espacial del sistema proporcionarán una prestación del servicio universal mediante una cobertura mundial desde el espacio.

Todos los satélites de la constelación están conectados con una red de comunicaciones digitales con conmutación situada en el espacio y utilizan los principios de la red celular terrenal para lograr la máxima reutilización de frecuencias. Cada satélite emplea haces puntuales para formar células en la superficie de la Tierra. Los múltiples haces relativamente pequeños proporcionan una elevada ganancia de la antena del satélite y, por consiguiente, disminuyen la potencia de RF necesaria en un satélite y en el equipo de abonado de usuario. El número de haces puntuales puede ajustarse para lograr la optimización del comportamiento del sistema incluso cuando el satélite se encuentra en órbita.

Las principales características de la carga útil de comunicaciones de cada satélite figuran en el Cuadro 37.

CUADRO 37

Características principales de la carga útil de comunicaciones del satélite

Número de haces puntuales por satélite	228 (puede ajustarse para mejorar el comportamiento)
Mínimo ángulo de elevación para el usuario	15°
Enlaces entre satélites (sí/no)	Sí
Procesamiento en banda base a bordo (sí/no)	Sí
Cobertura geográfica (por ejemplo, mundial, casi mundial, por debajo de xx grados de latitud, regional)	Mundial
Distribución dinámica del tráfico de haz (sí/no)	Sí

La separación espacial permitida por los haces puntuales del satélite posibilita un aumento en la eficacia espectral a través de reutilización temporal y de frecuencias dentro de múltiples células. El modelo de reutilización de frecuencias puede reconfigurarse basándose en la condición de tráfico real aun cuando los satélites estén en órbita.

Cada satélite tiene la capacidad de distribuir sus recursos de potencia y anchura de banda de un haz a otro de manera dinámica en respuesta a las necesidades reales de tráfico. Por ejemplo, a causa de las labores de socorro en caso de catástrofe, si la demanda de tráfico en un haz aumenta por encima de su tráfico nominal, el satélite puede reatribuir la potencia y la anchura de banda que se le asignaron originalmente a otros haces dirigidos al lugar siniestrado de manera que pueda cursarse hacia el mismo más tráfico.

Los requisitos para la comunicación con las unidades de abonado vienen soportados por un complejo de antenas de satélite que constituyen haces similares a los celulares. Un conjunto de dos antenas controladas en fase en el vehículo espacial, una para transmisión y una para recepción, soportan el enlace ascendente y el enlace descendente. Los pares del sistema de antenas controladas en fase de transmisión y recepción producen haces de enlace ascendente y de enlace descendente casi idénticos y coincidentes. La huella de cada satélite se divide en agrupaciones de haces para facilitar la reutilización de canal. Cualquiera de los puertos de haz de la antena transmisora puede activarse simultáneamente excitándolo con una o más señales portadoras. A cada haz se le asigna dinámicamente un conjunto de canales correspondiente a asignaciones de intervalos de tiempo y de frecuencias específicas en una banda de frecuencias acorde al número y a la utilización de las unidades de abonado a las que se va a dar servicio. Para acomodar de manera eficaz las variaciones del tráfico, el soporte físico permite adaptar automáticamente a la demanda el número de conexiones por haz.

Los haces también pueden activarse o desactivarse, según convenga, para acomodarse a las condiciones de tráfico y modificar la superposición de la cobertura. Por ejemplo, para minimizar la posible interferencia causada por las huellas de un satélite con superposición y conservar la potencia del satélite, el sistema utilizará una arquitectura de gestión de células que desconecta los haces cuando los satélites atraviesan el ecuador dirigiéndose hacia las regiones polares.

El subsistema de antenas del enlace de servicio está fijo a la carcasa del satélite y su precisión en la orientación depende del sistema de estabilización del control de actitud del satélite.

Los enlaces entre satélites conectan a los satélites en órbita para crear la red mundial de telecomunicaciones en el espacio. Estos enlaces proporcionan conectividad dentro de los planos orbitales y entre ellos.

Cada satélite tiene la capacidad, mediante los enlaces de conexión, de establecer enlaces con las cabeceras en la Tierra. El sistema acomodará varios números de cabeceras. El número real de cabeceras que debe instalarse se basará en consideraciones tanto técnicas como comerciales.

Además de los anteriores enlaces de comunicaciones, el satélite tiene la capacidad de establecer enlaces de teledata, seguimiento y telegestión con las estaciones de teledata, telegestión y control situadas en todo el mundo.

La Fig. 67 muestra una cobertura en órbita representativa lograda por un solo satélite situado a una altitud de 853 km sobre los Estados Unidos de América.

4.3.6.2 Descripción del sistema

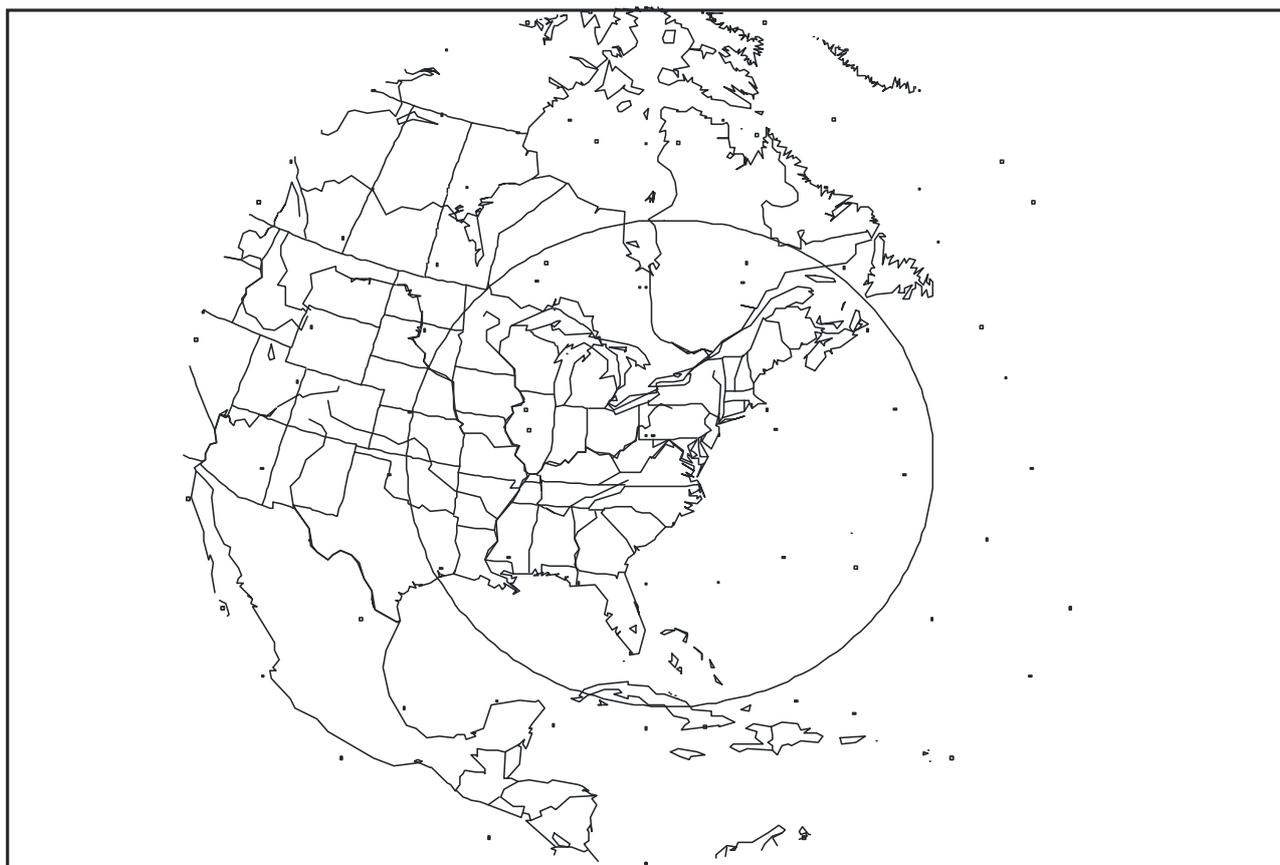
Este sistema de comunicaciones personales móviles por satélite Satcom2000 ha sido diseñado para satisfacer el crecimiento previsto en la demanda global de telecomunicaciones móviles mundiales, proporcionar acceso a los servicios que exigen capacidades de velocidad de transmisión de datos más elevadas y variables y posibilitar una mayor expansión e integración de los servicios de satélites con las redes fijas y móviles terrenales.

El sistema será capaz de proporcionar servicios de comunicaciones vocales, de datos, de mensajes y multimedia de manera bidireccional entre una gran variedad de equipos de usuario situados en cualquier parte del mundo e interconectar a cualquier equipo de usuario a la RTPC, a la RDPC, a la RMTP y a otras redes terrenales, incluyendo la itinerancia mundial y la interoperabilidad con la componente terrenal de las redes IMT-2000.

Para proporcionar esta gama de servicios, Satcom2000 utilizará las técnicas de acceso radioeléctrico AMDT y CDMA, que comprenden canales AMDF/AMDT y AMDF/CDMA funcionando en cada satélite. Este esquema de acceso radioeléctrico múltiple híbrido incorporado a un solo sistema de satélites satisface las diversas necesidades de comunicaciones personales para los usuarios inalámbricos del siglo XXI y proporciona una utilización eficaz del espectro para tan amplia variedad de servicios ofrecidos.

FIGURA 67

Región de cobertura de un solo satélite situado a 853 km; ángulo de elevación : 15°



1850-67

El sistema de comunicaciones personales móviles por satélite Satcom2000 consta de cinco segmentos, a saber:

- el segmento espacial, que comprende una constelación de 96 satélites operativos situados en una LEO de 854 km de altitud, con 8 planos orbitales y 12 satélites en cada plano;
- el segmento de control del sistema, que proporciona un sistema de teledirigido, seguimiento y control centralizado a toda la constelación de satélites;
- el segmento terreno, que está constituido por las estaciones cabecera y los dispositivos asociados, incluida la infraestructura para establecer la interfaz con las redes terrenales y la distribución del servicio;
- el segmento de abonado, que funciona en modo doble (compatible con servicios por satélite/terrenales) multinorma y terminales de usuario multibanda; y
- el segmento de soporte comercial y de abonado, que comprende el sistema de tarificación, el centro de atención al cliente, etc.

Un sistema de satélites que utiliza Satcom2000 podrá interfundar con la componente terrenal de las IMT-2000 descrita en el § 5 de la Recomendación UIT-R M.1457. Se soporta la itinerancia entre la red terrenal y la red de satélites. En la mayoría de los casos, también se soportará el traspaso automático entre la red terrenal y de satélites.

4.3.6.2.1 Características del servicio

Este sistema de comunicaciones personales móviles por satélite proporciona servicios de voz, datos y mensajes en comunicaciones completamente dúplex. Se soportan las características de anchura de banda según demanda, velocidad binaria según demanda y servicio de radiobúsqueda (de alerta) a través de satélites. Para acomodar el tráfico Internet cuya naturaleza inherente es asimétrica, el sistema prevé la transmisión asimétrica de datos y también soporta la transmisión de datos asíncrona.

En el Cuadro 38 se resumen las características principales del servicio que soporta este sistema de comunicaciones móviles personales por satélite.

CUADRO 38

Características principales del servicio

Anchura de banda según demanda (sí/no)	Sí
Velocidad binaria según demanda (sí/no)	Sí
Datos asíncronos (sí/no)	Sí
Datos asimétricos (sí/no)	Sí

4.3.6.2.2 Características del sistema

En el Cuadro 39 se resumen las características principales de este sistema de comunicaciones móviles personales por satélite.

CUADRO 39

Características principales del sistema

Esquemas de acceso múltiple	AMDF/AMDT y AMDF/CDMA
Técnica de traspaso (por ejemplo, dentro del satélite y entre satélites, flexible, estricto o híbrido)	Dentro del satélite y entre satélites, utilizando traspaso flexible/estricto
Diversidad (por ejemplo, en el tiempo, en frecuencias, en el espacio)	En el tiempo, en el espacio, etc.
Mínima canalización del satélite CDMA	AMDT: 27,17 kHz CDMA: 1,25 MHz
Funcionamiento en el entorno de explotación de radiocomunicaciones del satélite de la Recomendación UIT-R M.1034	Entorno urbano de satélite Entorno rural por satélite Entorno de satélite con montaje fijo Entorno de interiores por satélite

Satcom2000 proporciona dos interfaces radioeléctricas de enlace de servicio del satélite distintas. Una se basa en la técnica de acceso múltiple AMDT y la otra se basa en la técnica de acceso múltiple CDMA. Ambas interfaces utilizan un plan de frecuencias con distintas portadoras separadas en un esquema AMDF básico. La distribución entre el funcionamiento AMDT y CDMA se optimizará para adaptarse al tipo de servicio y al entorno de usuario, satisfacer la demanda de tráfico y maximizar la eficacia del sistema.

El subsistema CDMA puede lograr una elevada eficacia espectral donde sean efectivas las técnicas de control de potencia para mantener a todos los usuarios con niveles similares de potencia. Sin embargo, los sistemas de satélites sufren retardos de trayecto relativamente importantes que obstaculizan la eficacia de los bucles de realimentación del control de potencia. En los casos en que el control de potencia no es eficaz se reducirá la eficiencia espectral del CDMA.

En aplicaciones en que el entorno del usuario, y por consiguiente el nivel de la señal, cambia rápidamente (por ejemplo, servicios vocales móviles), un esquema AMDT logrará un mejor comportamiento en términos tanto de eficacia espectral como de calidad de servicio. En aplicaciones tales como servicios de transmisión de datos a alta velocidad en los que el entorno del usuario puede cambiar lentamente, y por consiguiente el control de potencia puede ser eficaz, será más apropiado utilizar un esquema CDMA. Esta implementación híbrida permite soportar todos los tipos de servicios utilizando de manera óptima los recursos del satélite.

Los enlaces AMDT ofrecen amplios márgenes de desvanecimiento para los diversos entornos de usuario a fin de satisfacer, o incluso superar, los requisitos de disponibilidad. Los enlaces CDMA engloban una amplia gama de velocidades y transmisión de datos, con márgenes de enlace adecuados para servicios específicos.

Satcom2000 soporta el traspaso entre haces en un satélite, el traspaso entre haces en distintos satélites y el traspaso entre una red IMT-2000 terrenal y esta red de satélites. La gestión de los traspasos, incluido el mantenimiento de la llamada, la realiza la SRAN.

4.3.6.2.2.1 Interfaz radioeléctrica AMDF/AMDT

Los canales vocales individuales AMDF/AMDT básicos se transmiten cada uno de ellos con una velocidad de ráfaga de 34,545 kbit/s y ocupan una anchura de banda de 27,17 kHz utilizando MDP-4. Ello permite lograr una densidad de cresta por haz de 147 canales vocales por 1 MHz y de 184 canales vocales por 1,25 MHz.

Satcom2000 utiliza en el diseño de su codificador de señales vocales las últimas tecnologías de codificación de voz a fin de lograr la mejor calidad vocal utilizando el menor número de bits. En dicho codificador se utiliza un índice de corrección de errores en recepción de 2/3.

En el Cuadro 40 figuran los parámetros fundamentales del esquema AMDF/AMDT.

CUADRO 40

Características del canal vocal AMDF/AMDT

Número de intervalos de tiempo/trama vocales	4
Velocidad de ráfaga	34,545 kbit/s
Separación entre canales	27,17 kHz
Velocidad de información	2,4 a 4 kbit/s
FEC (integrado con el codificador de la señal vocal)	Índice = 2/3
Tipo de modulación	MDP-4

4.3.6.2.2.2 Interfaz radioeléctrica AMDF/CDMA

La parte CDMA de la banda de frecuencias atribuida se dividirá en subbandas de 1,25 MHz. El esquema de acceso CDMA utilizado en cada subbanda permite a múltiples usuarios compartir el espectro simultáneamente. El espectro puede reutilizarse en cada haz de satélite dando lugar a un elevado factor de reutilización de frecuencias para este subsistema CDMA. Los enlaces CDMA proporcionarán velocidades de transmisión de datos de usuario variables de hasta 144 kbit/s.

La interfaz radioeléctrica CDMA se basa en una norma compatible IMT-2000 terrenal. Tiene una anchura de banda de 1,25 MHz y utiliza un esquema de acceso de espectro ensanchado de secuencia directa. La velocidad binaria de canal de cresta es de 9,6 kbit/s. La interfaz radioeléctrica emplea una codificación convolucional de índice 1/3 para el enlace ascendente y de índice 1/2 para el enlace descendente. A cada enlace se le añade un canal de control de potencia utilizando un código convolucional perforado.

Los parámetros fundamentales del esquema AMDF/CDMA se resumen en el Cuadro 41

CUADRO 41

Características del canal de datos AMDF/CDMA

Subtramas/trama	2
Velocidad de dispersión	1,228 a 4,096 Mbit/s
Separación entre canales	1,25 MHz
Velocidad de transmisión de la información	9,6 kbit/s (hasta 144 kbit/s utilizando múltiples canales)
FEC	Índice = 1/2 en enlace descendente; 1/3 en enlace ascendente
Tipo de modulación	MAQ-16/MDP-4

Se podrá proporcionar un enlace de datos que utiliza múltiples canales para ofrecer servicios de datos de hasta 144 kbit/s.

4.3.6.2.3 Características del terminal

El equipo de usuario para la parte de satélite del sistema proporcionará servicios para una cierta variedad de aplicaciones. Los tipos de equipos de usuario que serán soportados incluyen terminales fijos, nómadas, portátiles, móviles, marítimos y aeronáuticos. La mayoría de estos terminales irán equipados con capacidades de servicio múltiple (por ejemplo, terminal de telefonía, mensajes y datos combinados). Los tipos de equipos de usuario reales que se desarrollarán y las capacidades de servicio múltiple que se incluirán estarán basados en la demanda del mercado.

Algunos equipos de usuario funcionarán sólo con canal único y otros irán equipados con la capacidad de funcionar en modo multicanal. Por ejemplo, un terminal manual utilizará únicamente un solo canal pero un terminal fijo puede utilizar un solo canal o múltiples canales multiplexados mediante un multiplexador. Los terminales de datos a alta velocidad funcionan utilizando múltiples canales de datos básicos para ofrecer servicios a alta velocidad.

En el Cuadro 42 aparecen las características principales del terminal.

CUADRO 42

Características del terminal

Tipos de terminal	<ul style="list-style-type: none"> – Manual – Portátil – Nómada – Fijo – Aeronáutico – Marítimo – Otros
Capacidad de múltiples servicios (por ejemplo, terminal con teléfono, radiobúsqueda y datos combinados)	Sí
Restricciones en cuanto a la movilidad para cada tipo de terminal (por ejemplo, hasta xx km/h o yy m/s)	Hasta 500 km/h para terminales manuales Hasta 5 000 km/h para terminales aeronáuticos

4.3.6.3 Especificaciones de RF

El sistema de comunicaciones personales móviles por satélite Satcom2000 funcionará en la banda de 2 GHz y generará haces celulares con cada haz cubriendo una zona relativamente pequeña de la Tierra para proporcionar un gran margen del enlace de servicio por satélite. Los parámetros de red especificados en este punto son los valores para 2 GHz. También pueden modificarse para funcionar en otras bandas de frecuencias atribuidas a la componente de satélite IMT-2000.

Satcom2000 requiere que los subsistemas de acceso radioeléctrico AMDT y CDMA funcionen en segmentos de espectro separados. Por consiguiente, todo espectro atribuido al sistema de satélites será segmentado en la parte AMDT y la parte CDMA.

Satcom2000 proporciona tanto servicios vocales como de datos. Los servicios vocales básicos ofrecen un elevado margen del enlace y diversidad para soportar el funcionamiento en entornos con desvanecimiento. En las zonas situadas en línea de visibilidad despejada un margen del enlace más bajo se compensa mediante la utilización más eficaz de la anchura de banda. Los servicios proporcionan velocidades de transmisión de datos más elevadas en zonas con un margen de desvanecimiento bajo. En las zonas con márgenes de desvanecimiento más altos los servicios de datos funcionan a velocidades inferiores. Una superposición de los canales de acceso múltiple AMDT y CDMA en la estructura AMDF proporciona el esquema de acceso más adecuado basándose en los servicios de tipo y calidad de servicio requeridos junto con los entornos de funcionamiento.

Debido a retardos en el trayecto de unos 20 ms, la máxima velocidad de control de potencia para el esquema CDMA en este sistema de satélites LEO es de 50 Hz. Ello limita la eficacia de la técnica CDMA, salvo en entornos de usuario de desvanecimiento lento tales como aplicaciones de datos o servicios fijos con trayectos de señal hacia el satélite líneas de visibilidad despejada. Estas aplicaciones podrán aprovechar la capacidad del tratamiento de datos de los protocolos terrenales IMT-2000 junto con sus ganancias de capacidad. Para minimizar la interferencia, se establece un valor del paso de control de potencia de 0,5 dB. El equipo manual CDMA utilizará modo DDF para transmitir y recibir simultáneamente, lo que exige aproximadamente unos 63 dB de aislamiento entre la transmisión y la recepción. El tipo de modulación se seleccionará de forma que se logre el máximo número de elementos comunes posible con una adecuada tecnología utilizada por los sistemas terrenales IMT-2000. Como estas aplicaciones se utilizan normalmente en un entorno con líneas de visibilidad despejada, para mejorar la eficacia de la utilización del espectro pueden emplearse algunos esquemas de modulación de orden más elevado tales como el MAQ-16.

La capacidad para el subsistema AMDT resulta menos afectada por las aplicaciones con desvanecimiento elevado y, por consiguiente, se reserva para comunicaciones vocales móviles en entornos rápidamente cambiantes. El control de potencia se utiliza únicamente para disminuir el consumo de potencia tanto en los equipos de usuario como en los satélites. En el subsistema AMDT puede utilizarse un incremento del paso de control de potencia más grande. La velocidad del control de potencia es función del retardo en el trayecto y del tamaño de trama. Los terminales de usuario AMDT pueden funcionar en modo DDT para disminuir los requisitos de aislamiento entre transmisión y recepción.

Las ganancias de antena y los niveles de potencia de los equipos de usuario y de los satélites están diseñados para optimizar la calidad de funcionamiento del servicio y la implementación del sistema. Los valores iniciales de estos parámetros de diseño aparecen en el Cuadro 54. Los satélites podrán manejar diversas categorías de terminales de usuario y estos terminales tendrán distintos niveles de p.i.r.e. basándose en sus aplicaciones y tamaño y, por consiguiente, serán capaces de soportar servicios con diversos márgenes de desvanecimiento. Estas decisiones vendrán determinadas por la demanda del mercado.

En el Cuadro 43 aparecen los parámetros de RF de Satcom2000.

CUADRO 43

Especificaciones en RF

p.i.r.e. del transmisor del terminal de usuario – p.i.r.e. máxima para cada tipo de terminal – p.i.r.e. media para cada tipo de terminal	–2 a 4 dBW para terminales manuales Los valores los determina el mercado en otros tipos de terminales –8 a –2 dBW para terminales manuales Los valores los determina el mercado en otros tipos de terminales
<i>G/T</i> del terminal de usuario para cada tipo de terminal	–24,8 dB/K para terminales manuales Los valores los determina el mercado en otros tipos de terminales
Ganancia de antena para cada tipo de terminal	2 dBi para terminales manuales Los valores los determina el mercado en otros tipos de terminales
p.i.r.e. máxima del satélite	29,6 dBW
<i>G/T</i> máxima del satélite	0,1 dB/K
Anchura de banda de canal	AMDT: 27,17 kHz CDMA: 1,25 a 5 MHz
Múltiple capacidad de canal (sí/no)	Sí
Control de potencia: Gama Tamaño del paso Velocidad	25 dB AMDT: 2 dB CDMA: 0,5 dB 50 Hz
Estabilidad de frecuencia Enlace ascendente Enlace descendente	0,375 ppm con control automático de potencia (CAF) 1,5 ppm (térmico)
Compensación Doppler (sí/no)	Sí
Aislamiento transmisor/receptor en el terminal	63 dB
Margen de desvanecimiento máximo para cada tipo de servicio	Vocal: 15 a 25 dB Mensajería/radiobúsqueda: 45 dB

4.3.6.4 Especificaciones en banda base**Esquema de acceso múltiple**

Los esquemas de acceso múltiple para la interfaz radioeléctrica Satcom2000 incluyen tanto AMDF/AMDT como AMDF/CDMA, como se indica en el § 4.3.6.2.2. Se dispone de los modos DDT y DDF.

Longitud de trama

La duración de trama es de 40 ms y cada trama consta de 4 intervalos de tiempo de 8,88 ms, más una banda de guarda de 4,48 ms.

Codificación de canal

La codificación de canal utilizada para el canal de tráfico será un código concatenado consistente en un código exterior RS y un código interior convolucional perforado para permitir la protección de la velocidad binaria variable. El objeto del código exterior es ofrecer la capacidad de detección de errores de ráfaga que no puede lograrse con el código convolucional. Deberán utilizarse varios códigos convolucionales distintos dependiendo de la calidad de servicio requerida.

ARQ

Además de FEC, algunos servicios que no se prestan en tiempo real incluirán también ARQ. Los esquemas ARQ no se implementan para los servicios en tiempo real, tales como la videoconferencia, debido a los requisitos de calidad de funcionamiento en tiempo real y a que se admite una BER mayor. Sin embargo, algunas aplicaciones tales como el protocolo de transferencia de ficheros (FTP) pueden exigir un mayor grado de integridad en la transmisión dependiendo de los tipos de ficheros que van a transferirse y puede ser necesario aplicar el esquema ARQ. Por razones evidentes, los ficheros ejecutables exigen que no aparezca ningún error en los datos transferidos y, por consiguiente, es esencial contar con un esquema ARQ. Los esquemas ARQ incluidos en Satcom2000 incorporan el esquema selectivo a la repetición y el esquema ida y vuelta N ; la elección de cada uno de ellos dependerá de la aplicación real.

Entrelazado

En Satcom2000 se incorpora el entrelazado para ensanchar el efecto de los errores de ráfaga en varios segmentos de datos de manera que en cada uno de ellos los errores resultantes dentro de un segmento de datos determinado sean independientes. La estructura de entrelazado se elige de tal forma que no haya repercusiones en el retardo total del sistema.

En el Cuadro 44 aparecen los parámetros en banda base de Satcom2000.

CUADRO 44

Especificaciones en banda base

Técnicas de acceso múltiple	AMDF/AMDT y AMDF/CDMA
Método dúplex	DDT/DDF
Velocidad de ráfaga (modo AMDT)	34,545 kbit/s
Intervalos de tiempo (modo AMDT)	4 intervalos de tiempo/trama
Longitud de trama	40 ms
Velocidad de transmisión de la información	AMDT: 2,4 a 4 kbit/s CDMA: 0,048 a 9,6 kbit/s Puede lograrse una velocidad de información de hasta 144 kbit/s utilizando configuración multicanal
Velocidad de chip (modo CDMA)	1,228 a 4,096 Mchip/s
Tipo de modulación	AMDT: MDP-4 CDMA: MAQ-16/MDP-4
FEC	AMDT: Índice 2/3 CDMA: Índice 1/2 en enlace descendente, 1/3 en enlace ascendente
Atribución dinámica de canales (sí/no)	Sí
Entrelazado (sí/no)	Sí
Se necesita sincronización entre satélites (sí/no)	Sí

4.3.7 Especificaciones de la interfaz radioeléctrica de satélite G

Esta interfaz radioeléctrica de satélite se basa en la interfaz radioeléctrica CDMA-DS de las IMT-2000 descrita en el § 5.1 de la Recomendación UIT-R M.1457. Los sistemas móviles de satélite que pretendan utilizar esta interfaz tendrán que ser equipos de usuario totalmente compatibles con el CDMA-DS de las IMT-2000, con capacidad de adaptación flexible a la banda de frecuencias adyacente del servicio móvil por satélite (SMS).

La utilización de tecnología normalizada y de una banda de frecuencias IMT-2000 de satélite adyacente a la banda de frecuencias IMT-2000 terrenal permite integrar estas funciones de los sistemas SMS en los dispositivos 3G sin modificar la longitud de onda y, por consiguiente, con una pequeña repercusión en el coste. Así se optimiza considerablemente la entrada en el mercado y el índice de penetración.

Las características básicas de servicio y funcionamiento de esta interfaz radioeléctrica son las siguientes:

- Soporta servicios de velocidad de datos reducida (por ejemplo, 1,2 kbit/s) y transmisión de datos a alta velocidad (hasta 384 kbit/s) con un zona de amplia cobertura.
- Gran flexibilidad de servicio con diversos servicios de velocidad variable en paralelo en cada conexión.
- Acceso eficiente a paquetes.
- Función integrada para futuras tecnologías de mayor capacidad/coertura, tales como antenas adaptativas, estructuras de receptor avanzadas y diversidad de transmisores.
- Traspaso entre frecuencias para el funcionamiento con estructuras de células jerárquicas Admite el traspaso entre frecuencias para el funcionamiento con estructuras celulares jerárquicas y el traspaso a otros sistemas, incluido el traspaso a GSM.

4.3.7.1 Descripción de la arquitectura

En la Fig. 68 se muestra la arquitectura de sistema.

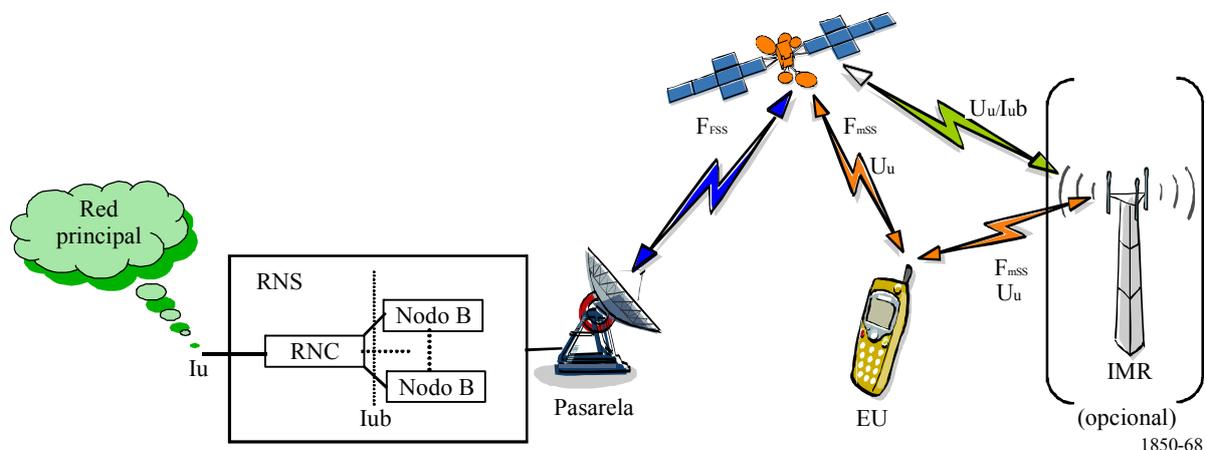
El sistema puede consistir en una constelación de uno o varios satélites, cada uno con una cobertura de una zona o varios.

La zona de ubicación puede ser una zona o un grupo de zonas para usuarios itinerantes.

Los equipos de usuario se conectan a la red a través de uno o varios satélites que retransmiten la señal radioeléctrica hacia las cabeceras o desde éstas. El sistema permite utilizar una cabecera centralizada o un grupo de cabeceras distribuidas geográficamente, dependiendo de las necesidades de los operadores. La Pasarela conecta la señal al subsistema de red radioeléctrica (RNS), es decir los nodos B y el controlador de red radioeléctrica (RNC). La decisión de integrar los nodos B y/o el RNC dentro o fuera de la cabecera es prerrogativa de los fabricantes.

En un entorno de satélite, la señal transmitida puede degradarse debido a edificios, montañas, etc. La continuidad de la cobertura en zonas muy ensombrecidas puede mejorarse con repetidores de módulos intermediarios (IMR), que reutilizan la misma frecuencia que el satélite, amplifican y repiten la señal procedente del satélite y hacia éste. La cuestión de los repetidores guarda relación con la instalación y despliegue de sistemas y, por ende, no forma parte de la interfaz radioeléctrica de satélite que se describe en el presente documento. Así, no se han evaluado las cuestiones técnicas, operativas y de reglamentación.

FIGURA 68
Arquitectura de sistema



4.3.7.1.1 Constelación

Esta interfaz es capaz de funcionar con diversos tipos de constelaciones de satélite, a saber LEO, HEO, MEO u OSG. En esta sección se presenta en detalle la arquitectura y el funcionamiento de la constelación de tipo OSG.

4.3.7.1.2 Satélites

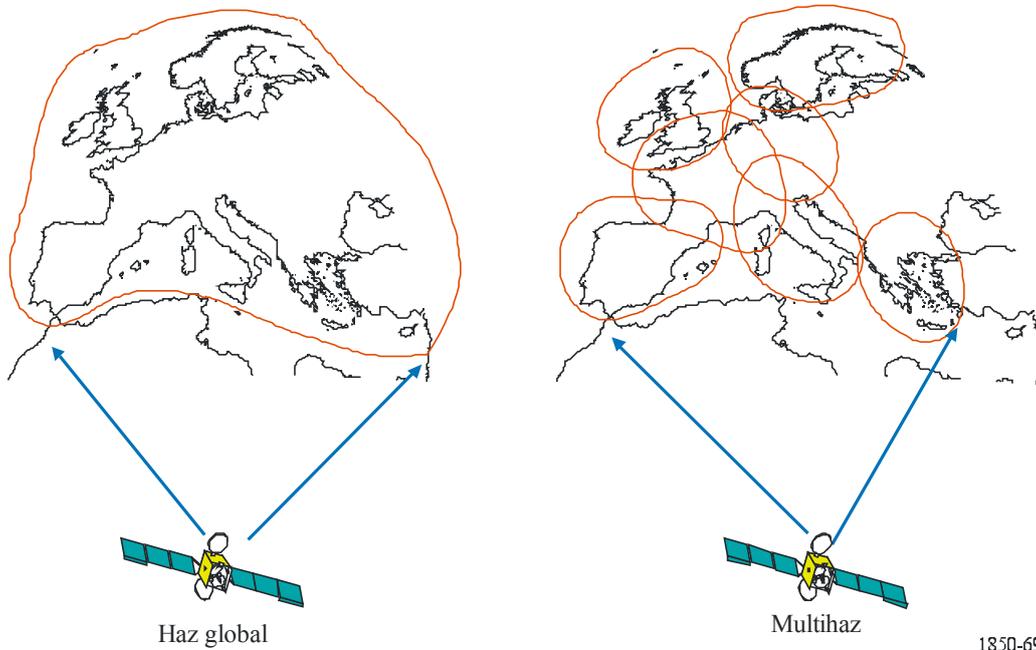
Se puede adoptar varias arquitecturas, dependiendo de la velocidad de datos necesario. En los ejemplos que figuran a continuación se supone una cobertura Europea. La configuración del haz global significa que existe una única zona que abarca toda la superficie de Europa.

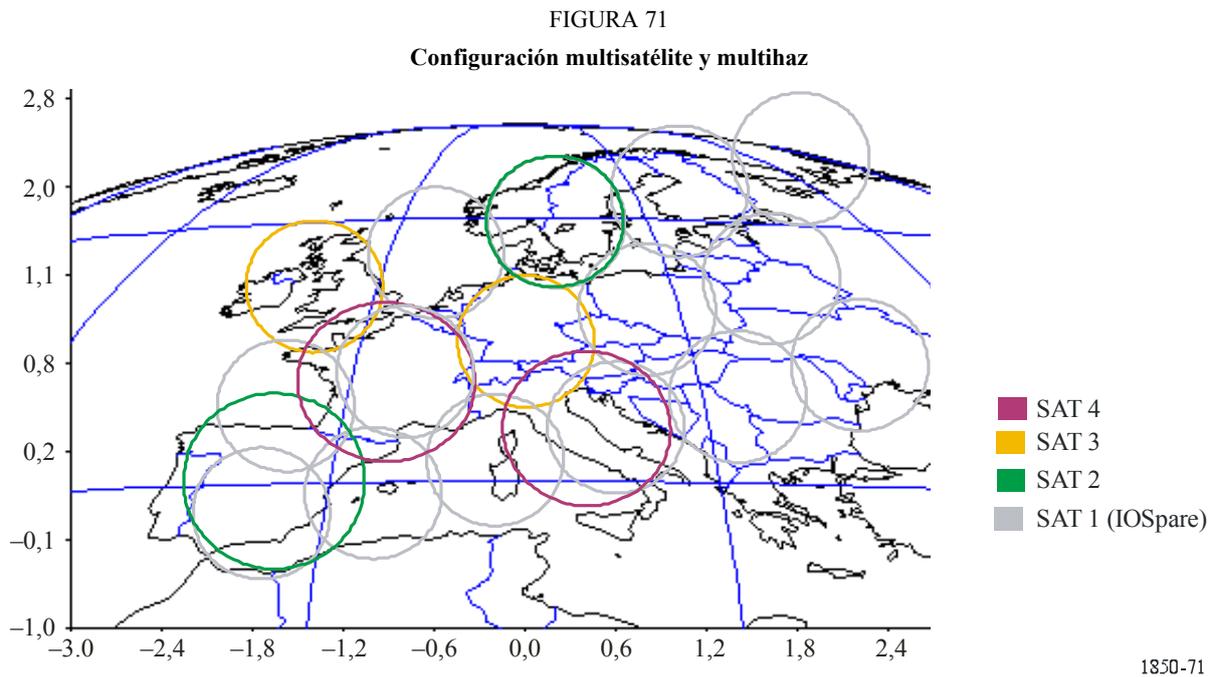
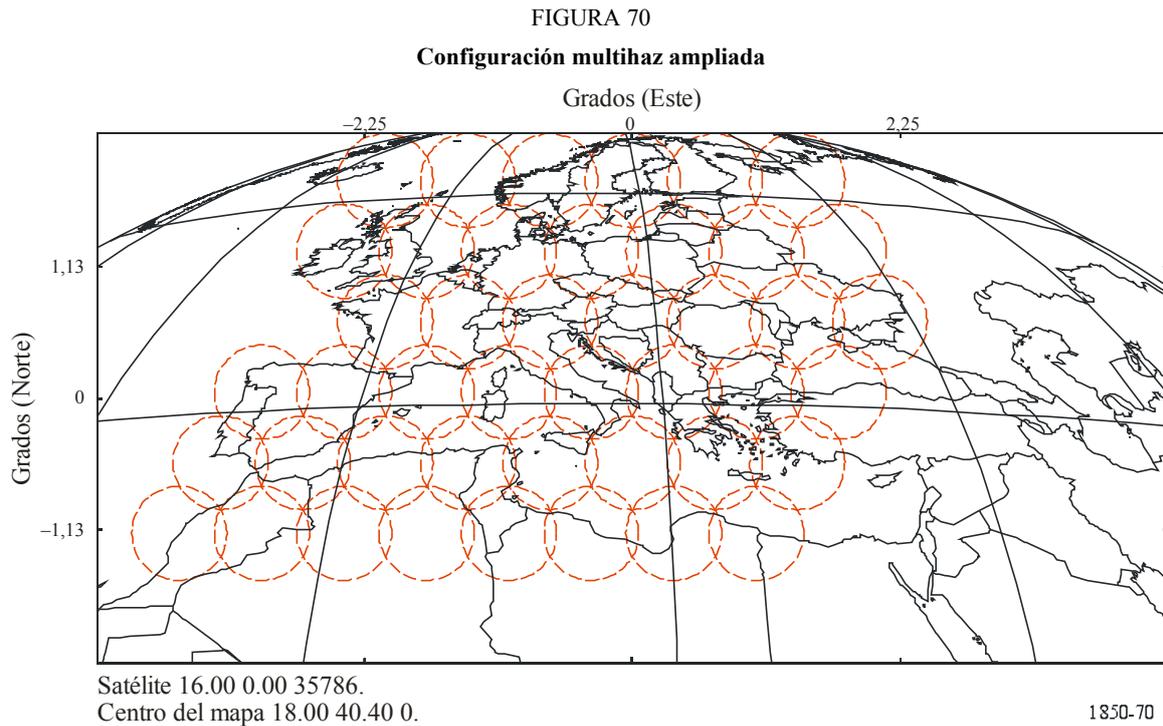
La configuración multihaz consiste en un satélite que da servicio a varias zonas, por ejemplo 1 zona por área lingüística (configuración de 7 haces) o 1 zona por región (configuración multihaz ampliada).

Otra posible configuración es un sistema que consta de varios satélites, cada uno de los cuales da servicio a varias zonas.

FIGURA 69

Configuración de satélite de haz global y de 7 haces





4.3.7.2 Descripción del sistema

4.3.7.2.1 Características del servicio

4.3.7.2.1.1 Servicios portadores básicos

Los servicios portadores básicos que debe soportar esta interfaz radioeléctrica son comunicaciones vocales a una velocidad comprendida entre 2,4 kbit/s y 12,2 kbit/s y comunicaciones de datos a velocidades que oscilan entre 1,2 kbits/s y 384 kbit/s..

4.3.7.2.1.2 Servicios de datos por paquetes

Los servicios de datos por paquetes se ofrecerán a velocidades binarias comprendidas entre 1,2 kbit/s y 384 kbit/s.

4.3.7.2.1.3 Teleservicios

Los teleservicios incluyen transmisiones vocales tales como llamadas de emergencia, servicio de mensajes breves, transmisión facsímil, servicio de videotelefonía, servicio de radiobúsqueda, etc.

4.3.7.2.1.4 Servicio de radiobúsqueda lejano

El servicio de radiobúsqueda lejano se utiliza para entrar en contacto con usuarios de terminales móviles situados en zonas tales como espacios muy internos en edificios donde no pueden ofrecerse los servicios normales.

4.3.7.2.1.5 Multidifusión

Se suministrarán servicios multidifusión a la memoria local del equipo de usuario a través de un enlace de distribución directa por satélite del servicio a discreción del MBMS (Servicios de difusión/multidifusión de multimedios, descrito en § 5.1 of Recomendación ITU-R M.1457). La velocidad binaria de los servicios multidifusión varía de 1,2 kbit/s a $n \times 384$ kbit/s ($n = 2, 3$ o superior en función de la configuración).

4.3.7.2.2 Características del sistema

En el Cuadro 45 se indican las principales características técnicas de esta interfaz radioeléctrica.

CUADRO 45

Principales características técnicas de SRI-G

Técnica de acceso múltiple	DS-CDMA
Método dúplex	DDF
Velocidad de chip	3,840 Mchip/s
Separación entre portadoras	5 MHz (trama de portadora de 200 kHz)
Longitud de trama	10 ms
Sincronización entre zonas	No se requiere sincronización precisa
Velocidad múltiple/variable	Factor de dispersión variable + Multicódigo
Tipo de codificación del canal	Codificación convolucional (velocidad 1/2 – 1/3) Codificación turbo 1/3
Acceso a los paquetes	Modo doble (canal común y canal dedicado)

4.3.7.2.3 Características del terminal

Existen diversos tipos de equipos de usuario, a saber: móviles, portátiles, transportables, y aeronáuticos. En el Cuadro 46 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 el enlace directo y el de retorno.

CUADRO 46

Restricciones de movilidad para cada tipo de terminal

Tipo de terminal	Velocidad de datos del servicio (enlace de retorno) (kbit/s)	Velocidad de datos del servicio (enlace directo) (kbit/s)	Restricción de la movilidad nominal (km/h)
Móvil	1,2-12,2	1,2-384	500
Portátil	1,2-384	1,2-384	500
En vehículo	1,2-384	1,2-384	500 (máximo 1 000)
Transportable	1,2-384	1,2-384	Estático
Aeronáutico	1,2-384	1,2-384	5 000

4.3.7.2.4 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.

Se admite el traspaso ligero y ligerísimo.

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

Traspaso de haz

El EU mide siempre el nivel de $C/(N+I)$ piloto procedente de haces adyacentes y comunica dicha información a la estación terrena terrestre (ETT). Ésta decide transmitir en el mismo canal por dos haces diferentes (traspaso de haz ligero) y envía al equipo de usuario la instrucción de añadir un canal para demodular la señal adicional. En cuanto recibe confirmación de la recepción de la nueva señal, la ETT corta la anterior conexión. De hecho no existe la opción de efectuar un traspaso ligero prolongado entre haces puesto que en realidad no existe diversidad de trayectos.

Traspaso entre satélites

El procedimiento es análogo al de traspaso de haz. La única diferencia es que el equipo de usuario también tiene que buscar diferentes códigos de aleatorización piloto específicos del satélite. Si detecta un código de aleatorización piloto con suficiente intensidad, informa de ello a la estación terrena terrestre, que podrá decidir aprovechar la diversidad de satélite para transmitir la misma señal por diferentes satélites.

A diferencia del caso anterior, este procedimiento tiene la ventaja de disponer de diversidad de trayectos y resulta útil aprovechar la totalidad de los diversos trayectos que tengan intensidad suficiente.

Así, puede obtenerse la relación de combinación máxima (la ambigüedad temporal se resuelve mediante la sincronización multitrama de los CCPCH primarios).

Traspaso entre frecuencias

Sólo se admite el traspaso abrupto entre frecuencias, ya sea dentro de una misma cabecera o entre cabeceras.

Por lo general, el traspaso entre frecuencias no es necesario. Este traspaso se decide en la ETT sin ayuda del equipo de usuario (es decir, este tipo de traspaso no cuenta con la ayuda del servicio móvil).

En cambio, en el enlace inverso la ETT combinará todas las señales recibidas para el mismo equipo de usuario a través de distintos haces y/o satélites.

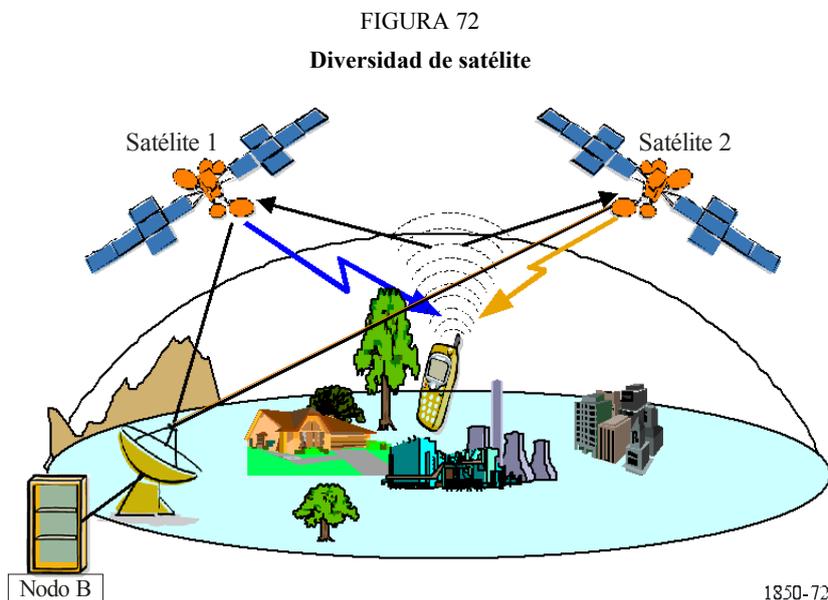
4.3.7.2.5 Diversidad de satélites

La diversidad de satélites puede ofrecerse cuando el sistema cuenta con varios satélites. Las ventajas son:

- resuelve el problema de bloqueo de trayecto inherente a los sistemas de satélite;
- reduce el margen del enlace necesario en situaciones en las que la señal del satélite está muy atenuada (aunque no completamente obstruida);
- facilita el traspaso cuando el equipo de usuario se desplaza a través de las zonas de cobertura.

El método también es aplicable a los haces que pertenece a un determinado satélite (diversidad de haz).

En los párrafos que figuran a continuación se supone que el número de satélites que ofrecen la diversidad queda limitado a 2.



Cuando se pasa al modo de diversidad de satélite, el equipo se conecta simultáneamente a los dos satélites en la misma portadora de frecuencia.

En el enlace de retorno, el equipo de usuario transmite una señal única (un solo código de aleatorización). Los dos satélites reciben esta señal ascendente, se redirigen a la cabecera y se combina en el receptor de rastrillo del Nodo B.

En el enlace directo, cada satélite transmite con un código de aleatorización distinto y el receptor de rastrillo del equipo de usuario junta las dos señales.

Se efectuaron simulaciones para diferentes situaciones de equipos de usuario que se encuentran en el campo de visión de los dos satélites:

- Un satélite con visibilidad directa y el otro no: La componente de visibilidad directa predomina de tal manera que el sistema es equivalente a un sólo satélite con visibilidad directa. El mecanismo de transmisión con diversidad de selección de haz (SSDT, *spot selection diversity transmission*) permite apagar el segundo satélite para no desperdiciar los escasos recursos de potencia de transmisión de satélite.
- Los dos satélites con visibilidad directa.
- Ninguno de los dos con visibilidad directa.

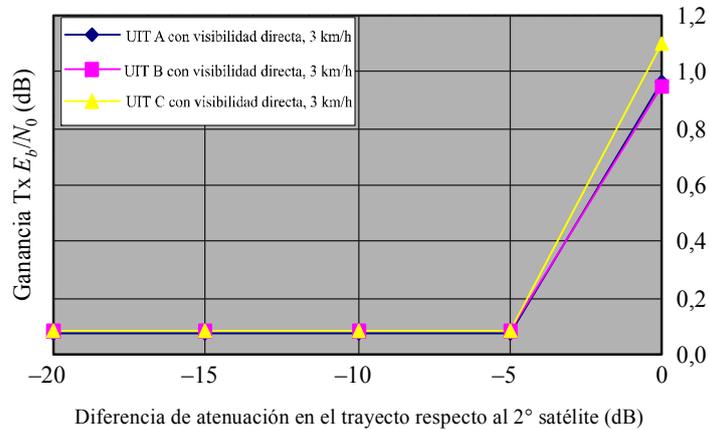
En los resultados de las simulaciones que se presentan a continuación se observa la ganancia $T_x E_b/N_0$ debida a la diversidad de satélites, es decir la diferencia respecto a la distinta atenuación en el trayecto de $T_x E_b/N_0$ obtenido con diversidad y sin ella para alcanzar el objetivo de una BLER igual a 1%. Los resultados se expresan en función de la diferencia de atenuación en el trayecto del 2º satélite, es decir se toma de referencia la atenuación en el trayecto entre el equipo de usuario y el 1º satélite. Se han probado los modelos de canales A, B y C de la UIT (estipulados en la Recomendación UIT-R M.1225).

4.3.7.2.5.1 Los dos satélites con visibilidad directa

Cabe entender la diferencia en la atenuación en el trayecto como la ganancia de la antena Rx del satélite (enlace ascendente)/capacidad de potencia Tx del satélite (enlace descendente).

FIGURA 73

Ganancia de la diversidad de satélite; visibilidad directa; enlace ascendente; 12,2 kbit/s

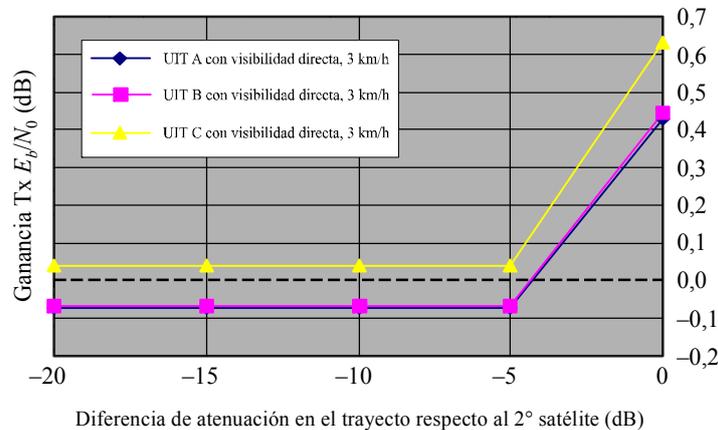


1850-73

La ganancia de diversidad es prácticamente idéntica para velocidades del equipo electrónico de 0 km/h a 50 km/h. Está limitada a un máximo de ~1 dB (12,2 kbit/s).

FIGURA 74

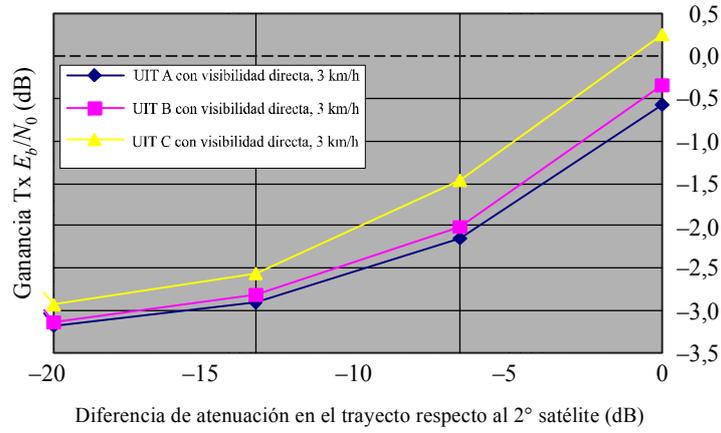
Ganancia de la diversidad de satélite; visibilidad directa; enlace ascendente; 64/144 kbit/s



1850-74

En la dirección del enlace descendente, la ganancia Tx E_b/N_0 es negativo y casi idéntica con independencia de a velocidad de datos del servicio. La ganancia de potencia Tx se contrarresta con un aumento de la interferencia, debido a que los códigos de aleatorización de ambos satélites no son ortogonales. Sin embargo, la diversidad de satélite puede utilizarse para conseguir una distribución de potencia dinámica entre los satélites en condiciones de tráfico elevado.

FIGURA 75
Ganancia de la diversidad de satélite; visibilidad directa; enlace descendente

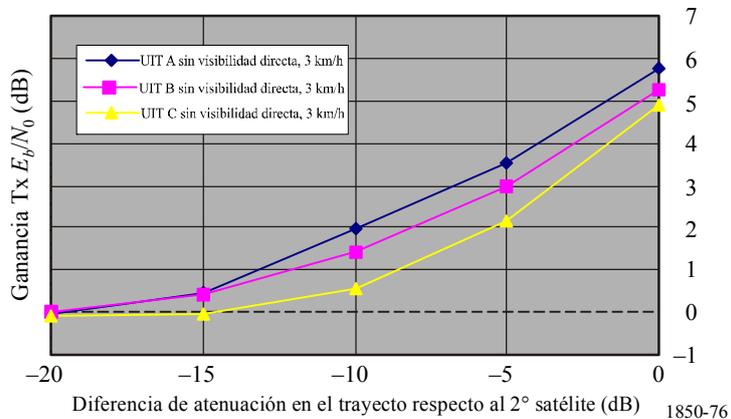


1850-75

4.3.7.2.5.2 **Ninguno de los satélites con visibilidad directa**

La ganancia de diversidad de satélites es considerable cuando el equipo de usuario no tiene visibilidad directa con ninguno de los satélites. Además, una hipótesis muy probable es que la diferencia de atenuación en el trayecto del 2º satélite sea 0 dB. La ganancia máxima $T_x E_b/N_0$ se alcanza para equipos de usuario a baja velocidad. En el sentido del enlace descendente, es casi independiente de la velocidad de datos del servicio.

FIGURA 76
Ganancia de la diversidad de satélite; sin visibilidad directa; enlace ascendente; 12,2 kbit/s; 3 km/h



1850-76

FIGURA 77

Ganancia de la diversidad de satélite; sin visibilidad directa; enlace ascendente; 64/144 kbit/s; 3 km/h

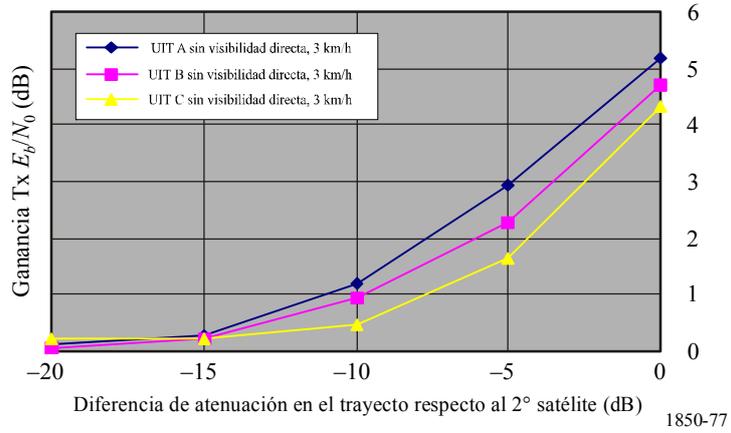


FIGURA 78

Ganancia de la diversidad de satélite; sin visibilidad directa; enlace ascendente; 12.2 kbit/s; 50 km/h

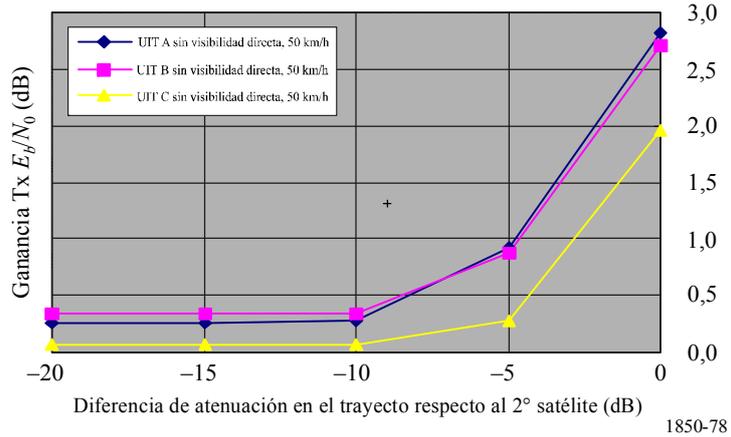


FIGURA 79

Ganancia de la diversidad de satélite; sin visibilidad directa; enlace ascendente; 64/144 kbit/s; 50 km/h

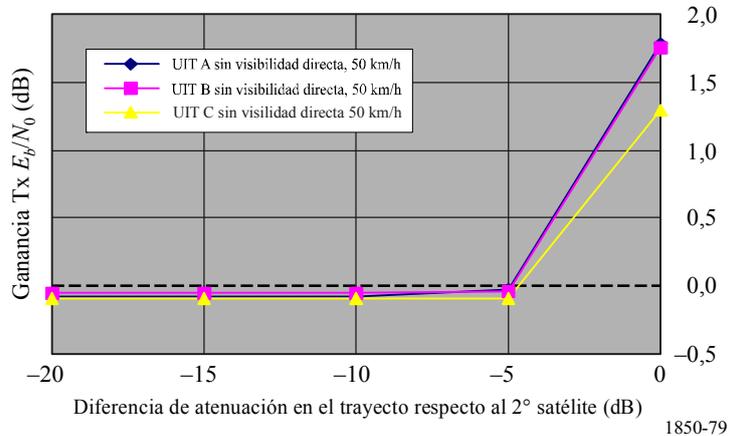


FIGURA 80

Ganancia de la diversidad de satélite; sin visibilidad directa; enlace descendente; 3 km/h

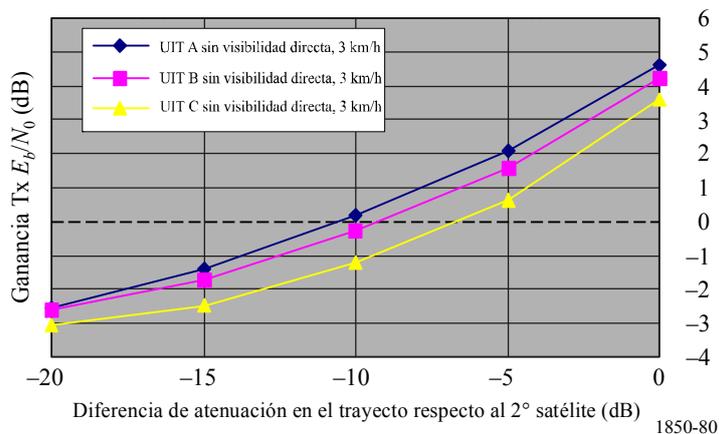
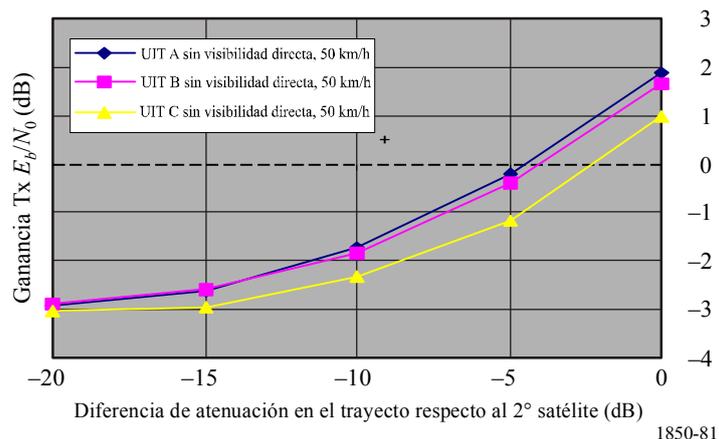


FIGURA 81

Ganancia de la diversidad de satélite; sin visibilidad directa; enlace descendente; 50 km/h



4.3.7.3 Especificaciones en RF

4.3.7.3.1 Estación de satélite

a) Arquitectura de haz global

La arquitectura de haz global ofrece una velocidad general de 3,84 Mbit/s por Europa compartido entre 2 FDM. Por ejemplo, si el servicio funciona a 384 kbit/s, cada FDM transporta un máximo de 5 códigos de canal.

Cada FDM ocupa una anchura de banda de 5 MHz entre la banda de frecuencias del SMS.

En el Cuadro 47 se resumen las características del satélite.

CUADRO 47

Arquitectura del haz global del satélite

	Haz global
Número de haces puntuales	1
Enlace descendente (del satélite al EU)	
Frecuencia (del satélite al EU) (MHz)	2 170-2 200
Polarización	LHCP o RHCP
p.i.r.e. a bordo por portadora (dBW)	64
Enlace ascendente	
Frecuencia (del EU al satélite) (MHz)	1 980-2 010
Polarización	LHCP o RHCP
Ganancia de la antena Rx (dB)	~30

b) Arquitectura multihaz

En el Cuadro 48 se resumen las características del satélite.

CUADRO 48

Arquitectura multihaz (7 haces) de satélite

	7 haces
Número de haces puntuales	7
Enlace descendente (del satélite al EU)	
Frecuencia (del satélite al EU) (MHz)	2 170-2 200
Polarización	LHCP o RHCP
p.i.r.e. a bordo por portadora (dBW)	De 64 a 74 (véase la Nota 1)
Enlace ascendente	
Frecuencia (del EU al satélite) (MHz)	1 980-2 010
Polarización	LHCP o RHCP
Ganancia de la antena Rx (dB)	36-39

NOTA 1 – Dependiendo del tipo de haz puntual y la reutilización de frecuencias considerados.

c) Arquitectura multihaz ampliada

En el Cuadro 49 se resumen las características del satélite.

CUADRO 49

Arquitectura multihaz ampliada de satélite

	Multihaz ampliado
Número de haces puntuales	30
Enlace descendente (del satélite al EU)	
Frecuencia (del satélite al EU) (MHz)	2 170-2 200
Polarización	LHCP o RHCP
p.i.r.e. a bordo por portadora (dBW)	74
Enlace ascendente	
Frecuencia (del EU al satélite) (MHz)	1 980-2 010
Polarización	LHCP o RHCP
Ganancia de la antena Rx (dB)	42-47

4.3.7.3.2 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 tienen una clase de potencia 1, 2 y 3, y que está equipado con una antena omnidireccional normal.

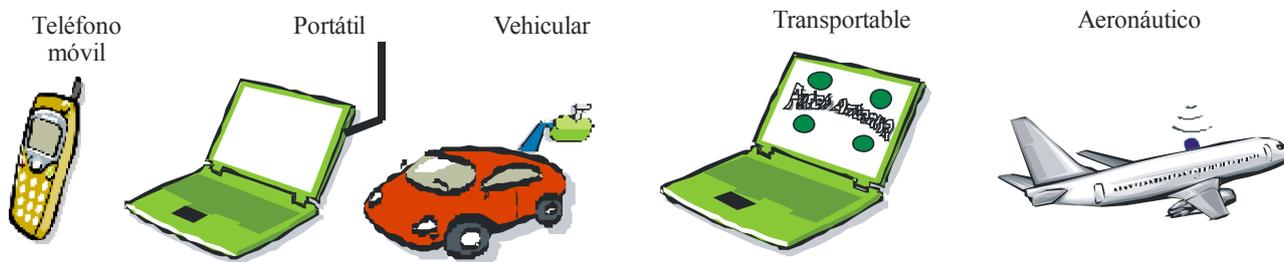
Portátil: consiste en un PC portátil al que se le conecta una antena externa.

Vehicular: la configuración vehicular consiste en colocar un modulo 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 82
Configuración EU



1850-82

En el Cuadro 50 se resumen las características de potencia y ganancia para las cuatro configuraciones del equipo de usuario.

CUADRO 50

Potencia máxima de transmisión, ganancia de la antena y p.i.r.e. del equipo de usuario

Tipo de EU	Potencia máxima de transmisión	Ganancia de la antena de referencia (véase Nota 1)	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	-33,6 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	-26 dB/K
Vehicular	8 W (39 dBm)	4 dBi	13 dBW	250 K	-25 dB/K
Transportable	2 W (33 dBm)	14 dBi	17 dBW	200 K	-14 dB/K
Aeronáutico	2 W (33 dBm)	3 dBi	6 dBW		

NOTA 1 – Valores característicos.

4.3.7.4 Especificaciones de la banda base

4.3.7.4.1 Estructura de los canales

4.3.7.4.1.1 Canales de transporte

4.3.7.4.1.1.1 Canales comunes

Canal de difusión (BCH)

El BCH es un canal de enlace descendente para transmitir la información de control del sistema de cada haz a la ETM.

Canal de búsqueda (PCH)

El PCH es un canal de enlace descendente utilizado para cursar la información de control a la ETM cuando el sistema ignora a qué haz pertenece la ETM. El PCH está asociado con indicadores de búsqueda generados por la capa física, para sustentar procedimientos eficaces del modo en reposo.

Canal de acceso de ida (FACH)

El FACH es un canal de enlace descendente utilizado para cursar la información de usuario o de control a la ETM. Este canal se utiliza cuando el sistema conoce el haz al que pertenece la ETM.

Canal compartido de enlace descendente (DSCH)

El DSCH es un canal de enlace descendente compartido por varias ETM y asociado con uno o varios DCH de enlace descendente.

Canal de acceso aleatorio (RACH)

El RACH es un canal de enlace ascendente utilizado para cursar la información de usuario o control de la ETM a la ETT.

Canal de paquetes común (CPCH)

El CPCH es un canal del enlace ascendente destinado a transportar información del usuario desde la ETM a la ETT. El CPCH está asociado a un canal de control común del enlace descendente que proporciona el control de potencia y las instrucciones de control del CPCH.

4.3.7.4.1.1.2 Canal dedicado

El canal dedicado (DCH) es un canal de enlace descendente o ascendente transmitido por todo el haz o sólo por una parte del haz.

4.3.7.4.1.2 El canal físico

4.3.7.4.1.2.1 Canal físico del enlace descendente

4.3.7.4.1.2.1.1 Canal piloto común (CPICH)

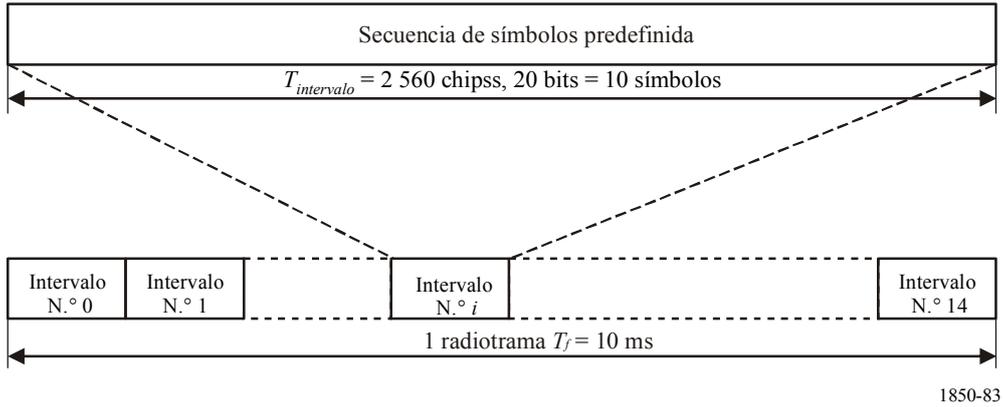
El CPICH es un canal fijo del enlace descendente a velocidad fija (30 kbit/s, SF = 256) que transporta una secuencia de bits/símbolos predefinida.

Se definen dos tipos de CPICH, el primario y el secundario, que se diferencian en la manera en que se utilizan y en las limitaciones de sus características físicas:

- Canal piloto común primario (P-CPICH):
 - se utiliza siempre el mismo código de canalización para el P-CPICH;
 - el P-CPICH se aleatoriza mediante el código de aleatorización primario;
 - solo hay un P-CPICH por haz;
 - el P-CPICH transmite por todo el haz;
 - el CPICH primario es la referencia de fase para los canales físicos en sentido descendente.

- Canal piloto común secundario (S-CPICH):
 - emplea un código de canalización arbitrario de $SF = 256$;
 - el P-CPICH se aleatoriza mediante el código de aleatorización primario o secundario;
 - puede haber uno, varios o ninguno de S-CPICH por haz;
 - el S-CPICH transmite por todo el haz o solo en una parte del mismo;
 - el CPICH secundario puede ser la referencia de fase para DPCH en el enlace descendente.

FIGURA 83
Estructura de trama del CPICH

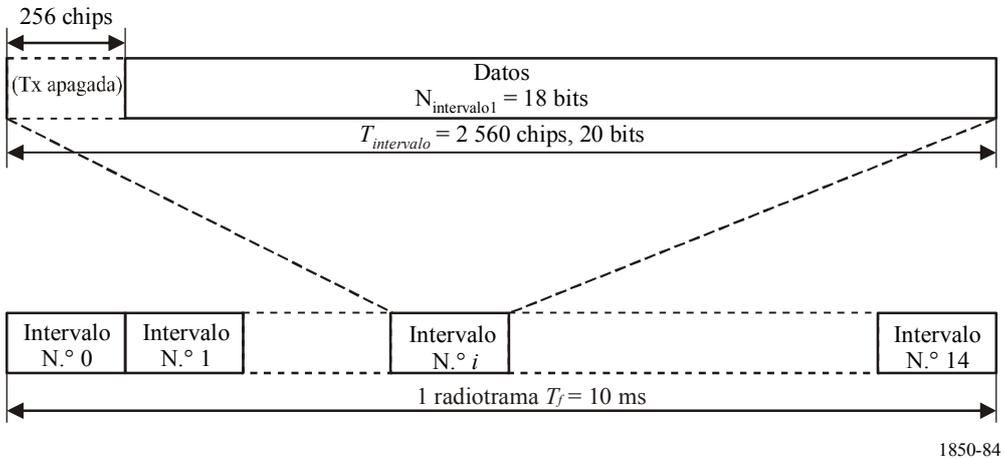


4.3.7.4.1.2.1.2 Canal físico de control común primario (P-CCPCH)

El CCPCH primario es un canal físico en el enlace descendente a velocidad fija (30 kbit/s, $SF = 256$) utilizado para transportar el canal de transporte BCH.

El CCPCH primario no se transmite durante los primeros 256 chips de cada intervalo, durante el cual se transmite en cambio el SCH primario y secundario.

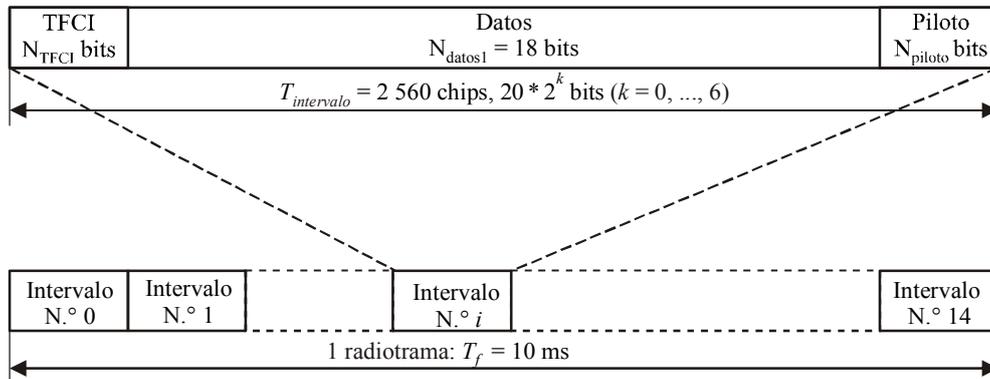
FIGURA 84
Estructura de trama del CCPCH-P



4.3.7.4.1.2.1.3 Canal físico de control común secundario (S-CCPCH)

El CCPCH secundario se utiliza para transportar FACH y PCH. Existen dos tipos de CCPCH secundario: los que incluyen TFCI y los que no. El conjunto de posibles velocidades para la CCPCH secundaria es el mismo que el del DPCH en el enlace descendente.

FIGURA 85
Estructura de trama del CCPCH-S



1850-85

El parámetro k en la Fig. 85 determina el número total de bits por intervalo CCPCH secundario del enlace descendente. Este parámetro guarda relación con el factor de dispersión SF del canal físico como $SF = 256/2^k$. El valor de este factor varía entre 256 y 4.

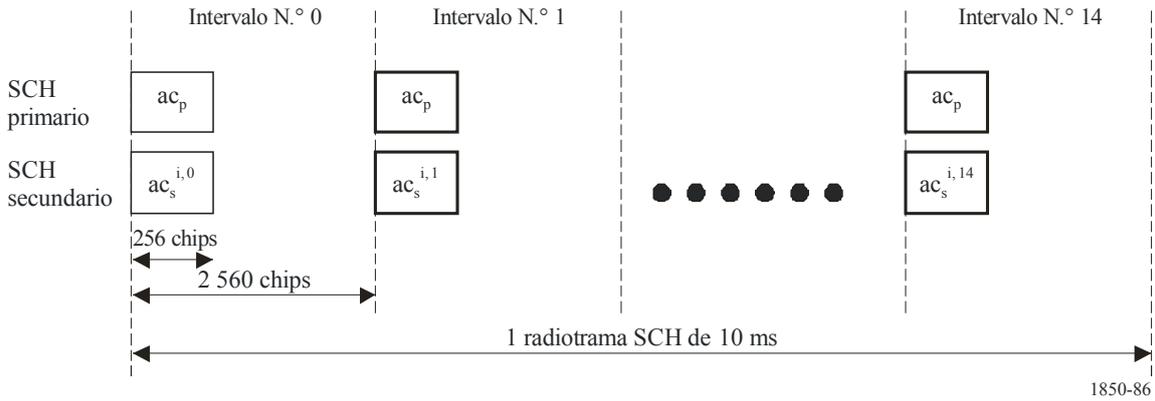
El FACH y el PCH puede plasmarse en los mismos CCPCH secundarios o en CCPCH secundarios independientes. Si el FACH y el PCH se hace coincidir con el mismo CCPCH secundario, puede hacerse corresponder con la misma trama. La principal diferencia entre CCPCH y un canal físico dedicado en el enlace descendente es que el CCPCH no es un bucle interno con control de potencia. La principal diferencia entre el CCPCH primario y secundario es que el canal de transporte del CCPCH primario (BCH) sólo puede tener una combinación de formato de transporte predefinido fijo, mientras que el CCPCH secundario admite combinaciones múltiples de formato de transporte utilizando TFCI.

4.3.7.4.1.2.1.4 Canal de sincronización (SCH)

El SCH es una señal de enlace descendente utilizada para la búsqueda de haz. Consta de dos subcanales, el SCH primario y el secundario. Las radiogramas de 10 ms del SCH primario y del secundario se dividen en 15 intervalos, de 2560 chips cada uno.

FIGURA 86

Estructura del SCH



El SCH primario consiste en un código modulado con una longitud de 256 chips, el código de sincronización primario (PSC) indicado por cp en la Fig. 78, que se transmite una sola vez en cada intervalo. El PSC es el mismo en cada haz del sistema.

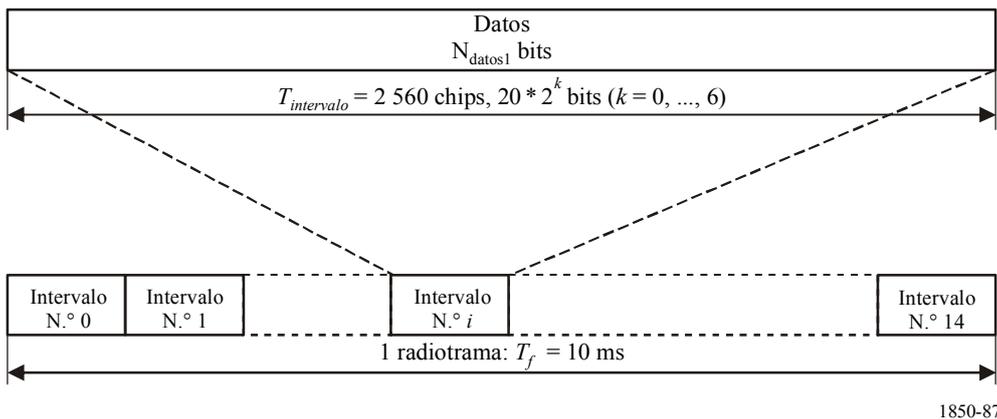
El SCH secundario consiste en la transmisión reiterada de una secuencia, de longitud 15, de códigos modulados de 256 chips de longitud, que son los códigos de sincronización secundarios (SSC), que se transmiten en paralelo al SCH primario. Los SSC se indican mediante $c_s^{i,k}$ in Fig. 79, siendo $i = 0, 1, \dots, 63$ el número del grupo de código de aleatorización y $k = 0, 1, \dots, 14$ el número de intervalo. Cada uno de los SSC se escoge de un conjunto de 16 códigos distintos de longitud 256. Esta secuencia del SCH secundario indica a qué grupo de código pertenece el código de aleatorización del enlace descendente

4.3.7.4.1.2.1.5 Canal físico compartido del enlace descendente (PDSCH)

El PDSCH se utiliza para cursar el canal compartido del enlace descendente (DSCH).

FIGURA 87

Estructura de trama del PDSCH



El PDSCH se asigna radiograma por radiograma a un solo equipo de usuario (EU). Dentro de una radiograma, la UTRAN puede asignar diferentes PDSCH bajo el mismo código de disposición de canales raíz de PDSCH a diferentes EU sobre la base de multiplexación de código. Dentro de la misma radiograma, es posible asignar a un solo EU múltiples PDSCH paralelos, con el mismo factor de dispersión. Se trata de un caso especial de transmisión multicódigo. Todos los PDSCH funcionan con sincronización de radiograma.

Los PDSCH asignados al mismo EU con distintas radiogramas pueden tener factores de dispersión diferentes.

Para cada radiograma, cada PDSCH está relacionado con un DPCH del enlace descendente. El PDSCH y su DPCH asociado no tienen necesariamente el mismo factor de dispersión y las tramas no tienen por qué estar alineadas.

Toda la información de control de la Capa 1 se transmite en la parte DPCCCH del DPCH asociado, es decir, el PDSCH no transporta información de la Capa 1. Para indicar al EU de que hay datos que decodificar en el DSCH, deberá utilizarse el campo TFCI del correspondiente DPCH.

El TFCI informa al EU de los parámetros de formato de transporte instantáneo relacionados con el PDSCH y del código de canalización del PDSCH.

Para el PDSCH los factores de dispersión permitidos pueden oscilar entre 256 y 4.

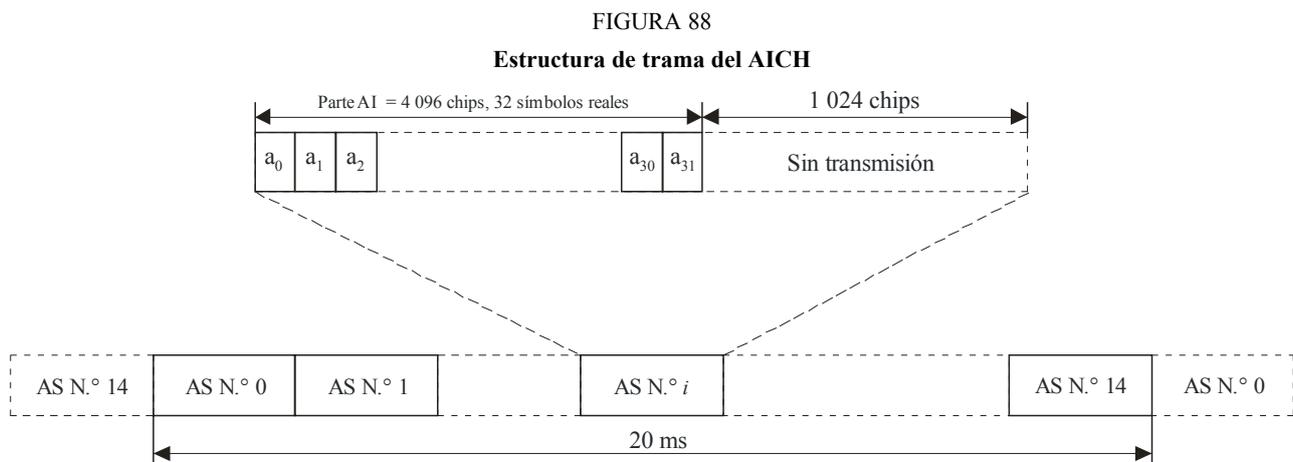
4.3.7.4.1.2.1.6 Canal indicador de adquisición (AICH)

El AICH es un canal físico a velocidad constante ($SF = 256$) que se utiliza para transportar indicadores de adquisición (AI). Los AI corresponden a las firmas en el PRACH.

El AICH consiste en una secuencia reiterada de 15 intervalos de acceso (AS) consecutivos, cada uno de los cuales tiene una longitud de 5 120 chips. Cada intervalo de acceso consta de dos partes, un *indicador de adquisición* (AI) formado por 32 símbolos reales a_0, \dots, a_{31} y una parte sin transmisión de una duración de 1 024 chips, que no forma parte propiamente dicha del AICH. La parte del intervalo sin transmisión se reserva para una posible utilización por el CSICH o para otros canales físicos en el futuro.

El factor de dispersión (SF) utilizado para la canalización del AICH es de 256.

La referencia de fase para el AICH es el CPICH primario.



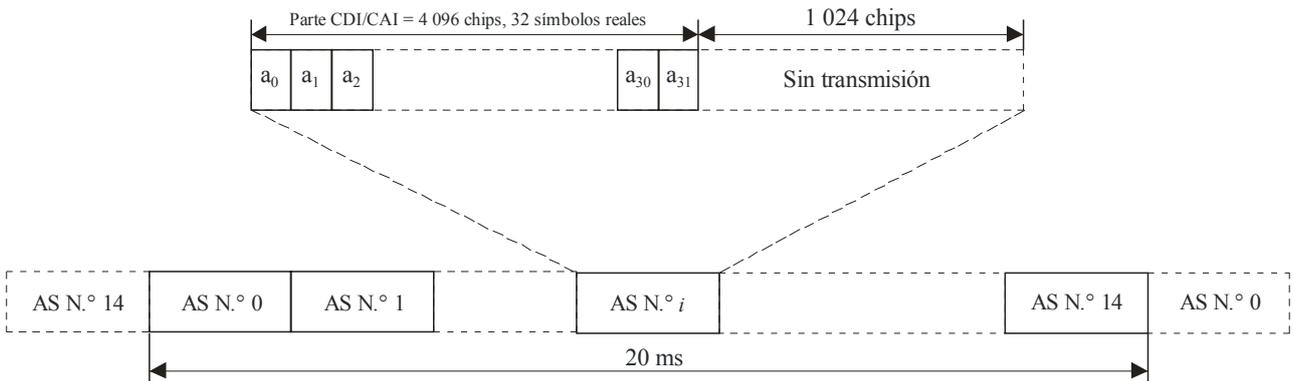
4.3.7.4.1.2.1.7 Canal indicador de detección de colisión/asignación del canal CPCH (CD/CA-ICH)

El CD/CA-ICH es un canal físico a velocidad constante ($SF = 256$) que se utiliza para transportar el indicador de detección de colisión (CDI) sólo cuando el CA no está activo, o el indicador de colisión/indicador de asignación del canal (CDI/CAI) al mismo tiempo si el CA está activo. El CD/CA-ICH y el AP-AICH pueden utilizar códigos de canalización idénticos o diferentes.

La duración del CD/CA-ICH es de 4 096 chips cuando se transmite el CDI/CAI, seguido de una parte sin transmisión de una duración de 1 024 chips que no forma parte integrante del CD/CA-ICH. La parte del intervalo sin transmisión se reserva para una posible utilización por el CSICH o para otros canales físicos en el futuro.

El factor de dispersión (SF) utilizado para la canalización del CD/CA-ICH es de 256.

FIGURA 89
Estructura de trama del CD/CA-ICH



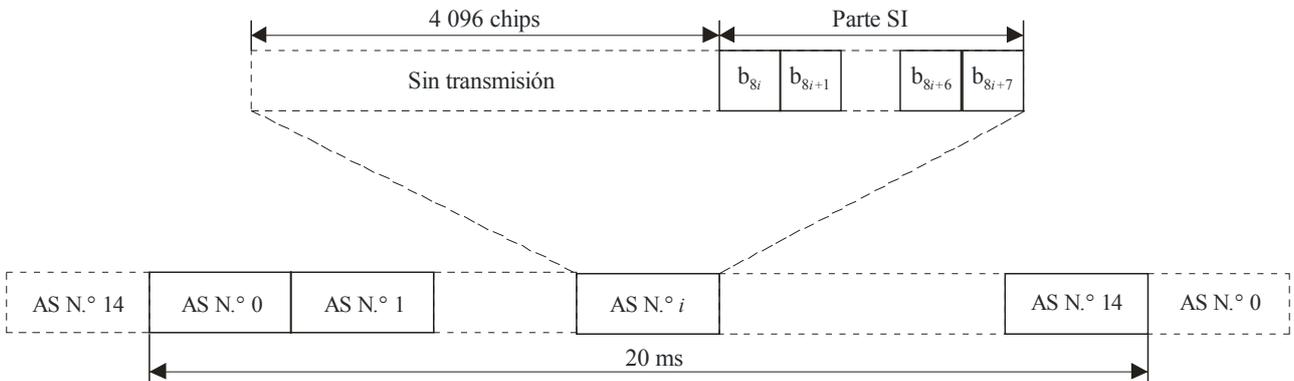
1850-89

4.3.7.4.1.2.1.8 Canal indicador del estado del CPCH (CSICH)

El CPCH CSICH es un canal físico a velocidad constante ($SF = 256$) que se utiliza para transportar información sobre el estado del CPCH.

El CSICH está siempre asociado a un canal físico destinado a la transmisión de CPCH AP-AICH y utiliza la misma canalización y los mismos códigos de aleatorización. La trama del CSICH consta de 15 intervalos de acceso (AS) consecutivos, cada uno de los cuales con una longitud de 40 bits. Cada intervalo de acceso está constituido por dos parte, una sin transmisión de una duración de 4 096 chips que no forma parte integrante del CSICH, y otra que consiste en un indicador de estado (SI) de 8 bits b_{8i}, \dots, b_{8i+7} , siendo i el número de intervalo de acceso. La parte del intervalo sin transmisión se reserva para la utilización por el AICH, el AP-AICH o el CD/CA-ICH. El CSICH utiliza la misma modulación que el PICH y su referencia de fase es el CPICH primario.

FIGURA 90
Estructura del CSICH



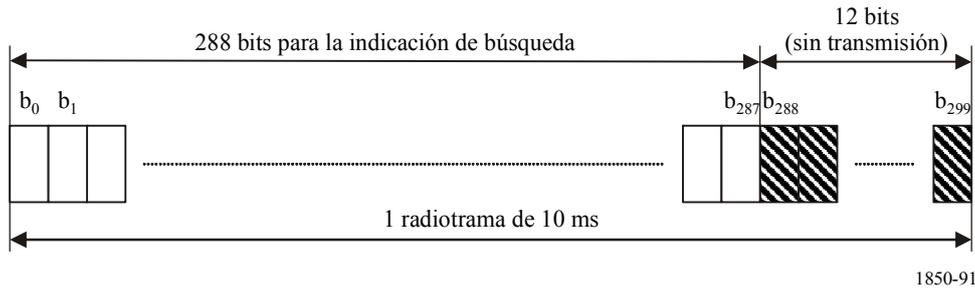
1850-90

4.3.7.4.1.2.1.9 Canal de indicador de búsqueda (PICH)

El PICH es un canal físico a velocidad constante ($SF = 256$) que se utiliza para transportar indicadores de búsqueda. El PICH siempre está asociado con un S-CCPCH que se corresponde con un canal de transporte PCH.

Una radiograma PICH de 10 ms consta de 300 bits, de los cuales 288 se utilizan para cursar indicadores de búsqueda. Los 12 bits restantes no forman parte del PICH y no se transmitirán. La parte de la trama sin transmisión se reserva para un posible utilización en el futuro.

FIGURA 91
Estructura del PICH



4.3.7.4.1.2.1.10 Canal físico dedicado del enlace descendente (DPCH del enlace descendente)

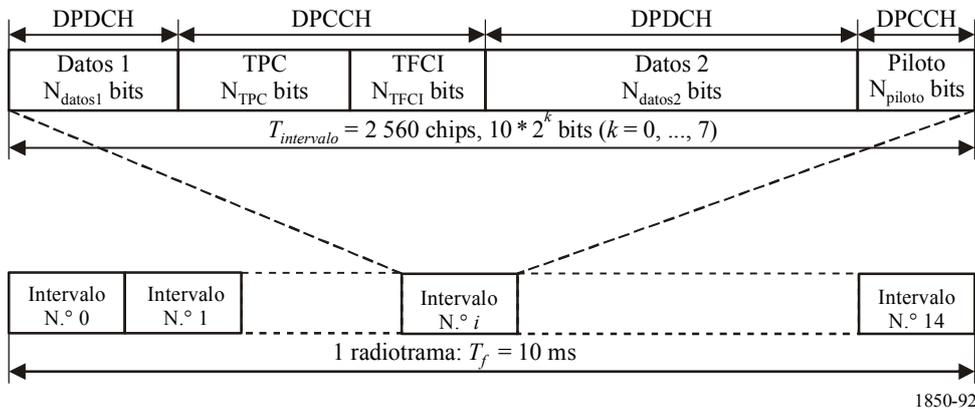
Hay dos tipos de canales físicos dedicados, el DPDCH y el canal físico de control dedicado (DPCCH).

El DPDCH se utiliza para transportar datos dedicados generados en la Capa 2 y capas superiores, es decir los canales de transporte dedicados.

El DPCCH se utiliza para transportar información de control generada en la Capa 1, información que consiste en bits piloto conocidos para permitir la estimación del canal a los efectos de la detección coherente, instrucciones de control de potencia de transmisión (TPC) y el indicador de la combinación de formatos de transporte (TFCI).

La combinación del formato de transporte informa al receptor acerca de la velocidad instantánea de los servicios diferentes multiplexados en los canales físicos de datos dedicados. En ausencia de TFCI, también es posible utilizar la detección ciega.

FIGURA 92
Estructura de trama del DPCH del enlace descendente



Para el enlace descendente, el DPDCH y el DPCCH se multiplexan en el tiempo dentro de cada radiograma y se transmiten con modulación MDP-4.

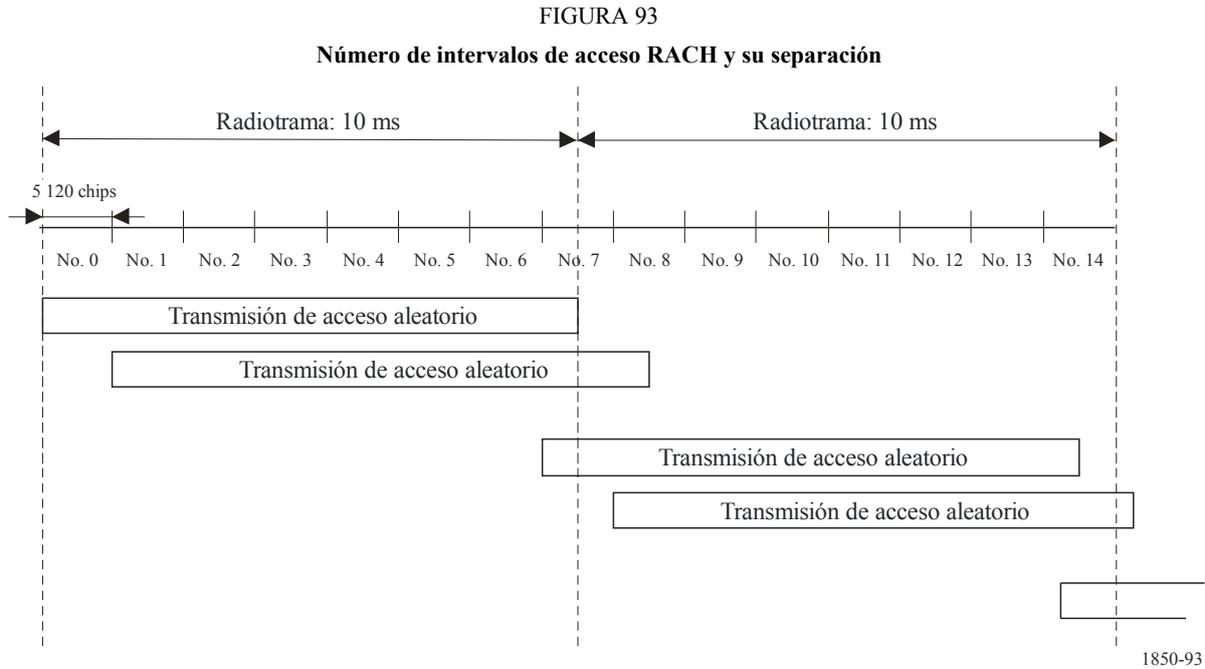
Cada trama de 10 ms se divide en 15 intervalos de longitud $T_{\text{intervalo}} = 0,666$ ms (2 560 chips). Dentro de cada intervalo el DPDCH y el DPCCH se multiplexan en el tiempo. Los periodos de control de potencia no corresponden con el desvanecimiento rápido debido al tiempo de propagación del satélite. Sin embargo, la estructura en intervalos se mantiene invariable para reducir la necesidad de modificar los módems del nodo B y el EU terrenal.

El parámetro k en la Fig. 92 determina el número total de bits por intervalo de DPCH del enlace descendente. Dicho número guarda relación con el factor de dispersión SF del canal físico, ya que $SF = 512/2^k$. Por consiguiente, el valor de este factor puede oscilar entre 512 y 4.

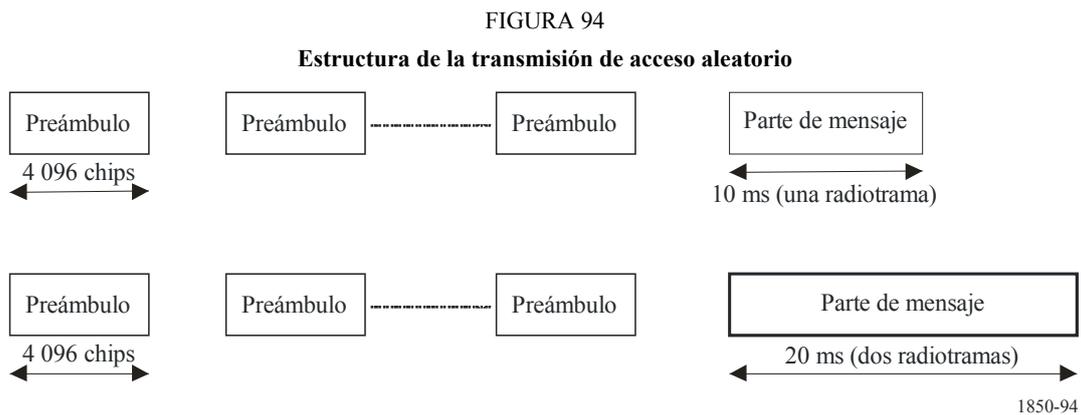
4.3.7.4.1.2.2 Canal físico del enlace ascendente

4.3.7.4.1.2.2.1 Canal físico de acceso aleatorio (PRACH)

La transmisión de acceso aleatorio se basa en un método ALOHA con indicación de adquisición rápida. El EU puede iniciar la transmisión de acceso aleatorio al principio de una serie de intervalos de tiempo perfectamente definidos, indicados en las *intervalos de acceso*. Hay 15 intervalos de acceso por cada dos tramas y están separados por 5 120 chips.



La transmisión de acceso aleatorio consta de un o varios *preámbulos* de 4 096 chips de longitud y un mensaje de 10 ms ó 20 ms de duración.



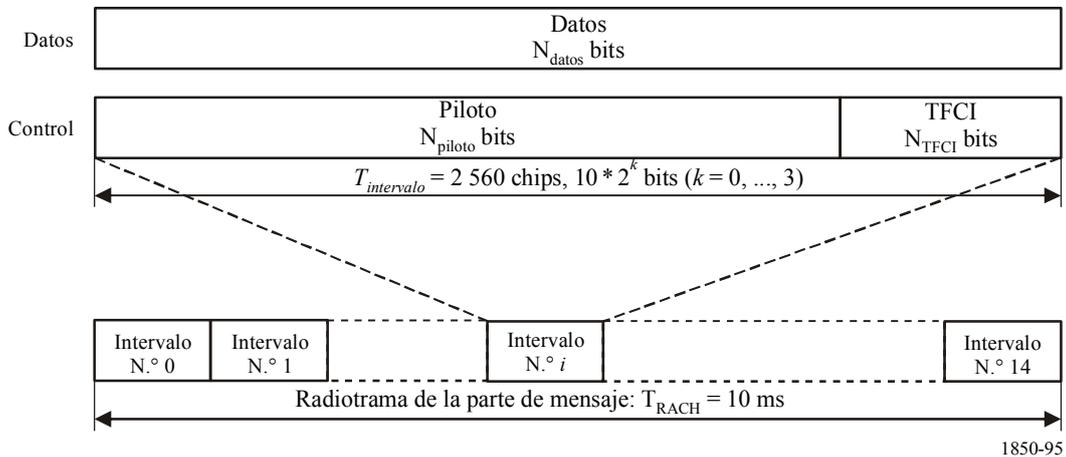
Cada preámbulo tiene una longitud de 4 096 chips y consiste en 256 repeticiones de una firma de 16 chips de longitud.

La radiograma de la parte de mensaje de 10 ms se divide en 15 intervalos de longitud $T_{intervalo} = 2\ 560$ chips. Cada intervalo consta de dos partes, una de datos que se corresponde con el canal de transporte RACH y una de control que transporta información de control de la Capa 1. Las partes de datos y control se transmiten en paralelo. La parte de mensaje de 10 ms consiste en una radiograma de la parte de mensaje, mientras que la de 20 ms consiste en dos radiogramas de la parte mensaje de 10 ms. La longitud del parte del mensaje es igual al intervalo de tiempo de transmisión del canal de transporte RACH que se utiliza.

La parte de datos consta de 10×2^k bits, siendo $k = 0, 1, 2, 3$, lo que corresponde a un factor de dispersión de 256, 128, 64 y 32 respectivamente para la parte de datos del mensaje.

La parte de control consta de 8 bits piloto conocidos para permitir la estimación del canal a los efectos de la detección coherente y de 2 bits TFCI. Esto corresponde a un factor de dispersión de 256 para la parte de control de mensaje. El número total de bits TFCI en el mensaje de acceso aleatorio es de $15 \times 2 = 30$. El campo TFCI de la radiograma indica el formato de transporte del canal de transporte RACH correspondiente a la radiograma de la parte de mensaje transmitida simultáneamente. En el caso de la parte del mensaje PRACH de 20 ms, el TFCI se repite en la segunda radiograma.

FIGURA 95
Estructura de radiograma de la parte del mensaje de acceso aleatorio



1850-95

4.3.7.4.1.2.2.2 Canal físico común de paquetes (PCPCH)

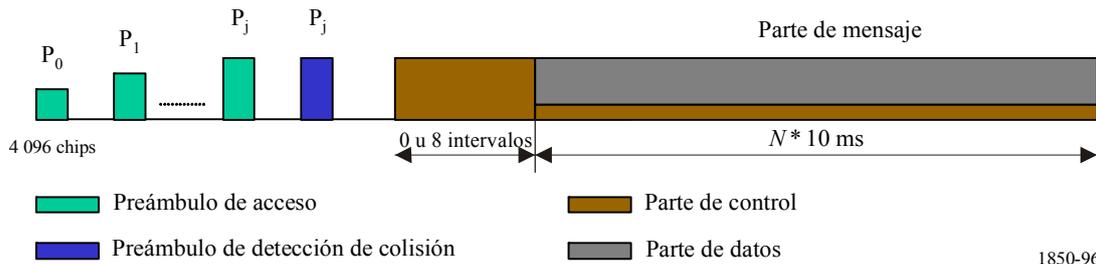
La transmisión del CPCH se basa en el método DSMA-CD con indicación de adquisición rápida. El EU puede iniciar la transmisión al principio de una serie de intervalos de tiempo bien definidos, relativo al límite de trama del BCH recibido en el haz actual. La estructura y la temporización del intervalo son idénticas a la del RACH. La transmisión del acceso PCPCH consiste en uno o varios preámbulos de acceso (A-P) de longitud de 4 096 chips, un preámbulo de detección de colisión (CD-P) de longitud de 4 096 chips, un preámbulo de control de potencia DPCCH (PC-P) de longitud 0 u 8 intervalos, y un mensaje de longitud variable igual a $N \times 10$ ms.

Al igual que para la parte preámbulo del RACH, se utilizan secuencias de firma de preámbulo RACH. El número de secuencias utilizadas podría ser inferior al empleado en el preámbulo RACH. El código de aleatorización podría seleccionarse para que el segmento de código sea diferente al código Gold utilizado para crear el código de aleatorización de los preámbulos RACH o para que sea idéntico en el caso de que se comparta el conjunto de firmas.

Al igual que para la parte del preámbulo RACH, se utilizan secuencias de firma del preámbulo RACH. El código de aleatorización se selecciona para que sea un segmento de código diferente del código Gold utilizado al crear el código de aleatorización para los preámbulos RACH y CPCH.

FIGURA 96

Estructura de la transmisión de acceso CPCH



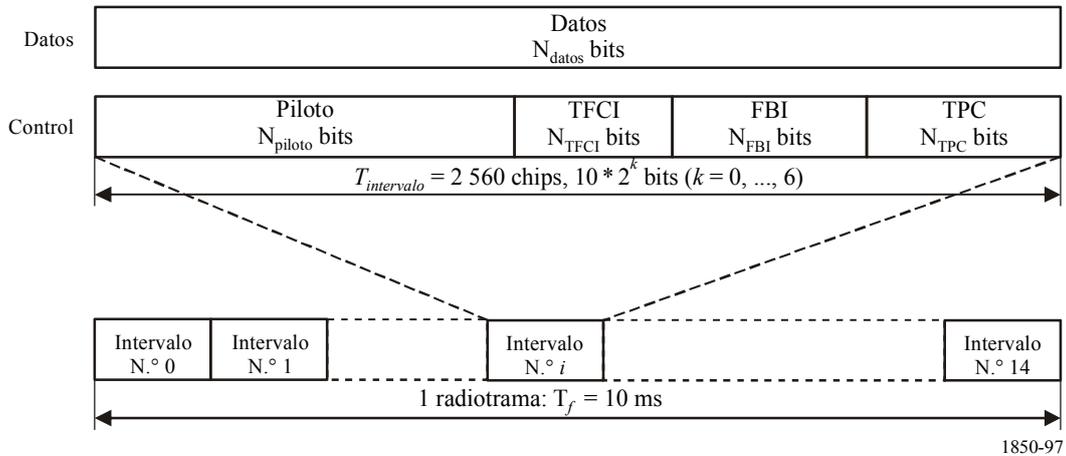
El segmento del preámbulo de control de potencia se denomina parte del preámbulo de control de potencia (PC-P) del CPCH. La longitud del preámbulo de control de potencia es de 0 u 8 intervalos.

Cada mensaje consta de un máximo de tramas N_Max frames de 10 ms. Cada trama de 10 ms se divide en 15 intervalos de longitud $T_{intervalo} = 2\,560$ chips, que corresponde a un periodo de control de potencia. Cada intervalo consta de dos partes, una parte de datos que transporta información de la capa superior y un parte de control que transporta información de control de la Capa 1. Las partes de datos y control se transmiten en paralelo.

El factor de dispersión de la parte de control correspondiente a la parte del mensaje CPCH es 256.

FIGURA 97

Estructura de trama de las partes de datos y control del enlace ascendente asociados al PCPH



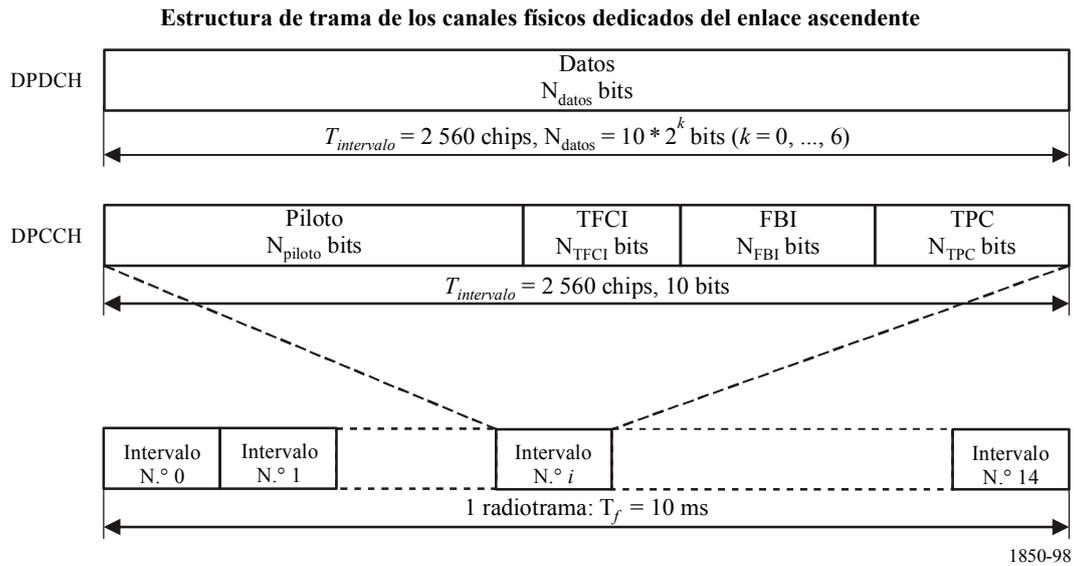
La parte de datos consta de 10×2^k bits, siendo $k = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$, lo que corresponde a un factor de dispersión de 256, 128, 64, 32, 16, 8 y 4, respectivamente.

4.3.7.4.1.2.2.3 Canal físico dedicado del enlace ascendente (DPCH del enlace ascendente)

En el enlace ascendente, el DPDCH y el DPCCH se multiplexan con código I/Q dentro de cada radiograma y se transmiten con modulación MDP-4 bicanal. Cada DPDCH adicional se multiplexa con código en la rama I o Q con este primer par de canales.

En la Fig. 98 se muestra la estructura de trama de los canales físicos dedicados del enlace ascendente. La longitud de cada trama es de 10 ms que se divide en 15 intervalos de longitud $T_{intervalo} = 0,666$ ms (2 560 chips), lo que corresponde a un periodo de control de potencia. Dentro de cada intervalo, el DPDCH y el DPCCH se transmiten en paralelo.

FIGURA 98



El parámetro k en la Fig. 98 determina el número de bits por intervalo DPDCH y guarda relación con el factor de dispersión SF del canal físico, dado que $SF = 256/2^k$. El factor de dispersión varía entre 256 y 4. En el caso del DPCCH del enlace ascendente, este factor siempre es igual a 256, es decir, hay 10 bits por intervalo DPCCH del enlace ascendente.

Los bits FBI se utilizan para poder utilizar las técnicas que requieren la retroalimentación desde el EU hasta el punto de acceso RAN de satélite, con inclusión de la diversidad de transmisión en bucle cerrado y la transmisión con diversidad de selección de haz (SSDT).

Una supertrama está constituida por 72 tramas del enlace ascendente consecutivas y tiene una longitud de 720 ms.

4.3.7.4.1.3 Relación de temporización entre los canales físicos

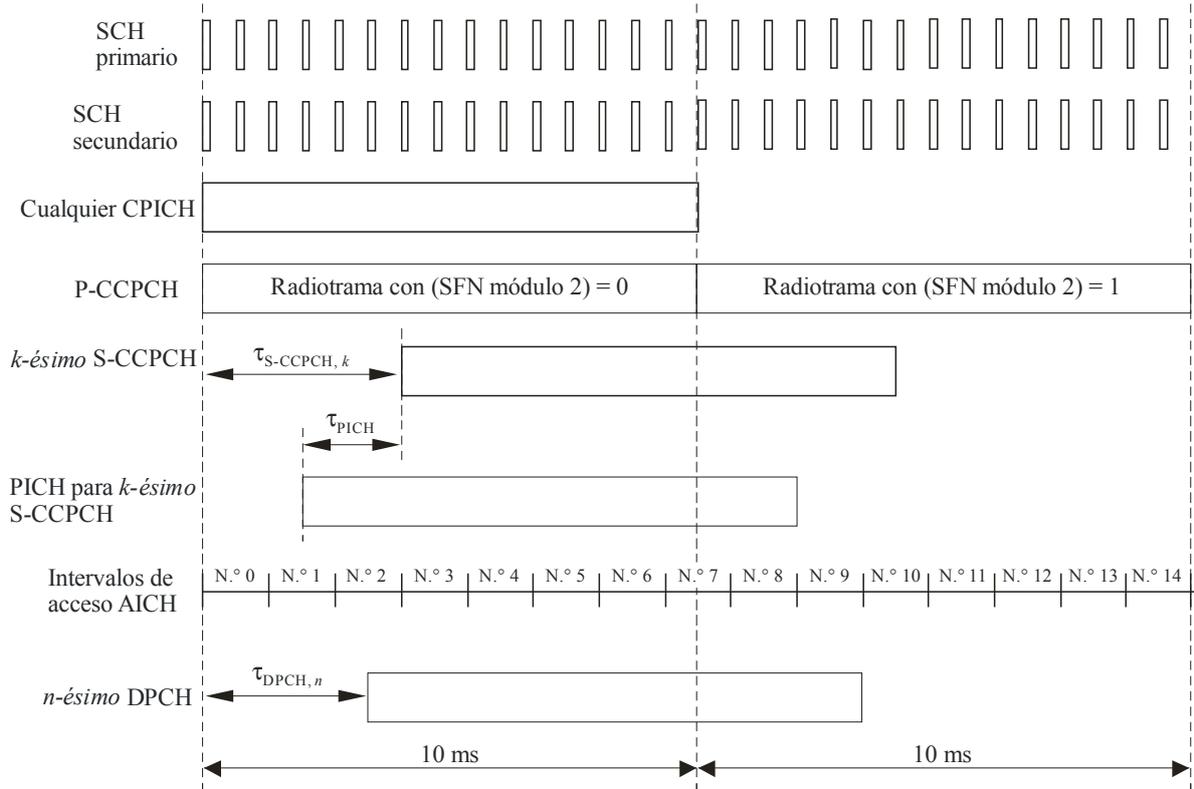
El P-CCPCH, sobre el que se transmite la SFN del haz, se utiliza como referencia de temporización para todos los canales físicos, directamente para el enlace descendente e indirectamente para el enlace ascendente.

La Fig. 99 describe la temporización de la trama de los canales físicos del enlace descendente. Se incluye la temporización del intervalo de acceso del AICH. La temporización de transmisión para los canales físicos del enlace ascendente viene dado por la temporización recibido de los canales físicos del enlace descendente.

Los canales SCH (primario y secundario), CPICH (primario y secundario), P-CCPCH, CPCH-CCPCH y PDSCH tienen idénticas temporizaciones de trama. La temporización S-CCPCH puede variar según el S-CCPCH, pero el desplazamiento desde la temporización de la trama P-CCPCH es un múltiplo de 256 chips. La temporización del canal PICH es de 7 680 chips antes de su correspondiente temporización de trama S-CCPCH, es decir la temporización del S-CCPCH que transporta el canal de transporte PCH con la correspondiente información de búsqueda. La trama par de subacceso AICH tiene idéntica temporización para las tramas P-CCPCH con $(SFN \text{ módulo } 2) = 0$, y la trama impar de subacceso AICH tiene la misma temporización que las tramas P-CCPCH con $(SFN \text{ módulo } 2) = 1$. Los intervalos de acceso AICH N.º 0 comienza al mismo tiempo que las tramas P-CCPCH con $(SFN \text{ módulo } 2) = 0$. La temporización DPCH puede diferir según el DPCH, pero el desplazamiento a partir de la temporización de trama P-CCPCH es un múltiplo de 256 chips.

FIGURA 99

Temporización de radiograma y del intervalo de acceso de los canales físicos del enlace descendente



4.3.7.4.1.3.1 Relación de temporización PRACH/AICH

El AICH del enlace descendente está dividido en intervalos de acceso del enlace descendente, cada uno de longitud igual a 5120 chips. Los intervalos de acceso del enlace descendente están alineados en el tiempo con el P-CCPCH.

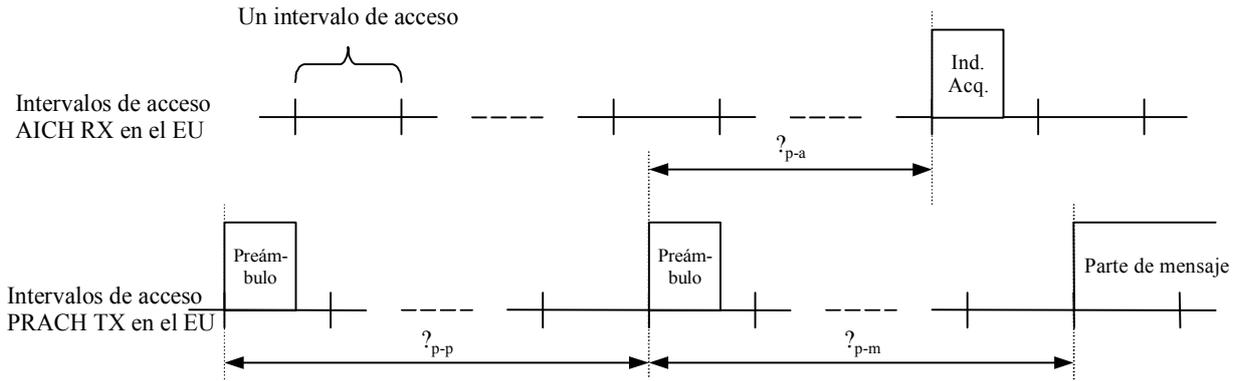
El PRACH del enlace ascendente está dividido en intervalos de acceso del enlace ascendente, cada uno de una longitud de 5 120 chips. El número de intervalo de acceso del enlace ascendente n se transmite desde el EU τ_{p-a} chips antes de la recepción del número de intervalo de acceso del enlace descendente n , $n = 0, 1, \dots, 14$.

La transmisión de indicadores de adquisición del enlace descendente sólo pueden comenzar al principio del intervalo de acceso del enlace descendente. Análogamente, la transmisión de los preámbulos RACH del enlace ascendente y partes de mensaje RACH solamente puede empezar al principio del intervalo de acceso del enlace ascendente.

En la Fig. 100 se muestra la relación temporización PRACH/AICH.

FIGURA 100

Relación de temporización entre PRACH y AICH vista desde el EU



1850-100

4.3.7.4.1.3.2 Relaciones de temporización DPCCH/DPDCH

En el enlace ascendente, el DPCCH y todos los DPDCH transmitidos desde un UE tienen la misma temporización de trama.

En el enlace descendente, el DPCCH y todos los DPDCH de tipo dedicado a un UE tienen la misma temporización de trama.

En el UE, la transmisión de trama DPCCH/DPDCH del enlace ascendente tarda aproximadamente T_0 chips tras la recepción del primer trayecto detectado (en el tiempo) de la correspondiente trama DPCCH/DPDCH del enlace descendente. T_0 es una constante cuyo valor definido es 1 024 chips.

4.3.7.4.2 Codificación del canal y multiplexación de servicios

4.3.7.4.2.1 Fase de procesamiento

Las fases de codificación y multiplexación se muestran en las Figs. 101 y 102, siendo TrBk el bloque de transporte y DTX transmisión discontinua.

4.3.7.4.2.2 Detección de errores

La detección de errores se efectúa en los bloques del canal de transporte mediante un CRC. El CRC es de 24, 16, 12, 8 ó 0 bits y desde las capas superiores se señala la longitud del CRC que se debe utilizar para cada canal de transporte.

El bloque de transporte entero se utiliza para calcular los bits de paridad del CRC correspondientes a cada bloque de transporte. Los bits de paridad se generan mediante uno de los siguientes polinomios generadores cíclicos:

- $G_{CRC24}(X) = X^{24} + X^{23} + X^6 + X^5 + X + 1$
- $G_{CRC16}(X) = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$
- $G_{CRC12}(X) = X^{12} + X^{11} + X^3 + X^2 + X + 1$
- $G_{CRC8}(X) = X^8 + X^7 + X^4 + X^3 + X + 1.$

FIGURA 101

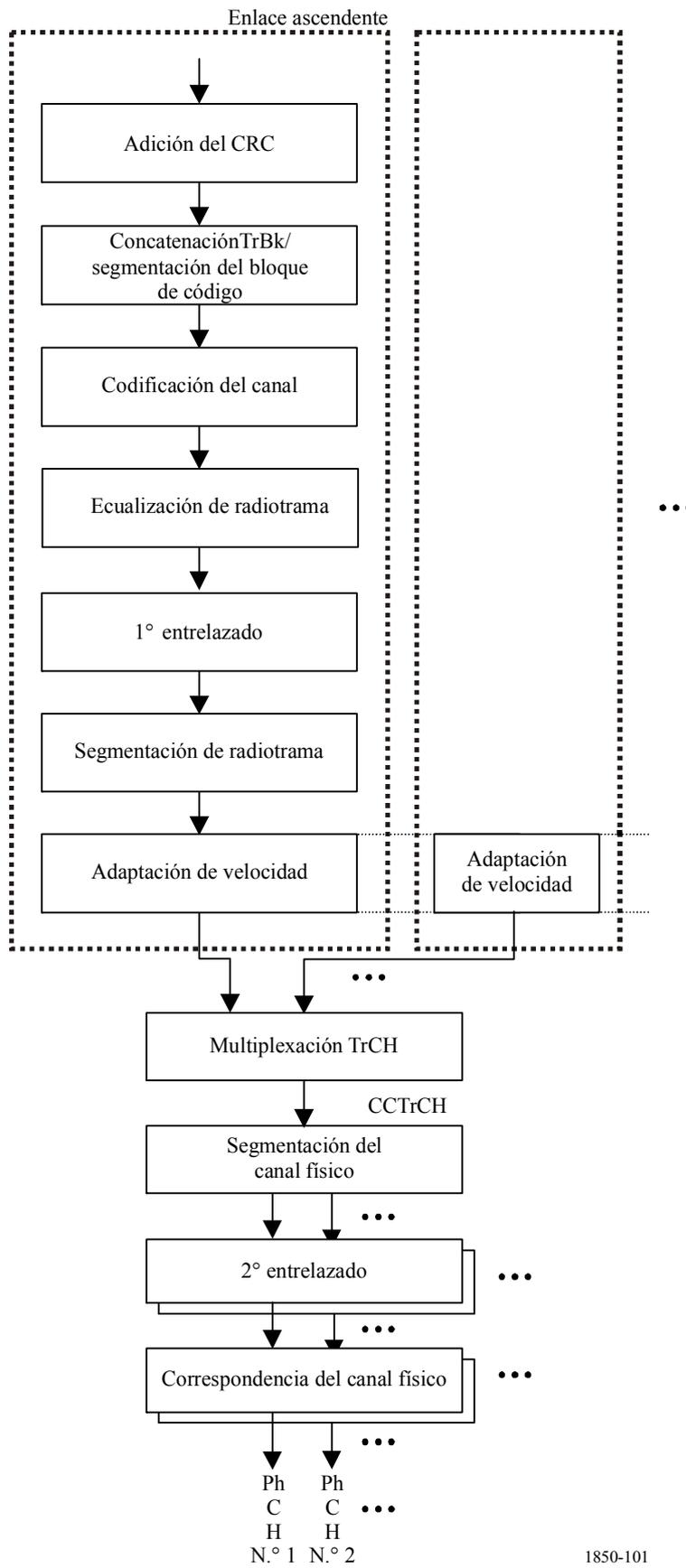
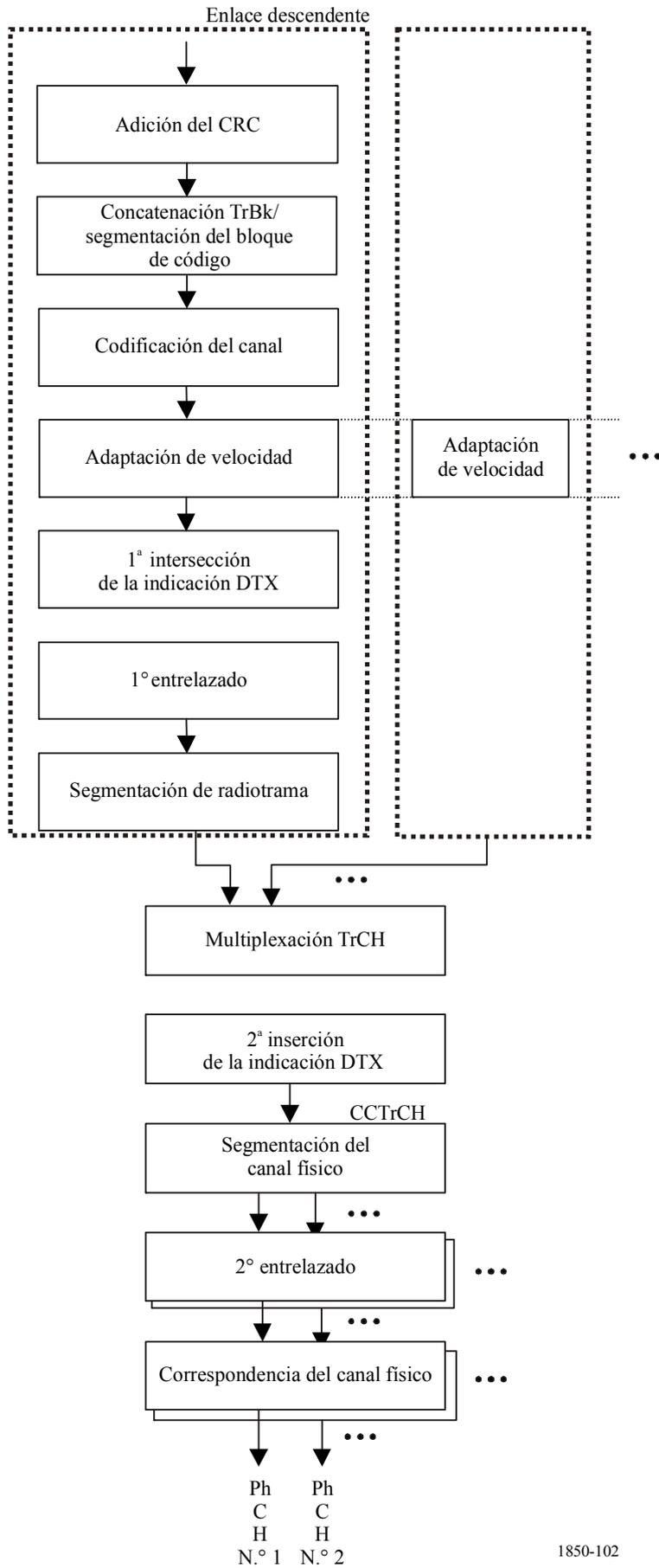


FIGURA 102



4.3.7.4.2.3 Codificación del canal

Es posible aplicar dos tipos de codificación de canal:

- Codificación convolucional.
- Codificación turbo.

La selección de codificación de canal es indicada por las capas superiores. Para aleatorizar los errores de transmisión, se efectuará un entrelazado de símbolos.

El esquema del codificador turbo es un código convolucional concatenado en paralelo (PCCC) con dos codificadores constitutivos de 8 estados y un entrelazador interno de código turbo.

CUADRO 51

Tipo de codificación del canal y velocidad de codificación

Tipo de TrCH	Esquema de codificación	Índice de codificación
BCH	Codificación convolucional (longitud constante igual a 9)	1/2
PCH		
RACH		
CPCH, DCH, DSCH, FACH	Codificación turbo	1/3
Sin codificación		

4.3.7.4.2.3.1 Codificación convolucional

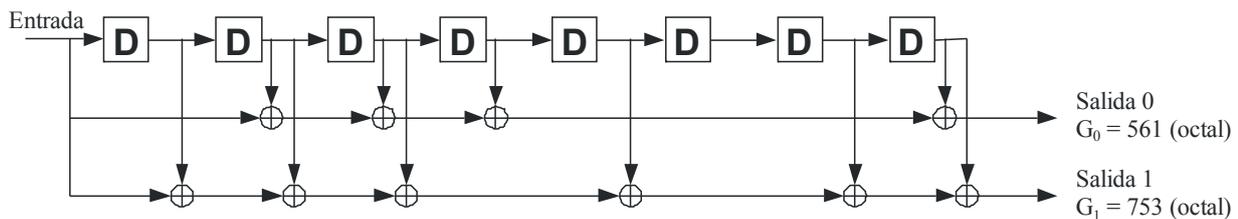
Se definen códigos convolucionales de una longitud igual a 9 e índices de codificación 1/3 y 1/2.

Las funciones de generador para el código de índice 1/3 son $G_0 = 557$ (OCT), $G_1 = 663$ (OCT) y $G_2 = 711$ (OCT).

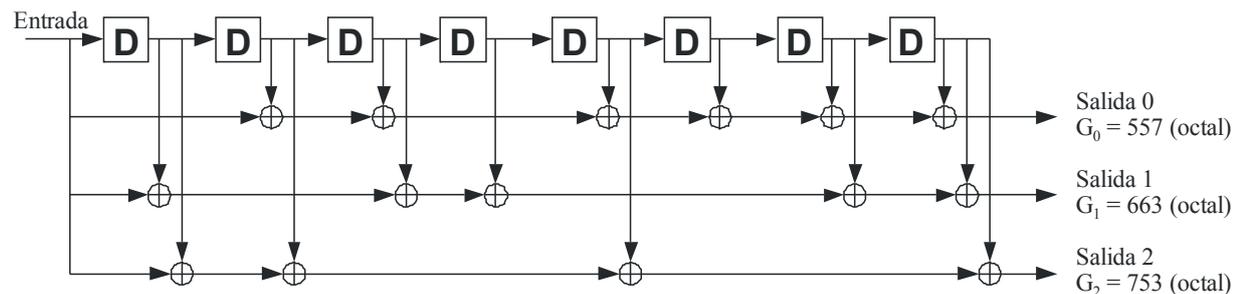
Las funciones de generador para el código de índice 1/2 son $G_0 = 561$ (OCT) y $G_1 = 753$ (OCT).

FIGURA 103

Generador de código convolucional de índice 1/2 y 1/3



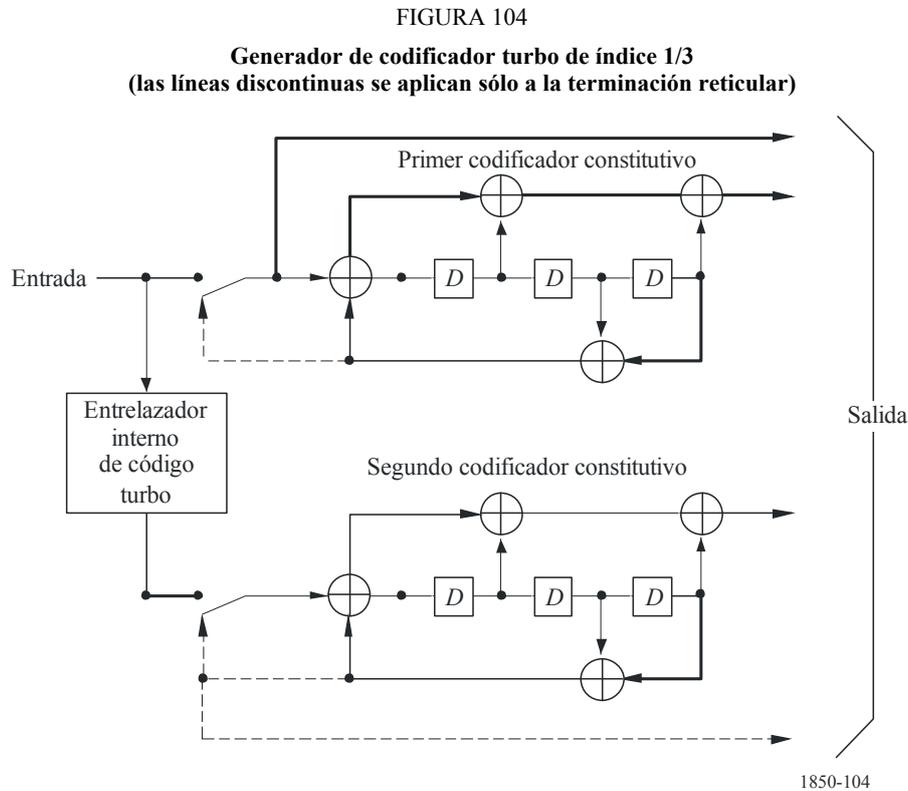
a) Codificador convolucional de índice 1/2



b) Codificador convolucional de índice 1/3

4.3.7.4.2.3.2 Codificación turbo

El codificador turbo emplea un código convolucional concatenado paralelo (PCCC) con dos codificadores constitutivos de 8 estados y un entrelazador interno de código turbo. El índice de codificación del codificador es 1/3.



La función de transferencia del código constitutivo de 8 estados para PCCC es:

$$G(D) = \begin{bmatrix} 1, & g_1(D) \\ & g_0(D) \end{bmatrix}$$

siendo:

$$g_0(D) = 1 + D^2 + D^3$$

$$g_1(D) = 1 + D + D^3.$$

4.3.7.4.2.4 Entrelazado

El primer entrelazador es un entrelazador de bloques (M filas por N columnas) con permutaciones entre columnas. El tamaño del primer entrelazador $M \times N$ es un múltiplo entero del intervalo de tiempo de transmisión (TTI).

El segundo es un entrelazador de bloques (M filas por N columnas) con permutaciones entre columnas. El tamaño del segundo entrelazador $M \times N$ es el número de bits en una radiograma para un canal físico y el número de columnas, N es 30. El esquema de permutaciones entre columnas es $\langle 0, 20, 10, 5, 15, 25, 3, 13, 23, 8, 18, 28, 1, 11, 21, 6, 16, 26, 4, 14, 24, 19, 9, 29, 12, 2, 7, 22, 27, 17 \rangle$.

4.3.7.4.2.5 Adaptación de velocidad

El número de bits en un canal de transporte puede variar entre diferentes intervalos de tiempo de transmisión. En el enlace ascendente, los bits en un canal de transporte son repetidos o perforados para asegurar que la velocidad binaria total después de la multiplexación del canal de transporte es idéntica a la velocidad binaria de canal total del DPCH asignado. En el enlace descendente, la velocidad binaria total después de la multiplexación del canal de transporte es menor o igual que la velocidad binaria de canal total dada por los códigos de disposición de canales asignados por las capas más altas. La transmisión es interrumpida si el número de bits es menor que el máximo.

4.3.7.4.2.6 Multiplexación del canal de transporte

Cada 10 ms, se entrega una radiograma de cada canal de transporte a la multiplexación de canales de transporte. Estas radiogramas se multiplexan en serie en un canal de transporte compuesto codificado.

4.3.7.4.2.7 Codificación TFCI

El TFCI se codifica por medio de un subcódigo (32,10) del código Reed-Muller de segundo orden. Las palabras de código son una combinación lineal de 10 secuencias de base. Los bits de información del TFCI se corresponderán con el índice TFC definido por la capa RRC para referenciar el TFC de la radiograma del DPCH asociado.

Si uno de los DCH está asociado a un DSCH, la palabra código TFCI puede dividirse de tal modo que la palabra código pertinente para la indicación de actividad TFCI no se transmite desde cada haz. La utilización de esta funcionalidad debe indicarse mediante señalización de capa superior. El TFCI se codifica por medio de un código biortogonal (16,5) (o Reed-Muller de primer orden). Las palabras código del código biortogonal (16,5) son combinaciones lineales de 5 secuencias de base. El primer conjunto de bits de información TFCI deberá corresponder al índice TFC definido por la capa RRC para referenciar el TFC del DCH CCTrCH en la radiograma DPCH asociada. El segundo conjunto de bits de información TFCI deberá corresponder al índice TFC definido por la capa RRC para referenciar el TFC del DSCH asociado de la radiograma PDSCH correspondiente.

Los bits de la palabra código se trasladan directamente a los intervalos de la radiograma. Los bits codificados b_k , se hacen corresponder con los bits TFCI transmitidos d_k , de tal modo que $d_k = b_{k \bmod 32}$, siendo $k = 0, \dots, K - 1$. El número de bits disponibles en los campos TFCI de una radiograma, K , depende del formato de intervalo utilizado para la trama.

4.3.7.4.2.8 Codificación de la instrucción TPC

La instrucción TPC de 2 bits se codifica por reiteración. El conjunto de bits (a_0, a_1) de la instrucción TPC deberá corresponder a la instrucción TPC definida por el procedimiento de control de potencia. Los bits b_k de la palabra código de salida vienen dados por $b_k = a_{k \bmod 2}$, siendo $k = 0, \dots, 15$.

Tanto en los canales del enlace ascendente como en los del descendente, los bits de la palabra de código se trasladan a 15 intervalos de una radiograma. Los bits codificados b_k , se hacen corresponder con los bits TPC d_k , transmitidos, de tal manera que $d_k = b_{k \bmod 15}$, siendo $k = 0, \dots, K - 1$. El número de bits disponibles en los campos TPC de una radiograma, K , depende del formato de intervalo utilizado para la trama.

4.3.7.4.3 Modulación y dispersión

4.3.7.4.3.1 Dispersión del enlace ascendente

La modulación por dispersión utiliza MDP-4 ortogonal compleja (OC) para los canales de enlace ascendente.

La dispersión se aplica a los canales y consiste en dos operaciones. La primera es la canalización, que transforma cada símbolo de datos en un número de chips, incrementando así la anchura de banda de la señal. El número de chips por símbolo de datos se denomina factor de dispersión (SF). La segunda operación es la aleatorización, y consiste en aplicar un código de aleatorización a la señal.

En la operación de la canalización, los símbolos de datos en las ramas I y Q se multiplican de manera independiente por un código OVVSF. En la aleatorización, las señales resultantes en las ramas I y Q se multiplican de nuevo por un código de aleatorización de valor complejo, siendo I la parte real y Q la imaginaria.

En la Fig. 105 se muestra la configuración de dispersión del enlace ascendente. Los códigos de canalización, C_{ch_i} , $i = 1, 2, \dots, N$, ensanchan primero un canal DPCCH y los canales DPDCH. Luego se ajustan las señales mediante factores de ganancia de potencia, los G_i , se suman en las ramas I y Q, y se multiplican por un código de aleatorización complejo $S_{up,n}$.

Si sólo se necesita un DPDCH, se transmitirá únicamente el DPDCH₁ y el DPCCH. En el caso de la transmisión multicódigo, se transmiten varios DPDCH utilizando las ramas I y Q.

El código de aleatorización largo se crea a partir de secuencias largas constituyentes $c_{long,1,n}$ y $c_{long,2,n}$. Las dos secuencias se obtienen de la suma en modulo 2 de la posición de segmentos de 38 400 chips de dos m -secuencias binarias x_n e y . La secuencia x_n , que depende del número de secuencia de aleatorización n elegida, se calcula mediante el polinomio generador de la m -secuencia $X^{25} + X^3 + 1$ y la secuencia y a partir del polinomio generador $X^{25} + X^3 + X^2 + X + 1$.

La configuración del generador de código largo para el enlace ascendente se muestra en la Fig. 106.

La secuencia Gold binaria z_n se define del modo siguiente:

$$z_n(i) = x_n(i) + y(i) \text{ módulo } 2, \quad i = 0, 1, 2, \dots, 2^{25} - 2.$$

Estas secuencias binarias se convierten en secuencias Z_n de valor real. Las secuencias largas de aleatorización de valor real $c_{long,1,n}$ y $c_{long,2,n}$ se definen así:

$$c_{long,1,n}(i) = Z_n(i), \quad i = 0, 1, 2, \dots, 2^{25} - 2 \text{ y}$$

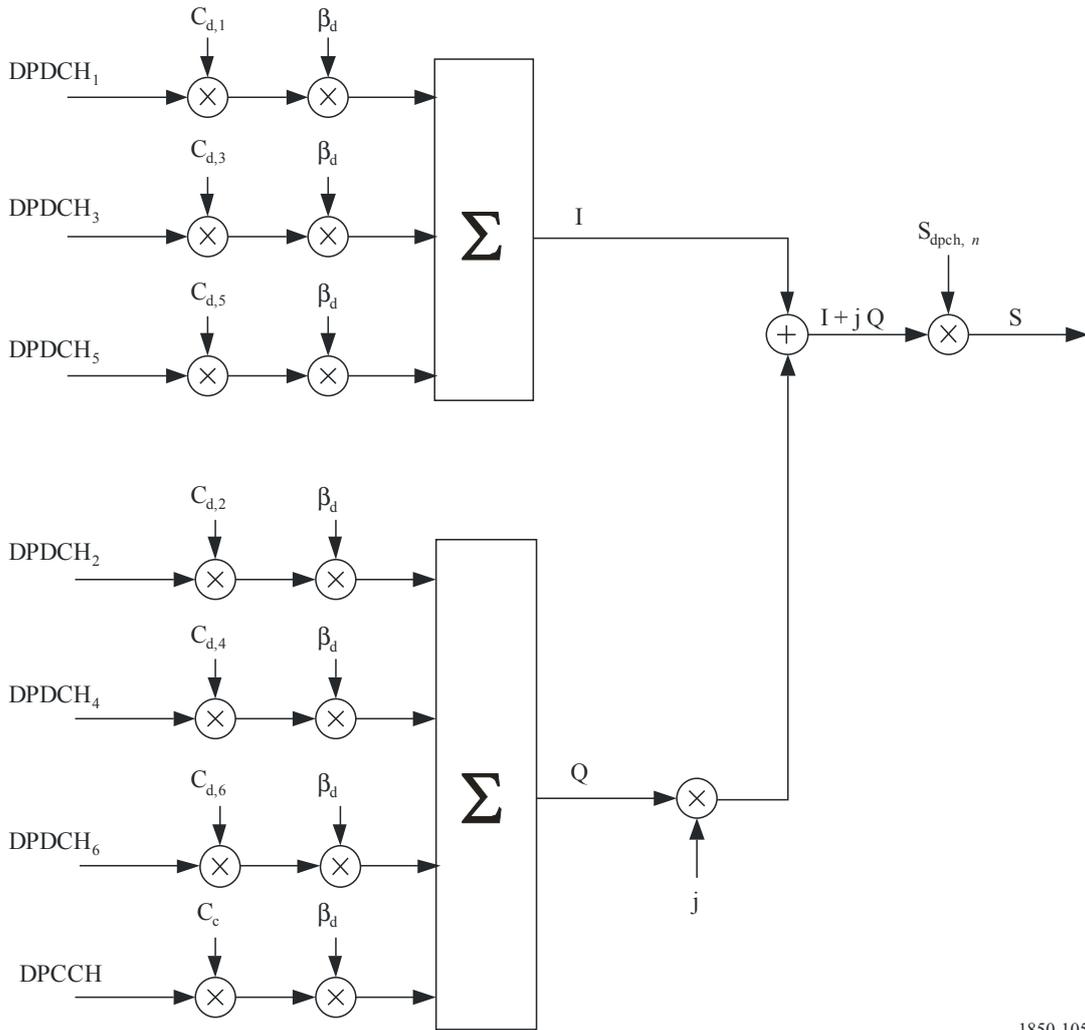
$$c_{long,2,n}(i) = Z_n((i + 16\ 777\ 232) \text{ módulo } (2^{25} - 1)), \quad i = 0, 1, 2, \dots, 2^{25} - 2.$$

Por último, la secuencia larga de aleatorización compleja $C_{long,n}$, viene dada por la siguiente expresión:

$$C_{long,n}(i) = c_{long,1,n}(i) + j(-1)^i c_{long,2,n}(2 \lfloor i/2 \rfloor)$$

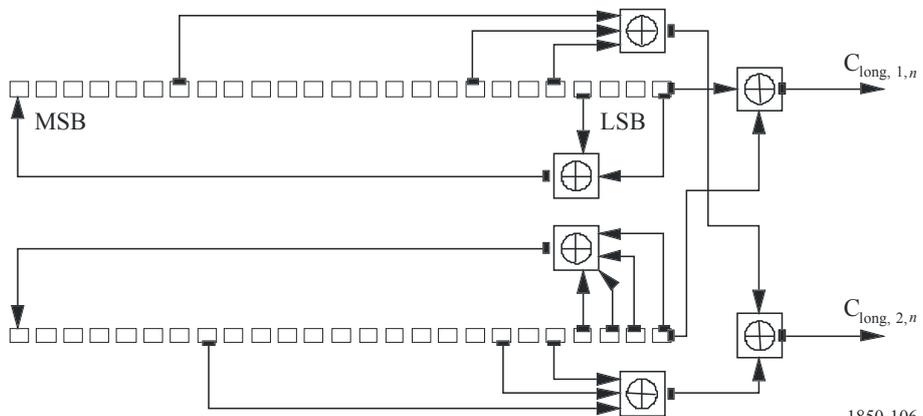
siendo $i = 0, 1, \dots, 2^{25} - 2$ y el símbolo $\lfloor \rfloor$ significa redondeo por debajo al entero más cercano.

FIGURA 105
Dispersión del enlace ascendente



1850-105

FIGURA 106
Generador de código largo para el enlace ascendente



1850-106

4.3.7.4.3.1.1 Códigos PRACH y PCPCH

El código de preámbulo de acceso tiene una longitud de $N_p \times 4\,096$ chips y consta de N_p códigos de subpreámbulo. El código de subpreámbulo $C_{\text{pre,n,s,i}}$ es una secuencia de valores complejos que se crea a partir del código de aleatorización de preámbulo $S_{\text{r-pre,n}}$ y una firma de preámbulo $C_{\text{sig,s}}$ del modo siguiente:

- Si N_p es igual a 1:

$$C_{\text{pre,n,s,0}}(k) = S_{\text{pre,n}}(k) \times C_{\text{sig,s}}(k) \times e^{j\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2}k\right)}, k = 0, 1, 2, 3, \dots, 4\,095$$

- Si N_p es mayor que 1:

$$C_{\text{pre,n,s,i}}(k) = S_{\text{pre,n}}(k) \times C_{\text{sig,s}}(k) \times e^{j\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2}k\right)}, k = 0, 1, 2, 3, \dots, 4\,095, i = 0, 1, \dots, N_p - 2$$

$$C_{\text{pre,n,s,Np-1}}(k) = S_{\text{pre,n}}(k) \times C_{\text{sig,s}}(k) \times e^{j\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2}k\right)}, k = 0, 1, 2, 3, \dots, 4\,095$$

donde $k = 0$ corresponde al chip transmitido en primer lugar.

La firma de preámbulo correspondiente a la firma s consta de 256 reiteraciones de una firma de longitud 16. La firma pertenece al conjunto de 16 códigos Hadamard de longitud 16.

El código de aleatorización para la parte de preámbulo se construye a partir de secuencias de aleatorización largas. El n -ésimo código de aleatorización de preámbulo se define del siguiente modo:

$$S_{\text{pre,n}}(i) = c_{\text{long,1,n}}(i)$$

siendo $i = 0, 1, \dots, 4\,095$. Cuando se utilizan subtramas de acceso para el PRACH, el n -ésimo código de aleatorización de preámbulo, siendo n un número par, se utiliza para el preámbulo transmitido en la subtrama de acceso par. El n -ésimo código de aleatorización de preámbulo, siendo n un número impar, se utiliza para el preámbulo transmitido en la subtrama de acceso impar.

El n -ésimo código de aleatorización de la parte de mensaje del PRACH, representado por $S_{\text{r-msg,n}}$, siendo $n = 0, 1, \dots, 8\,191$, se basa en la secuencia de aleatorización larga y se define del siguiente modo:

$$S_{\text{r-msg,n}}(i) = C_{\text{long,n}}(i + 4\,096), i = 0, 1, \dots, 38\,399$$

El n -ésimo código de aleatorización de la parte de mensaje del PCPCH, representado por $S_{\text{c-msg,n}}$, siendo $n = 8\,192, 8\,193, \dots, 40\,959$ se basa en la secuencia de aleatorización y se define del siguiente modo:

Cuando se utilizan códigos de aleatorización largos:

$$S_{\text{c-msg,n}}(i) = C_{\text{long,n}}(i), i = 0, 1, \dots, 38\,399$$

4.3.7.4.3.2 Modulación del enlace ascendente

La velocidad de segmentos de modulación es 3,84 Mchip/s.

En el enlace ascendente, la modulación es MDP-4 bicanal.

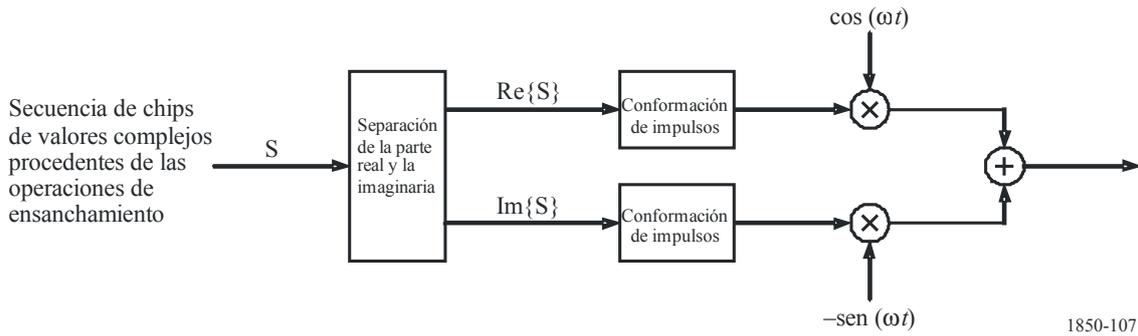
El DPCCCH modulado se hace corresponder con el canal Q y el primer DPDCH se hace corresponder con el canal I.

Los siguientes DPDCH que se añaden se hacen corresponder alternativamente a los canales I o Q.

La Fig. 107 muestra la configuración de la modulación del enlace ascendente. El filtro de banda base (filtro de conformación de impulsos) es un filtro de raíz de coseno alzado con un factor de corte $\alpha = 0,22$ en el dominio de la frecuencia.

FIGURA 107

Modulación del enlace ascendente



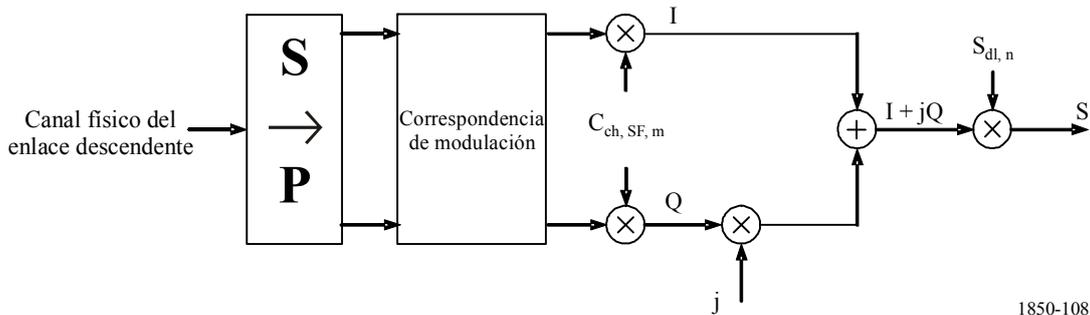
1850-107

4.3.7.4.3.3 Dispersión del enlace descendente

Cada par de símbolos consecutivos de valores reales se convierte de serie a paralelo y se hace corresponder con la rama I y Q. La correspondencia de modulación se define de modo que los símbolos pares e impares se hacen corresponder con la rama I y Q respectivamente. Para todos los canales, excepto los canales indicadores que utilizan firmas, el símbolo número cero se define como el primer símbolo de cada trama. En el caso de canales indicadores que utilizan firmas, el símbolo número cero se define como el primer símbolo en cada intervalo de acceso. Las ramas I y Q se ensancha a la velocidad de chips mediante el mismo código de canalización de valor real $C_{ch,SF,m}$. La secuencia del código de canalización deberá alinearse en el tiempo con el límite de símbolos. Las secuencias de chips de valor real en la rama I y Q se tramitan como secuencias de chips de valores complejos. Esta secuencia de chips se aleatoriza (multiplicación por chips complejos) mediante un código de aleatorización de valores complejos $S_{dl,n}$.

FIGURA 108

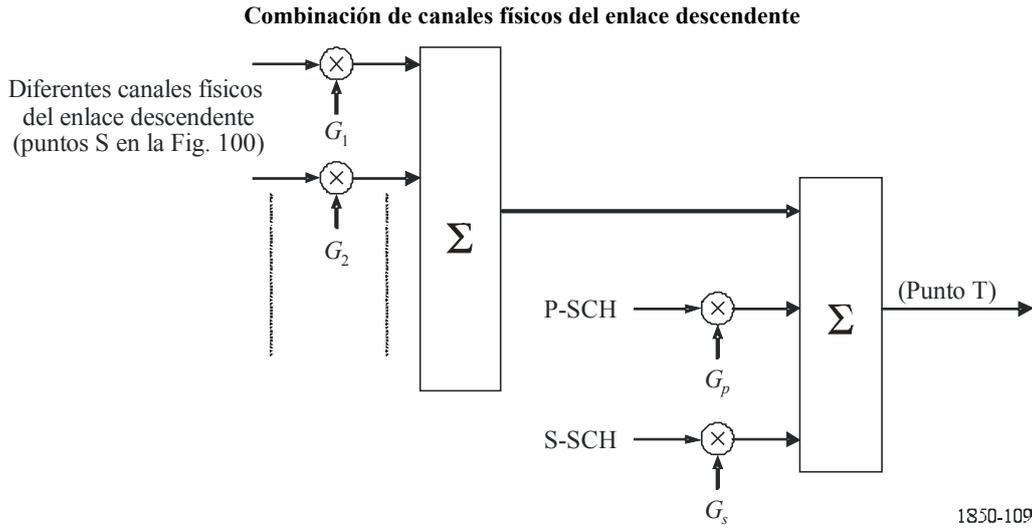
Dispersión para todos los canales físicos del enlace descendente salvo SCH



1850-108

En la Fig. 109 se muestra cómo se combinan los diferentes canales del enlace descendente. Cada canal ensanchado de valor complejo, que corresponde al punto S en la Fig. 109, se pondera por separado mediante un factor de ponderación G_i . Los canales P-SCH y S-SCH de valores complejos, se ponderan mediante los factores de ponderación G_p y G_s . A continuación se combinan todos los canales físicos del enlace descendente utilizando una suma compleja.

FIGURA 109



Los códigos de canalización de la Fig. 109 son los mismos que los utilizados en el enlace ascendente, a saber los códigos del Factor de dispersión ortogonal variable (OVSF) que preservan la ortogonalidad entre canales del enlace descendente de diferentes velocidades y factores de dispersión.

El código de aleatorización se construye combinando dos secuencias reales en una secuencia compleja. Cada una de las dos secuencias reales se obtiene a partir de la suma en modulo 2 de posición de 38 400 chip segmentos de dos *m*-secuencias binarias *x* e *y*. La secuencia *x* se obtiene a partir del polinomio generador $X^{18} + X^7 + 1$, mientras que la secuencia *y* se obtiene del polinomio generador $X^{18} + X^{10} + X^7 + X^5 + 1$. La condición inicial de la secuencia *x* es (00...1), siendo 1 el LSB. La condición inicial para la secuencia *y* es (11...1).

La *n*-ésima secuencia de código Gold z_n , se define como:

$$z_n(i) = x((i + n) \text{ módulo } (2^{18} - 1)) + y(i) \text{ módulo } 2, \quad i = 0, \dots, 218 - 2.$$

Estas secuencias binarias se convierten a secuencias de valores reales Z_n . Por último, la *n*-ésima secuencia de código de aleatorización complejo $S_{dl,n}$ se define como:

$$S_{dl,n}(i) = Z_n(i) + j Z_n((i + 131\,072) \text{ módulo } (2^{18} - 1)), \quad i = 0, 1, \dots, 38\,399.$$

Obsérvese que se repite el patrón de la fase 0 hasta la fase 38 399.

Los códigos de aleatorización se dividen en 512 conjuntos, cada uno de los cuales consiste en un código de aleatorización primario y 15 códigos de aleatorización secundarios. Los códigos de aleatorización primarios constan de $n = 16 * i$ códigos de aleatorización, siendo $i = 0, \dots, 511$. El *i*-ésimo conjunto de códigos de aleatorización secundarios constan de $16 * i + k$ códigos de aleatorización, siendo $k = 1, \dots, 15$. Existe una correspondencia uno a uno entre cada código de aleatorización primario y los 15 códigos de aleatorización secundarios de un conjunto, de modo que el *i*-ésimo código de aleatorización primario corresponde al *i*-ésimo conjunto de códigos de aleatorización secundario. Por consiguiente, se utilizan códigos de aleatorización $n = 0, 1, \dots, 8\,191$.

El conjunto de códigos de aleatorización primarios se dividen en 64 grupos de códigos, de ocho códigos de aleatorización primarios cada uno. El *j*-ésimo grupo de código de aleatorización consta de $16 * 8 * j + 16 * k$, códigos de aleatorización primarios, siendo $j = 0, \dots, 63$ y $k = 0, \dots, 7$.

4.3.7.4.3.3.1 Códigos de sincronización

El código de sincronización primario (PSC), C_{psc} se construye en forma de dos secuencias Golay jerárquicas generalizadas y se define del siguiente modo:

$$a_1 = \langle x_1, x_2, x_3, \dots, x_{16} \rangle = \langle 1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, -1 \rangle$$

$$a_2 = \langle y_1, y_2, y_3, \dots, y_{16} \rangle = \langle 1, -1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, -1, -1 \rangle$$

El PSC se genera por reiteración de las secuencias a_1 y a_2 moduladas por una secuencia complementaria Golay y creando una secuencia de valor complejo con componentes reales e imaginarias idénticas. El C_{psc} de PSC se define del siguiente modo:

$$C_{psc} = (1 + j) \times \langle a_1, -a_1, -a_1, -a_1, -a_1, a_1, -a_1, -a_1, a_2, a_2, -a_2, a_2, -a_2, a_2, a_2, a_2 \rangle$$

Los 16 códigos de sincronización secundarios (SSC), $\{C_{ssc,1}, \dots, C_{ssc,16}\}$, tienen valor complejo con componentes reales e imaginarias idénticas, y se construyen a partir de la multiplicación posición a posición de una secuencia Hadamard y una secuencia z , definidas del siguiente modo:

- $z = \langle b_1, b_1, b_1, b_1, b_1, b_1, -b_1, -b_1, b_2, -b_2, -b_2, b_2, b_2, -b_2, b_2, -b_2 \rangle$, siendo
- $b_1 = \langle x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, -x_9, -x_{10}, -x_{11}, -x_{12}, -x_{13}, -x_{14}, -x_{15}, -x_{16} \rangle$ y $x_1, x_2, \dots, x_{15}, x_{16}$, SON los mismos que en la definición de la secuencia a_1 anterior.
- $b_2 = \langle y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, -y_9, -y_{10}, -y_{11}, -y_{12}, -y_{13}, -y_{14}, -y_{15}, -y_{16} \rangle$ y $e_1, y_2, \dots, y_{15}, y_{16}$, SON los mismos que los de la definición de la secuencia a_2 anterior.

Las secuencias Hadamard se obtienen como filas de una matriz H_8 construida recursivamente. Si la n -ésima secuencia Hadamard se representa por una fila de H_8 numerada desde la parte superior, $n = 0, 1, 2, \dots, 255$, correlativamente, y además si $h_n(i)$ y $z(i)$ representan el i -ésimo símbolo de la secuencia h_n y z , respectivamente, siendo $i = 0, 1, 2, \dots, 255$.

El k -ésimo SSC, $C_{ssc,k}$, $k = 1, 2, 3, \dots, 16$ se define entonces como:

$$C_{ssc,k} = (1 + j) \times \langle h_m(0) \times z(0), h_m(1) \times z(1), h_m(2) \times z(2), \dots, h_m(255) \times z(255) \rangle$$

siendo $m = 8 \times (k - 1)$.

Hay 64 secuencias SCH secundarias y cada una de las secuencias está integrada por 15 SSC. Las 64 secuencias SCH secundarias se construyen de modo tal que sus desplazamientos cíclicos sean únicos, es decir un desplazamiento cíclico no nulo menor de 15 de cualquiera de las 64 secuencias no es equivalente a ningún desplazamiento cíclico de ninguna de las 64 secuencias restantes. Asimismo, un desplazamiento cíclico no nulo menor de 15 de cualquiera de las secuencias no es equivalente tampoco a ningún otro desplazamiento cíclico menor de 15.

4.3.3.4.4 Modulación de enlace descendente

La velocidad de segmentos de modulación es 3,84 Mchip/s.

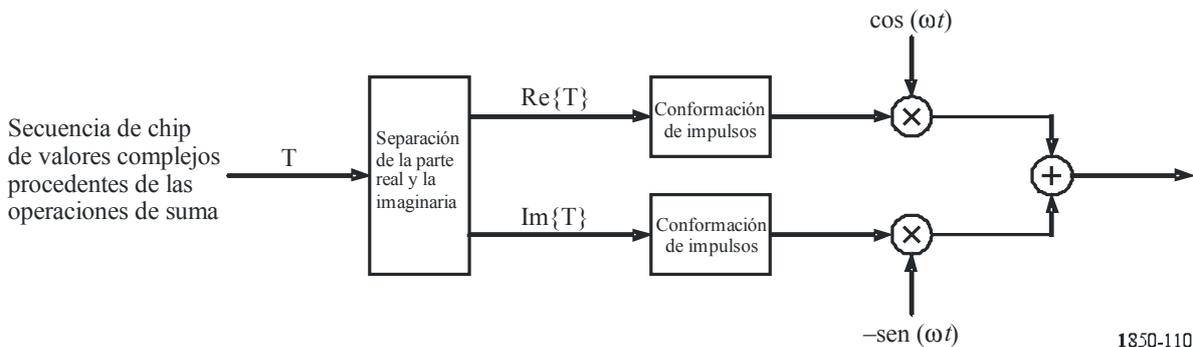
La Fig. 110 muestra la modulación de la secuencia de chips de valores complejos generados mediante el proceso de dispersión

Los DPDCH y DPCCH modulados se multiplexan en el tiempo.

El filtro de banda base (filtro de conformación de impulsos) es un filtro de raíz de coseno alzado con un factor de corte $\alpha = 0,22$ en el dominio de la frecuencia.

FIGURA 110

Modulación del enlace descendente



4.3.7.4.4 Procedimientos

4.3.7.4.4.1 Búsqueda de haz

Durante la búsqueda del haz, el EU busca el haz del satélite y determina el código de aleatorización del enlace descendente y la sincronización de tramas del canal común del haz del satélite.

Durante la búsqueda del haz, la ETM busca un haz y determina el código de aleatorización del enlace descendente y la sincronización de tramas de dicho haz. La búsqueda se lleva a cabo en tres etapas:

Etapa 1: Sincronización de intervalo

Durante la primera etapa del procedimiento de búsqueda de haz la ETM utiliza el código de sincronización primario del SCH para obtener la sincronización de intervalos del haz. Para ello suele emplear un solo filtro (o un dispositivo similar) que concuerda con el código de sincronización primario que es común a todos los haces. La temporización de intervalo del haz puede obtener detectando los picos a la salida del filtro ajustado.

Etapa 2: Sincronización de tramas e identificación del grupo de códigos

En la segunda etapa del procedimiento de búsqueda del haz, la ETM utiliza el código de sincronización secundario del SCH para encontrar la sincronización de trama e identificar el grupo de código del haz encontrada en la primera etapa. Para ello se efectúa la correlación de la señal recibida con todas las posibles secuencias de código de sincronización secundario, y se determina el valor máximo de la correlación. Dado que los desplazamientos cíclicos de las secuencias son únicos, se determinan el grupo de código y la sincronización de trama.

Etapa 3: Identificación del código de aleatorización

En la tercera y última etapa del procedimiento de búsqueda del haz, la ETM determina el código de aleatorización primario exacto que se utiliza en el haz detectado. Este código se suele identificar mediante la correlación símbolo a símbolo a lo largo del CPICH con todos los códigos del grupo de códigos identificado en la segunda etapa. Una vez identificado el código de aleatorización primario, se puede detectar el CCPCH primario y leer la información del BCH específica del sistema y del haz.

Durante la primera y la segunda etapas, puede ser necesario recurrir a una búsqueda general de frecuencias y/o una técnica de detección diferencia, dado el error de frecuencia portadora debido al efecto Doppler.

Durante la segunda y la tercera fases, la ETM puede utilizar información almacenada localmente acerca de la constelación de satélites y su posición, lo que permite reducir el tiempo de búsqueda del haz.

4.3.7.4.4.2 Acceso aleatorio

4.3.7.4.4.2.1 Procedimiento RACH

En la capa MAC, cuando hay que transmitir datos, la ETM selecciona la clase de RACH y comienza un ciclo de retransmisión. Si el número de ciclos de retransmisión es mayor que el número máximo de ciclos, la ETM detiene el procedimiento e informa a la capa más alta.

Al principio de cada ciclo de retransmisión, la ETM actualiza los valores de los parámetros relacionados con el procedimiento de RACH, incluidos en los mensajes de información del sistema contenidos en el BCH. La ETM decide entonces si comienza la transmisión de RACH en la trama vigente, sobre la base del valor de persistencia. Si no se autoriza la transmisión, la ETM repite desde la prueba de persistencia en la siguiente trama. Si se autoriza la transmisión, la ETM comienza un periodo de retransmisión progresivo. Si el número de periodos repetidos es mayor que el número máximo de retransmisiones progresivas, la ETM recomienza el ciclo de retransmisión en la trama siguiente.

Durante el periodo de retransmisión progresivo, la ETM efectuará el proceso de acceso aleatorio físico siguiente:

Paso 1: Se obtiene el intervalo de acceso del enlace ascendente disponible, del siguiente conjunto de intervalos de acceso completo, utilizando el conjunto de subcanales RACH disponibles dentro del ASC dado. Se seleccionará al azar un intervalo de acceso de entre las determinadas anteriormente. Cuando no haya

intervalo de acceso disponible en el conjunto seleccionado, se seleccionará aleatoriamente un intervalo de acceso del enlace ascendente correspondiente al conjunto de subcanales RACH disponibles dentro de un ASC determinado para el siguiente conjunto de intervalos de acceso.

Paso 2: Se selecciona al azar una firma de entre el conjunto de firmas disponibles dentro del ASC dado.

Paso 3: Se asigna al contador de retransmisión de preámbulo el valor Máx. Retrans Preámbulo.

Paso 4: se asigna al parámetro potencia de preámbulo solicitada el valor Potencia_Inicial_Preámbulo.

Paso 5: en el caso de que la potencia de preámbulo solicitada rebase el valor máximo permitido, se asignará a aquella dicho valor máximo permitido. De lo contrario, a la potencia de transmisión del preámbulo se le asigna la potencia de preámbulo solicitada. Se transmite un preámbulo utilizando el intervalo de acceso del enlace ascendente, la firma y la potencia de transmisión de preámbulo seleccionados.

Paso 6: Si no se detecta un indicador de adquisición positivo o negativo correspondiente a la firma seleccionada en el intervalo de acceso del enlace descendente correspondiente al intervalo de acceso del enlace ascendente seleccionado, entonces:

Paso 6.1: Se selecciona el siguiente intervalo de acceso disponible en el conjunto de subcanales RACH disponible dentro del ASC dado.

Paso 6.2: Se selecciona al azar una nueva firma del conjunto de firmas disponibles dentro del ASC dado.

Paso 6.3: Se aumenta la potencia de preámbulo solicitada en $\Delta P_0 =$ Paso de Rampa de Potencia (dB). Si dicha potencia rebasa el valor máximo permitido en 6 dB, la ETM pasa al estado L1 («Sin acuse de recibo en el AICH») a las capas superiores (MAC) y abandona el procedimiento de acceso físico aleatorio.

Paso 6.4: Se disminuye el contador de retransmisión de preámbulos en una unidad.

Paso 6.5: Si el contador de retransmisión de preámbulos > 0 , se repite desde el paso 5. De lo contrario comunica el estado L1 («Sin acuse de recibo en el AICH») a las capas superiores (MAC) y abandona el procedimiento de acceso físico aleatorio.

Paso 7: Si se detecta un indicador de adquisición negativo correspondiente a la firma seleccionada en la trama (o subtrama) de acceso de enlace descendente correspondiente a la trama (o subtrama) de acceso de enlace ascendente, se comunica el estado L1 («recibido Nack en el AICH») a la capa superior (MAC) y se abandona el procedimiento de acceso aleatorio físico.

Paso 8: Se informará del estado L1 «acuse de recibo recibido en AICH» a la capa superior (MAC) y se abandonará el procedimiento de acceso aleatorio físico.

Al transmitir el mensaje y el preámbulo RACH, la ETM puede aplicar una técnica de compensación anticipada del efecto Doppler, basada en el cálculo del desplazamiento Doppler en la portadora del enlace descendente.

Si el mensaje de respuesta que corresponde al mensaje RACH transmitido se recibe en la capa superior (RLC o RRC) en cualquier momento durante el procedimiento de acceso aleatorio, la ETM debe detener el procedimiento RACH.

4.3.7.4.4.2.2 Procedimiento CPCH

Para cada canal físico CPCH de un conjunto CPCH asignado a un haz los parámetros de la capa física se introducen en mensajes de información del sistema dentro del BCH. La capa física efectuará el procedimiento CPCH del siguiente modo:

Paso 1: A la recepción de la petición de acceso de la capa MAC, la ETM comprobará los valores SI de la transmisión más reciente. Si esto indicase que la máxima velocidad de datos disponible es inferior a la velocidad de datos solicitada, la ETM abortará el intento de acceso.

Paso 2: La ETM fijará la potencia de transmisión del preámbulo a Potencia_Inicial_Preámbulo.

Paso 3: La ETM fijará el contador de retransmisión AP a $N_{AP_Retrans_Máx}$.

Paso 4: A partir del grupo del subcanal de la trama de acceso de la combinación de recursos de acceso correspondiente a la velocidad de datos requerida, la ETM obtendrá las tramas de acceso disponibles. La ETM seleccionará al azar una trama de acceso de enlace ascendente de entre las disponibles obtenidas. Cuando se utilicen subtramas de acceso para el PRACH, la ETM seleccionará al azar una subtrama de acceso de entre las subtramas de acceso pares e impares de la trama de acceso seleccionada.

Paso 5: La ETM seleccionará al azar una firma AP de entre el conjunto de firmas disponibles de la combinación de recursos de acceso correspondiente a la velocidad de datos requerida.

Paso 6: La ETM seleccionará al azar una firma CD del conjunto de firmas CD.

Paso 7: Se seleccionará al azar un tiempo de desplazamiento de la transmisión τ_{off} dentro del intervalo $-\tau_{\text{off,máx}}, \tau_{\text{off,máx}}$.

Paso 8: La ETM deberá comprobar el valor del indicador de estado. Si éste indicase que la máxima velocidad de datos disponible es inferior a la velocidad de datos solicitada, la ETM abortará el intento de acceso y enviará un mensaje de fallo a la capa MAC. De lo contrario, la ETM transmitirá el AP utilizando la trama (o subtrama) de acceso del enlace ascendente seleccionada, la firma, el tiempo de desplazamiento de transmisión y la potencia de transmisión de preámbulo inicial y transmitirá sucesivamente un preámbulo CD con la misma potencia que con el AP.

Paso 9: Si la ETM no detectase un indicador de adquisición de AP positivo ni negativo ni el CDI correspondiente a la firma del AP y a la firma del CDP seleccionados, respectivamente, del APA/CD/CA-ICH en la trama (o subtrama) de acceso de enlace descendente correspondiente a la trama (o subtrama) de acceso de enlace ascendente seleccionado, deberán ejecutarse los siguientes pasos:

Paso 9a): Se seleccionará la siguiente trama de acceso disponible en el grupo de subcanales utilizado. Cuando se utilicen subtramas de acceso para el PRACH, la ETM seleccionará al azar una subtrama de acceso entre las subtramas de acceso pares e impares de la trama de acceso seleccionada.

Paso 9b): Se seleccionará al azar una nueva firma CD del conjunto de firmas CD.

Paso 9c): Se aumentará la potencia de transmisión del preámbulo en una cantidad específica ΔP . Se utilizará el incremento de potencia ΔP_0 salvo que se encuentre activo el temporizador AICH negativo, en cuyo caso se utilizará ΔP_1 .

Paso 9d): Se reducirá en una unidad el contador de retransmisión de AP.

Paso 9e): Si el contador de retransmisión de AP es < 0 , la ETM abortará el intento de acceso y enviará un mensaje de fallo a la capa MAC. Si el contador de retransmisión de AP es igual o mayor que 0, la ETM volverá al Paso 7.

Paso 10: Si la ETM detectase un indicador de adquisición de AP negativo correspondiente a la firma AP seleccionada del APA/CD/CA-ICH en la trama (o subtrama) de acceso de enlace descendente correspondiente a la trama (o subtrama) de acceso de enlace ascendente seleccionado, la ETM abortará el intento de acceso y enviará un mensaje de fallo a la capa MAC. La ETM activará el temporizador AICH negativo para indicar la utilización de ΔP_1 como incremento de potencia de preámbulo hasta que finalice el temporizador.

Paso 11: Si la ETM recibiese un indicador de adquisición positivo de AP correspondiente a la firma AP seleccionada y un CDI con una firma que no concuerde con la firma del preámbulo CD, la ETM abortará el intento de acceso y enviará un mensaje de fallo a la capa MAC.

Paso 12: Si la ETM recibiese un indicador de adquisición positivo AP y un CDI del APC/CD/CA-ICH con firmas concordantes, y si un mensaje CA hiciese referencia a uno de los PCPCH que se señalaron como libres en la última emisión CSICH recibida, la ETM transmitirá el preámbulo de transmisión inicial τ_{p-ip} ms más tarde que la iniciación del AP/CDP. La potencia de transmisión inicial será ΔP_{p-m} (dB) mayor que la del AP/CDP. La transmisión de la porción de mensaje de la ráfaga comenzará inmediatamente después del preámbulo de transmisión inicial. El control de potencia en la parte de mensaje se efectuará de acuerdo con la instrucción TPC en el intervalo de enlace descendente asociado al PCPCH en el CPCH-CCPCH.

Paso 13: Durante la transmisión de datos por paquetes del CPCH, la ETM y la RAN de satélite efectuarán control de potencia del bucle interior en la parte de mensaje del PCPCH.

En la transmisión del preámbulo y del mensaje, la ETM puede utilizar una técnica de compensación anticipada del efecto Doppler, basada en la estimación de desplazamiento Doppler de la portadora del enlace descendente.

4.3.7.4.4.3 Control de potencia

4.3.7.4.4.3.1 Control de potencia en bucle abierto

El control en bucle abierto se utiliza para ajustar la potencia de transmisión del canal físico de acceso aleatorio. Antes de transmitir la trama de acceso aleatorio, la ETM mide la potencia recibida del canal físico de control común primario del enlace descendente durante tiempo suficiente para suprimir cualquier efecto del desvanecimiento por trayectos múltiples no recíproco. A partir de la potencia calculada y conociendo la potencia de transmisión del CCPCH primario (radiodifusión por el BCCH) puede calcularse la atenuación en el trayecto, incluido el desvanecimiento de sombra. A partir del cálculo de las pérdidas en el trayecto y sabiendo el nivel de interferencia del enlace ascendente y la relación señal-ruido (SIR) recibida necesaria, puede determinarse la potencia de transmisión del canal físico de acceso aleatorio. El nivel de interferencia del enlace ascendente y la SIR recibida necesaria se retransmite por el BCCH.

El control de potencia en bucle abierto también se utiliza en el establecimiento del canal de tráfico dedicado y puede activarse de manera continua hasta la liberación del canal de tráfico dedicado.

4.3.7.4.4.3.2 Control de potencia en bucle cerrado

El control lento de potencia en bucle cerrado se procesa en la Capa 3 (RRC) de acuerdo con los informes de medición de la ETM para el enlace descendente y las mediciones de la señal de la ETM para el enlace ascendente.

También puede efectuarse el control de potencia en bucle cerrado en la Capa 1, a un ritmo de una instrucción de control de potencia de transmisión (TPC) por trama.

4.3.7.4.4.4 Diversidad de transmisión de selección del haz

La diversidad de transmisión de selección del haz (SSTD) es un método de diversidad en modo de traspaso ligero. Este método es opcional en la RAN de satélite. La ETM selecciona periódicamente un haz «primario» de su conjunto de haces activos, de modo que todos los demás se clasifican como «no primarios», midiendo para ello la potencia de la señal recibida de los CPICHs transmitidos por los haces activos. El haz que se detecta con mayor potencia CPICH se considera el haz primario. El DPDCH del enlace descendente se transmite por el haz primario, y no se transmite por los haces no primarios.

Para seleccionar un haz primario, se asigna a cada uno una identificación (ID) temporal y la ETM informa periódicamente del ID del haz primario a los haces de conexión. La ETM comunica el ID del haz primario a los haces activos utilizando para ello el campo FBI del DPCCCH del enlace ascendente.

Durante SSTD se asigna a cada haz un ID temporal, que se utiliza como señal de selección del haz. En cada radiograma se transmite un código ID de 15 bits.

El haz reconoce que su estado no es primario si se dan simultáneamente las siguientes condiciones:

- el código ID recibido no concuerda con el suyo;
- la calidad de la señal recibida del enlace ascendente satisface el umbral de calidad definido por la red.

El estado de los haces (primario y no primario) en el conjunto activo se actualiza de manera síncrona. Si un haz recibe el ID codificado en la trama j del enlace ascendente, el estado del haz se actualiza en la trama $(j + 1 + T_{os})$ del enlace descendente, donde el valor de T_{os} lo facilitan las capas superiores (el valor de T_{os} queda determinado por la red conforme al retraso de ida y vuelta en el haz).

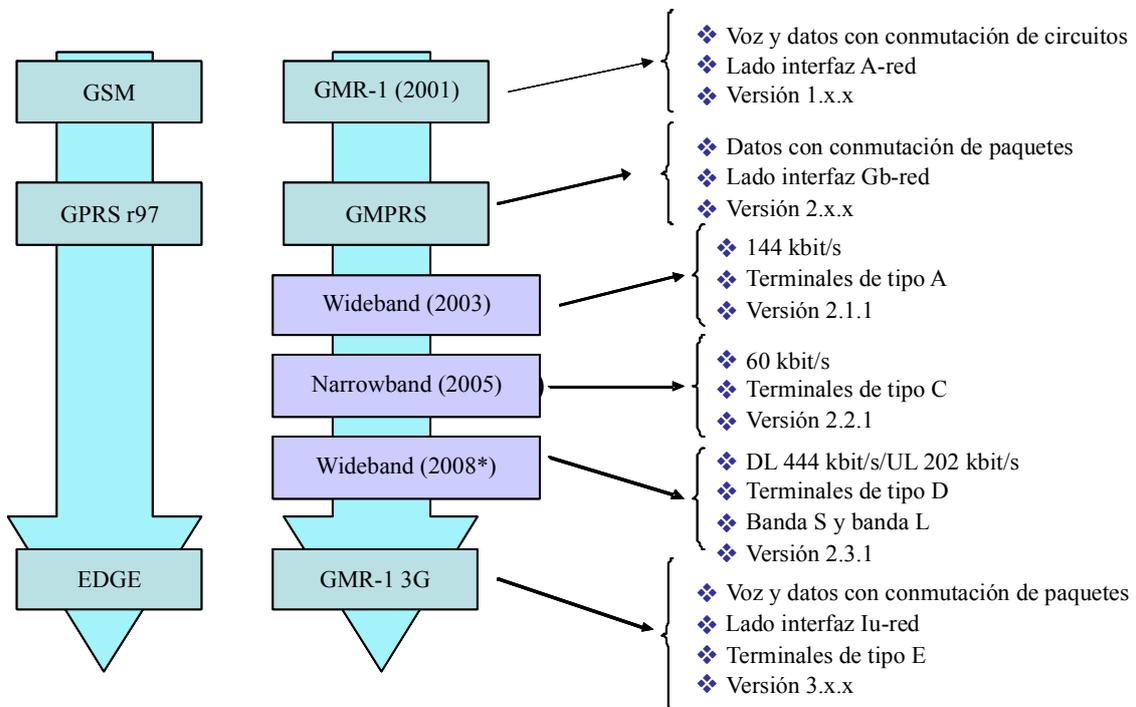
4.3.8 Especificación de la interfaz radioeléctrica del satélite H

La interfaz radioeléctrica de satélite H (SRI-H) es una interfaz de sistema móvil de satélite de tercera generación (3G) basada en la interfaz radioeléctrica GMR-1 cuya funcionalidad ha quedado demostrada en la práctica. La GMR-1 (Geo-Mobile Radio-1) es una especificación de interfaz radioeléctrica de satélite publicada por la ETSI (ETSI TS 101 376) y la TTA (S-J-STD-782) en 2001. La versión de la ETSI se ha actualizado varias veces para perfeccionarla, añadir características adicionales y efectuar un mantenimiento ordinario. En esta sección se da una breve descripción de esta interfaz radioeléctrica. Para una descripción más detallada, véase la especificación publicada. La evolución de la interfaz radioeléctrica GMR-1, que incluye funciones y servicios 3G, está en fase de introducción y examen para su normalización en la ETSI como especificaciones de interfaz radioeléctrica GMR-1 3G en 2008.

El desarrollo y normalización de GMR-1 sigue la evolución de la red de acceso radioeléctrico GSM/EDGE (GERAN) como se muestra en la Fig. 111.

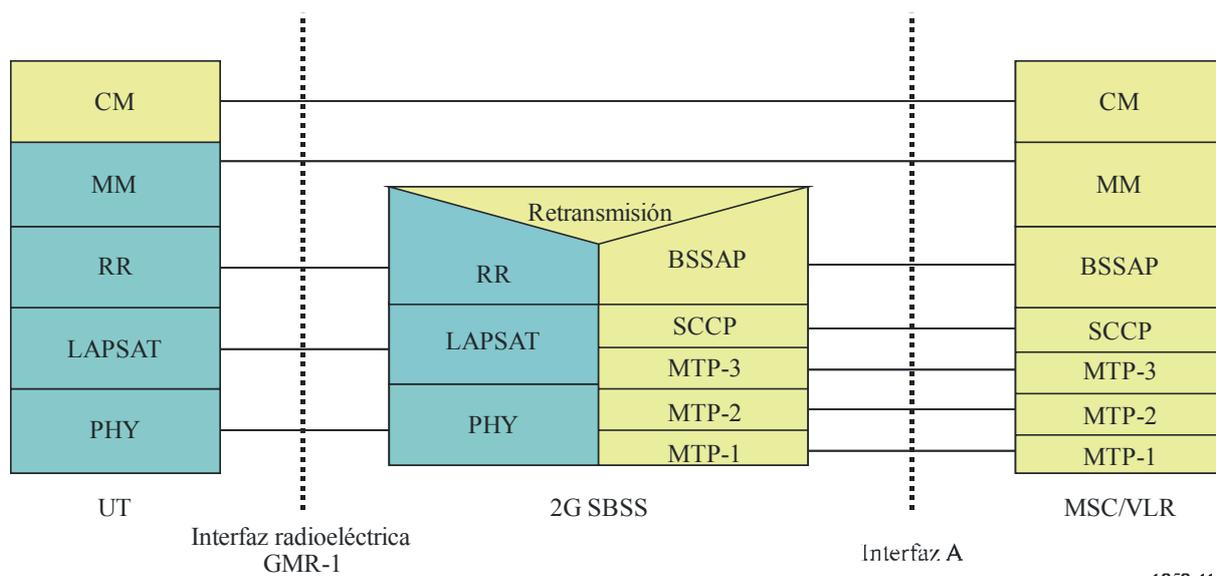
Las especificaciones de la interfaz radioeléctrica GMR-1 basadas en el TDMA fueron normalizadas por primera vez por la ETSI en 2001 (GMR-1 versión 1) basándose en una arquitectura del protocolo GSM optimizada para la transmisión por satélite, y utilizando una interfaz A con la red central (véase la Fig. 112). La versión 1 de la interfaz radioeléctrica GMR-1 admite servicios compatibles con GSM y reutiliza la infraestructura de red GSM. Está concebida para funcionar con terminales en modo dual (satélite/terrestre) lo que permite al usuario la itinerancia entre redes de satélite GMR-1 y redes terrenales GSM. Entre las características se cuentan servicios de voz con eficiencia espectral, servicios de fax con tolerancia a retrasos, y servicios de datos fiables no transparentes de hasta 9,6 kbit/s, SMS, servicios de radiodifusión por células, servicios basados en la ubicación, itinerancia del módulo de identificación del abonado (SIM), servicios de alerta con alta penetración y llamadas entre terminales con un solo tramo por satélite. Actualmente el sistema basado en la versión 1 de la GMR-1 se utiliza en muchas partes de Europa, África, Asia y Oriente Medio.

FIGURA 111



* Presentado a la ETSI en enero de 2008

FIGURA 112



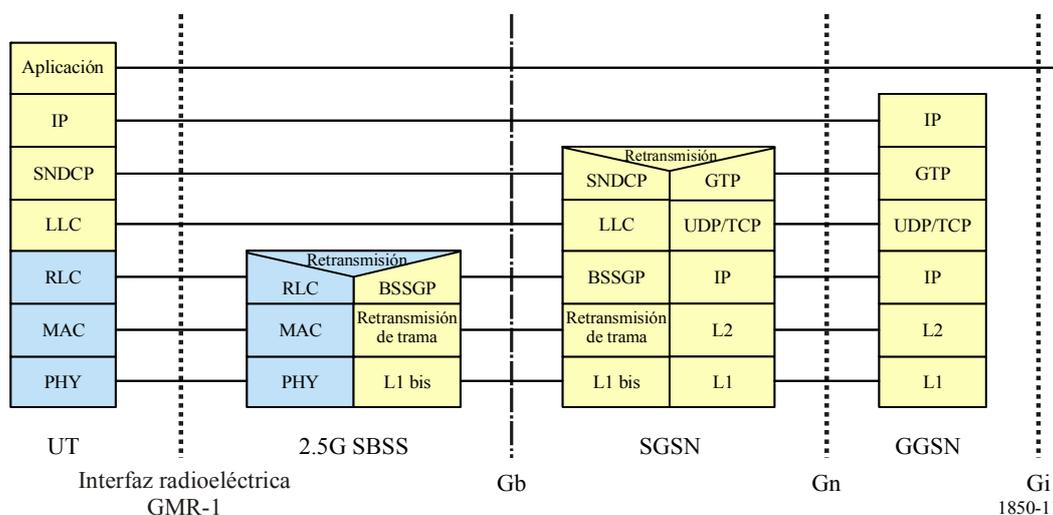
1850-112

El Comité Técnico SES de la ETSI ha actualizado otras dos veces la especificación de circuitos conmutados, una en 2002 (versión 1.2.1) y otra vez en 2005 (versión 1.3.1).

El GMR-1 utiliza multiplexación por división en el tiempo en el enlace directo y acceso múltiple por división en el tiempo en el enlace de retorno.

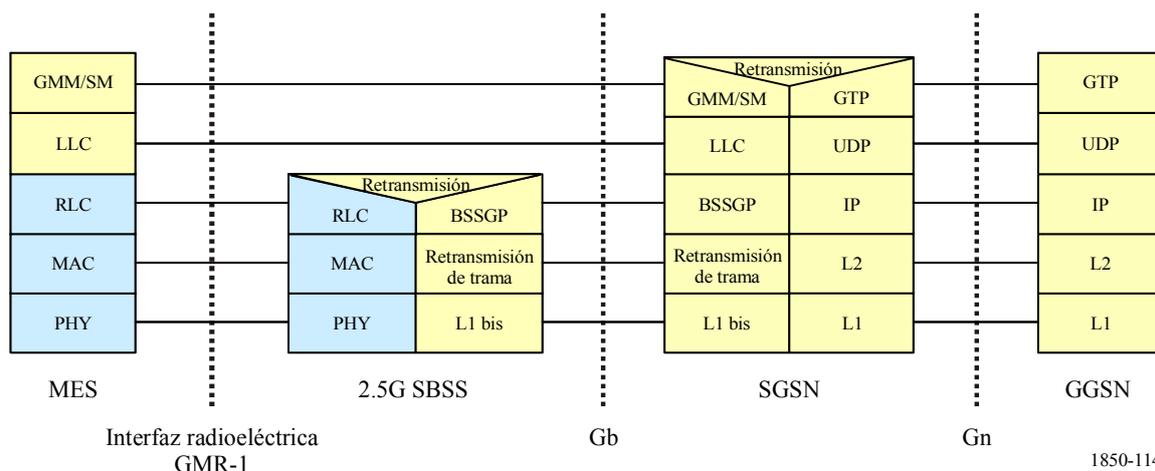
En 2003, se modificó la GMR-1 para incorporar la capacidad de datos con conmutación de paquetes, publicada como GMPRS-1 (*Geo-Mobile Packet Radio System*) o GMR-1 versión 2. El GMPRS-1 proporciona servicios de datos IP para terminales portátiles que utilizan tecnología GPRS con una interfaz Gb con la red central. En las Figs. 113 y 114 se ilustra la arquitectura del protocolo de la interfaz radioeléctrica GMR-1 para el plano de usuario y de control que utiliza la interfaz Gb hacia la red central. Se introdujeron algunas modificaciones específicas de satélite en las capas PHY y MAC de la pila del protocolo para aumentar la velocidad y las eficiencia espectral.

FIGURA 113



1850-113

FIGURE 114



El GPRS-1 versión 2.1.1 admite velocidades de datos por paquetes bidireccional de hasta 144 kbit/s, con QoS diferente según el usuario y adaptación dinámica del enlace. El GPRS-1 versión 2.2.1, publicado en 2005, permite servicios de datos por paquetes de banda estrecha para terminales móviles con velocidades de hasta 28,8 kbit/s en el enlace ascendente y 64 kbit/s en el descendente. El servicio de paquetes de banda ancha se ha ampliado hasta 444 kbit/s en el enlace directo y 202 kbit/s en el enlace de retorno para terminales portátiles de tamaño A5 en una nueva versión que se encuentra en fase de revisión por el Comité Técnico de Sistemas móviles por satélite (SMS) SES de la ETSI. Esta nueva versión se publicará como GPRS-1 versión 2.3.1. El sistema también permite alcanzar hasta 400 kbit/s en el enlace ascendente con una antena externa. Este último conjunto de especificaciones utiliza técnicas modernas en la capa física, tales como códigos LDPC y modulación 32-QAM, y ofrece servicios de transmisión en secuencias bidireccionales.

Un sistema que utiliza las especificaciones GPRS-1, versión 2, se ha instalado satisfactoriamente en el terreno y se utiliza ampliamente en Europa, África, Asia y Oriente Medio.

La especificación GPRS-1 3G se someterá al Comité Técnico SES MSS de la ETSI para que lo examine este año entre la familia de interfaces radioeléctricas de satélite IMT-2000 como una norma voluntaria. La GPRS-1 3G se basa en la adaptación al entorno de satélite de la interfaz radioeléctrica TDMA EDGE de la ETSI (véase la Rec. UIT-R M.1457-6, *IMT-2000 TDMA Single-Carrier*). Por consiguiente, la GPRS-1 3G es equivalente a EDGE pero para satélites. La arquitectura del protocolo se basa en 3GPP versión 6, pero la interfaz radioeléctrica es TDMA. De conformidad con las especificaciones 3GPP de la ETSI, la estación de base de satélite es por tanto equivalente a una GERAN. La GPRS-1 3G se ha concebido para cumplir los requisitos de la componente de satélite de los sistemas de comunicaciones inalámbricos de tercera generación (3G).

La especificación GPRS-1 3G utiliza la interfaz Iu-PS entre la red radioeléctrica y la central con el objetivo de permitir a los operadores del SMS prestar servicios novedosos basados en el IMS totalmente IP. Las principales características de esta interfaz radioeléctrica son las siguientes:

- VoIP multivelocidad con eficiencia espectral y con compresión de encabezamiento de cero bytes.
- Formas de onda robustas para el cierre de enlace con terminales de usuario de factor de forma terrenal.
- Velocidad de hasta 592 kbit/s.
- Operación con múltiples anchuras de banda de portadora.
- Varios tipos de terminal: terminales móviles, PDA, en vehículos, portátiles y fijos.
- Servicios multimedia IP.
- Distintas QoS según el usuario y la aplicación.
- Adaptación dinámica del enlace.
- Compatible con IPv6.

- Intermediarios para mejorar la calidad.
- Traspaso terrenal/satélite.
- Protocolos de estrato sin acceso (NAS) no modificados con la red central COTS.

Otras de las características son MBMS y la función de botón de habla con utilización eficiente de recursos. Se están desarrollando sistemas basados en las especificaciones de la interfaz radioeléctrica GMR-1 3G para operadores del SMS en todo el mundo que funcionan tanto en la banda de 1,5/1,6 GHz como en la banda de 2 GHz. En las Figs. 115 y 116 se ilustra la arquitectura del protocolo de la interfaz radioeléctrica GMR-1 3G para el plano de usuario y el plano de control utilizando la interfaz Iu-PS con la red principal.

FIGURA 115

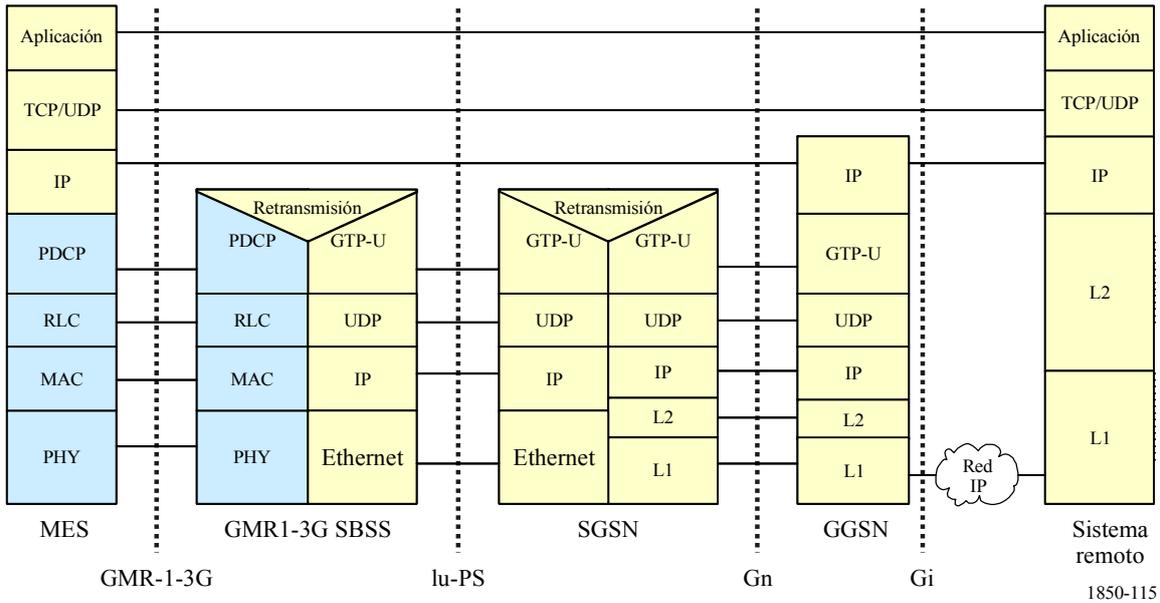
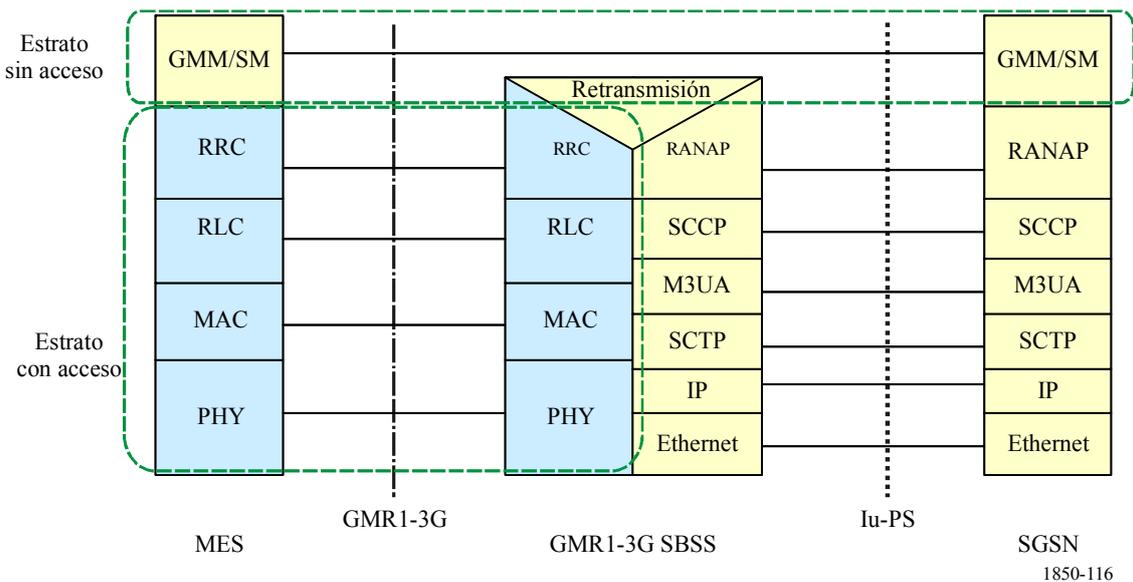


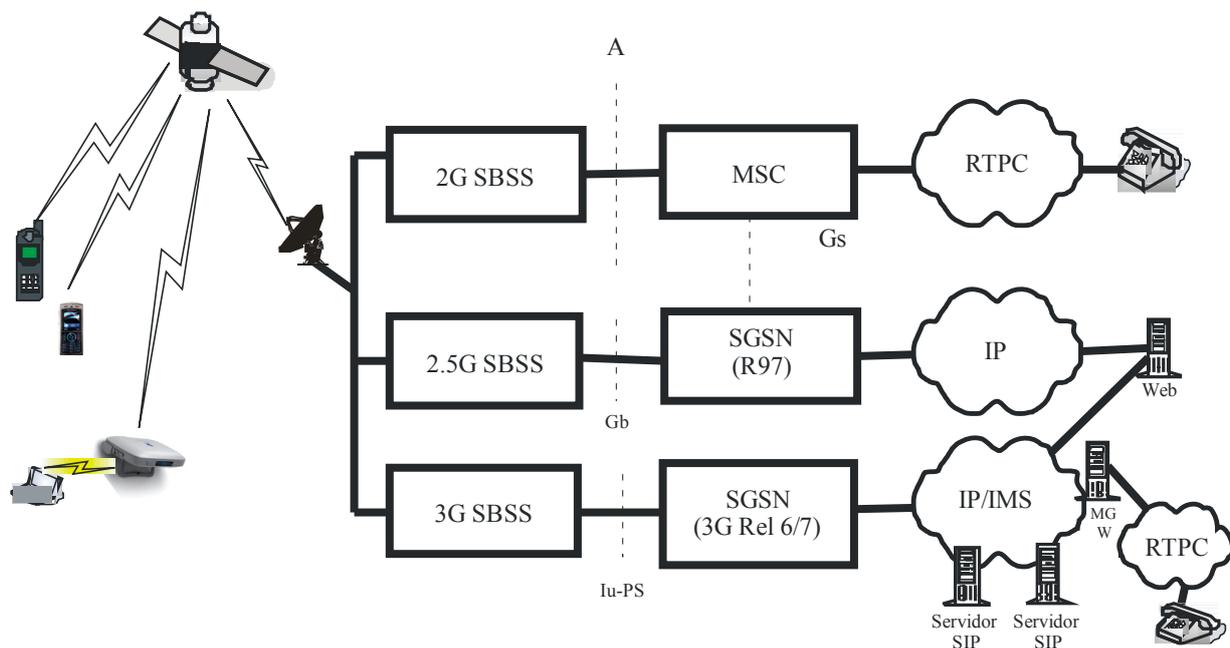
FIGURA 116



En la Fig. 117 se ilustran las arquitecturas de extremo a extremo que permite la utilización de la interfaz radioeléctrica GMR-1 3G con diferentes interfaces de red central. Cada operador seleccionará la opción arquitectónica que desee (A, Gb, Iu-PS) o una combinación de la misma.

En esta descripción, el término «GMR-1» se refiere a los atributos de la interfaz radioeléctrica y del sistema que utilizan la interfaz A y la interfaz Gb. Cuando un determinado atributo se aplicable únicamente a la interfaz A o a la Gb, se indicará respectivamente como GMR-1 (modo A) o GMR-1 (modo Gb). El término GMR-1 3G se refiere a los atributos de la interfaz radioeléctrica y de sistema que utilizan la interfaz Iu-PS, que se indicará mediante GMR-1 3G (modo Iu). Si no se especifica una interfaz en particular el atributo se considerará común a todas las interfaces.

FIGURA 117



1850-117

La GMR-1 3G funciona en modo DDF con anchuras de banda de canal de RF entre 31,25 kHz y 312,5 kHz, y ofrece una granularidad espectral más fina gracias a la compartición de espectro entre sistemas diferentes.

La GMR-1 3G proporciona una amplia gama de servicios de portador de velocidades comprendidas entre 1,2 y 592 kbit/s. Permite ofrecer servicios de telecomunicaciones de alta calidad, en particular servicios de datos y telefonía con calidad vocal en un entorno de satélite con cobertura mundial.

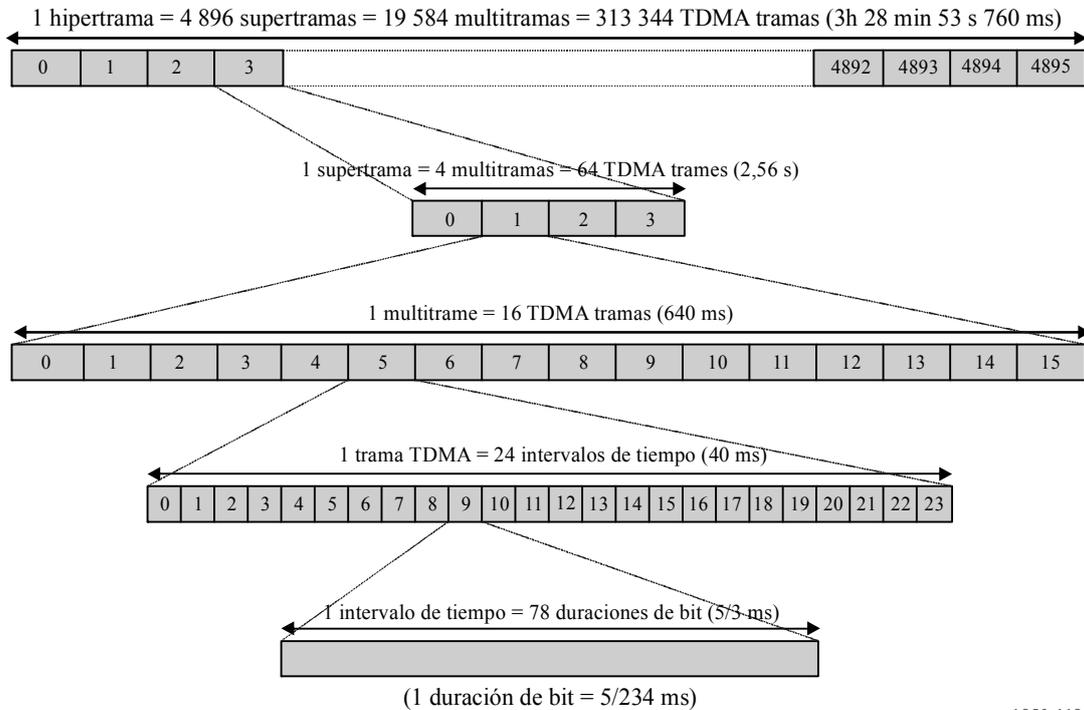
4.3.8.1 Estructura temporal

En la Fig. 118 se muestra la estructura de la referencia de tiempo (ETSI TS 101 376-5-7). Los intervalos de tiempo dentro de una trama TDMA se enumeran de 0 a 23 y para hacer referencia a uno en particular se recurre al número de intervalo de tiempo (TN). Las tramas TDMA se enumeran mediante el número de trama (FN). Este último es cíclico y oscila entre 0 a $FN_MAX = (16 \times 4 \times 4\ 896) - 1 = 313\ 343$. El número de trama se incrementa al final de cada trama TDMA. El ciclo completo de una trama TDMA, que va de 0 a FN_MAX , se denomina hipertrama. Otras combinaciones de trama son las siguientes:

- Multitrama. Una multitrama consta de 16 tramas TDMA. Las multitramas se alinean de manera que el FN de la primera trama, módulo 16, sea siempre 0.
- Supertramas. Una supertrama consta de cuatro multitramas. Las supertramas se alinean de manera que el FN de la primera trama de una supertrama, módulo 64, sea siempre 0.

- Ciclo de información de sistema. El ciclo de información de sistema tiene la misma duración que una supertrama. Sin embargo, la primera trama de este ciclo está desfasada un número entero de tramas (entre 0 y 15) respecto al comienzo de la supertrama. El desfase real se cambia deliberadamente según el haz puntual para reducir los requisitos de potencia máxima del satélite. En la ETS se recurre al FCCH y al BCCH para sincronizar el ciclo de información de sistema.

FIGURA 118



1850-118

4.3.8.2 Canales

Es necesario que el subsistema radioeléctrico disponga de cierto número de canales lógicos ETSI TS 101 376-5-2 que se pueden clasificar en dos categorías:

- canales de tráfico (TCH);
- canales de control (CCH).

4.3.8.2.1 Canales de tráfico

Los canales de tráfico con conmutación de circuitos o en modo A incluyen los enumerados en el Cuadro 52. Estos canales son bidireccionales.

CUADRO 52

Tipo de canal	Capacidad de información de usuario	Velocidad de transmisión de datos en bruto	Modulación	Códificación del canal
TCH3	Voz codificada	5,85 kbit/s	$\pi/4$ MDP-4-C	Conv.
TCH6	Datos usuario: 4,8 kbit/s Fax: 2,4 ó 4,8 kbit/s	11,70 kbit/s	$\pi/4$ MDP-4-C	Conv.
TCH9	Datos usuario: 9,6 kbit/s Fax: 2,4; 4,8 ó 9,6 kbit/s	17,55 kbit/s	$\pi/4$ MDP-4-C	Conv.

Se definen canales de paquetes que ofrecen velocidades de datos entre 8,8 kbit/s y 587,2 kbit/s.

Un canal de tráfico de datos por paquetes (PDTCH) corresponde al recursos atribuido a una ETM en un canal físico para la transmisión de datos de usuario. Es posible multiplexar dinámicamente diferentes canales lógicos en un mismo PDTCH. El PDTCH utiliza modulación $\pi/2$ MDP-2, $\pi/4$ MDP-4, 16 MDAP o 32 MDAP. Todos los canales de tráfico de datos por paquetes son unidireccionales, ya sea en el enlace ascendente (PDTCH/U), para una transferencia de paquetes de origen móvil o en el descendente (PDTCH/D) para una transferencia de paquetes de terminación móvil.

Los PDTCH se utilizan para transportar tráfico de datos por paquetes en modo Gb o Iu. En el Cuadro 53 se indican los canales aplicables al modo Gb y en el Cuadro 54 los canales aplicables al modo Iu. Cada PDTCH se designa mediante un sufijo (m, n) siendo m la anchura de banda del canal físico en el que se hace corresponder el PDTCH, $m \times 31,25$ kHz, y n el número de intervalos de tiempo atribuidos a dicho canal físico. En los Cuadros 53 y 54 se resumen diferentes tipos de canales de tráfico de datos por paquetes, PDTCH ($m, 3$), ($m = 1, 4, 5$ y 10), cuya duración de ráfaga es de 5 ms, PDTCH ($m, 6$), ($m = 1, 2$), cuya duración de ráfaga es de 10 ms y PDTCH ($m, 12$), ($m = 5$), cuya duración de ráfaga es de 20 ms.

Se utiliza un canal de tráfico dedicado (DTCH) para transmitir tráfico de usuario cuando el canal dedicado (DCH) está atribuido al terminal en el modo dedicado de paquetes. El DTCH es unidireccional. Se utiliza DTCH/U para el enlace ascendente y DTCH/D para el descendente. El DTCH admite voz codificada a 2,45 ó 4,0 kbit/s. En el Cuadro 54 se resumen los diferentes tipos de canales de datos de tráfico de paquetes, DTCH ($m, 3$), ($m = 1, 4, 5$ y 10), cuya duración de ráfaga es de 5 ms, DTCH ($m, 6$), ($m = 1, 2$), cuya duración de ráfaga es de 10 ms, y DTCH($m, 8$), ($m = 1$), cuya duración de ráfaga es de 13,333 ms.

CUADRO 53

Canales	Dirección (U: ascendente, D: descendente)	Velocidad de transmisión de símbolos (ksímbolos/s)	Codificación del canal	Modulación	Anchura de banda de transmisión (kHz)	Velocidad máxima de transmisión de cabida útil (sin CRC) (kbit/s)	Velocidad máxima de transmisión de cabida útil (con CRC) (kbit/s)
PDTCH(4,3)	U/D	93,6	Conv.	$\pi/4$ -MDP-4	125,0	113,6	116,8
PDTCH(5,3)	U/D	117,0	Conv.	$\pi/4$ -MDP-4	156,25	145,6	148,8
PDTCH(1,6)	U/D	23,4	Conv.	$\pi/4$ -MDP-4	31,25	27,2	28,8
PDTCH(2,6)	D/D	46,8	Conv.	$\pi/4$ -MDP-4	62,5	62,4	64,0
PDTCH2(5,12)	D	117,0	LDPC	$\pi/4$ -MDP-4	156,25	199,2	199,6
PDTCH2(5,12)	D	117,0	LDPC	16-MDAP	156,25	354,8	355,2
PDTCH2(5,12)	D	117,0	LDPC	32-MDAP	156,25	443,6	444,0
PDTCH2(5,12)	U	117,0	LDPC	$\pi/4$ -MDP-4	156,25	199,2	199,6
PDTCH2(5,12)	U	117,0	LDPC	16-MDAP	156,25	399,2	399,6
PDTCH2(5,3)	U/D	117,0	LDPC	$\pi/4$ -MDP-4	156,25	169,6	171,2
PDTCH2(5,3)	U/D	117,0	LDPC	16-MDAP	156,25	342,4	344,0
PDTCH2(5,3)	U/D	117,0	LDPC	32-MDAP	156,25	380,8	382,4

CUADRO 54

Canales	Dirección (U: ascendente, D: descendente)	Velocidad de transmisión de símbolos (ksímbolos/s)	Codificación del canal	Modulación	Anchura de banda de transmisión (kHz)	Velocidad máxima de transmisión de cabida útil (sin CRC) (kbit/s)	Velocidad máxima de transmisión de cabida útil (con CRC) (kbit/s)
PDTCH(1,6)	U/D	23,4	Conv.	$\pi/4$ -MDP-4	31,25	27,2	28,8
DTCH(1,3)	U/D	23,4	Conv.	$\pi/4$ -MDP-4	31,25	28,8	32,0
DTCH(1,6)	U/D	23,4	Conv.	$\pi/2$ - MDP-2	31,25	14,4	16,0
DTCH(1,6)	U/D	23,4	Conv.	$\pi/4$ -MDP-4	31,25	8,8	10,4
DTCH(1,8)	U/D	23,4	Conv.	$\pi/2$ -MDP-2	31,25	10,8	12,0
PDTCH3(2,6)	U/D	46,8	Turbo	$\pi/4$ -MDP-4	62,5	62,4	64,0
PDTCH3(5,3)	U/D	117,0	Turbo	$\pi/4$ -MDP-4	156,25	156,80	160,00
PDTCH3(5,3)	D	117,0	Turbo	16-MDAP	156,25	252,80	256,0
PDTCH3(5,12)	U/D	117,0	Turbo	$\pi/4$ -MDP-4	156,25	185,2	186,0
PDTCH3(5,12)	D	117,0	Turbo	16-MDAP	156,25	295,2	296,0
PDTCH3(10,3)	D	234,0	Turbo	$\pi/4$ -MDP-4	312,50	344,0	347,20
PDTCH3(10,3)	D	234,0	Turbo	16-MDAP	312,50	587,20	590,40

PUI y PRI

El bloque MAC/RLC consta de PUI (información de usuario pública) y PRI (información de usuario privada) como se muestra en la Fig. 119 (ETSI TS 101 376-4-12).

FIGURA 119



1850-119

La cabida útil es la información privada (PRI) que suministra la capa de enlace a la capa física. La PRI incluye el encabezamiento MAC y otras encabezamientos de capas superiores. La velocidad máxima de transmisión (sin CRC) se define como la velocidad máxima de datos PRI alcanzable en régimen de transmisión continua, es decir utilizando 24 intervalos de tiempo en una trama. Las velocidades máximas anteriores se alcanzan con una codificación de velocidad 3/4 para PDTCH(4,3) y PDTCH(5,3) y con una velocidad 4/5 para PDTCH(1,6) y PDTCH(2,6). Las velocidades máximas del PDTCH2(5,12) con codificación LDPC y PDTCH2(5,3) con codificación LDPC se alcanzan para diferentes tipos de modulación con las combinaciones de velocidades de codificación siguientes:

- Enlace descendente: 32 MDAP velocidad 4/5, 16 MDAP velocidad 4/5, π/4 MDP-4 velocidad 9/10.
- Enlace ascendente: 16 MDAP velocidad 9/10, π/4 MDP-4 velocidad 9/10.

Las velocidades máximas del PDTCH3(5,12) y del PDTCH3(5,3) con codificación turbo se alcanza para diferentes tipos de modulación con las combinaciones de velocidades de codificación siguientes:

- Enlace descendente: 16 MDAP velocidad 2/3, π/4 MDP-4 velocidad 5/6.
- Enlace ascendente: π/4 MDP-4 velocidad 5/6.

Las velocidades máximas del PDTCH3(10,3) con codificación turbo se alcanza para diferentes tipos de modulación con las combinaciones de velocidades de codificación siguientes:

- Enlace descendente: 16 MDAP velocidad 2/3, π/4 MDP-4 velocidad 5/6.

4.3.8.2.2 Canales de control

Los canales de control (ETSI TS 101 376-5-2) están concebidos para transmitir datos de señalización o sincronización. Se definen tres categorías de canales de control: radiodifusión, común y dedicado. Dentro de estas categorías se definen canales específicos. Al igual que en los canales de tráfico, algunos canales de control se aplican a los modos A, Gb e lu y algunos son específicas de un subconjunto de modos. Cuando no se indica el modo, el canal de control se aplica a ambos. Se definen dos conjuntos de canales de control. Dependiendo de la p.i.r.e. del satélite, un conjunto puede ser preferible al otro. Todos los canales de control de radiodifusión y comunes se transmiten en una portadora de 31,25 kHz.

Los canales de control de radiodifusión son

FCCH o FCCH3

El FCCH o FCCH3 transporta información para la corrección de frecuencias de la estación terrena móvil (ETM). Esta corrección de frecuencia sólo es necesaria para el funcionamiento del subsistema radioeléctrico. El FCCH también se utiliza para la sincronización del ciclo de información de sistema de la ETM. El FCCH sólo tiene enlace descendente.

La ráfaga FCCH es una señal chirp real que abarca tres intervalos. La envolvente compleja de la ráfaga transmitida se define del modo siguiente (ETSI TS 101 376-5-4):

$$x(t) = p(t) \left[e^{j\varphi_0} \sqrt{2} \cos(0,64\pi(t - 58,5T)^2) \right]$$

siendo φ₀ la fase aleatoria y p(t) la función rampa definida en la especificación publicada. Esa señal define la gama de barrido de la señal chirp como (-7,488 kHz, 7,488 kHz).

La ráfaga FCCH3 es una señal chirp real que abarca doce intervalos. La envolvente compleja de la ráfaga transmitida se define del modo siguiente:

$$x(t) = p(t) \left[e^{j\varphi_0} \sqrt{2} \cos(0,32\pi(t - 234T)^2) \right]$$

siendo φ_0 la fase aleatoria y $p(t)$ la función rampa definida en la especificación publicada. Esa señal define la gama de barrido de la señal chirp como (-3,744 kHz a 3,744 kHz).

GBCH o GBCH3

El GBCH o GBCH3 transporta información de tiempo del sistemas mundial de posicionamiento (GPS) e información sobre la efeméride del satélite GPS hacia las ETM. (El PCH que se describe más adelante también puede contener datos de almanaque). El GBCH sólo tiene enlace descendente.

Cada ráfaga del GBCH contiene 108 bits de información y se difunde utilizando la ráfaga DC2 de dos intervalos. La ráfaga DC2 utiliza modulación MDP-4C $\pi/4$, codificada mediante un código convolucional. El GBCH3 contiene la misma información que el GBCH pero formateada para adaptarla a la estructura de ráfaga DC12. La estructura de la ráfaga DC12 utiliza modulación MDP-2 $\pi/2$ y codificación convolucional. Cada ráfaga del GBCH3 contiene 192 bits de información.

BCCH

El BCCH transmite información de sistema hacia la ETM y consta sólo de un enlace descendente. Los parámetros de información de sistema del BCCH se describen en ETSI TS 101 376-4-8. Cada ráfaga del BCCH contiene 192 bits de información. El BCCH se difunde utilizando una estructura de ráfaga BCCH o la estructura de ráfaga DC12. La estructura de ráfaga BCCH tiene una longitud de seis intervalos y utiliza modulación MDP-4C $\pi/4$, codificado mediante un código convolucional.

Canal de control común

El CCCH consta de los siguientes canales de tipo control común.

PCH

El canal de búsqueda (PCH), que consta sólo de enlace descendente, se utiliza para buscar estaciones terrenas móviles. Cada ráfaga PCH contiene 192 bits de información y se retransmite utilizando la ráfaga DC6 de seis intervalos o la ráfaga DC12. La ráfaga DC6 se retransmite utilizando modulación MDP-4C $\pi/4$ CMDP-4 con codificación convolucional.

RACH o RACH3

El canal de acceso aleatorio (RACH), de sólo enlace ascendente, se utiliza para solicitar la atribución de recursos del canal de tráfico.

AGCH

El canal de concesión de acceso (AGCH), de sólo enlace descendente, se utiliza para atribuir recursos de canal de tráfico al terminal. Cada ráfaga del AGCH contiene 192 bits de información y se distribuye utilizando la ráfaga DC6 de seis intervalos o la ráfaga DC12.

BACH

El canal de alerta básico (BACH), de sólo enlace descendente, se utiliza para alertar a las ETM. Cada ráfaga BACH tiene una duración de dos intervalos de tiempo y se transmite con modulación MDP-6.

4.3.8.3 FEC

La GMR-1 3G adopta varios tipos modernos de FEC (ETSI TS 101 376-5-3). En el Cuadro 55 se enumeran los tipos de FEC que admite la GMR-1 3G.

CUADRO 55

Código FEC	Tamaño del bloque FEC (bits de información)	Comentarios
Código convolucional	Entre 20-1 000 bits	Longitud limitada de $K = 5, 6, 7$ y 9 . Código madre de velocidad $1/4, 1/3$ y $1/2$. Varias velocidades mediante perforación. Aplicación de tail biting para obtener bloques de FEC pequeños
Código Turbo	Entre 200-6 000 bits	Basado en el Código Turbo 3GPP/3GPP2. Varios velocidades mediante perforación
Código Reed Solomon	Bloques de 9 símbolos de información de 4 bits	Reed-Solomon (15,9) sistemático
Código Golay ampliado	12 bits	Código Golay ampliado (12,24)
Código LDPC (Verificación de paridad de baja densidad)	Entre 500-9 000 bits	Basado en DVB-S2 LDPC. Optimizado además para bloques FEC de pequeño tamaño
Código CRC (Verificación por redundancia cíclica)	Entre 20-9 000 bits	CRC de 3, 5, 8, 12 y 16 bits para la detección de errores

Los bits codificados FEC se vuelven a perforar, entrelazar y aleatorizar antes de la modulación. Para mayor información, véase ETSI TS 101 376-5-3.

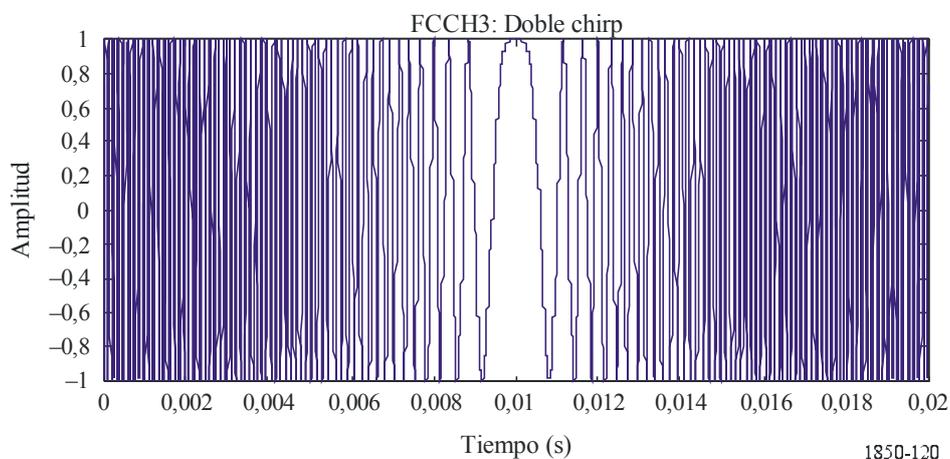
4.3.8.4 Modulación

La GMR-1 3G adopta las modulaciones de potencia y eficiencia espectral especificadas en ETSI TS 101 376-5-4. Los tipos de modulación especificados son:

- Doble chirp.
- $\pi/2$ -MDP-2, $\pi/4$ -MDP-4, 16 MDAP y 32 MDAP.

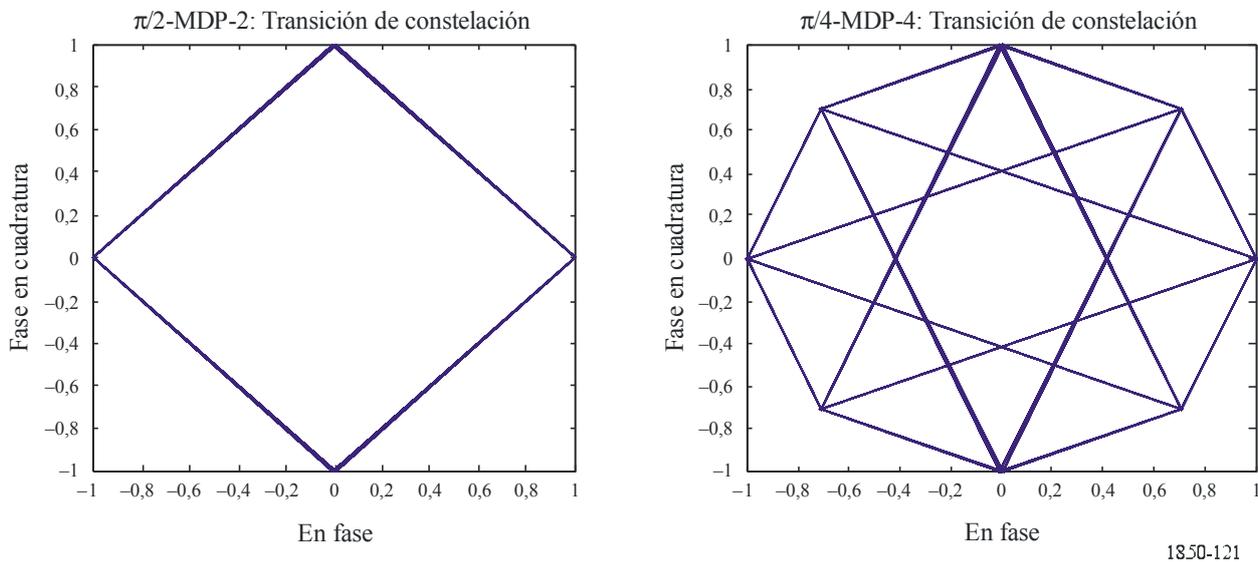
La señal doble chirp es una señal modulada a frecuencia envolvente constante que se utiliza para la adquisición de frecuencia y temporización inicial del terminal de usuario del canal de corrección de frecuencia (FCCH). En la Fig. 120 se muestra la forma de onda de la señal doble chirp.

FIGURA 120



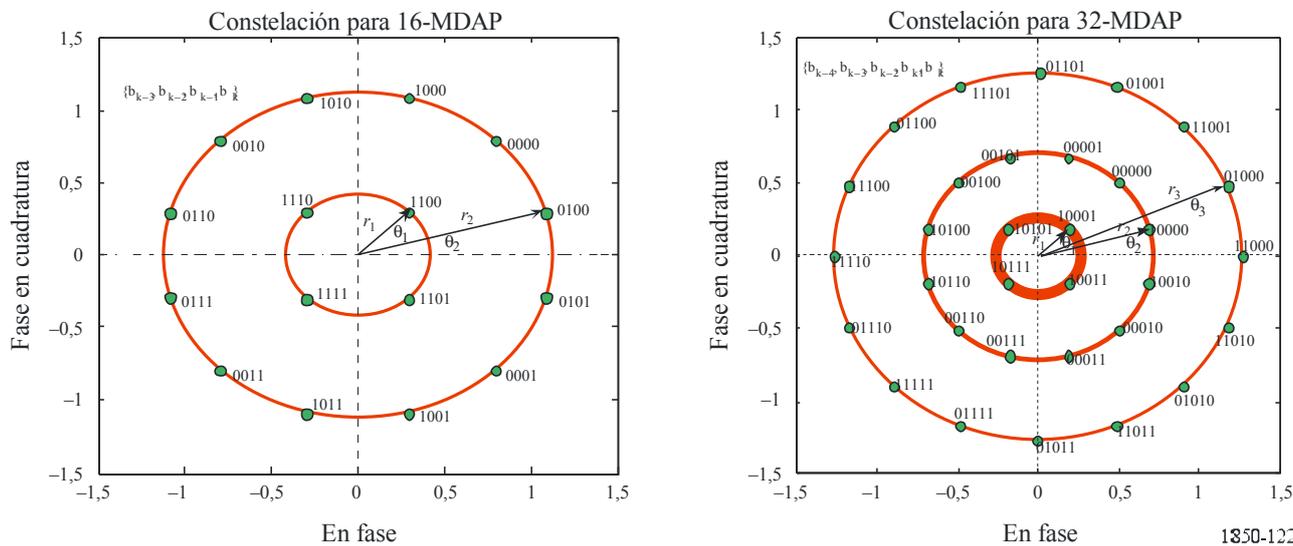
Los canales de control utilizan $\pi/2$ -MDP-2 o $\pi/4$ -MDP-4, y los canales de tráfico utilizan $\pi/2$ -MDP-2, $\pi/4$ -MDP-4, 16 MDAP o 32 MDAP dependiendo de la velocidad de datos. En la Fig. 121 se muestra la constelación de señales para la modulación $\pi/2$ -MDP-2 y $\pi/4$ -MDP-4 y en la Fig. 122 para 16 MDAP y 32 MDAP.

FIGURA 121



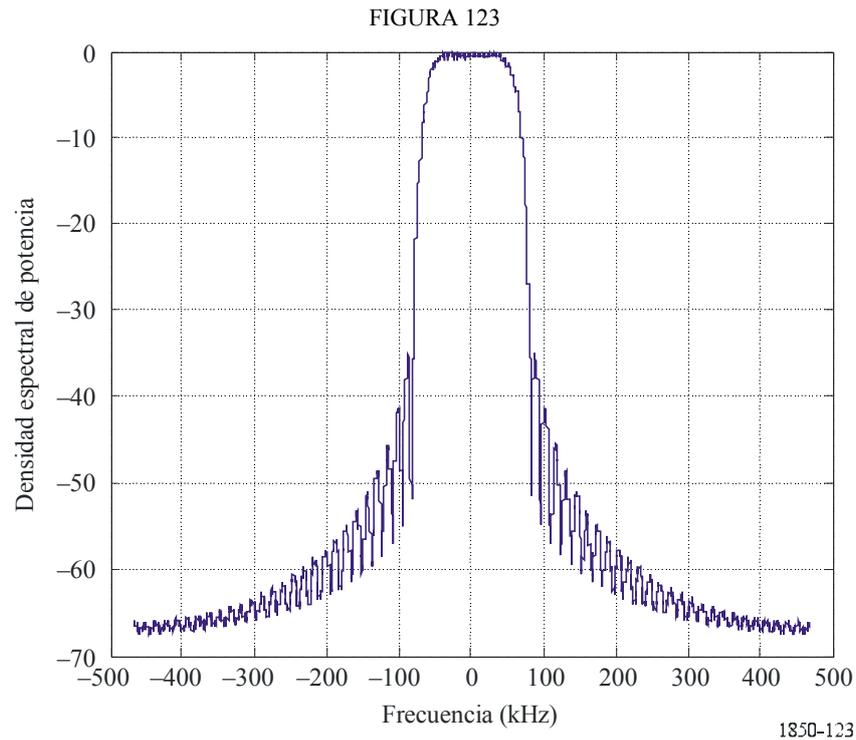
1850-121

FIGURA 122



1850-122

A la señal modulada se le aplica un filtro de raíz de coseno alzado (SQRC) con un factor de corte de 0,35. La Fig. 123 muestra a título de ejemplo la densidad espectral de potencia (PSD) de PNB3(5,3) con modulación $\pi/4$ -MDP-4.



En el Cuadro 56 se indica la relación entre la potencia máxima y la media (PAPR) para diferentes tipos de modulación. Los tipos de modulación adoptados por GMR-1 3G, tales como $\pi/2$ -MDP-2, $\pi/4$ -MDP-4, o 16-MDAP, tiene una PAPR muy inferior a los MDP-2, MDP-4 y 16-QAM convencionales.

CUADRO 56

Modulación	$\pi/2$ -MDP-2	MDP-2	MDP-4	$\pi/4$ -MDP-4	16-QAM	16-MDAP	32- MDAP
PAPR (dB)	1,84	3,86	3,86	3,17	6,17	4,72	5,91

4.3.8.5 Control de potencia y adaptación del enlace

El GMR-1 3G admite el control de potencia y la adaptación del enlace, conforme a lo especificado en la ETSI TS 101 376-5-6, lo que permite al sistema gestionar los recursos radioeléctricos de manera óptima en función de la calidad del canal del usuario.

El objetivo de la adaptación de modulación-velocidad de código es:

- ajustar la velocidad de transmisión con arreglo a las características únicas del canal de cada usuario, manteniendo una transmisión fiable.

Los objetivos de control de potencia para el enlace de retorno móvil son:

- reducir la interferencia cocanal en el receptor del satélite, para lo cual se garantiza que el satélite reciba todas las señales procedentes distintos terminales de usuario aproximadamente con el mismo nivel;
- minimizar el consumo de energía del terminal de usuario, utilizando para ello la mínima p.i.r.e. necesaria para cerrar el enlace en unas condiciones de canal dadas.

Adaptación del enlace

Los servicios de datos por paquetes utilizan procedimientos de control de tipo de modulación y de velocidad de codificación tanto en el enlace directo como en el de retorno (ETSI TS 101 376-5-6).

La red selecciona la velocidad de codificación y el tipo de modulación para el sentido directo y de retorno en función de la información relativa a la calidad de la señal y el nivel de potencia disponible en la red o comunicada por los terminales.

El terminal lee el encabezamiento de la capa física (PUI) para determinar la velocidad de codificación y la modulación seleccionada por la red de cada ráfaga en el sentido directo.

Control de potencia

El canal dedicado utiliza el control de potencia tanto en el enlace directo como en el de retorno (ETSI TS 101 376-5-6). En el servicio de datos por paquetes, el control de potencia se utiliza en el sentido de retorno. La potencia de transmisión en el terminal de usuario se regula para obtener una calidad de la señal como la esperada en el extremo de la red, pero no excesiva. La potencia a la que transmite el terminal puede modificarse en una gama de 24 dB por debajo de la potencia máxima con una resolución 0.4 dB.

Se admite el control de potencia en bucle abierto y cerrado.

En el caso del control de potencia en bucle cerrado, la potencia de transmisión del terminal de usuario se controla mediante las mediciones de la calidad de la señal recibida en la red. Debido al tiempo de ida y vuelta del bucle cerrado, la velocidad de reacción a las variaciones en el canal es lenta. El control en bucle cerrado tiene por objeto reducir el apantallamiento. La red selecciona el control de potencia del terminal en función de la calidad de la señal medida en la capa física de la red de las ráfagas transmitidas por el terminal de usuario.

En el control de potencia en bucle abierto, las mediciones de la calidad de la señal recibida en el terminal de usuario se procesan y se utilizan para ajustar rápidamente la potencia de transmisión del terminal de usuario cuando la calidad de la señal se deteriora de manera repentina. Se parte del supuesto de que existe cierto grado de correlación estadística entre el apantallamiento de recepción y de transmisión. El terminal de usuario recurre a este método para acelerar el tiempo de reacción del control de potencia en caso de apantallamiento repentino.

4.3.8.6 Estructura del canal de control

El satélite móvil puede recurrir para la sincronización a ráfagas FCCH de tres intervalos o a FCCH3 de doce intervalos (ETSI TS 101 376-5-2). La selección dependerá de la p.i.r.e. disponible para el satélite. En el Cuadro 57 se indican los tipos de ráfagas utilizados para los canales de radiodifusión y control común cuando se emplea FCCH y en el Cuadro 58 se muestran los tipos de ráfagas cuando se utiliza FCCH3.

La ETM efectuará un barrido para FCCH o FCCH3 y podrá recibir otros canales de control, en función de la versión del canal de corrección de frecuencias que reciba.

CUADRO 57

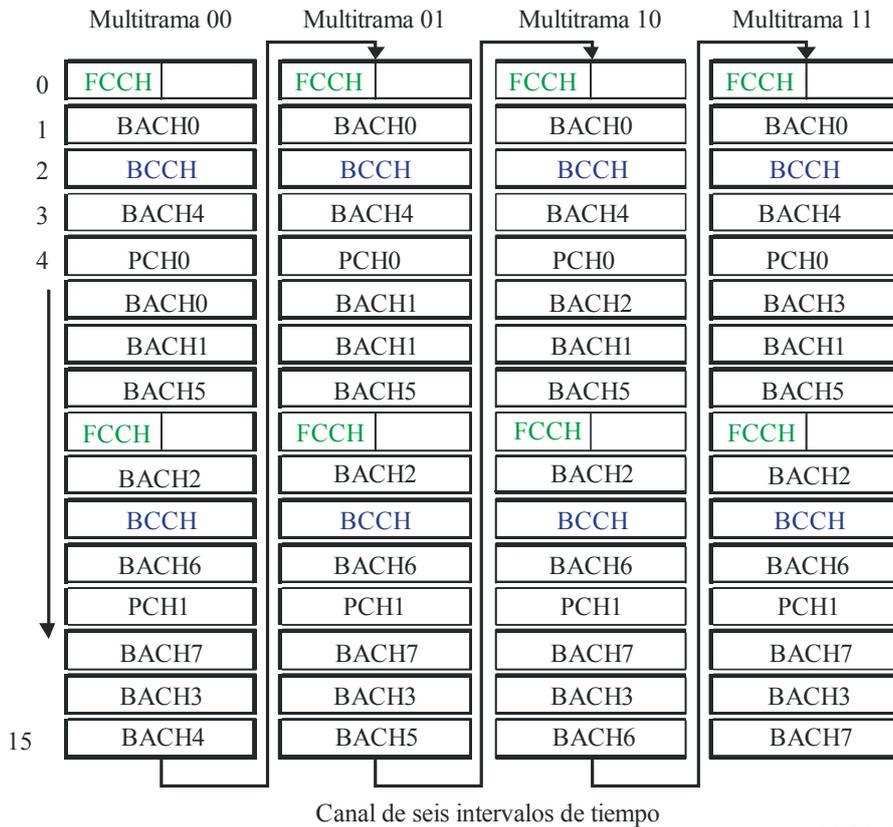
Canal de control	Tipo de ráfaga
FCCH	FCCH
BCCH	BCCH
GBCH	DC2
PCH	DC6
AGCH	DC6
BACH	BACH

CUADRO 58

Canal de control	Tipo de ráfaga
FCCH3	FCCH3
BCCH	DC12
GBCH3	DC12
PCH	DC12
AGCH	DC12
BACH	BACH

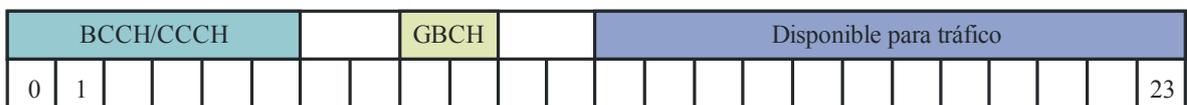
En la Fig. 124 se muestra la organización de la radiodifusión del canal de control en el canal BCCH/CCCH de 31,25 kHz cuando se utiliza FCCH. Obsérvese que el FCCH consiste en una ráfaga de tres intervalos y que el BCCH y el PCH son ráfagas de seis intervalos. En la Fig. 125 se muestra la trama de 24 intervalos. Cabe señalar que el GBCH se transmite dos intervalos después del BCCH/CCCH dentro de cada trama. Los intervalos de tiempo no utilizados, del 12 al 23, dentro de la misma trama pueden emplearse para transmitir tráfico.

FIGURA 124



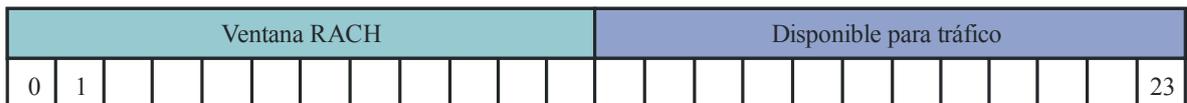
1850-124

FIGURA 125



Intervalos de tiempo

Trama de enlace de retorno cuando se utiliza FCCH



1850-125

La Fig. 126 muestra el orden y la estructura de la transmisión del canal de control cuando se utiliza FCCH3. Como puede verse en la Fig. 127, los primeros doce intervalos de tiempo de la trama de veinticuatro se utilizan para transmitir canales de control y los doce restantes quedan disponibles para tráfico.

FIGURA 126

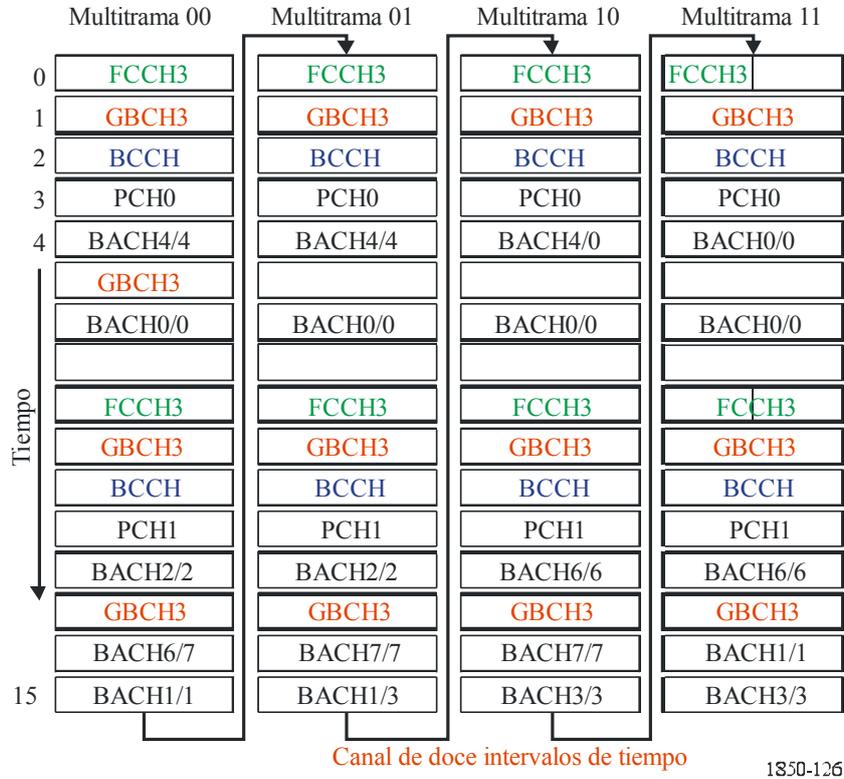
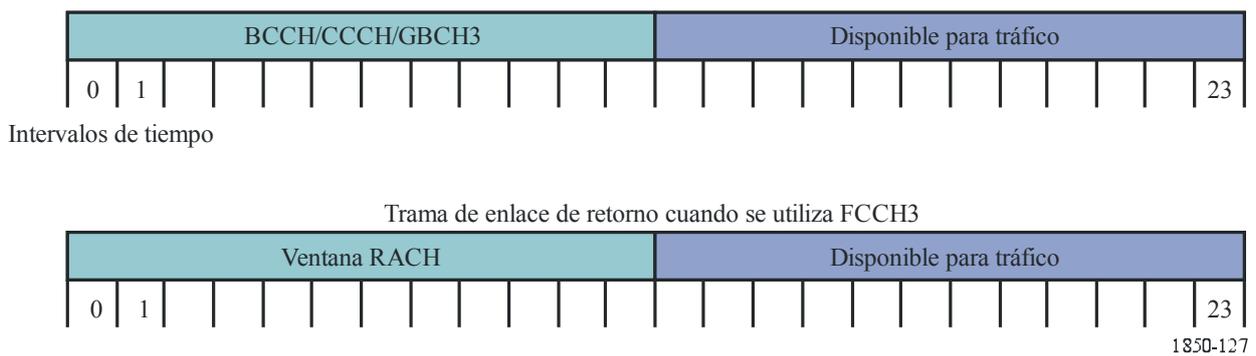


FIGURA 127



4.3.8.7 Diseño de la capa MAC/RLC

El diseño de la capa MAC (ETSI TS 101 376-4-12) para la interfaz radioeléctrica SRI-I se basa en la capa MAC GPRS/EDGE (véase también 3GPP 44.160), con optimizaciones específicas de satélite para tener en cuenta los efectos de los grandes retrasos. Estas optimizaciones se han concebido para mejorar la velocidad reduciendo al mínimo del intercambio de información entre protocolos y aprovechando al máximo la anchura de banda que ofrece la capa física. Los sistemas móviles de satélite basados en estas mejoras de la capa MAC se han desplegado con éxito en el terreno.

La MAC proporciona las siguientes funciones:

- Configuración de la correspondencia entre los canales lógicos y los canales básicos.
- Selección de canales lógicos para la portadora radioeléctrica de señalización.
- Selección de canales lógicos para la portadora radioeléctrica del usuario.
- Asignación, reconfiguración y liberación de recursos compartidos para una TBF.
- Notificación de mediciones del terminal de usuario y control de notificación.
- Transmisión/recepción de BCCH y CCCH.
- Cifrado y descifrado para el modo transparente en modo Iu.
- Identificación de diferentes flujos de tráfico de uno o varias ETM en un canal compartido.
- Multiplexación/demultiplexación de PDU de capas superiores.
- Multiplexación/demultiplexación de múltiples TBF en el mismo PDTCH.
- Programación de PDU de datos y control RLC/MAC que se transmiten al canal físico en un canal compartido.
- División/reconstrucción de las PDU RLC/MAC en/desde canales lógicos compartidos.

RLC funciona en modo acuse de recibo (AM) o en modo sin acuse de recibo (UM). Dispone de las siguientes funciones:

- Segmentación de las PDU de capas superiores en bloques de datos RLC.
- Concatenación de las PDU de capas superiores en bloques de datos RLC.
- Relleno de bloques de datos RLC.
- Reensamblaje de bloques de datos RLC en PDU de capas superiores.
- Transmisión en secuencia de PDU de capas superiores.
- Adaptación del enlace.
- Cifrado y descifrado en modo Iu.
- Verificación de número de secuencia para detectar bloques RLC perdidos.

En modo Iu, el RLC también puede funcionar en modo transparente para transmitir VoIP con eficiencia espectral.

Además de lo anterior, en modo ACK el RLC proporciona las siguientes funciones:

- Corrección de errores en transmisión (BEC) que permite la retransmisión selectiva de bloques de datos RLC.
- Descarte de SDU de RLC no segmentadas en PDU RLC, en función de las necesidades en cuanto a retardo de las correspondientes portadoras radioeléctricas.

4.3.8.8 Diseño de la capa RRC

El diseño de la capa de control de recursos radioeléctricos (RRC) para SRI-I se basa en las especificaciones del modo Iu GERAN de la ETSI (3GPP 44.018 y 3GPP 44.118) con optimizaciones específicas para tener en cuenta entornos de grandes retrasos y lograr una mayor eficiencia espectral.

El modelo de estados RRC se basa en los estados RRC definidos en 3GPP TS 44.018 y se ilustra en la Fig. 128.

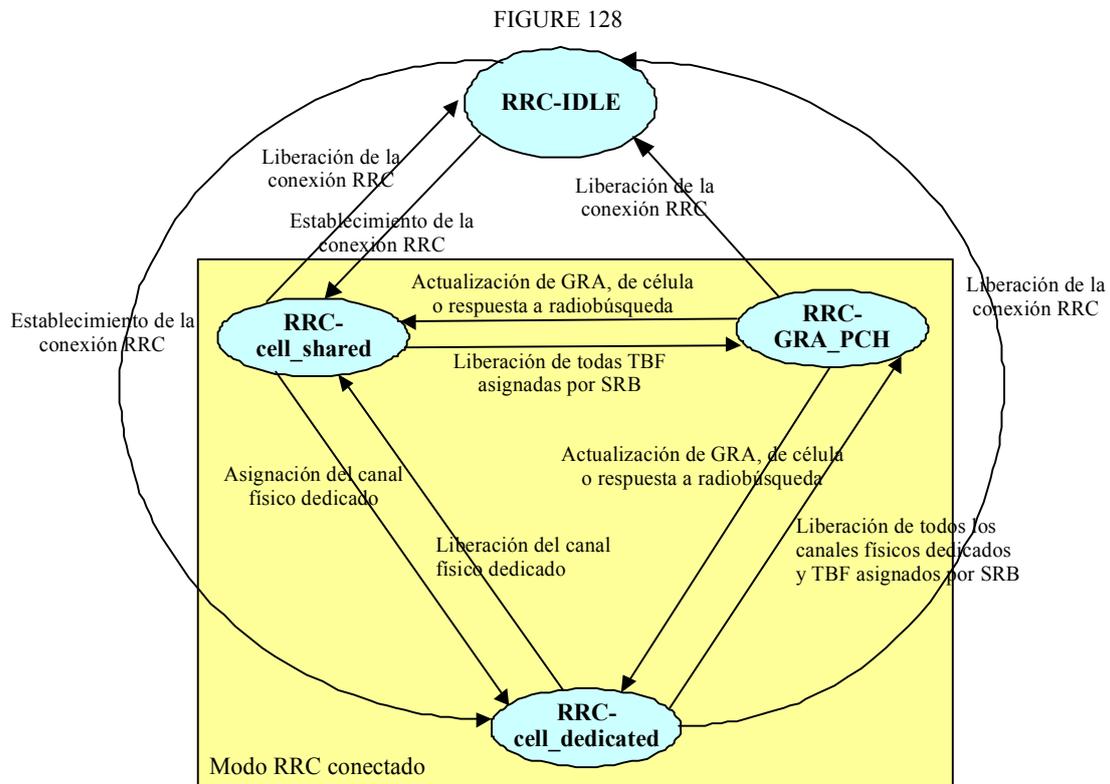
Las funciones del RRC son las siguientes:

- Asignación, reconfiguración y liberación de recursos radioeléctricos para la conexión RRC.
- Establecimiento, reconfiguración y liberación de portadoras radioeléctricas.
- Liberación de conexiones de señalización.
- Radiobúsqueda.
- Encaminamiento de PDU de capas superiores.

- Control de la QoS solicitada.
- Control de cifrado y protección de la integridad.
- Protección de la integridad.
- Servicios de localización.
- Control de avance temporal.

Las mejoras específicas de satélite introducidas en la capa RRC son:

- Mejora del procedimiento de actualización de células para reducir el número de idas y vueltas.
- Establecimiento rápido de la conexión RRC utilizando RACH.
- Actualización rápida GRA utilizando RACH/PRACH.
- Rechazo/liberación rápidos de la conexión RRC utilizando AGCH.



1850-128

4.3.8.9 Diseño de la capa PDCP

El diseño de la capa del protocolo de convergencia de datos por paquetes (PDCP) se basa en la especificación 3GPP TS 25.323 con mejoras específicas para satélites. En la Fig. 129 se muestra la estructura del PDCP.

El PDCP realiza las siguientes funciones:

- Compresión y descompresión de encabezamientos de trenes de datos IP (por ejemplo encabezamientos TCP/IP y RTP/UDP/IP para IPv4 e IPv6) en la entidad transmisora y receptora, respectivamente.
- Transferencia de datos de usuario. Esta función se utiliza para transmitir datos entre usuarios de servicios PDCP.
- Mantenimiento de números de secuencia PDCP.

El PDCP utiliza los servicios proporcionados por la subcapa de control del enlace radioeléctrico (RLC).

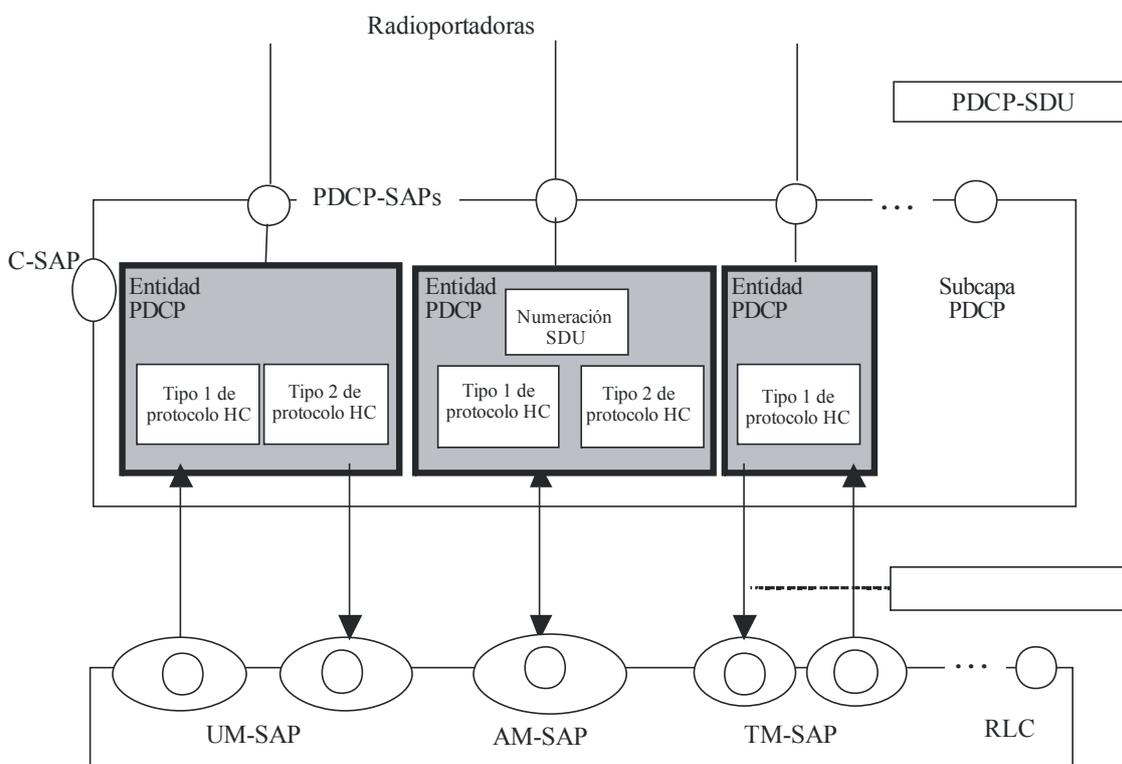
Las optimizaciones específicas de satélite son las siguientes:

- Procedimientos de establecimiento inmediato de contexto.
- Compresión del encabezamiento de cero bytes.
- Gestión eficiente de paquetes RTCP.
- Gestión eficiente de encabezamientos IPv6 RTP/UDP/IP.
- Interacción con intermediarios de mejora del funcionamiento del TCP.

Las funciones de la capa PDCP aportan los siguientes beneficios:

- Mayor eficiencia espectral y utilización de menos potencia en el satélite.
- Más capacidad.
- Mayor duración de la batería del terminal de usuario.
- Mejor tiempo de respuesta interactiva.
- Menor tasa de pérdida de paquetes.

FIGURA 129



1850-129

4.3.8.10 Tipos de terminales

La GMR-1 3G admite muy diversos tipos de terminales, desde terminales pequeños de bolsillo hasta terminales grandes de alta ganancia o portátiles (ETSI TS 101 376-5-2). Soporta velocidades de voz de 2,45 y 4 kbit/s con compresión de encabezamiento de cero bytes y tráfico de datos IP con diferentes anchura de banda en función del tipo de terminal. Admite las siguientes características del terminal:

- Identificador del tipo de terminal GMR (punto de código de señalización).
- Clase de intervalo múltiple (limitaciones sobre la transmisiones en ráfaga para terminales pequeños).
- Clase de potencia (véase especificación publicada).

- Tipos de canales (FCCH y/o FCCH3, etc.).
- Capacidad de transmisión (dúplex o semidúplex).
- Modo de utilización (móvil, fijo, etc.).
- Tipo de antena (interna o externa, con polarización lineal o circular, etc.).
- Interfaces de red (modo A, Gb o Iu).
- Banda de funcionamiento (2 GHz, 1,5/1,6 GHz).

4.3.8.11 Conclusión

La GMR-1 3G es una ampliación de la norma ETSI (ETSI TS 101 376) y TIA (S-J-STD-782) sobre comunicaciones móviles por satélite, GMR-1, para poder utilizar servicios IMT-2000. GMR-1 se utiliza en los sistemas móviles por satélite que dan cobertura a Europa, África, Asia y Oriente Medio. Actualmente se está instalando la GMR-1 3G en América del Norte.

La GMR-1 3G ofrece servicios IMT-2000 a muy diversos tipos de terminal y soporta velocidades de datos por paquetes de 2,45 a 592 kbit/s.

GMR-1 3G admite la transmisión de voz con eficiencia espectral y compresión de encabezamiento de cero bytes y.

GMR-1 está disponible como especificación de interfaz radioeléctrica publicada por la ETSI (ETSI TS 101 376), la TIA (S-J-STD-782) y la GMR-1 3G pasará al mundo de las normas para su examen y consideración.

5 Recomendaciones sobre límites de emisiones no deseadas desde terminales de sistemas de satélites IMT-2000

Las emisiones no deseadas procedentes de terminales de sistemas de satélite IMT-2000 deben cumplir los límites establecidos en las correspondientes Recomendaciones del UIT-R (por ejemplo, los terminales de los sistemas de satélites OSG y no GSO que funcionan en ciertas bandas en la gama 1-3 GHz, deben cumplir los niveles especificados en las Recomendaciones UIT-R M.1343 y UIT-R M.1480, respectivamente).

Anexo 1

Siglas y acrónimos

3GPP	Proyecto de asociación de 3ª generación (<i>3rd generation partnership project</i>)
AI	Indicador de adquisición (<i>acquisition indicator</i>)
AICH	Canal indicador de adquisición (<i>acquisition indicator channel</i>)
ALT	transferencia del radioenlace automática (<i>automatic radio link transfer</i>)
AP	Preámbulo de acceso (<i>access preamble</i>)
ARQ	Petición automática de repetición (<i>automatic repeat request</i>)
AS	Intervalo de acceso (<i>access slot</i>)
AVP	Par atributo-valor (<i>attribute value pair</i>)
BCCH	Canal de control de radiodifusión (<i>broadcast control channel</i>)
BCH	Canal de radiodifusión (<i>broadcast channel</i>)
BEC	Corrección de errores en transmisión (<i>backward error correction</i>)
BER	Tasa de errores en los bits (<i>bit error ratio</i>)
BS	Estación de base (<i>base station</i>)
BSDT	Transmisión con diversidad de selección de haz (<i>beam selection diversity transmission technique</i>)
CCCH	Canal de control común (<i>common control channel</i>)
CCPCH	Canal físico de control común (<i>common control physical channel</i>)
CDMA	Acceso múltiple por división de código (<i>code division multiple access</i>)
CDP	Preámbulo de detección de colisiones (<i>collision detection preamble</i>)
CLoS	Visibilidad directa despejada (<i>clear line of sight</i>)
CN	Red central (<i>core network</i>)
CPCH	Canal de paquetes común (<i>common packet channel</i>)
CPICH	Canal piloto común (<i>common pilot channel</i>)
CSICH	Canal indicador del estado del CPCH (<i>CPCH status indicator channel</i>)
CTCH	Canal de tráfico común (<i>common traffic channel</i>)
DCCH	Canal de control dedicado (<i>dedicated control channel</i>)
DDF	Dúplex por división de frecuencia (<i>FDD, frequency division duplex</i>)
DPCCH	Canal físico de control dedicado (<i>dedicated physical control channel</i>)
DPDCH	Canal físico de datos dedicado (<i>dedicated physical data channel</i>)
DRA	Antenas de radiación directa (<i>direct radiating array</i>)
DS-CDMA	CDMA de espectro ensanchado (<i>direct spread CDMA</i>)
DSCH	Canal compartido del enlace descendente (<i>downlink shared channel</i>)
DTCH	Canal de tráfico dedicado (<i>dedicated traffic channel</i>)
DTMF	Multifrecuencia bitono (<i>dual-tone multiple frequency</i>)
ETM	Estación terrena móvil (<i>mobile earth station</i>)
EU	Equipo de usuario (UE, <i>user equipment</i>)

FACH	Canal de acceso directo (<i>forward access channel</i>)
FBI	Información de retroalimentación (<i>feedback information</i>)
FCCH	Canal de corrección de frecuencia (<i>frequency correction channel</i>)
FCH	Encabezamiento de control de la trama (<i>frame control header</i>)
FDMA	Acceso múltiple por división de frecuencia (<i>frequency division multiple access</i>)
FEC	Corrección de errores en recepción (<i>forward error correction</i>)
FER	Tasa de errores en las tramas (<i>frame error ratio</i>)
FFT	Transformada rápida de Fourier (<i>fast Fourier transform</i>)
FSW	Palabra de sincronización de tramas (<i>frame synchronization word</i>)
FTP	Protocolo de transferencia de ficheros (<i>file transfer protocol</i>)
GBCH	Canal de radiodifusión GPS (<i>GPS broadcast channel</i>)
GCC	Centro de control en suelo (<i>ground control centre</i>)
GERAN	Red de acceso radioeléctrico GSM EDGE (<i>GSM EDGE radio access network</i>)
GMR-1	Radiocomunicaciones móviles geoestacionarias (<i>geo-mobile radio-1</i>)
GPS	Sistema mundial de determinación de la posición (<i>global positioning system</i>)
HDLC	Control del enlace de datos de alto nivel (<i>high-level data link control</i>)
HP-CCPCH	Canal físico de control común con alta penetración (<i>high penetrating common control physical channel</i>)
IMR	Repetidor de módulo intermedio (<i>intermediate module repeater</i>)
IMS	Subsistema multimedia IP (<i>IP multimedia subsystems</i>)
IP	Protocolo Internet (<i>Internet protocol</i>)
IWF	funciones de interfuncionamiento (<i>interworking functions</i>)
LDPC	Código de verificación de paridad de baja densidad (<i>low density parity check code</i>)
LES	Estación terrena terrestre (<i>land earth stations</i>)
MAC	Control de acceso al medio (<i>medium access control</i>)
MBMS	Servicio de radiodifusión/multidifusión de multimedia (<i>multimedia broadcast/multicast service</i>)
MC	Multiportadora (<i>multi-carrier</i>)
MCCH	Canal de control MBMS (<i>MBMS control channel</i>)
MDP-2	Modulación por desplazamiento de fase bivalente (<i>BPSK, binary phase shift keying</i>)
MDP-4	Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (<i>QPSK, quadrature phase shift keying</i>)
MDP-4 OC	MDP-4 ortogonal compleja (<i>OCQPSK, orthogonal complex QPSK</i>)
MF	Multitrama (<i>multiframe</i>)
MOE	Minima energía de salida (<i>minimum output energy</i>)
MRC	Combinación de relación máxima (<i>maximum ratio combining</i>)
MTCH	Canal de tráfico MBMS (<i>MBMS traffic channel</i>)
MTs	Terminales móviles (<i>mobile terminals</i>)
NCCH	Canal de control de notificaciones (<i>notifications control channel</i>)

OVSF	Factor de dispersión ortogonal variable (<i>orthogonal variable spreading factor</i>)
PBX	Centralita privada (<i>private branch exchange</i>)
PCCC	Código convolucional concatenado en paralelo (<i>parallel concatenated convolution code</i>)
PCH	Canal de radiobúsqueda (<i>paging channel</i>)
PC-P	Preámbulo de control de potencia (<i>power control preamble</i>)
PCPCH	Canal físico de paquetes comunes (<i>physical common packet channel</i>)
P-CPICH	Canal piloto común primario (<i>primary common pilot channel</i>)
PDCP	Protocolo de convergencia de datos por paquetes (<i>packet data convergence protocol</i>)
PDSCH	Canal físico de control compartido del enlace descendente (<i>physical downlink shared control channel</i>)
PDSCH	Canal físico compartido del enlace descendente (<i>physical downlink shared channel</i>)
PDTCH	Canal de tráfico de datos por paquetes (<i>packet data traffic channel</i>)
PDU	Unidad de datos del protocolo (<i>protocol data unit</i>)
PFM	Modulación de frecuencia precompensada (<i>pre-compensated frequency modulation</i>)
P-CCPCH	Canal físico de control común primario (<i>primary common control physical channel</i>)
PI-CCPCH	Canal físico de control común piloto (<i>pilot common control physical channel</i>)
PRACH	Canal físico de acceso aleatorio (<i>physical random access channel</i>)
PRI	Información privada sobre el usuario (<i>private user information</i>)
PSC	Código de sincronización primario (<i>primary sync code</i>)
PSDN	Red de datos con conmutación de paquetes (<i>packet switched data network</i>)
PSTN	Red telefónica pública conmutada (<i>public switched telephone network</i>)
PUI	Información pública sobre el usuario (<i>public user information</i>)
QoS	Calidad de servicio (<i>quality of service</i>)
RACH	Canal de acceso aleatorio (<i>random access channel</i>)
RF	Radiofrecuencia (<i>radio frequency</i>)
RLC	Control del radioenlace (<i>radio link control</i>)
RMTP	Red móvil terrestre pública (<i>PLMN, public land mobile network</i>)
RNC	Controlador de red radioeléctrica (<i>radio network controller</i>)
RNS	Subsistema de red radioeléctrica (<i>radio network sub-systems</i>)
RRC	Control de recursos radioeléctricos (<i>radio resource control</i>)
RRM	Gestión de recursos radioeléctricos (<i>radio resource management</i>)
RTCH	Canal de tráfico aleatorio (<i>random traffic channel</i>)
SC	Monoportadora (<i>single-carrier</i>)
SCC	Centro de control del satélite (<i>satellite control centre</i>)
S-CCPCH	Canal físico de control común secundario (<i>secondary common control physical channel</i>)
SCH	Canal de sincronización (<i>synchronization channel</i>)
SCPC	Un solo canal por portadora (<i>single-channel-per-carrier</i>)

S-CPICH	Canal piloto común secundario (<i>secondary common pilot channel</i>)
SDO	Organismo de normalización (<i>standards development organization(s)</i>)
SDU	Unidad de datos del servicio (<i>service data unit</i>)
SF	Factor de dispersión (<i>spreading factor</i>)
SFN	Número de trama del sistema (<i>system frame number</i>)
SI	Indicador de estado (<i>status indicator</i>)
SIM	Módulo de identidad del abonado (<i>subscriber identity module</i>)
SIR	Relación señal a interferencia (<i>signal-to-interference ratio</i>)
SMS	Servicio de mensajes cortos (<i>short message service</i>)
SRAN	Red de acceso radioeléctrico por satélite (<i>satellite radio access network</i>)
SRI-E	Interfaz radioeléctrica de satélite E (<i>satellite radio interface E</i>)
SS	Estación de abonado (<i>subscriber station</i>)
SSC	Código de sincronización secundario (<i>secondary sync code</i>)
SSDT	Transmisión de diversidad de selección de haz (<i>spot selection diversity transmission</i>)
SSTD	Diversidad con transmisión de selección de haz (<i>beam selection transmit diversity</i>)
SW-CDMA	CDMA en banda ancha de satélite (<i>satellite wideband CDMA</i>)
TDD	Dúplex por división en el tiempo (<i>time division duplex</i>)
TDMA	Acceso múltiple por división en el tiempo (<i>time division multiple access</i>)
TFCI	Indicador de combinación de transporte de formato (<i>transport-format combination indicador</i>)
TPC	Control de potencia de transmisión (<i>transmit power control</i>)
TT&C	Telemida, telemando y control (<i>telemetry, telecommand and control</i>)
TTI	Intervalo de tiempo de transmisión (<i>transmission time interval</i>)
UBR	Velocidad de bits no garantizada (<i>unassured bit rate</i>)
URL	Localizador uniforme de recursos (<i>uniform resource locator</i>)
UT	Terminal de usuario (<i>user terminal</i>)
UTRA	Acceso radioeléctrico terrenal universal (<i>universal terrestrial radio access</i>)
W-C/TDMA	Acceso múltiple por división de código/tiempo (híbrido) de banda ancha (<i>wideband (hybrid) code and time-division multiple access</i>)
WCDMA	CDMA de banda ancha (<i>wideband CDMA</i>)
W-O-C/TDM	Acceso CDM/TDM (híbrido) ortogonal de banda ancha (<i>(hybrid) wideband orthogonal CDM/TDM</i>)
W-QS-QO-C/TDMA	CDMA/TDMA (híbrido) cuasi ortogonal y cuasi síncrono de banda ancha (<i>(hybrid) wideband quasi-synchronous quasi-orthogonal CDMA/TDMA</i>)
