

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R M.1850

(01/2010)

**Especificaciones detalladas de las interfaces
radioeléctricas de la componente de satélite
de las telecomunicaciones móviles
internacionales (IMT-2000)**

Serie M

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



Prólogo

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

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

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

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

Series de las Recomendaciones UIT-R

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

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

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

Publicación electrónica
Ginebra, 2010

© UIT 2010

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

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1850

**Especificaciones detalladas de las interfaces radioeléctricas
de la componente de satélite de las telecomunicaciones
móviles internacionales (IMT-2000)***

(2010)

Cometido

En la presente Recomendación se indican las especificaciones de las interfaces radioeléctricas de satélite de las IMT-2000, basadas originalmente en las principales características identificadas en los resultados de las actividades realizadas fuera de la UIT.

Estas interfaces radioeléctricas de satélite disponen de las funciones y los parámetros de diseño de las IMT-2000, con inclusión de la compatibilidad a escala mundial, la itinerancia internacional y el acceso a servicio de datos de alta velocidad.

ÍNDICE

| | <i>Página</i> |
|--|---------------|
| 1 Introducción | 3 |
| 2 Recomendaciones conexas | 3 |
| 3 Consideraciones generales | 4 |
| 3.1 Interfaces radioeléctricas para la componente de satélite de las IMT-2000 | 4 |
| 3.2 Incorporación de material de especificación desarrollado en el exterior | 5 |
| 3.3 Interfaces del componente de satélite | 6 |
| 3.3.1 Interfaces radioeléctricas | 6 |
| 3.3.2 Otras interfaces | 7 |

* Las especificaciones detalladas de las interfaces radioeléctricas de las IMT-2000 que se recomiendan, forman parte de las especificaciones globales básicas que constituyen esta Recomendación por medio de referencias a los URL en el sitio web de la UIT. Cuando alguna organización externa reconocida haya convertido dichas especificaciones globales básicas o partes de las mismas en una norma propia, se incluye en la presente Recomendación un enlace URL a su sitio web donde figura el correspondiente texto externo. Estas referencias a dichos textos externos no les confieren, en su carácter de textos independientes, la categoría de Recomendaciones de la UIT. Toda referencia a un texto externo era exacta en el momento de aprobación de la presente Recomendación. Puesto que dichos textos externos pueden haberse modificado, se aconseja a los usuarios de la presente Recomendación se pongan en contacto con los correspondientes autores para determinar la vigencia de dichas referencias. La presente Recomendación se someterá a revisiones periódicas que se coordinarán con las organizaciones externas reconocidas responsables de los textos externos a los que se hace referencia.

| | <i>Página</i> |
|--|---------------|
| 4 Recomendaciones (componente del satélite) | 8 |
| 4.1 Interfaz a la red central | 8 |
| 4.2 Interfaz del terminal satélite/terrenal | 8 |
| 4.3 Especificaciones de la interfaz radioeléctrica de satélite..... | 9 |
| 4.3.1 Especificaciones de la interfaz radioeléctrica de satélite A..... | 9 |
| 4.3.2 Especificaciones de la interfaz radioeléctrica de satélite B..... | 22 |
| 4.3.3 Especificaciones de la interfaz radioeléctrica de satélite C..... | 41 |
| 4.3.4 Especificaciones de la interfaz radioeléctrica de satélite D (SRI-D, <i>satellite radio interface D</i>)..... | 84 |
| 4.3.5 Especificaciones de la interfaz radioeléctrica de satélite E..... | 98 |
| 4.3.6 Especificaciones de la interfaz radioeléctrica de satélite F..... | 109 |
| 4.3.7 Especificaciones de la interfaz radioeléctrica de satélite G..... | 121 |
| 4.3.8 Especificación de la interfaz radioeléctrica del satélite H..... | 162 |
| 5 Recomendaciones sobre límites de emisiones no deseadas desde terminales de sistemas de satélites IMT-2000 | 182 |
| Anexo 1 – Siglas y acrónimos | 183 |

1 Introducción¹

Las IMT-2000 son sistemas móviles de la tercera generación que proporcionan acceso, por medio de uno o varios radioenlaces, a una amplia gama de servicios de telecomunicaciones a través de las redes de telecomunicación fijas (por ejemplo, la RTPC/RDSI o el Protocolo Internet (IP)) y a otros servicios específicos de los usuarios móviles.

Estos sistemas engloban varios tipos de terminales móviles que enlazan con redes terrenales y/o de satélite, siendo posible diseñar los terminales para usos móviles o fijos.

Las principales características de las IMT-2000 son:

- alto grado de uniformidad de diseño a nivel mundial;
- compatibilidad de los servicios de las IMT-2000 entre sí y con las redes fijas;
- alta calidad;
- pequeños terminales para uso mundial;
- capacidad de itinerancia mundial;
- soporte de aplicaciones multimedios y una amplia gama de servicios y terminales.

Las IMT-2000 han sido definidas en una serie de Recomendaciones interdependientes, de la que forma parte la presente.

La Recomendación ITU-R M.1457 forma parte de la especificación de las interfaces radioeléctricas terrenales de las IMT-2000, definidas en la Recomendación ITU-R M.1225. Se especifican en detalle las interfaces radioeléctricas terrenales de las IMT-2000.

Esta Recomendación constituye la última parte de la especificación de las interfaces radioeléctricas para las IMT-2000, definidas en la Recomendación ITU-R M.1225. Se dan especificaciones detalladas de las interfaces radioeléctricas de satélite de las IMT-2000.

Las actualizaciones y mejoras de las interfaces radioeléctricas de satélites introducidas en la presente Recomendación son el resultado de un proceso de revisión y desarrollo destinado a garantizar la compatibilidad con las metas y objetivos concebidos originalmente para las IMT-2000 y su adaptación a las necesidades del mercado mundial.

Gracias a la adaptación de las tecnologías existentes, a la armonización de las interfaces actuales y a la introducción de nuevos mecanismos, las IMT-2000 siguen siendo una tecnología de vanguardia en las radiocomunicaciones móviles.

2 Recomendaciones conexas

Las Recomendaciones relativas a las IMT-2000 que se consideran importantes para la elaboración de la presente Recomendación son las siguientes:

- | | |
|----------------------------|--|
| Recomendación UIT-R M.687: | Telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000). |
| Recomendación UIT-R M.816: | Marco para los servicios que prestarán las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000). |
| Recomendación UIT-R M.817: | Telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000) – Arquitecturas de red. |
| Recomendación UIT-R M.818: | Funcionamiento por satélite en las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000). |
| Recomendación UIT-R M.819: | Telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000) para los países en desarrollo. |

¹ En el Anexo 1 se enumeran las siglas y acrónimos utilizados en la presente Recomendación.

- Recomendación UIT-R M.1034: Requisitos de las interfaces radioeléctricas para las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000).
- Recomendación UIT-R M.1035: Marco general para el estudio de la funcionalidad de las interfaces radioeléctricas y del subsistema radioeléctrico en las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000).
- Recomendación UIT-R M.1036: Consideraciones sobre el espectro para la implementación de las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000) en las bandas 1 885-2 025 MHz y 2 110-2 200 MHz.
- Recomendación UIT-R M.1167: Marco general sobre la componente de satélite de las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000).
- Recomendación UIT-R M.1224: Vocabulario de términos de las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000).
- Recomendación UIT-R M.1225: Pautas de evaluación de las tecnologías de transmisión radioeléctrica para las IMT-2000.
- Recomendación UIT-R M.1308: Evolución de los sistemas móviles terrestres hacia las IMT-2000.
- Recomendación UIT-R M.1311: Marco para la modularidad y los elementos radioeléctricos comunes en las IMT-2000.
- Recomendación UIT-R M.1343: Requisitos técnicos fundamentales de las estaciones terrenas móviles que funcionan con sistemas mundiales del servicio móvil por satélite con satélites no geoestacionarios en la banda 1-3 GHz.
- Recomendación UIT-R M.1457: Especificaciones detalladas de las interfaces radioeléctricas de las Telecomunicaciones Móvil Internacionales (IMT-2000).
- Recomendación UIT-R M.1480: Requisitos técnicos fundamentales de las estaciones terrenas móviles de los sistemas móviles con satélites geoestacionarios que aplican las disposiciones del Memorándum de Entendimiento sobre las comunicaciones personales móviles mundiales por satélite (GMPCS) en partes de la banda de frecuencias 1-3 GHz.
- Recomendación UIT-R SM.329: Emisiones no esenciales.
- Recomendación UIT-T Q.1701: Marco para las redes de las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000).
- Recomendación UIT-T Q.1711: Modelo funcional de red para las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000).
- Recomendación UIT-T Q.1721: Flujos de información para el conjunto de capacidades 1 del IMT-2000.
- Recomendación UIT-T Q.1731: Requisitos independientes de la tecnología radioeléctrica para la interfaz radioeléctrica de Capa 2 para IMT-2000.
- Manual sobre el servicio móvil terrestre (incluso acceso inalámbrico), Volumen 2: Principios y enfoques de la evolución hacia las IMT-2000/FSPTMT.

3 Consideraciones generales

3.1 Interfaces radioeléctricas para la componente de satélite de las IMT-2000

Las IMT-2000 constan de interfaces radioeléctricas con una componente terrenal y otra de satélite. La información contenida en la presente Recomendación abarca y define todos los tipos de interfaces radioeléctricas de satélite para las IMT-2000.

Debido a las restricciones en el diseño y despliegue de sistemas de satélite, se requerirán diversas interfaces radioeléctricas de satélite para IMT-2000 (para mayor información, véase la Recomendación UIT-R M.1167).

Como los sistemas de satélite tienen recursos limitados (en cuanto a energía y espectro), sus interfaces radioeléctricas se especifican principalmente sobre la base de un proceso de optimización general que obedece a las necesidades del mercado y a objetivos comerciales. Por lo general no es factible ni viable desde el punto de vista comercial disponer de una interfaz radioeléctrica común a las componentes terrenal y de satélite de las IMT-2000. Sin embargo, al diseñar y desarrollar los sistemas de satélite IMT-2000 conviene que la componente terrenal tenga el mayor número posible de características comunes.

Dada la enorme dependencia entre el diseño técnico y los objetivos comerciales de los sistemas de satélite IMT-2000, es indispensable dotar de gran flexibilidad a las especificaciones de sus interfaces radioeléctricas. No obstante, quizá sea necesario modificar y actualizar estas especificaciones para adaptarlas a los cambios de la demanda en el mercado, los objetivos comerciales, los adelantos tecnológicos y las necesidades operativas, así como para maximizar las partes comunes de los sistemas terrenales de las IMT-2000, según proceda.

Las interfaces radioeléctricas de la componente terrenal se describen pormenorizadamente en § 5 de la Recomendación UIT-R M.1457. Las interfaces radioeléctricas de la componente de satélite se describen en detalle en § 4 de la presente Recomendación.

3.2 Incorporación de material de especificación desarrollado en el exterior

Las IMT-2000 constituyen un sistema con actividad de desarrollo mundial. Las especificaciones de las interfaces radioeléctricas de las IMT-2000 definidas en esta Recomendación han sido elaboradas por la UIT en colaboración con organizaciones proponentes de la tecnología de las interfaces radioeléctricas, con proyectos de asociaciones mundiales y con organizaciones regionales de elaboración de normas (SDO, *standards development organizations*). La UIT ha proporcionado el marco y los requisitos mundiales y generales, y ha elaborado las especificaciones globales básicas conjuntamente con dichas organizaciones. La normalización pormenorizada se ha acometido con la organización reconocida externa (véase la Nota 1) coordinada con las organizaciones proponentes de la tecnología de las interfaces radioeléctricas y con los proyectos de asociaciones mundiales. Por ello, en esta Recomendación aparecen con mucha frecuencia referencias a especificaciones elaboradas en el exterior.

NOTA 1 – Una «organización reconocida» en este contexto se define como una SDO reconocida con capacidad legal, secretaría permanente, representantes designados, y métodos de trabajo transparentes, correctos y bien documentados.

Se considera que ésta es la solución más adecuada para completar la presente Recomendación dentro de los exigentes plazos fijados por la UIT e impuestos por las necesidades de las administraciones, los operadores y los fabricantes.

Así pues, esta Recomendación se ha elaborado para aprovechar al máximo este método de trabajo y poder respetar el calendario de la normalización mundial. El cuerpo principal de esta Recomendación ha sido elaborado por la UIT, incluyendo referencias dentro de cada interfaz radioeléctrica a fuentes de información más detallada. Los apartados en los que se encuentran estas informaciones detalladas han sido elaborados por la UIT y por las organizaciones externas reconocidas. El uso de referencias mencionado ha permitido completar puntualmente los elementos de alto nivel de esta Recomendación, y poner en marcha procedimientos de control de modificaciones, transposiciones (conversión de las especificaciones básicas en productos de la SDO) y procedimientos de investigación pública en el seno de la organización externa reconocida.

La estructura de las especificaciones detalladas recibidas de las organizaciones externas reconocidas se ha adoptado, por lo general, sin modificaciones, reconociendo la necesidad de reducir al mínimo la duplicación de tareas, y la necesidad de facilitar y apoyar los procesos de actualización y mantenimiento en curso.

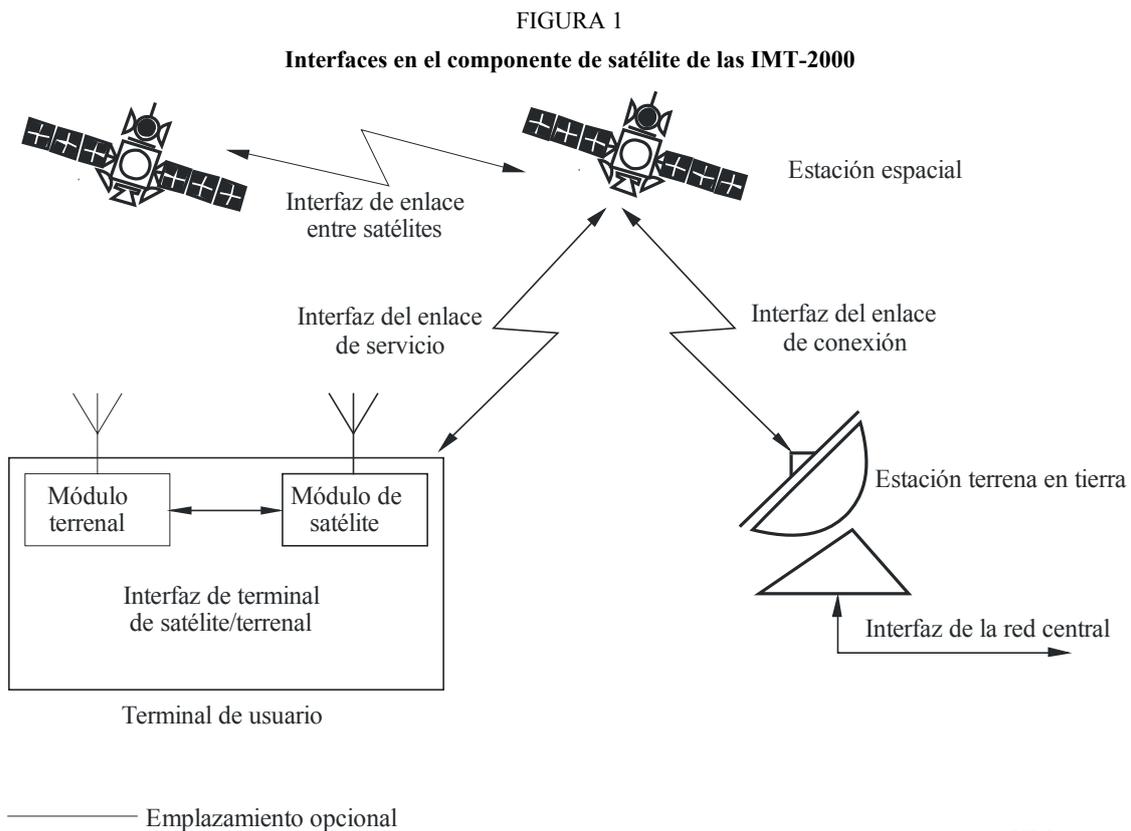
El acuerdo general de que las especificaciones detalladas de la interfaz radioeléctrica se deben llevar a cabo, en gran medida, por referencia a los trabajos de las organizaciones externas reconocidas, subraya no sólo el importante cometido de la UIT como catalizador para estimular, coordinar y facilitar el desarrollo de las tecnologías de telecomunicaciones avanzadas, sino también sus planteamientos flexibles y su visión de futuro para el desarrollo de ésta y otras normas de telecomunicación para el siglo XXI.

3.3 Interfaces del componente de satélite

Los componentes terrenal y de satélite son complementarios, pues el componente terrenal proporciona cobertura en zonas terrestres cuya densidad de población se considera lo suficientemente grande para la prestación económica de sistemas con base terrenal, y el componente de satélite proporciona servicios al resto del mundo gracias a su cobertura prácticamente mundial. Así pues, la vasta cobertura de las IMT-2000 sólo puede lograrse utilizando una combinación de interfaces radioeléctricas terrenales y de satélite.

Para satisfacer los objetivos señalados en el § 2, esta Recomendación describe los elementos necesarios para la compatibilidad de operación a escala mundial haciendo hincapié en que la utilización internacional se logra intrínsecamente gracias a la cobertura mundial de un sistema de satélites. Esta descripción incluye la consideración de todas las interfaces del componente de satélite.

La Fig. 1, elaborada a partir de la Fig. 1 de la Recomendación UIT-R M.818, muestra las diversas interfaces del componente de satélite de las IMT-2000.



1850-01

3.3.1 Interfaces radioeléctricas

3.3.1.1 Interfaz del enlace de servicio

La interfaz del enlace de servicio es la interfaz radioeléctrica entre una estación terrestre móvil (ETM) (el módulo de satélite de un terminal de usuario) y una estación espacial.

3.3.1.2 Interfaz del enlace de conexión

La interfaz del enlace de conexión es la interfaz radioeléctrica entre las estaciones espaciales y las estaciones terrenas en tierra (ETT). Los enlaces de conexión son análogos a las interfaces radioeléctricas utilizadas en los enlaces fijos «backhaul» de transporte de tráfico hacia las estaciones terrenales de base o desde éstas. Cuando se diseña un sistema de satélites, se definen implementaciones de los enlaces de conexión específicas del sistema ya que:

- los enlaces de conexión pueden funcionar en cualquier banda de frecuencias no comprendida entre las definidas para las IMT-2000;
- un enlace de conexión individual tiene características peculiares, algunas de las cuales están relacionadas con la arquitectura del sistema de satélites, mientras que otras lo están con la banda de frecuencias de funcionamiento.

Por consiguiente, la interfaz del enlace de conexión es, en gran medida, una especificación interna del sistema, pudiendo considerarse como propia de la implementación. Esto se ha tratado en la Recomendación UIT-R M.1167, que determina que «las interfaces radioeléctricas entre los satélites y las ETT (es decir, los enlaces de conexión) no están sometidas a la normalización de las IMT-2000». La especificación de esta interfaz está fuera del alcance de la presente Recomendación.

3.3.1.3 Interfaz del enlace entre satélites

La interfaz del enlace entre satélites es la interfaz entre dos estaciones espaciales, con la salvedad de que acaso algunos sistemas no implementen esta interfaz. Los temas tratados anteriormente referentes a la interfaz del enlace de conexión también inciden aquí, y la interfaz del enlace entre satélites es, principalmente, una especificación interna del sistema pudiendo considerar propia de la implementación. La especificación de esta interfaz está fuera del alcance de la presente Recomendación.

3.3.2 Otras interfaces

Se reconoce que la red central (CN, *core network*) y las interfaces terminal satélite/terrenal del terminal descritas a continuación no son interfaces radioeléctricas. Sin embargo, se reconoce también que tienen repercusión directa sobre el diseño y especificaciones de las interfaces radioeléctricas del satélite y en la compatibilidad de funcionamiento a escala mundial. Otras Recomendaciones de las IMT-2000 hacen también referencia a estas interfaces.

3.3.2.1 Interfaz de la CN

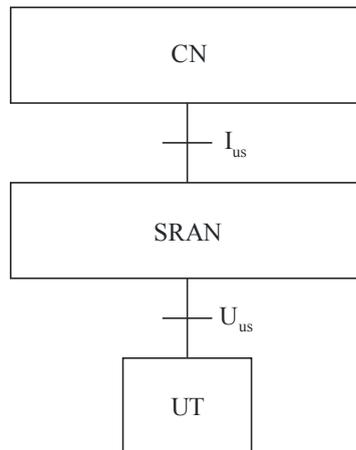
La interfaz de la CN es la interfaz entre la parte de acceso radioeléctrico de una ETT y la CN.

La Fig. 2 muestra una arquitectura posible de la componente de satélite para servir de interfaz con la CN. Esta arquitectura podría ofrecer cierta compatibilidad con la componente terrenal. En este ejemplo, la interfaz de la CN para la componente de satélite se denomina I_{us} . La interfaz I_{us} realiza funciones similares a la interfaz I_u descrita en los § 5.1 y 5.3, y se diseñará de modo que se obtenga la mayor uniformidad posible con la interfaz I_u , para ser compatible con ésta.

La red de acceso radioeléctrico de satélite (SRAN, *satellite radio access network*) está integrada por la ETT y el satélite, junto con el enlace de conexión y los enlaces entre satélites (de haberlos). El SRAN utiliza la interfaz I_{us} para comunicarse con la CN y la interfaz U_{us} para comunicarse con el terminal de usuario (UT, *user terminal*) para la prestación de servicios por satélite. La interfaz U_{us} es la interfaz radioeléctrica del enlace de servicio del satélite especificada en el § 4.3.

Teniendo en cuenta que la componente de satélite de las IMT-2000 es, por lo general, de naturaleza mundial, no es necesario proporcionar una interfaz entre la SRAN de una red de satélites y la SRAN de otra red de satélites. Además, la implementación de la interfaz entre las ETT de una misma red de satélites es peculiar de la red en cuestión, no siendo por tanto necesario normalizar dicha interfaz.

FIGURA 2

Ejemplo de arquitectura de interfaz de red de satélite

1850-02

3.3.2.2 Interfaz del terminal satélite/terrenal

La interfaz del terminal satélite/terrenal es la interfaz entre los módulos de satélite y terrenal de un terminal de usuario. En las terminales con componentes terrenales y de satélite de las IMT-2000, hay que definir el funcionamiento conjunto de los dos componentes y las posibles interfaces necesarias entre ellos.

Por ejemplo, la Recomendación UIT-R M.818 destaca «que se establezca un protocolo para determinar si se habría de utilizar un componente terrenal o de satélite para cursar una llamada determinada». La Recomendación UIT-R M.1167 reconoce también que «Un usuario de las IMT-2000 no debe tener la necesidad de solicitar al terminal el acceso a la componente de satélite o terrenal» y también que «Para facilitar la itinerancia, es importante que pueda establecerse la comunicación con el usuario marcando un solo número, independientemente de si el terminal móvil está accediendo a la componente terrenal o de satélite en ese instante».

4 Recomendaciones (componente del satélite)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT recomienda que los sistemas de satélite que establecen la componente de satélite de las IMT-2000 apliquen los principios de los § 4.1 y 4.2. Estos puntos describen las funciones básicas y las características de la interfaz de la red principal y de la interfaz satélite/terrenal del terminal.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT recomienda que las interfaces descritas en el § 4.3 sean las de la componente de satélite de las IMT-2000.

4.1 Interfaz a la red central

La componente de satélite debe interactuar con la red central de forma similar a la componente terrenal. De esta manera, pueden aplicarse requisitos clave de las IMT-2000 tales como los de encaminamiento adecuado de llamada, itinerancia automática de red, facturación común, etc., teniendo en cuenta las consideraciones técnicas y comerciales. No obstante, puede ser necesario establecer ciertas diferencias para funcionar con una interfaz radioeléctrica de satélite específica.

4.2 Interfaz del terminal satélite/terrenal

Los terminales de usuarios de satélites de las IMT-2000 permitirán uno o dos modos de funcionamiento: un modo de satélite y posiblemente uno o más modos terrenales. Si se aplica un modo terrenal, los terminales deben poder seleccionar automáticamente los modos de funcionamiento por satélite o terrenal, o mediante control del usuario.

Esta interfaz del terminal satélite/terrenal realiza las funciones siguientes:

- establece las capacidades de negociación del servicio portador en las redes terrenal y de satélite;
- da soporte a la itinerancia entre redes terrenales y de satélite;
- alinea la gestión y el suministro del servicio con las Recomendaciones sobre IMT-2000.

El traspaso entre componentes terrenales y de satélite no es un requisito de las IMT-2000. La implementación o no del traspaso entre componentes terrenales y de satélite corresponde al operador. Si no se aplica el traspaso, la itinerancia entre componentes terrenales y de satélite puede ser sólo una función de conmutación, es decir, si un terminal de usuario pierde su conexión con una red terrenal, puede buscar una red de satélite.

Los emplazamientos de terminales se registran y actualizan entre bancos de datos terrenales y de satélite utilizando los procedimientos normales de actualización de emplazamiento para actualizar éstos entre las distintas redes móviles terrestres públicas (RMTP).

Para la itinerancia entre una red terrenal y una de satélite, pueden aplicarse procedimientos de fabricación de emplazamiento normalizados que aplican las RMTP, pues ambas redes pueden considerarse como RMTP separadas. Por ejemplo, cuando un usuario sale de su cobertura de red terrenal pasando a una cobertura de satélite, se aplican procedimientos normalizados para detectar e iniciar las actualizaciones de posición aplicables a la itinerancia entre las RMTP. Cuando un usuario pasa a una cobertura de red terrenal, viniendo de una cobertura de red de satélite y el terminal considera a la red terrenal como red preferida, el terminal se inscribirá en la red terrenal iniciando procedimientos para detectar e iniciar las actualizaciones de posición similares a las utilizadas para la itinerancia entre las RMTP.

Debe ser posible dirigirse a un terminal IMT-2000 utilizando un número simple, independientemente de la componente (terrenal o de satélite) que utilice en ese momento el terminal.

4.3 Especificaciones de la interfaz radioeléctrica de satélite

Los puntos siguientes dan la especificación de cada interfaz radioeléctrica de satélite. Incluyen únicamente elementos relacionados con la interfaz del enlace de servicio; no se especifican en esta Recomendación las interfaces de enlace de conexión y de enlaces entre satélites.

Dada la fuerte dependencia entre el diseño de la interfaz radioeléctrica y la optimización general del sistema de satélite, este punto incluye las descripciones de la arquitectura y del sistema, así como las especificaciones de RF y banda de base de las interfaces radioeléctricas.

4.3.1 Especificaciones de la interfaz radioeléctrica de satélite A

La interfaz de acceso múltiple por división de código de banda ancha de satélite (SW-CDMA) es una interfaz radioeléctrica de satélite concebida para satisfacer los requisitos de la componente de satélite de los sistemas de comunicación inalámbrica de tercera generación (3G). El Comité Técnico SES ETSI está actualmente examinando la interfaz radioeléctrica SW-CDMA entre la familia de interfaces radioeléctricas de satélite IMT-2000, como norma voluntaria.

La SW-CDMA se basa en la adaptación al entorno de satélite de la interfaz radioeléctrica terrenal de dispersión directa CDMA de las IMT-2000 (Dúplex por división de frecuencia (DDF) de acceso radioeléctrico terrenal universal (UTRA) o CMDA de banda ancha (WCDMA)) (véase el § 5.1 de la Recomendación UIT-R M.1475). Se trata de reutilizar la misma red central y las especificaciones de la interfaz radioeléctrica para las interfaces I_u y C_u . Únicamente la interfaz U_u se adaptará al entorno de satélite.

La SW-CDMA funciona en modo DDF con una anchura de banda de canal de RF de 2,350 ó 4,700 MHz para cada sentido de transmisión. La opción de velocidad mitad de 2,350 MHz ofrece una granulación de espectro más fina lo que permite una compartición más fácil de éste entre los distintos sistemas.

La SW-CDMA ofrece una amplia gama de servicios portadores desde 1,2 hasta 144 kbit/s. Puede prestarse un servicio de telecomunicaciones de gran calidad, incluyendo la telefonía de calidad vocal y los servicios de datos en un entorno de satélite de cobertura mundial. A continuación se resumen las desviaciones de la SW-CDMA respecto a la interfaz radioeléctrica terrenal mencionada anteriormente:

- La máxima velocidad binaria posible se limita a 144 kbit/s.

- Funcionamiento permanentemente más suave del traspaso de enlace directo para constelaciones que permiten la diversidad de satélites.
- Combinación permanente de diversidad de satélites en enlace inverso para constelaciones que prevén la diversidad de satélites.
- Precompensación Doppler en el centro del haz en el enlace de conexión (cabecera-satélite) en el enlace satélite-usuario.
- Procedimiento de adquisición del enlace directo en dos pasos (en lugar de hacerlo en tres pasos como en el caso terrenal).
- Modo opcional a mitad de velocidad de chips para mejorar la granularidad de frecuencia.
- Introducción de un canal de radiobúsqueda de gran potencia para penetración en edificios.
- Utilización opcional (no normalizada) de símbolos piloto en los canales de comunicación.
- Tasa reducida de control de potencia con bucle de control de potencia de previsión multinivel para compensar retardos de propagación largos.
- Longitud reducida de secuencia de aleatorización (2 560 chips) en el enlace directo.
- Utilización opcional en el enlace directo de una secuencia corta de aleatorización (256 chips) que permite la reducción de la interferencia CDMA a nivel único de terminal de usuario.
- Secuencia más larga del preámbulo de acceso aleatorio.

La SW-CDMA tiene un número mayor de elementos comunes con la interfaz radioeléctrica terrenal lo que facilita la interoperabilidad entre las componentes terrenales y de satélite de las IMT-2000.

4.3.1.1 Descripción de la arquitectura

4.3.1.1.1 Estructura de canales

Esta especificación de la interfaz radioeléctrica atañe únicamente al enlace de servicio y el enlace de conexión no forma parte de ella.

El enlace de servicio consta de un enlace directo entre la estación de satélite y la ETM y el enlace de retorno en el sentido opuesto.

En la capa física, el flujo de información hacia la ETM y desde ésta pasa por canales lógicos que se definen en la Recomendación UIT-R M.1035. Estos canales lógicos utilizan canales físicos como medio portador, tal como se muestra en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Correspondencia entre canales físicos y lógicos

| Canales lógicos | Canales físicos | Sentido |
|------------------------|------------------|---------------|
| BCCH | CCPCH primario | Directo |
| FACH PCH | CCPCH secundario | Directo |
| DSCH | PDSCH PDSCCH | Directo |
| RACH RTCH | PRACH | Inverso |
| DCCH | DPDCH | Bidireccional |
| DTCH | DPDCH | Bidireccional |
| Señalización de Capa 1 | DPCCH | Bidireccional |

En el sentido directo se prevén dos canales físicos de radiodifusión: canales físicos de control común primario y secundario, CCPCH. El CCPCH primario es el soporte del canal de control de radiodifusión (BCCH) utilizado para la difusión de la información del sistema y específica del haz. El CCPCH secundario es el soporte de dos canales lógicos, a saber, el canal de acceso directo (FACH) que cursa información de control a una ETM identificada cuando se conoce su posición y un canal de radiobúsqueda (PCH), utilizado como canal de radiobúsqueda de gran penetración.

El canal físico de acceso aleatorio (PRACH) da soporte al canal de acceso aleatorio (RACH) que cursa información de control y al canal de tráfico aleatorio (RTCH) que cursa paquetes de usuario breves.

El canal físico de control especializado (DPCCH) se utiliza para cursar datos de señalización de Capa 1.

El canal de datos físico especializado (DPDCH) cursa información de control tal como la de señalización de capas superiores, enviada mediante el canal de control especializado (DCCH) y datos de usuario bidireccionales enviados a través del canal de tráfico especializado (DTCH).

Los servicios portadores anteriores pueden utilizarse para la prestación de servicios de datos con conmutación de circuitos y de paquetes. En el enlace directo, el tráfico de paquetes se realiza por el canal FACH, por un canal compartido de enlace descendente (DSCH) en el que múltiples servicios de usuario pueden ir en la misma conexión utilizando una estructura de multiplexación en el tiempo, o por un canal especializado para requisitos de caudal superior. En el enlace inverso, el canal RACH puede utilizarse para la transmisión de paquetes de usuarios breves ocasionales. En los casos no ocasionales pero de caudal aun moderado y/o tráfico de paquetes de pequeño ciclo de trabajo, la ETT asignará códigos adecuados al usuario a fin de evitar la colisión de códigos con otros usuarios del canal RACH. En este caso, se sigue haciendo corresponder el RTCH (canal de tráfico aleatorio) con un canal físico de tipo RACH. No obstante, la parte de datos puede tener longitud variable (en ningún caso múltiplo de la longitud de trama en la capa física). Para canales de paquetes de caudal superior del enlace inverso, puede asignarse una pareja DPCCH/DPDCH. El DPDCH se transmite únicamente cuando la cola de paquetes no está vacía. También en este caso, un paquete puede dar lugar a múltiples tramas de capa física. En este caso, también se puede aplicar la versatilidad de velocidades.

Se prevé un servicio de mensajes con gran penetración como servicio unidireccional (en el sentido directo, es decir, entre la estación de satélite y la ETM) que sirva para velocidad de datos reducidas con mensajes que contengan algunas decenas de bytes. Su alcance principal es el de un servicio de radiobúsqueda o de alerta con tono para las ETM situadas en el interior de edificios.

Además de la Recomendación UIT-R M.1035, se ha introducido un canal físico especializado para la señalización de Capa 1 que cursa símbolos de referencia utilizados con fines de estimación de canal y de sincronismo.

4.3.1.1.2 Constelación

La SW-CDMA no obliga a ninguna constelación particular. Ha sido concebida para funcionar con constelaciones LEO, MEO, GEO o HEO.

Aun cuando la diversidad de satélites múltiples asegurará las prestaciones óptimas del sistema, no se considerará ésta como un requisito de sistema obligatorio.

4.3.1.1.3 Satélites

La SW-CDMA no obliga a ninguna arquitectura particular de satélite. Puede funcionar a través de un transpondedor de satélite transparente de guía curva o con una arquitectura de transpondedor regenerativa. Para el enlace inverso, la diversidad de trayecto de satélite exige un transpondedor acodado, pues la demodulación tiene lugar en el suelo.

4.3.1.2 Descripción del sistema

4.3.1.2.1 Características del servicio

Dependiendo de la clase de la ETM, la SW-CDMA sirve para servicios portadores que van desde 1,2 kbit/s hasta 144 kbit/s con una BER máxima asociada comprendida entre 1×10^{-3} a 1×10^{-6} .

El retardo máximo admitido es de hasta 400 ms, compatibles con cualquiera de las constelaciones de satélites mencionadas.

4.3.1.2.2 Características del sistema

En el enlace directo y el de retorno puede haber dos velocidades de dispersión, ya sea 3,840 Mchip/s (*velocidad máxima de chips*) y 1,920 Mchip/s (*velocidad de chip mitad*).

La transmisión se organiza en tramas. El periodo de tramas es de 10 ms para la opción de 3,840 Mchip/s y de 20 ms para la de 1,920 Mchip/s. Las tramas se organizan en una estructura jerárquica. Una multitrama (MF) consta de 8 tramas (opción de velocidad máxima) o de 4 tramas (opción de velocidad mitad). El periodo de MF es de 80 ms. Las multitramas se organizan en supertramas (SF). Una supertrama consta de 9 MF y tiene un periodo igual a 720 ms.

El control de potencia en bucle cerrado se realiza para el enlace directo y el de retorno. Se dirige el bucle a fin de establecer el valor de la SNIR medida en receptores RAKE combinando con un valor pretendido. El valor pretendido se modifica de forma adaptable por medio de un bucle exterior de control más lento basado en mediciones de la FER. Para facilitar las mediciones de la FER, se adjunta a los datos en cada trama un código de redundancia cíclica CRC de 8 bits (4 bit para 2 400 bit/s).

Se realiza un control de potencia en bucle abierto para la transmisión por paquetes y un ajuste inicial de la potencia durante la fase de establecimiento de la llamada.

Se permiten tres clases de servicio básico mediante una concatenación de la codificación y el entrelazado:

- Servicios normalizados con codificación interior (convolucional de velocidad 1/3, polinomios 557, 663, 711) y entrelazado únicamente, con una BER pretendida igual a 1×10^{-3} .
- Servicios de gran calidad con codificación interior y entrelazado más codificación RS exterior y entrelazado (o codificación Turbo opcional). La BER pretendida es de 1×10^{-6} .
- Servicios con codificación específica. En estos servicios, la interfaz radioeléctrica no aplica una técnica de codificación FEC específica. La posible codificación FEC se gestiona enteramente en una capa superior.

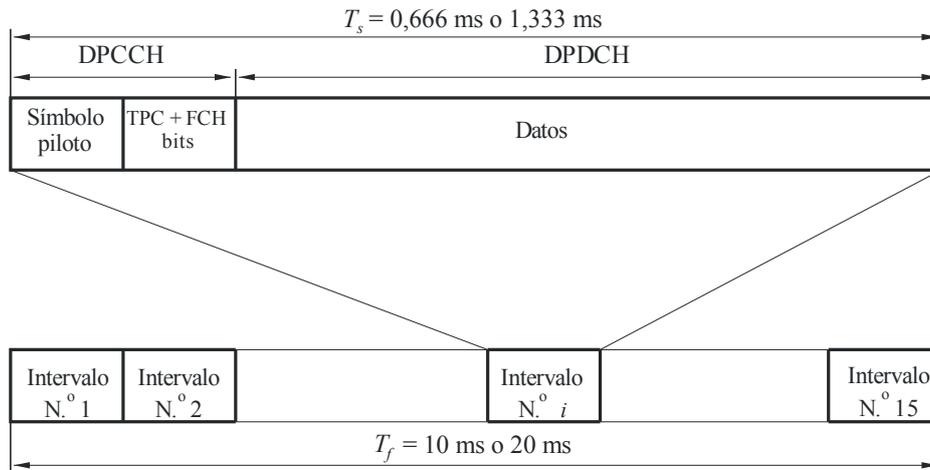
Estas clases permiten adaptar los distintos requisitos de calidad de servicio de los servicios de satélite seleccionados y permiten mejorar dicha calidad de servicio si es necesario, mediante la elección de codificación específica del servicio.

El esquema de entrelazado se negocia en el establecimiento de la llamada, dependiendo de la velocidad de datos real. La profundidad del desvanecimiento llega hasta un múltiplo entero del periodo de trama. El bloque de entrelazados se escribe por filas a lo largo de una serie de columnas en forma de potencia de dos, dependiendo el exponente de la velocidad de datos real. En la recepción, el bloque de entrelazado se lee por columnas en una secuencia intercalada, es decir leyendo el índice de la columna binaria en orden inverso.

Descripción del acceso – Enlace directo

DPDCH/DPCCH – La Fig. 3 muestra la estructura de la trama *DPDCH/DPCCH*. Cada trama se divide en 15 intervalos de tiempo y cada uno de ellos lleva el *DPDCH* de la multiplexación por divisiones del tiempo y el correspondiente *DPCCH*.

FIGURA 3
Estructura de trama para los canales físicos especializados del enlace directo (DPDCH/DPCCH)



1850-03

El DPCCH cursa los símbolos (piloto) de referencia *opcionales* (véase la Nota 1), el campo de control de potencia (TPC) y el encabezamiento de control de trama (FCH) que indica el formato real del DPDCH y la velocidad. Los símbolos piloto de referencia son opcionales.

El formato y la velocidad de datos del DPDCH pueden cambiar durante la sesión de comunicación trama a trama: la ETM puede detectar el formato y la velocidad de la trama corriente a partir del FCH. El DPDCH puede incluso estar ausente en algunas tramas. A medida que cambia la velocidad de datos en el DPDCH, también cambia el nivel de potencia relativo del DPDCH y del DPCCH.

El campo TCP consta de 2 bits. Para la función TPC es suficiente sólo con una instrucción de aumento/disminución por trama, debido al gran retardo del bucle. No obstante, un bucle multinivel permite obtener una reacción más rápida frente a los cambios en las condiciones del canal. Así pues, se atribuye un bit por trama adicional con este fin.

El campo FCH consta de 3 bits. Los 3 bits pueden dar la dirección de ocho formatos DPDCH distintos: como los posibles formatos del DPDCH son más de ocho, el FCH seleccionará de hecho un formato de datos entre un subconjunto de formatos disponibles que se define durante la negociación del establecimiento de la llamada.

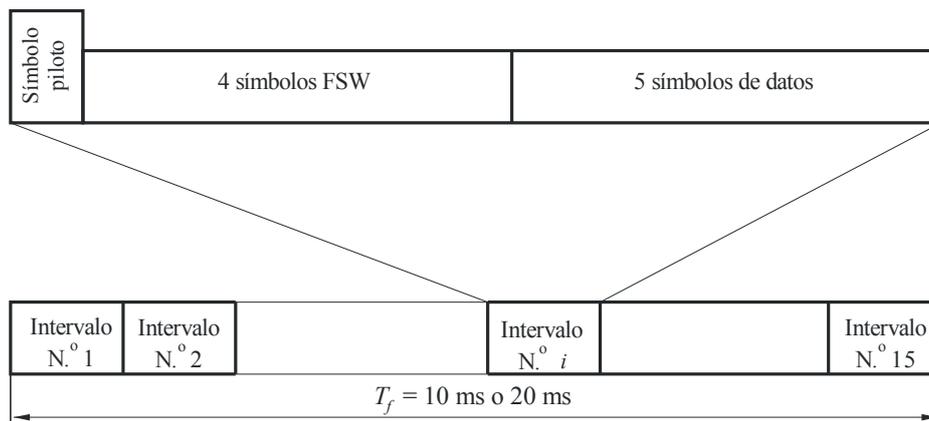
Los bits del TPC y FCH se codifican juntos haciendo corresponder la palabra de 5 bits resultante con una secuencia de 15 bits (palabra de código) perteneciente a una familia de 32 secuencias. La familia propuesta de secuencias de 15 bits se obtiene mediante los 15 desplazamientos cíclicos de una secuencia ML de longitud $2^4 - 1$ más la secuencia de todo ceros, más el inverso de todas las secuencias precedentes. El número total de secuencias disponible es entonces 32. La trascorrelación entre secuencias es de ± 1 ó -15 . Las secuencias son casi ortogonales o antipodales.

NOTA 1 – Típicamente, la estimación del canal se efectúa por medio del CCPCH, con lo que no se requieren símbolos piloto en los DPCCH individuales.

CCPCH – La Fig. 4 muestra la estructura de trama del CCPCH primario y secundario.

El CCPCH primario se transmite continuamente con una velocidad fija de transmisión (15 kbit/s en la opción de velocidad de segmentos máxima y 7,5 kbit/s en la opción de velocidad de segmentos mitad). Suele cursar el BCH y la palabra de sincronización de trama (FSW).

FIGURA 4

Estructura de trama para los canales físicos de control común (CCPCH)

1850-04

El código primario del canal CCPCH para este canal es el mismo en todos los haces y satélites y es conocido de todas las ETM. Se utilizan dos FSW; un FSW en todas las tramas excepto en la primera de cada MF en que se utiliza el otro FSW. Obsérvese que no se utilizan símbolos piloto en el CCPCH. La hipótesis consiste en utilizar el piloto común para dichos fines.

El CCPCH secundario cursa el canal de radiobúsqueda (PCH) y el canal de acceso directo (FACH). Este canal es también un canal de velocidad constante y se transmite únicamente cuando está presente el tráfico de usuario. En el CCPCH secundario se multiplexan en el tiempo el FACH y el PCH trama a trama en la estructura SF. El conjunto de tramas atribuidas al FACH y al PCH, respectivamente, se difunde por el BCCH. No se aplica estrategia de control de potencia en el CCPCH primario y secundario.

PDSCH/PDSCCH – El canal físico compartido del enlace descendente (PDSCH) cursa datos por paquetes a las ETM sin necesidad de atribuir un DCH permanente lo que pudiera crear una escasez de códigos de enlace descendente. Los canales PDSCH utilizan una rama del árbol de códigos OVSF. Se da servicio a una única ETM por trama en el caso de que se utilice el nodo SF mínimo de la rama de códigos (es decir, la rama raíz). Puede, por el contrario, darse servicio a múltiples ETM por trama a través de una multiplexación de códigos, en el caso de que se utilice un factor SF superior (es decir, nodos inferiores en el árbol). Todos los canales PDSCH comparten un canal físico único de control de enlace descendente (PDSCCH) que se transmite con multiplexación de código y cursa a los usuarios la asignación de código, el FCH y la información TPC.

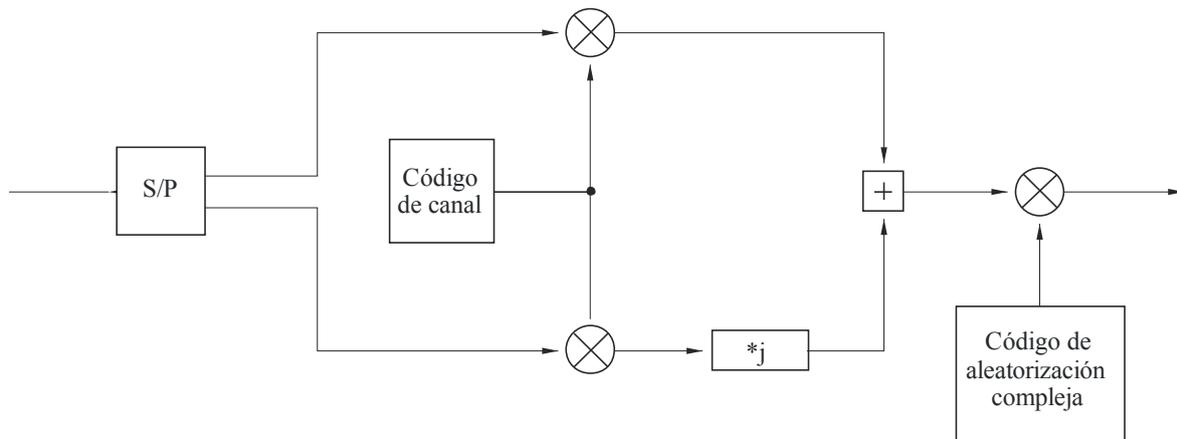
Modulación y dispersión

El esquema de modulación (véase la Fig. 5) es el de MDP-4 en el que cada par de bit se hace corresponder con las ramas I y Q. A continuación se les aplica una dispersión a la velocidad de segmentos con el mismo código de canal, c_{ch} , y a continuación una aleatorización mediante el mismo código complejo de aleatorización específico del haz, c_{scramb} .

Con las velocidades de datos de usuario inferiores ($\leq 4\,800$ bit/s), se utiliza la modulación MDP-2, en lugar de la MDP-4 a fin de reducir la sensibilidad a los errores de fase.

La elección de códigos de dispersión cortos permite implementar en la ETM el demodulador lineal MOE (energía mínima de salida) adaptable CDMA. Se intenta la utilización opcional de detectores CDMA MOE para aumentar la capacidad del sistema y/o la calidad de servicio sin repercusión en el segmento espacial.

FIGURA 5
Modulación MDP-4/dispersión MDP-2 para los canales físicos de enlace directo



1850-05

Atribución de códigos y sincronización

Códigos de aleatorización – El código de aleatorización es una secuencia cuaternaria compleja de 2 560 chips de longitud. Opcionalmente, en el caso de la reducción de interferencia CDMA a base de MOE, en la ETM, se prevé la utilización de un código de aleatorización real más corto (256 chips).

En cada haz de un satélite determinado puede reutilizarse el mismo código de aleatorización (escalonado mediante una cantidad fija del chip). Se asignan grupos distintos de códigos de aleatorización a cada vehículo espacial. Si acceden distintas ETT a un vehículo espacial determinado en el mismo intervalo de frecuencia, debe sincronizarse mutuamente o utilizar códigos de aleatorización distintos. Dependiendo de los parámetros orbitales, pueden reutilizarse secuencias de aleatorización entre satélites sin visibilidad simultánea de la misma región. La atribución de códigos de aleatorización puede efectuarse con arreglo a estrategias diversas, dependiendo también de la constelación y de los tipos de carga útil (transparente o regenerativa), así como del grado de precisión de sincronismo de las estaciones ETT.

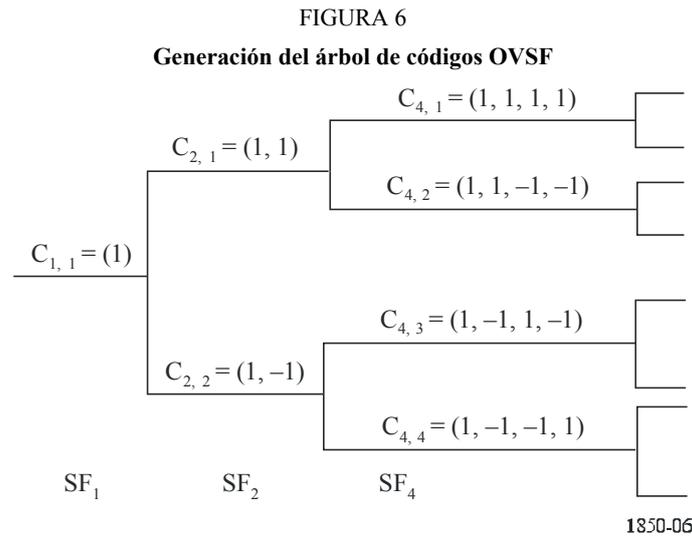
El piloto común CCPCH es necesario para que funcionen la adquisición inicial del código y la frecuencia y para las operaciones de diversidad de satélite. Puede ser necesaria la utilización opcional de símbolos de referencia, además del piloto común para poder utilizar antenas adaptables.

Códigos de canal – Los códigos de canal pertenecen a la familia de factores ortogonales variables de dispersión (OVSF). Estos códigos mantienen la ortogonalidad entre canales de enlace directo de velocidades y factores de dispersión distintos. Véase que como el CCPCH difiere del DPDCH únicamente en el código de canal (véase la Nota 2), y que por tanto difiere de la interfaz correspondiente radioeléctrica terrenal, el CCPCH es ortogonal respecto al DPDCH.

Los códigos OVSF pueden definirse utilizando el árbol de códigos de la Fig. 6.

Cada nivel del árbol de códigos define códigos de canal de longitud SF_i . No pueden utilizarse todos los códigos del árbol simultáneamente en el mismo haz. Puede utilizarse un código en un haz únicamente, si no se está utilizando en el trayecto otro código de la raíz o del subárbol subyacente. Esto significa que el número de códigos de canal disponibles no es fijo sino que depende de la velocidad y del factor de dispersión de cada canal físico.

NOTA 1 – El CCPCH comparte la misma secuencia de aleatorización que el DPDCH.



Adquisición y sincronización

En la ETM, la adquisición inicial se realiza por medio del piloto común. El piloto común se modula con un diagrama conocido de velocidad reducida en el que se conoce el código de canalización (típicamente el código de secuencia todos ceros). El esquema conocido que modula el piloto común tiene un alcance que amplía el periodo de la señal general a fin de permitir el funcionamiento en diversidad de satélites. Tras el encendido, la ETM busca el código de aleatorización del piloto común.

La eficacia de la búsqueda y, por tanto, la velocidad de la convergencia de la adquisición inicial, depende del número de códigos que hay que buscar y del posible conocimiento por la ETM de los satélites candidatos. La propuesta de utilización de una secuencia de aleatorización escalonada para los distintos haces de satélite contribuirá a reducir el tiempo inicial de adquisición. La reutilización de la secuencia de aleatorización entre distintos satélites es también una forma de reducir las dimensiones del espacio de búsqueda inicial.

Una vez adquirido un piloto, puede deshacerse la dispersión del CCPCH primario y recuperarse el BCCH. Con esto se mantiene la información específica en la lista de satélites candidatos con los códigos de aleatorización asociados a fin de acelerar la adquisición de otros satélites.

Traspaso

Se prevén cuatro situaciones posibles de traspaso: traspaso de haz, traspaso entre satélites, traspaso de ETT y traspaso de frecuencia.

Traspaso de haz – La ETM mide siempre la relación $C/(N + I)$ del piloto de dispersión recibida de los haces adyacentes e informa sobre los resultados de la medición a la ETT. Cuando la calidad del piloto del haz se acerca al nivel umbral del sistema, la ETT suele iniciar un procedimiento de traspaso de haz. Según los informes del piloto ETM, la ETT decidirá transmitir el mismo canal por dos haces distintos (traspaso de haz ligero) y dará instrucción a la ETM para que añada un paso para demodular la señal adicional. Tan pronto como la ETT recibe confirmación de que la nueva señal se ha recibido, abandona la antigua conexión de haz.

Traspaso entre satélites – El procedimiento es análogo al del traspaso entre haces. La única diferencia es que la ETM tiene también que buscar los distintos códigos de aleatorización piloto. Si se detecta un nuevo código de aleatorización piloto, se devuelve la información de la medida a la ETT que puede decidir explotar la diversidad de satélites, transmitiendo la misma señal por satélites distintos.

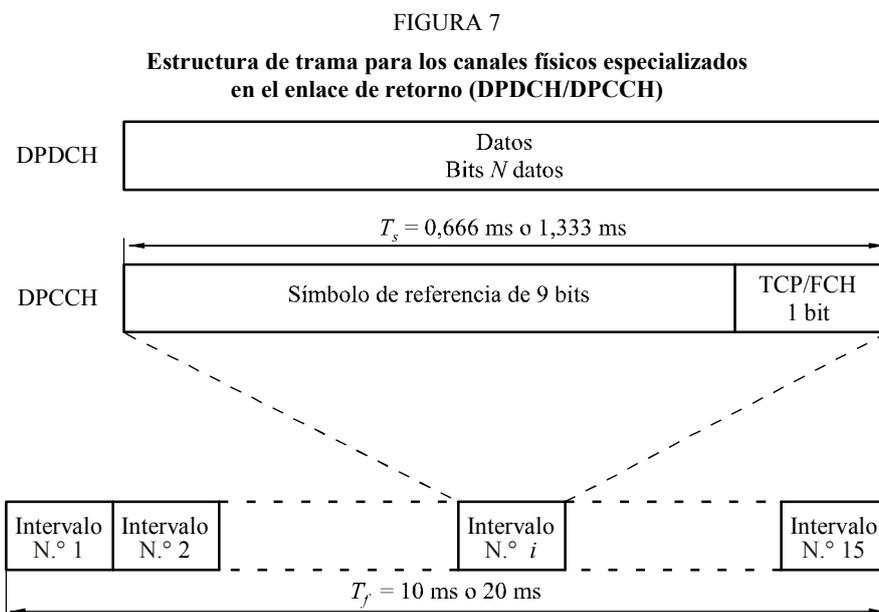
Cuando la constelación de satélites prevé la diversidad de trayecto múltiple es conveniente explotar los terminales de usuario móviles en un modo permanente de traspaso más ligero. En este caso, la ETT asocia el mismo canal a los trayectos de diversidad de satélite más intensos. La ETM explota la diversidad del trayecto mediante una combinación de relación máxima.

Traspaso entre ETT – Puede ser necesario efectuar un traspaso entre ETT en algunos casos, dependiendo de las características de la constelación. El traspaso entre ETT se negociará entre dichas ETT. En particular, la nueva ETT empieza transmitiendo su portadora hacia el móvil que simultáneamente tiene instrucciones de la antigua ETT de buscar la nueva señal ETT. Cuando la ETM confirma a la antigua ETT que también está recibiendo de la nueva, la antigua ETT detiene su transmisión hacia la EM.

Traspaso entre frecuencias – Sólo se aplica al traspaso entre frecuencias dura. Este traspaso puede ser interna a la cabecera o entre cabeceras.

Descripción del acceso – Enlace de retorno

Estructura de tramas DPDCH/DPCCH – La estructura de la trama DPDCH/DPCCH en el enlace de retorno (véase la Fig. 7) es la misma de la que hay en el enlace directo. No obstante, a diferencia del enlace directo, el DPDCH y el DPCCH tiene multiplexación por división de código y no por división en el tiempo.



1850-07

En el DPCCH, el campo TCP/FCH tiene la misma función que en el enlace directo. Al igual que en dicho enlace directo, se hace corresponder estos bits con una secuencia que pertenece a una familia de 32 secuencias. La familia de secuencias propuesta de 15 bits de longitud tiene mediante los 15 desplazamientos cíclicos de una secuencia ML de longitud $2^4 - 1$, más la secuencia de todos ceros, más la inversa de todas las secuencias precedentes. Las secuencias son casi ortogonales o antipodales.

El diagrama binario de referencia se describe en el Cuadro 2. La parte sombreada puede utilizarse como palabras de sincronismo de trama. El valor del bit piloto distinto de la palabra de sincronismo de trama será 1. La palabra de sincronismo de trama se invierte para marcar el inicio de una MF.

La velocidad a la que se transmiten los símbolos de referencia, bits TPC/FCH, es fija e igual a 15 kbit/s para la opción de velocidad de segmentos normal y 7,5 kbit/s para la opción de semivelocidad de segmentos.

Al igual que en el enlace directo, se transmitirán 2 y 3 bits por trama respectivamente para las funciones TPC y FCH.

- El número de bits por intervalo DPDCH está relacionado con el factor de dispersión, SF, del canal físico mediante la ecuación $SF = 256/2^k$ siendo $k = 0, \dots, 4$. El factor de dispersión puede estar comprendido entre 256 y 16.

CUADRO 2

Diagrama nominal y de referencia para el DPCCH del enlace ascendente

| Intervalo N.º | Bit N.º | | | | | | | | | |
|---------------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 9 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 11 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 12 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 13 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 15 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Estructura de trama PRACH – La Fig. 8 muestra la estructura de trama PRACH.

FIGURA 8

Estructura de trama del canal de acceso físico aleatorio (PRACH)



1850-08

La parte de preámbulo se forma modulando una palabra de código de 48 símbolos en un código de dispersión con un periodo de 256 chips.

La ETM selecciona aleatoriamente el preámbulo de la palabra de código de 48 símbolos entre un pequeño grupo de palabras de código cuaternarias. El código de dispersión se selecciona aleatoriamente entre los códigos de dispersión disponibles para acceso aleatorio. La información sobre los códigos de dispersión disponibles va en el canal BCCH.

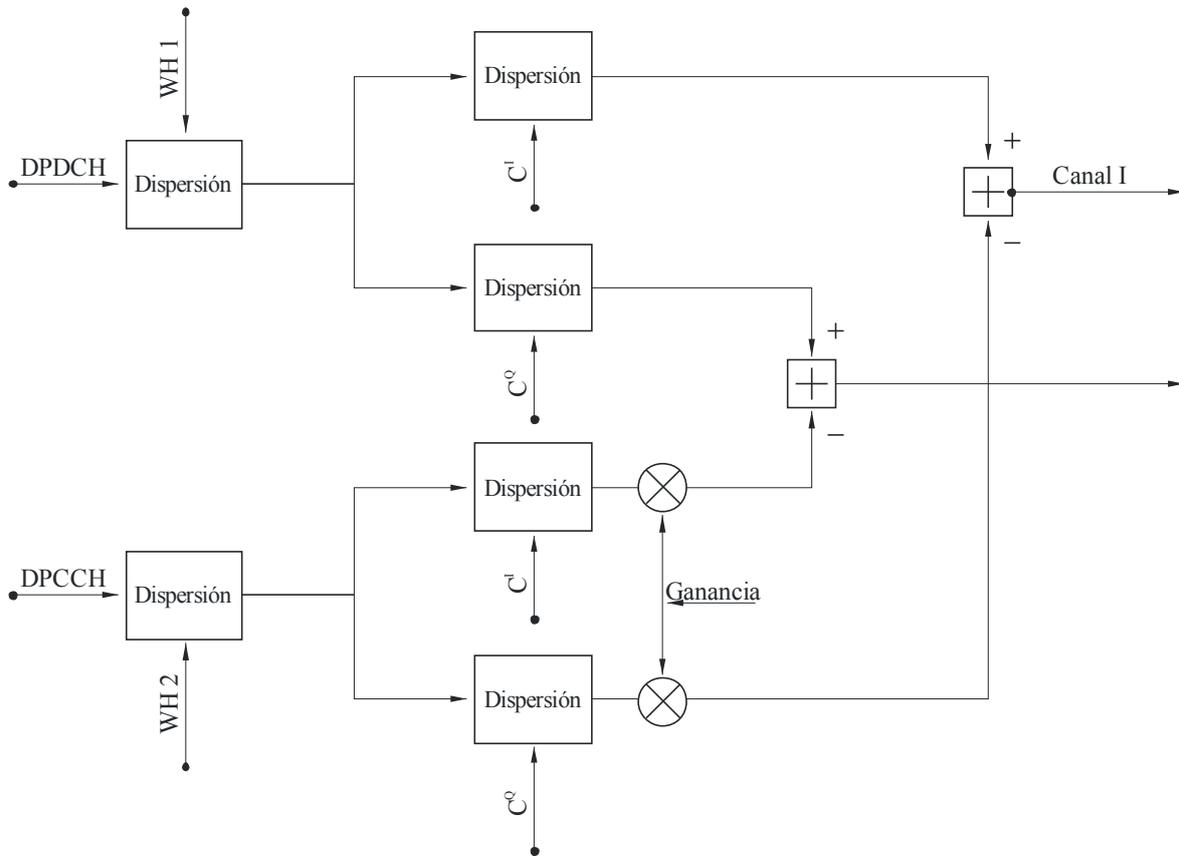
La parte de datos de la ráfaga RACH está compuesta realmente del canal de datos en el brazo de transmisión I y de un canal de control asociado por el brazo de transmisión Q que cursa los símbolos de referencia para la demodulación coherente y un FCH que informa sobre la velocidad de datos y el formato del brazo I. Por el contrario, la velocidad de la parte de preámbulo es fija e igual a 15 ksímbolos/s o 7,5 ksímbolos/s, conforme a la opción de velocidad de segmentos. La longitud de la parte de datos de la ráfaga RACH es igual a una trama (es decir, 10 ó 20 ms, conforme a la opción de velocidad de chip).

Por el canal RACH no puede ir la combinación de diversidad.

Modulación y dispersión – La Fig. 9 muestra el código de modulación/dispersión utilizado en el enlace de retorno. La modulación de datos es MDP-2 y los DPDCH y DPCCH se hace corresponder a las ramas de portadora I y Q, respectivamente. A continuación se dispersan las ramas I y Q a la velocidad de segmentos con dos códigos de canal distintos c_D/c_C y a continuación se aleatorizan de forma compleja mediante un código de aleatorización cuadrifase complejo específico de la EM.

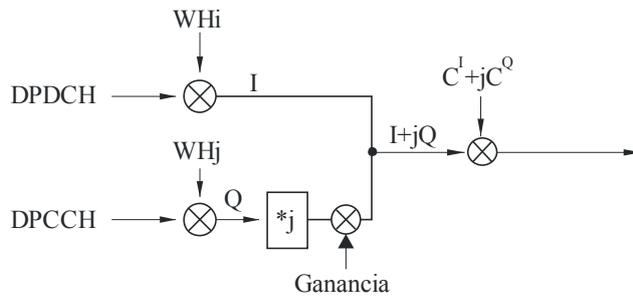
FIGURA 9

Esquema de modulación con dispersión en el enlace inverso para canales físicos especializados a) y su representación compleja b)



a)

Códigos de disposición de canales (OVSF)



b)

1850-09

La longitud del código de aleatorización es de una trama (38 400 chips). Se está evaluando una opción con un código breve (256) para utilizar junto con una técnica de reducción de la interferencia sobre la base MMSE). Las frecuencias de aleatorización son las mismas que se definen en la especificación TS25.213 (preparada por 3GPP).

La ETT asigna códigos de aleatorización a la ETM sobre una base semipermanente.

Los códigos de canal son los mismos códigos OVSF que para el enlace directo.

4.3.1.2.3 Características del terminal

SW-CDMA soporta cuatro clases de ETM: de mano (H), de vehículo (V), portátil (T) y fija (F). En el Cuadro 3 se relacionan las características de terminal y las clases de terminal.

CUADRO 3

Portadores

| Velocidad de datos del portador (kbit/s) | QoS aplicable | Clase ETM |
|--|-----------------------------|-----------|
| 1,2 | 10^{-6} | H,V,T,F |
| 2,4 | $10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$ | H,V,T,F |
| 4,8 | $10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$ | H,V,T,F |
| 9,6 | $10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$ | H,V,T,F |
| 16 | $10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$ | H,V,T,F |
| 32 | $10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$ | V,T,F |
| 64 | $10^{-5}, 10^{-6}$ | V,T,F |
| 144 | $10^{-5}, 10^{-6}$ | T,F |

4.3.1.2.4 Especificaciones de RF

4.3.1.2.5 Estación de satélite

Las especificaciones de RF de la estación de satélite dependen de la arquitectura real del segmento espacial.

4.3.1.2.6 ETM

El Cuadro 4 informa sobre las especificaciones de RF para las distintas clases de ETM.

CUADRO 4

Especificación de RF de una ETM

| Parámetro de RF | Clase de ETM | | |
|--|---|---|---|
| | H | V | T |
| Anchura de banda del canal (kHz) | 2 350 ⁽¹⁾ , 4 700 ⁽²⁾ | 2 350 ⁽¹⁾ , 4 700 ⁽²⁾ | 2 350 ⁽¹⁾ , 4 700 ⁽²⁾ |
| Estabilidad de frecuencia del enlace ascendente (ppm) | 3 | 3 | 3 |
| Estabilidad de frecuencia del enlace descendente (ppm) | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| p.i.r.e. máxima (dBW) | 3,0 | 16,0 | 16,0 |
| p.i.r.e. media por canal (dBW) | (3) | (3) | (3) |
| Ganancia de antena (dBi) | -1,0 | 2,0 ⁽⁴⁾ , 8,0 ⁽⁵⁾ | 4,0 ⁽⁴⁾ , 25,0 ⁽⁵⁾ |
| Gama del control de potencia (dB) | 20,0 | 20,0 | 20,0 |
| Incremento del control de potencia (dB) | 0,2-1 | 0,2-1 | 0,2-1 |
| Velocidad del control de potencia (Hz) | 50 ÷ 100 | 50 ÷ 100 | 50 ÷ 100 |
| Aislamiento transmisor/receptor (dB) | > 169 | > 169 | > 169 |
| G/T (dB/K) | -23,0 ⁽⁴⁾ , -23,0 ⁽⁵⁾ | -23,5 ⁽⁴⁾ , -20,0 ⁽⁵⁾ | -23,5 ⁽⁴⁾ , -20,0 ⁽⁵⁾ |
| Compensación de la deriva Doppler | Sí | Sí | No se aplica |
| Restricción de movilidad (velocidad máxima) (km/h) | 250 ⁽¹⁾ , 500 ⁽²⁾ | 250 ⁽¹⁾ , 500 ⁽²⁾ | No se aplica |

(1) Opción de semivelocidad (1,920 Mchip/s).

(2) Opción de velocidad normal (3,840 Mchip/s).

(3) Dependiendo de las características de la estación de satélite.

(4) Valor típico para constelación LEO.

(5) Valor típico para constelación GEO.

Especificaciones de banda de base

El Cuadro 5 presenta las especificaciones de la banda de base.

CUADRO 5
Características de la banda de base

| | | |
|--------|---|--|
| BB-1 | Acceso múltiple | |
| BB-1.1 | Técnica | CDMA de secuencia directa |
| BB-1.2 | Velocidad de segmentos (cuando proceda) | 1,920 Mchip/s o 3,840 Mchip/s |
| BB-1.3 | Intervalos de tiempo (cuando proceda) | 15 Intervalos de tiempo por trama |
| BB-2 | Tipo de modulación | – MDP-2 de código doble del enlace ascendente. – MDP-4 o MDP-2 del enlace descendente |
| BB-3 | Atribución dinámica de canales (sí/no) | No |
| BB-4 | Método dúplex (por ejemplo, DDF, DDT) | DDF |
| BB-5 | Corrección de errores directa | – Calidad normal: codificación convolucional con velocidad de código 1/3 ó 1/2 y restricción de longitud $k = 9$. Repetición de perforación variable para adaptarse a la velocidad requerida de información. – Código RS concatenado de gran calidad en $GF(2^8)$, concatenado con un código convolucional interior de velocidad 1/3 ó 1/2, y restricción de longitud $k = 9$. Codificador turbo en opción |
| BB-6 | Entrelazado | – Entrelazado sobre una base de trama única (por defecto). – Entrelazado sobre una base de tramas múltiples (opcional) |
| BB-7 | Requisito de sincronización entre satélites (sí/no) | – No se requiere la sincronización entre EB que funcionen con satélites distintos. – Se requiere la sincronización entre EB que funcionen en el mismo satélite |

Especificaciones detalladas

Las especificaciones detalladas de la interfaz radioeléctrica SW-CDMA se basan en el grupo siguiente de documentos:

- *Capa física*: la versión más reciente de los documentos SW-CDMA derivados de la serie 25.200 (véase la Nota 1).
- *Protocolos*: las versiones más recientes de los proyectos de especificación 25.300 (véase la Nota 2).

NOTA 1 – El Grupo de Trabajo ETSI TC-SES S-UMTS está elaborando actualmente este grupo de especificaciones detalladas a partir de la familia de normas voluntarias para la interfaz radioeléctrica de satélite de las IMT-2000. Esta especificación ofrecerá también una descripción general de la capa física de la interfaz de aire SW-CDMA.

NOTA 2 – Conforme se desarrollan en el 3GPP RAN TSG. Estos documentos figuran en: <http://www.3gpp.org/TSG/RAN.html>. Esta especificación describe los documentos que está elaborando el 3GPP TSG RAN WG 4.

4.3.2 Especificaciones de la interfaz radioeléctrica de satélite B

La interfaz de acceso múltiple por división de código/tiempo de banda ancha (W-C/TDMA) es una interfaz radioeléctrica de satélite concebida para satisfacer los requisitos de la componente de satélite de los sistemas de comunicación inalámbrica de tercera generación (3G) (véase la Nota 1).

Se supone que la interfaz radioeléctrica W-C/TDMA cumplirá la norma fundamental de la interfaz radioeléctrica y las especificaciones correspondientes para la interfaz I_u y C_u .

La W-C/TDMA se basa en una técnica híbrida de acceso múltiple por división de código y divisiones del tiempo (C/TDMA) con una anchura de banda de canal de RF de 2,350 ó 4,700 MHz para cada sentido de transmisión.

La W-C/TDMA se caracteriza por una estructura de intervalos, un funcionamiento cuasi-síncrono del enlace de excedente que se traduce en un reparto cuasi-ortogonal de la mayoría de los recursos radioeléctricos de un sistema único de satélite de haces múltiples.

Conforme a la reglamentación pertinente de la banda de los satélites IMT-2000, el esquema de diplexión de línea de base es DDF: no obstante, puede haber un esquema DDT/DDF en el que la transmisión se produce en un intervalo de tiempo distinto respecto a la recepción y en bandas de frecuencia diferentes. La opción de semivelocidad da una granularidad de espectro más fina y mayor robustez respecto a la sincronización de segmentos y el seguimiento en el canal con deriva Doppler elevada.

La W-C/TDMA ofrece una amplia gama de servicios portadores de 1,2 a 144 kbit/s. Puede ofrecerse un servicio de telecomunicación de gran calidad, incluyendo la telefonía de calidad vocal y los servicios de datos en un entorno de satélite de cobertura mundial. La W-C/TDMA acepta características adicionales específicos del entorno de satélite, tales como el de provisión de un canal de radiobúsqueda de gran penetración.

Las principales características interesantes de la W-C/TDMA se resumen a continuación:

- La W-C/TDMA ofrece una capacidad de sistema superior en un sistema AMDT o AMDF de banda estrecha.
- Permite el modo de funcionamiento DDF/DDT que exige terminales con diplexores de antenas menos exigentes.
- Ofrece una mayor flexibilidad de atribución de recursos gracias a la repartición ortogonal (MDT/TDMA) de un gran porcentaje de recursos radioeléctricos además del MDC/CDMA.
- Permite una reutilización máxima de frecuencias, lo que simplifica la planificación de éstas.
- Da una granularidad más fina de las velocidades de datos de usuario en comparación con la de los sistemas de banda estrecha, evitando una relación de potencias cresta/media elevada.
- Ofrece un posicionamiento preciso de usuario sin utilizar medios externos.
- Permite un servicio de mensajes de gran penetración.

NOTA 1 – El Comité Técnico SES (ETSI) está examinando actualmente la interfaz radioeléctrica W-C/TDMA entre la familia de interfaces radioeléctricas de satélite de las IMT-2000 como norma voluntaria.

4.3.2.1 Descripción de la arquitectura

4.3.2.1.1 Estructura de canales

Esta especificación de interfaz radioeléctrica atañe únicamente al enlace de servicio y no al enlace de conexión.

El enlace de servicio consta de un enlace directo, entre la estación del satélite y la ETM y de un enlace de retorno en el sentido contrario.

En la capa física, el flujo de información hacia la ETM y desde ésta pasa por canales lógicos que se definen en la Recomendación UIT-R M.1035.

Estos canales lógicos utilizan canales físicos como medio portador.

La W-C/TDMA adopta la misma estructura de canales físicos de la interfaz radioeléctrica terrenal. El Cuadro 14 da la correspondencia entre los canales físicos y lógicos.

Se prevén dos canales físicos de radiodifusión en el sentido directo, el canal común físico de control primario y el secundario, P/S-CCPCH.

El CCPCH primario da soporte al canal de control de radiodifusión (BCCH) utilizado para la difusión de información propia del sistema y específica del haz.

El CCPCH secundario da soporte a dos canales lógicos, a saber: el canal de acceso directo (FACH), que cursa información de control a una ETM identificada cuando se conoce su posición.

El canal físico de acceso aleatorio (PRACH) da soporte al canal de acceso aleatorio (RACH), que cursa información de control, y al canal de tráfico aleatorio (RTCH), que cursa paquetes de usuario breves.

CUADRO 6

Correspondencia de canales físicos y lógicos

| Canales lógicos | Canales físicos | Sentido |
|--|------------------|---------------|
| BCCH | CCPCH primario | Directo |
| FACH | CCPCH secundario | Directo |
| Piloto | PI-CCPCH | Directo |
| PCH | HP-CCPCH | Directo |
| RACH RTCH | PRACH | Inverso |
| DCCH | DDPCH | Bidireccional |
| DTCH | DDPCH | Bidireccional |
| Señalización y símbolos piloto de Capa 1 | DCPCH | Bidireccional |

El canal físico de control especializado (DCPCH) se utiliza para la señalización de Capa 1.

El canal físico de control especializado (DDPCH) se utiliza para cursar información de control tal como la señalización de capa superior, que se lleva por el canal de control especializado (DCCH) y los datos de usuario bidireccionales que van por el canal de tráfico especializado (DTCH).

Los servicios portadores anteriores pueden utilizarse para la prestación de circuitos de datos con conmutación de circuitos y de paquetes.

Se pueden prestar múltiples servicios de usuario por la misma conexión utilizando una estructura de multiplexación en el tiempo.

A este respecto, se ha introducido un canal físico de control específico, HP-CCPCH, por el que puede ir, en el enlace directo el canal de radiobúsqueda de gran penetración, un servicio de datos en baja velocidad, cuya aplicación primaria es un servicio de radiobúsqueda, o una alerta acústica para las ETM localizadas en el interior de edificios.

4.3.2.1.2 Constelación

La W-C/TDMA no se asocia a ninguna constelación particular. Se ha concebido para el funcionamiento con constelaciones LEO, MEO, GEO o HEO.

Aun cuando la cobertura de múltiples haces puntuales asegurará las mejores características del sistema, no se considerará como un requisito obligatorio de éste.

4.3.2.1.3 Satélites

La W-C/TDMA no se asocia a ninguna arquitectura particular de satélite. Puede funcionar con un transpondedor de satélite transparente acodado o con una arquitectura de transpondedor regenerativo.

4.3.2.2 Descripción del sistema

4.3.2.2.1 Características del servicio

Dependiendo de la clase de la ETM, la W-C/TDMA sirve para servicios portadores que van desde 1,2 kbit/s hasta 144 kbit/s con una tasa de errores en los bits (VER) máxima comprendida entre 1×10^{-3} y 1×10^{-6} .

El retardo máximo admitido es de 400 ms, lo que es compatible con cualquiera de las constelaciones de satélite mencionadas.

4.3.2.2.2 Características del sistema

En el enlace directo y en el de retorno puede haber dos velocidades de dispersión, 3,840 Mchip/s (velocidad normal de chip) y 1,920 Mchip/s (semivelocidad de chip).

Se aplica el control de potencia en bucle cerrado para el enlace directo y el de retorno. El bucle se controla para fijar el valor de la SNIR medida después de la combinación RAKE en un valor objetivo. El valor objetivo se modifica de forma adaptable por medio de un bucle de control exterior más lento que se basa en las mediciones de la FER. Para poder efectuar las mediciones FER se adjunta un código de redundancia cíclica de 8 bit (4 bit para 2 400 bit/s) a los datos en cada trama.

Hay un control de potencia en bucle abierto para cada transmisión de paquetes y una fijación inicial de la potencia durante la fase de establecimiento de la llamada.

Puede haber tres clases de servicio básico mediante una concatenación de la codificación y el entrelazado:

- servicios normalizados con codificación interior (convolucional de velocidad 1/3, polinomios 557, 663, 711) y entrelazado únicamente con una BER objetivo de 1×10^{-3} ;
- servicios de gran calidad con codificación interior y entrelazado, más codificación RS exterior y entrelazado. La BER pretendida tras la decodificación interior es del 1×10^{-6} ;
- servicios con codificación específica de éste. Para estos servicios, la interfaz radioeléctrica no aplica ninguna técnica de codificación FEC específica. La posible codificación FEC gestiona plenamente en una capa superior.

Estas clases permiten adaptarse a los diversos requisitos de la calidad de los servicios de satélites seleccionados y permiten si es necesario mejoras de la calidad de servicio mediante la elección de codificación específica de éste.

El esquema de entrelazado se negocia en el establecimiento de la llamada, dependiendo de la velocidad de datos real. La profundidad del entrelazado es un múltiplo entero del periodo de trama. El bloque de entrelazados se escribe por filas a lo largo de una serie de columnas, siendo una potencia de dos y dependiendo el exponente de la velocidad de datos real. En la recepción, el bloque de entrelazados se lee por columnas en una secuencia intercalada, es decir, leyendo el índice de la columna binaria en orden inverso.

Diversidad de satélites

En un escenario de cobertura múltiple de satélite, la ETT puede decidir combinar señales del enlace de retorno de los satélites que tienen la misma cobertura con la señal del enlace de retorno recibida a través del satélite primario, a fin de mejorar la SNIR y de reducir la probabilidad de ensombrecimiento. Como el funcionamiento cuasi-síncrono se limita al satélite primario, la SIR resultante en un demodulador de satélite secundario en el que el usuario se recibe de forma asíncrona suele ser inferior. A pesar de estas desigualdades de SIR, puede demostrarse que se obtiene una ganancia considerable aplicando las técnicas de combinación de relación máxima que pueden utilizarse para aumentar la eficacia de la potencia y la capacidad en el enlace de retorno.

Descripción del acceso

En el enlace directo desde la estación de satélite a la ETM, se adopta una MDTC ortogonal. En el enlace de retorno, desde la ETM a la estación de satélite cuasi-síncrona, se adopta la W-C/TDMA.

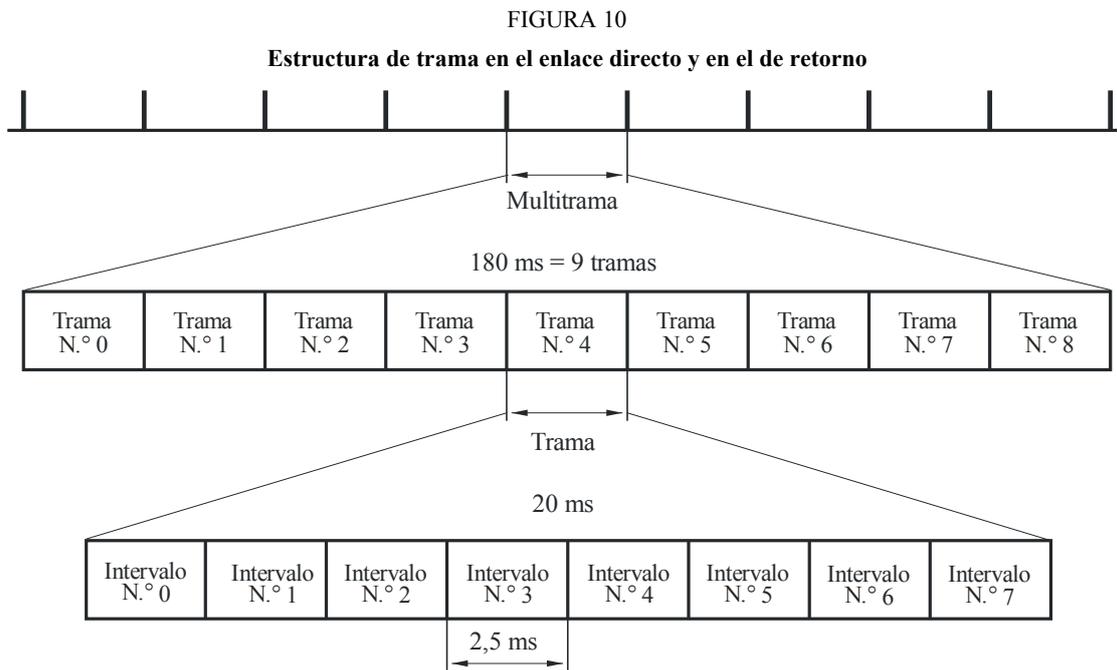
La transmisión se organiza en tramas, tal como se representa en la Fig. 10. El periodo de trama es de 20 ms y se divide en 8 intervalos de tiempo. Las tramas se agrupan en multitramas (MF, periodo 180 ms) que consta de 8 tramas ordinarias más una trama adicional.

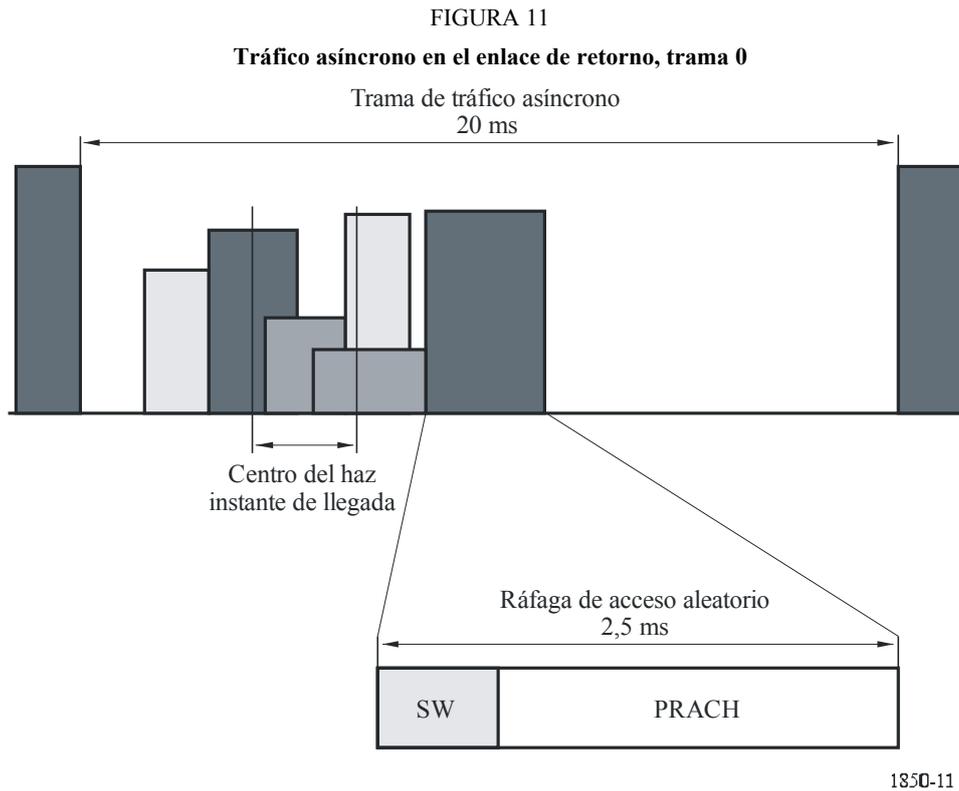
La coexistencia entre tráfico síncrono y asíncrono (acceso inicial) se aborda con un enfoque de segregación, según el cual los recursos disponibles se reparten en el tiempo en dos tramas, reservada cada una a su utilización específica.

En la trama del enlace directo, el 0 se dedica a las funciones comunes de radiodifusión (radiobúsqueda, canal de mensajería de gran penetración, sincronismo, etc.).

La primera trama de cada MF (trama 0) se reserva al tráfico asíncrono: en el enlace de retorno, la ETM envía los paquetes de forma asíncrona en la trama 0 de cada multitrama, tal como se representa en la Fig. 11.

Ráfagas – La transmisión se produce en ráfagas que pueden tener una duración de un único intervalo de tiempo o pueden prolongarse a lo largo de un número entero de intervalos de tiempo.





En el caso de tráfico síncrono, la ráfaga puede durar un número entero de intervalos de tiempo, no necesariamente contiguos.

En el caso de tráfico asíncrono, las ráfagas se transmiten, en una trama no estructurada en intervalos, en instantes aleatorios, cuidando de no invadir las tramas adyacentes.

Se prevén dos tamaños de ráfagas: breve, que contiene 160 bytes y larga que contiene 320 bytes.

La duración de una ráfaga depende de la velocidad de segmentos seleccionada y del factor de dispersión.

El tamaño de la ráfaga y el factor de dispersión están controlados por la ETT y no pueden modificarse durante una sesión. La velocidad de información puede variarse de ráfaga a ráfaga.

Enlace directo

DCPCH/DDPCH – En el enlace directo, DCPCH y DDPCH se multiplexan en la misma ráfaga (ráfaga especial del enlace directo). La Fig. 12 muestra la estructura de la ráfaga.

El DPCCH transporta los símbolos (piloto) de referencia, el campo de control de potencia (TPC), el encabezamiento de control de trama (FCH), que indica la relación de código real, y el campo de control de tiempo y frecuencia (TFC), requerido para el funcionamiento cuasi-síncrono.

FIGURA 12
Ráfaga especial del enlace directo

| DCPCH | | | | DDPCH |
|---|-----------|-----------|-------------|------------------|
| FCH | TPC | TFC | Piloto | Datos de usuario |
| n_{FFD} | n_{TPD} | n_{TFD} | (n_{PFD}) | n_{DFD} |
| n_{OFD} | | | | |
| Datos de control y de usuario entrelazados, símbolos piloto igualmente espaciados | | | | |
| 1, 2 ó 4 intervalos | | | | |

1850-12

La ráfaga común del enlace directo transporta el CCPCH. Su estructura se muestra en la Fig. 13.

FIGURA 13
Ráfaga común del enlace directo

| CCPCH | |
|--|-----------|
| FCH | Datos |
| n_{FFC} | n_{DFC} |
| n_{OFC} | |
| Datos de control y de usuario entrelazados | |
| 1, 2 ó 4 intervalos | |

1850-13

La ráfaga de sincronismo del enlace directo transporta el canal de búsqueda de alta penetración (HP-CCPCH). Su estructura se muestra en la Fig. 14.

FIGURA 14
Ráfaga de sincronismo del enlace directo

| HP-CCPCH | | |
|-------------|---------------------------------------|-----------|
| SW | Piloto | Datos |
| n_{SWS} | n_{PFS} | n_{DFS} |
| n_{OFS} | | |
| SW | Símbolos piloto igualmente espaciados | |
| 1 intervalo | | |

18.50-14

Enlace de retorno

Se prevén dos estructuras de ráfaga en el enlace de retorno: ráfaga de acceso aleatorio y ráfaga especial del enlace de retorno. Sus estructuras se representan en las Figs. 15 y 16, respectivamente.

FIGURA 15
Ráfaga de acceso aleatorio del enlace de retorno

| PRACH | | |
|-------------|---------------------------------------|-----------|
| SW | Piloto | Datos |
| n_{SRR} | n_{PRR} | n_{DRR} |
| n_{ORR} | | |
| SW | Símbolos piloto igualmente espaciados | |
| 1 intervalo | | |

18.50-15

FIGURA 16

Ráfaga especial del enlace de retorno

| DCPCH | | | DDPCH |
|--|-----------|-------------|------------------|
| FCH | TPC | Piloto | Datos de usuario |
| n_{FRD} | n_{TRD} | (n_{PRD}) | n_{DRD} |
| n_{ORD} | | | |
| Datos de control y de usuario etrelazados, símbolos piloto igualmente espaciados | | | |
| 1, 2 ó 4 intervalos | | | |

18.50-16

Definición de los parámetros de ráfaga

Los parámetros de ráfaga se definen en los Cuadros 7 a 11.

CUADRO 7

Ráfaga especial del enlace directo

| | | Ráfaga breve | | Ráfaga larga | |
|---------------------|-------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | | Símbolos | Porcentaje | Símbolos | Porcentaje |
| Total | N_{OFD} | 160 | 100 | 320 | 100 |
| Datos | N_{DFD} | 112 | 70 | 256 | 80 |
| (Piloto) | (N_{PFD}) | (16) | (10) | (32) | (10) |
| FCH | N_{FFD} | 16 | 10 | 16 | 5 |
| TPC | N_{TFD} | 8 | 5 | 8 | 2,5 |
| TFC | N_{TFD} | 8 | 5 | 8 | 2,5 |
| Total suplementario | | 48 | 30 | 64 | 20 |

CUADRO 8

Ráfaga de control común del enlace directo

| | | Ráfaga breve | | Ráfaga larga | |
|---------------------|-----------|--------------|------------|--------------|------------|
| | | Símbolos | Porcentaje | Símbolos | Porcentaje |
| Total | N_{OFC} | 160 | 100 | 320 | 100 |
| Datos | N_{DFC} | 144 | 90 | 304 | 95 |
| FCH | N_{FFC} | 16 | 10 | 16 | 5 |
| Total suplementario | | 16 | 10 | 16 | 5 |

CUADRO 9

Ráfaga de sincronismo del enlace directo

| | | Ráfaga breve | |
|---------------------|-----------|--------------|------------|
| | | Símbolos | Porcentaje |
| Total | N_{OFS} | 160 | 100 |
| Datos | N_{DFS} | 112 | 70 |
| SW | N_{SWS} | 32 | 20 |
| Piloto | N_{PFS} | 16 | 10 |
| Total suplementario | | 48 | 30 |

CUADRO 10

Ráfaga de acceso aleatorio

| | | Ráfaga breve | |
|---------------------|-----------|--------------|------------|
| | | Símbolos | Porcentaje |
| Total | N_{ORR} | 160 | 100 |
| Datos | N_{DRR} | 112 | 70 |
| SW | N_{SRR} | 32 | 20 |
| Piloto | N_{PRR} | 16 | 10 |
| Total suplementario | | 48 | 30 |

CUADRO 11

Ráfaga especial del enlace de retorno

| | | Ráfaga breve | | Ráfaga larga | |
|---------------------|-----------|--------------|------------|--------------|------------|
| | | Símbolos | Porcentaje | Símbolos | Porcentaje |
| Total | N_{ORD} | 160 | 100 | 320 | 100 |
| Datos | N_{DRD} | 120 | 75 | 264 | 82,5 |
| Piloto | N_{PRD} | 16 | 10 | 32 | 10 |
| FCH | N_{FRD} | 16 | 10 | 16 | 5 |
| TPC | N_{TRD} | 8 | 5 | 8 | 2,5 |
| Total suplementario | | 40 | 25 | 56 | 17,5 |

Asignación de canales y modos de transmisión

La combinación de una asignación de un número de código de dispersión y de intervalos de tiempo en una multitrama constituye una asignación de canal virtual. El número de códigos será probablemente igual a uno, pero pudiera ser superior a uno si se consideran las ETM capaces de recepción y/o transmisión multicódigo. La asignación de intervalos a canales dedicados se limita a las tramas N.º 1 a N.º 8 (N.º 5 en la opción 5 tramas por multitrama). Una asignación de canal es válida durante una sesión.

El principio de los códigos OVVSF permite la coexistencia de canales ortogonales o cuasi ortogonales con códigos asociados a distintos factores de dispersión. La ETT asigna el código de dispersión, los intervalos, el tipo de ráfaga y otros parámetros del enlace al enlace directo y al de retorno durante el establecimiento de una sesión. Se propone no modificar el código de dispersión (factor de dispersión) durante una sesión. La transmisión de velocidad variable se realiza únicamente modificando la velocidad de código.

Se consideran distintos modos de transmisión:

- Transmisión en modo de tren bidireccional: se asigna un canal de comunicación en el enlace directo y en el de retorno.
- Transmisión unidireccional en modo de tren en el enlace directo: se asigna un canal de comunicación únicamente en el enlace directo.
- Transmisión unidireccional en modo de tren en el enlace de retorno: este modo está prohibido, pues no hay posibilidad de enviar instrucciones TFC en el enlace directo.
- Transferencia de datos por paquetes: si la frecuencia de los paquetes enviados al mismo destino es reducida, no se asignará ningún canal y los paquetes se transferirán en la trama 0. Ello es válido para ambos sentidos. (Para la transferencia de paquetes en el sentido de retorno se utilizarán preferiblemente zonas situadas en los extremos de la trama 0 en donde se supone que la congestión es inferior). Si la frecuencia de los paquetes enviados al mismo destino es suficientemente elevada para justificar una sesión, puede asignarse un canal especializado en las tramas 1 a 8.

Es crucial efectuar una elección óptima del umbral de justificación para una asignación de un canal especializado en la transferencia de datos por paquetes. Debe evitarse la sobrecarga de la trama 0, en particular en el enlace de retorno, y economizar potencia del satélite. La transferencia de datos por paquetes sin conexión no permite el control de potencia. Así pues, han de preverse márgenes de enlaces superiores para la transmisión de paquetes que exija más potencia del satélite. Por otro lado, la asignación de canales exige un exceso de señalización que también requiere energía adicional del satélite y reduce la capacidad.

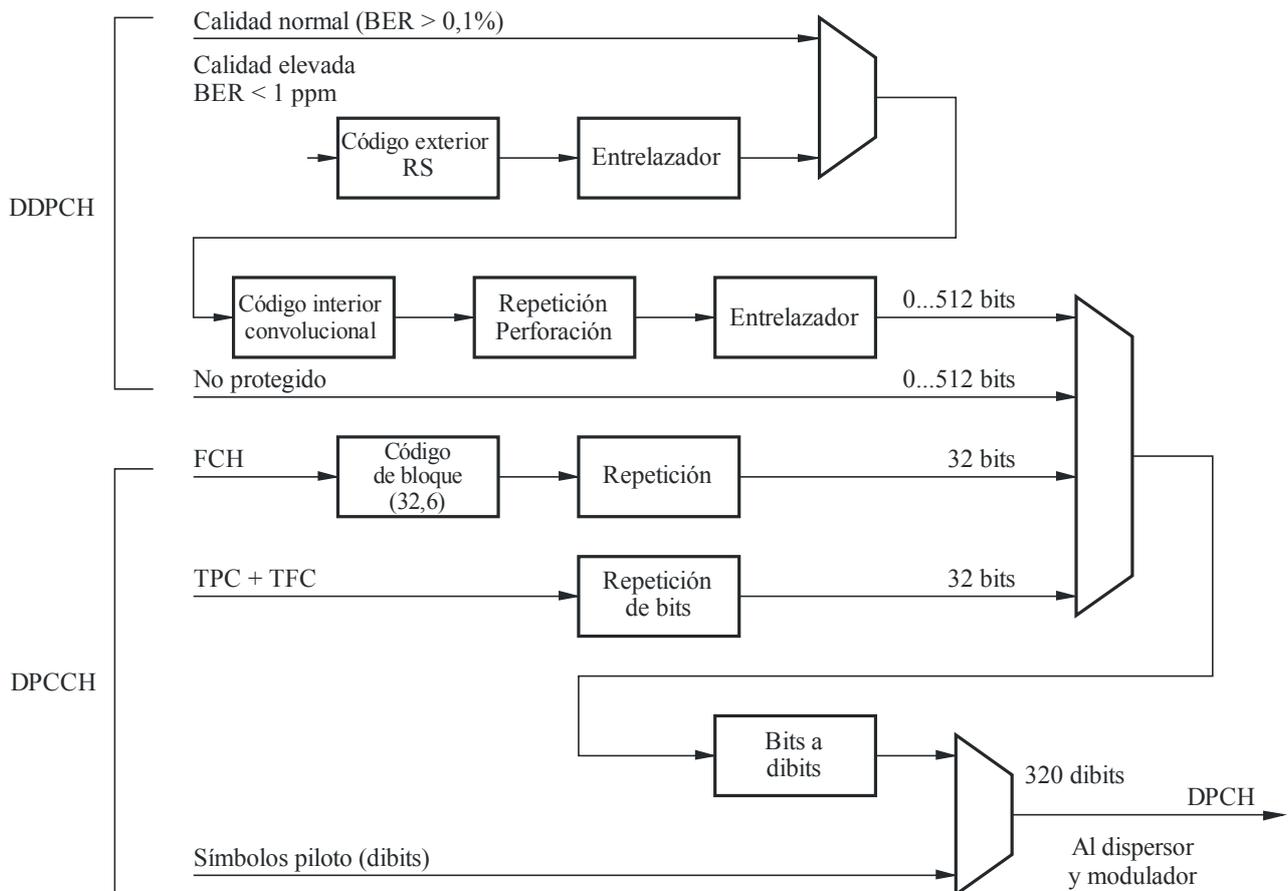
Codificación del canal, adaptador de velocidad y multiplexación de servicio

La Fig. 17 muestra la codificación del canal y el esquema de multiplexación del servicio, que son aplicables al canal físico dedicado del enlace directo y de retorno. El diagrama es genérico y se aplica en el caso sencillo en el que se transmite únicamente un servicio con calidad y velocidad especificadas, con una única ráfaga, en un canal de código único, así como en el caso más general en que se transmiten simultáneamente múltiples servicios que requieren velocidades y calidades distintas, por una ráfaga única en un canal de código único.

En la parte FCH de la Figura se indican los esquemas de demultiplexado y de decodificación que se aplican en el extremo receptor.

FIGURA 17

Esquema de codificación y multiplexión



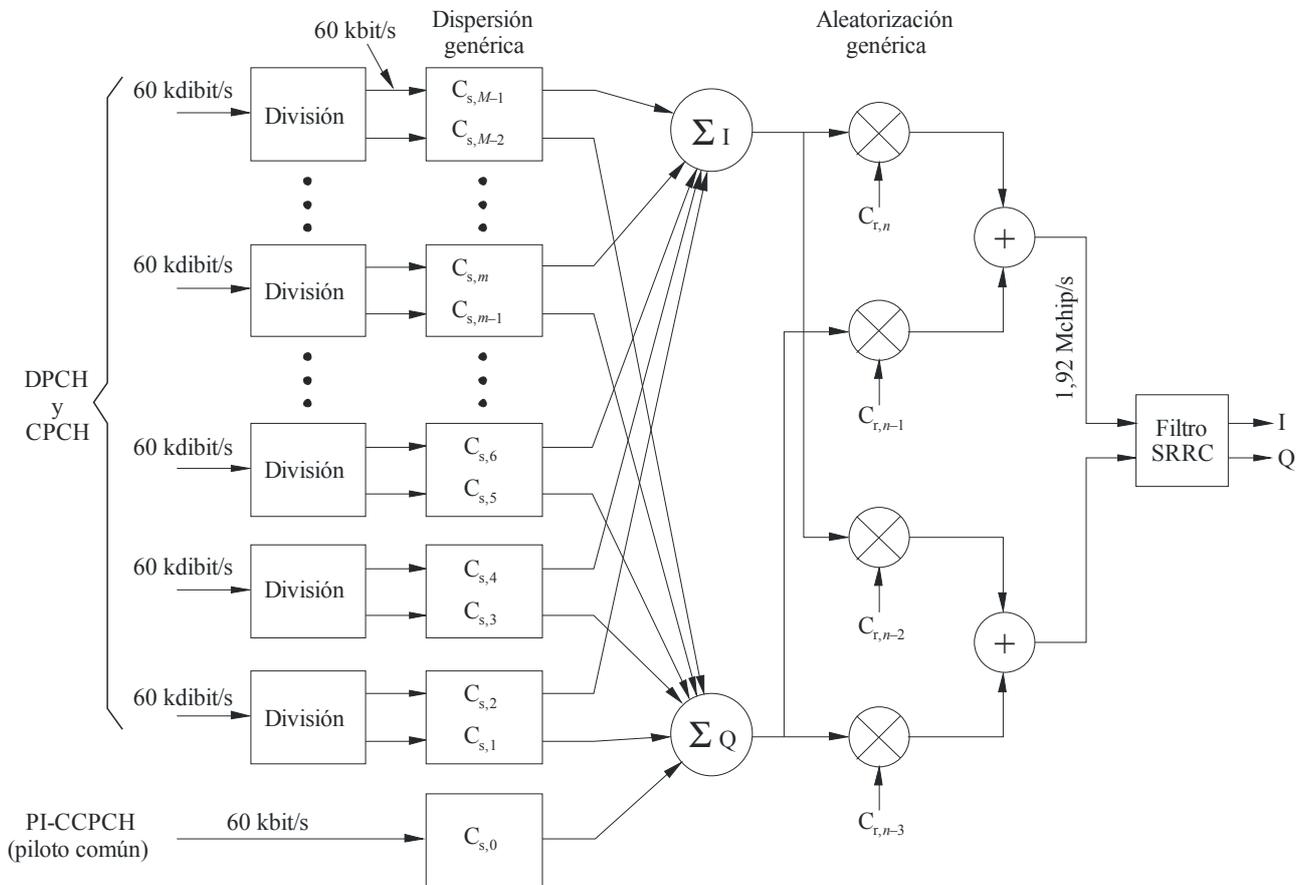
1850-17

Modulación y dispersión

La Fig. 18 representa el dispersor y modulador genéricos propuestos para los enlaces directo y de retorno, respectivamente. A continuación se describe el principio del esquema propuesto de dispersión y modulación para los enlaces directo y de retorno: Tras insertar (multiplexión) los símbolos piloto (dibits) (si es preciso), el tren de dibits se divide en dos trenes de datos bipolares, denominados tren I y tren Q. Estos datos, con una temporización de velocidad de símbolos se multiplican con los componentes bipolares del vector de código de dispersión denominado $c_{s,m}$, con una temporización a la velocidad de chip, de forma que una muestra de datos bipolar sea un factor escalar del vector de código. Esta operación se denomina dispersión o canalización.

FIGURA 18

Dispersor y modulador genéricos del enlace directo
 (las velocidades indicadas se refieren a la opción 1,920 Mchisp/s
 y a un factor de ensanchamiento de 32)



1850-18

A las secuencias de transmisión con dispersión I y Q se les vuelve a aplicar una nueva aleatorización utilizando secuencias de seudo ruido bipolares denominadas códigos de aleatorización, $c_{r,n}$, de forma que la señal de transmisión tiene la forma de un ruido en un receptor que no está sincronizado o que reutiliza el mismo código de dispersión. Hay tres formas distintas de efectuar la aleatorización:

- aleatorización real, utilizando un código de aleatorización único;
- aleatorización compleja utilizando una pareja de códigos de aleatorización y una multiplicación compleja plena;
- aleatorización independiente I/Q, utilizando una pareja de códigos de aleatorización de forma que un código se multiplica por la señal de la rama I y el otro código con la señal de la rama Q.

El Cuadro 12 enumera posibles configuraciones de códigos para la MDP-4 y la MDP-2, utilizando aleatorización real o compleja.

CUADRO 12

Configuraciones de código de dispersión y aleatorización

| Modulación de datos | Códigos de dispersión | Códigos de aleatorización | Observaciones |
|---------------------|--------------------------|--|--|
| MDP-4 | $c_{s,m} = c_{s,m-1}$ | $c_{r,n} = c_{r,n-3}, c_{r,n-1} = c_{r,n-2} = 0$ | Aleatorización real |
| MDP-4 | $c_{s,m} = c_{s,m-1}$ | $c_{r,n} = c_{r,n-2} \neq c_{r,n-1} = c_{r,n-3}$ | Aleatorización compleja |
| MDP-2 doble | $c_{s,m} = c_{s,m-1}$ | $c_{r,n} = c_{r,n-3}, c_{r,n-1} = c_{r,n-2} = 0$ | Aleatorización distinta en las ramas I y Q |
| MDP-2 doble | $c_{s,m} \neq c_{s,m-1}$ | $c_{r,n} = c_{r,n-3}, c_{r,n-1} = c_{r,n-2} = 0$ | Aleatorización real |
| MDP-2 doble | $c_{s,m} \neq c_{s,m-1}$ | $c_{r,n} = c_{r,n-2} \neq c_{r,n-1} = c_{r,n-3}$ | Aleatorización compleja |

De conformidad con el esquema aplicable a la interfaz radioeléctrica terrenal correspondiente, se proponen códigos de factor de dispersión ortogonal variable (OVSF) basados en un conjunto de códigos Walsh-Hadamard de longitud 128 bits para la opción de 1,920 Mchip/s y un conjunto de códigos Walsh-Hadamard de longitud 256 bits para la opción de 3,840 Mchip/s.

Enlace directo

La Fig. 18 muestra la forma genérica del dispersor y del modulador del enlace directo. Excepto lo que se refiere al canal piloto común (PI-CCPCH) pueden aplicarse configuraciones distintas de códigos de dispersión y aleatorización. Como se aplica a la misma aleatorización a todos los canales del enlace directo transmitido simultáneamente, la suma es anterior a la aleatorización.

Se propone utilizar la MDP-4 o la MDP-2 doble y la aleatorización real para los DPCH y CPCH. Normalmente, se transmiten simultáneamente múltiples canales de código por el enlace directo, lo que se traduce en cualquier caso en una distribución de amplitudes I/Q circular. Así pues, la aleatorización real es adecuada y exige un mínimo de complejidad.

La utilización de la MDP-2 doble reduce el número de canales de código ortogonal a la mitad, pues se aplican códigos de dispersión distintos a las ramas I y Q. El código simple de dispersión con MDP-2 doble y aleatorización independiente I/Q representa una forma de evitar la limitación anterior de códigos a expensas de una mayor sensibilidad a los errores de fase en la portadora.

Se utiliza la MDP-2 doble con aleatorización real para la ráfaga de sincronismo (HP-CCPCH). Se hace corresponder el PI-CCPCH con el código de dispersión N.º 0 que es una secuencia de todos «1». Los datos PI-CCPCH constituyen simplemente una secuencia sin fin de 1 s interrumpida en los intervalos en los que se transmite la ráfaga de sincronismo. Así pues el PI-CCPCH es en sí mismo el código de aleatorización.

Enlace de retorno

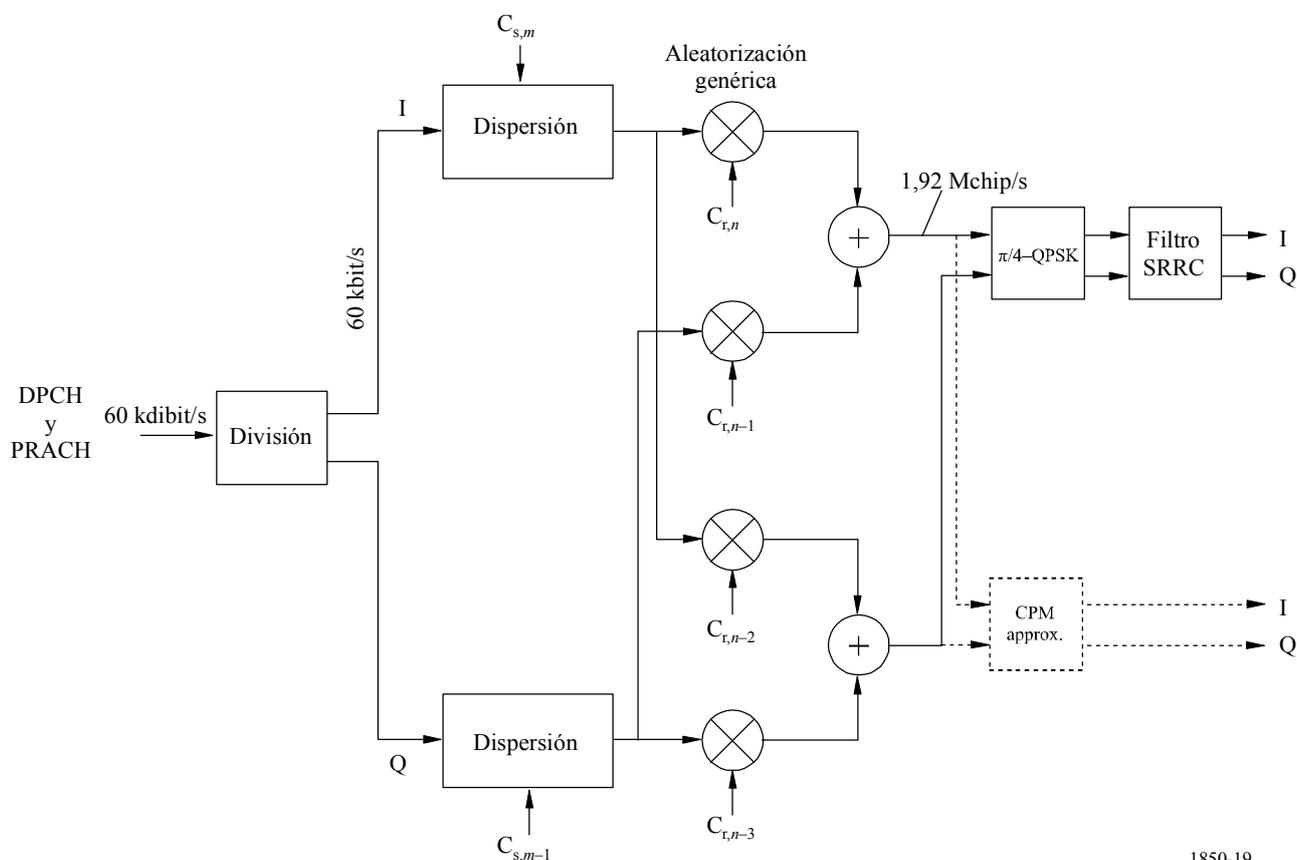
La Fig. 19 muestra la forma genérica del dispersor y el modulador del enlace de retorno. Al igual que en el enlace directo, pueden aplicarse distintas configuraciones de dispersión y de códigos de aleatorización.

Se propone la utilización de una modulación de datos MDP-4 o MDP-2 doble, con aleatorización compleja para el DPCH. La utilización de la MDP-2 doble ortogonal reduce el número de canales de código a la mitad. Puede considerarse la MDP-2 doble con dispersión independiente I/Q (sin reducción del canal de código) cuando hay que tener en cuenta el tamaño del código. Se propone el esquema más robusto de MDP-2 doble con aleatorización compleja para las ráfagas de acceso aleatorio (PRACH).

A diferencia del enlace directo, se propone la modulación con dispersión MDP-4 $\pi/4$ a fin de reducir las fluctuaciones de envolvente. Como opción, cabe prever la modulación de frecuencia precompensada (PFM) que es una técnica de modulación de envolvente constante concebida para el funcionamiento con un receptor normal de filtro de Nyquist MDP-4 $\pi/4$. La PFM representa un compromiso entre la interferencia de canal adyacente (banda de frecuencias) (ACI), la diafonía del canal de código y las características en términos de BER en condiciones AWGN.

FIGURA 19

Dispersor y modulador genéricos del enlace directo
(las velocidades indicadas se refieren a la opción 1,920 Mchisp/s
y a un factor de ensanchamiento de 32)



1850-19

Referencia temporal y de frecuencia del sistema

Se supone que la referencia temporal y de frecuencia del sistema está situada virtualmente en el satélite. Esto significa que las señales emitidas por el satélite corresponden a las frecuencias y la temporización nominales. En el caso de un transpondedor transparente, la ETT desvía los tiempos de transmisión, frecuencias, velocidades de segmentos, etc., del enlace ascendente de conexión, de forma que las señales llegan al satélite destinatario en sincronismo con la frecuencia y temporización nominales del sistema. Pueden aplicarse adicionalmente en los enlaces de servicio derivas temporales específicas en el haz y pre-compensación Doppler. En el enlace de retorno se supone que la ETT controla la temporización de cada uno de los MT, de forma que las señales del enlace de retorno llegan al satélite destinatario en cuasi-sincronismo con la temporización y la frecuencia nominales del sistema. Pueden aplicarse adicionalmente derivas temporales específicas del haz y desviaciones de frecuencia en los enlace de retorno del servicio.

El enlace descendente de conexión no necesita especificaciones en este contexto, pues el tiempo de propagación en el alimentador varía de forma exactamente igual en todos los haces.

Sincronismo entre haces para un mismo satélite

Se propone mantener los tiempos de transmisión (estructura de trama) en todos los haces del satélite alineados. Habrá pequeñas desviaciones intencionales del orden de algunos periodos de chip, a fin de permitir la reutilización del mismo código de aleatorización en todos los haces del mismo satélite.

Las desviaciones temporales serán también necesarias para la estructura de trama del enlace de retorno de las señales que llegan al satélite por haces distintos, en el caso de que se utilice el mismo código de aleatorización para todos los haces de un satélite. Se proponen las mismas desviaciones temporales en la estructura de trama del enlace de retorno. La ETT controla los MT de forma que en el receptor de la ETT se produzcan las desviaciones mencionadas.

En general, habrá una desviación fija entre la estructura de trama del enlace directo y del enlace de retorno.

Sincronismo entre satélites en todo el sistema

Se propone mantener el sincronismo temporal entre todos los satélites que pertenecen a la misma SRAN. Esto significa la alineación de las transmisiones procedentes de distintos satélites en una sola, respecto a la estructura de trama, con una precisión del orden de 1 ms. En el caso de cargas útiles transparentes y enlaces entre satélites, puede mantenerse el sincronismo a lo largo de todo el sistema interconectando las ETT a través de una red terrenal. La alineación temporal limita las diferencias de temporización en la trama entre pares de satélites al mínimo posible. Se considera que esto será ventajoso para la diversidad de trayecto del satélite y el traspaso.

Asignación de códigos de aleatorización

El objetivo de la aleatorización del código de dispersión es hacer que la interferencia del haz adyacente y la interferencia entre satélites parezca más a un ruido en cualquier situación y en cualquier momento. Se propone el siguiente enfoque de asignación de códigos genéricos de aleatorización:

- Se asigna una secuencia de códigos de aleatorización específica y una común (aleatorización real) a cada satélite que pertenezca a la misma SRAN que haya de utilizarse en el enlace directo.
- Se asigna un par específico de códigos de aleatorización (aleatorización compleja) a cada satélite perteneciente a la misma SRAN que haya que utilizar en el enlace de retorno.
- El código de aleatorización específico del enlace directo es único en la SRAN y se aplica a todas las transmisiones de enlace directo (excepto en la ráfaga de sincronismo) de todos los haces del mismo satélite.
- El par específico de enlace de retorno es único en la SRAN y se aplica a todas las transmisiones cuasi síncronas y asíncronas del enlace de retorno de todos los haces del mismo satélite.
- Se aplica el código común a las ráfagas de sincronismo del enlace directo (HP-CCPCH) de todos los haces de todos los satélites pertenecientes a la misma SRAN.
- El inicio de los códigos de aleatorización específicos y comunes se refiere al primer segmento del intervalo N.º 1 de la trama N.º 0 para el tráfico síncrono del enlace directo y cuasi-síncrono del enlace de retorno. La temporización del código de aleatorización es continua en cualquier periodo de la transmisión HP-CCPCH por el enlace directo o de la trama de tráfico asíncrono por el enlace de retorno, cuando se interrumpe el tráfico cuasi síncrono.
- En el caso de tráfico asíncrono, el inicio de las secuencias de código de aleatorización del par específico se refiere al primer segmento de la ráfaga de acceso aleatorio.

La utilización de un código de aleatorización común para las ráfagas de sincronismo simplifica la adquisición del enlace directo y permite la codificación del HP-CCPCH con mínima información del sistema. Con este enfoque es inevitable la desaleatorización de la interferencia accidental en el caso de recepción HP-CCPCH. A fin de reducir la probabilidad de fallo de adquisición o pérdidas de mensaje en las zonas de coincidencia de retardos en un escenario de satélites múltiples, se propone variar artificialmente la potencia de las ráfagas de sincronismo transmitidas por los distintos satélites en unos 6 dB, de forma tal que sólo uno de los satélites de servicio transmita en un momento toda su potencia. La variación de potencia se aplicaría únicamente en los haces que cubren las zonas de coincidencia de retardo.

Adquisición y sincronismo en el enlace directo

Se propone el siguiente procedimiento de adquisición y sincronismo del enlace directo:

- La ETM adquiere inicialmente el sincronismo del enlace directo (temporización y frecuencia) utilizando las SW periódicas transmitidas en el intervalo N.º 1 de la trama N.º 0. La SW con dispersión tiene una longitud de $32 \times 30 = 960$ segmentos (para la opción de velocidad mitad) y es común para todos los haces y satélites.
- Si se detectan diversas SW procedentes de haces o satélites distintos, se elige la asociada a la cresta de correlación más alta a fin de establecer el sincronismo de frecuencia, de trama, de símbolos y de segmentos.

- La ETM utiliza el canal piloto común (PI-CCPCH) para extraer el código único de aleatorización del satélite en particular, estableciendo la correlación entre la señal recibida y todas las posibles secuencias de aleatorización utilizadas en la SRAN.
- La ETM trata de mejorar aún más el sincronismo de temporización y de frecuencia utilizando el PI-CCPCH.
- La ETM lee el BCCH transmitido por un CCPCH primario en la trama N.º 0 para adquirir toda la información pertinente de sincronismo de alto nivel y del sistema.

Adquisición del sincronismo en el enlace de retorno

Se propone el procedimiento siguiente para el acceso inicial y la adquisición y seguimiento del sincronismo en el enlace de retorno:

- Se permite a la ETM acceder a la ETT sólo tras haber establecido satisfactoriamente el sincronismo del enlace directo.
- La ETM lee la información sobre retorno instantáneo Doppler y de temporización en el punto central del haz que emite la ETT en la trama N.º 0.
- La ETM aplica una precompensación Doppler y un avance de temporización, de forma que la ráfaga de acceso aleatorio se recibe en el satélite con deriva Doppler y error de temporización mínimos. Por tanto, la ETM calcula la precompensación de frecuencia y la temporización de ráfaga que debe aplicarse en el enlace de retorno, utilizando información obtenida en el enlace directo.
- La ETM transmite la ráfaga de acceso aleatorio pre-compensada en la trama N.º 0 en el instante calculado. La temporización calculada en las ráfagas de acceso aleatorio se debe además aleatorizar ligeramente para evitar los puntos negros de interferencia en la trama de tráfico asíncrono. No obstante, estas desviaciones tienen que indicarse en el contenido de la ráfaga de acceso aleatorio.
- Si la ETT ha capturado satisfactoriamente la ráfaga de acceso aleatorio, estima la temporización y la frecuencia (mide los errores residuales de temporización y Doppler) y envía una asignación de canal así como correcciones de temporización y de frecuencia a la ETM utilizando un CCPCH.
- Tras recibir satisfactoriamente el mensaje del enlace directo, la ETM corrige su precompensación Doppler y la temporización de segmentos y empieza a transmitir ráfagas en los intervalos de tiempo asignados en las tramas de tráfico cuasi-síncrono. La transmisión del enlace de retorno puede entonces considerarse cuasi-síncrona para otro tráfico que llegue a la ETT. Puede considerarse al enlace de retorno como precompensado Doppler plenamente respecto a la frecuencia portadora y al reloj de chips.
- La ETM sigue continuamente la frecuencia portadora del enlace directo y la temporización de segmentos, y corrige la frecuencia portadora y la temporización de segmentos del enlace de retorno tras recibir las instrucciones TPC enviadas continuamente por la ETT.

Reconociendo que la sincronización precisa requerida puede perderse ocasionalmente (es decir, a causa del apantallamiento), se define también un procedimiento de readquisición a fin de restablecer rápidamente el sincronismo.

Puede indicarse una pérdida de sincronismo en la ETT o la ETM por el hecho de que la BER medida en una serie de ráfagas recibidas excede un cierto umbral. En el caso de pérdida de sincronismo, la ETT puede iniciar un procedimiento de readquisición. Dicho procedimiento de readquisición es similar al del enlace directo y del enlace de retorno y se propone que sea de la siguiente manera:

- La ETT solicita una readquisición utilizando el canal de control lógico especializado poco después de haber perdido el sincronismo del enlace de retorno.
- Al recibir la petición de readquisición o la indicación de pérdida de sincronismo local, la ETM detiene inmediatamente el tráfico transmitido y, si es necesario, trata de readquirir el sincronismo del enlace directo (la utilización de un piloto común puede ser suficiente para estos fines).
- En cualquier caso, la ETM envía un mensaje de readquisición únicamente tras la petición de la ETT, utilizando la ráfaga de acceso aleatorio (como puede suponerse que la incertidumbre de temporización sea pequeña comparada a la del caso de acceso inicial, pueden utilizarse para estos

fines porciones especiales próximas a los extremos de la trama de tráfico asíncrono que tengan congestión inferior).

- Tras haber restablecido plenamente el sincronismo, se reanuda la transmisión del tráfico. La ETT envía de forma continua instrucciones TFC para seguir el sincronismo del enlace de retorno.

Enlace de retorno W-C/TDMA cuasi-síncrono

La ventaja de un enlace de retorno cuasi-síncrono es que la interferencia interior al haz se mantiene en un mínimo, lo que permite una mayor interferencia entre haces o entre satélites. El inconveniente es la necesidad de un control de temporización preciso en la ETT. Considerando la diversidad de trayecto multisatélite, sólo una parte de la población de ETM se sincronizará a un satélite (las que estén asignadas a dicho satélite por la SRAN). Las señales del enlace de retorno de las restantes ETM, asignadas a satélites distintos, tendrán que recibirse asíncronamente.

Modo de funcionamiento DDF/DDT

El esquema W-C/TDMA propuesto está previsto para terminales que funcionan en modo de dúplex por división de frecuencia/tiempo. No se considera aquí un modo DDT puro que utilice la misma frecuencia portadora en ambos sentidos de transmisión, tal como el que propone el ETSI para la componente terrenal.

Una ETM que funcione en división de frecuencia/tiempo transmite y recibe señales en periodos de tiempo separados y en frecuencias portadoras separadas, pero nunca al mismo tiempo. Dichas ETM requieren diplexores más sencillos en el puerto de antena.

A diferencia de las redes terrenales, para los satélites en órbita no geoestacionaria, el tiempo de propagación puede variar significativamente dentro de la huella de un haz durante una conexión. La ETT controla la temporización del enlace de retorno de forma que la temporización de trama de las señales que llegan al satélite se mantiene en una separación específica del haz.

En general, habrá también una desviación desconocida pero fija entre la estructura de trama del enlace directo y de retorno para el mismo haz. Aunque se mantiene una temporización fija del enlace de retorno en el satélite (ETT) la temporización de las tramas del enlace de retorno deriva continuamente respecto al enlace directo para un observador situado en la ETM, cuando cambia la longitud del trayecto. Durante el tiempo en que una ETM cae en la huella del mismo haz, la desviación de la trama puede variar hasta unos 12 ms, dependiendo del sistema de satélite. La deriva relativa de trama en una ETM que funcione en DDF/DDT implica el requisito de reasignaciones de intervalos de vez en cuando, a fin de evitar un conflicto transmisión/recepción. El modo DDF/DDT es adecuado principalmente para terminales de mano.

4.3.2.2.3 Características del terminal

El W-C/TDMA sirve para cuatro clases de ETM: de mano (H), de vehículo (V), portátil (T) y fija (F). El Cuadro 13 expone las características y las clases de terminal.

CUADRO 13

Servicios portadores

| Velocidad de datos del portador (kbit/s) | Calidad de servicio válida | Clase de ETM |
|--|-----------------------------|--------------|
| 1,2 | 10^{-6} | H,V,T,F |
| 2,4 | $10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$ | H,V,T,F |
| 4,8 | $10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$ | H,V,T,F |
| 9,6 | $10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$ | H,V,T,F |
| 16 | $10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$ | H,V,T,F |
| 32 | $10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$ | V,T,F |
| 64 | $10^{-5}, 10^{-6}$ | V,T,F |
| 144 | $10^{-5}, 10^{-6}$ | T,F |

4.3.2.3 Especificaciones de RF

4.3.2.3.1 Estación de satélite

Las especificaciones de RF de la estación de satélite dependen de la arquitectura real del segmento espacial.

4.3.2.3.2 ETM

El Cuadro 14 expone las especificaciones de RF de las distintas clases de ETM.

CUADRO 14
Especificación de la RF de la ETM

| Parámetro de RF | Clase de ETM | | |
|--|---|---|---|
| | H | V | T |
| Anchura de banda del canal (kHz) | 2 350 ⁽¹⁾ , 4 700 ⁽²⁾ | 2 350 ⁽¹⁾ , 4 700 ⁽²⁾ | 2 350 ⁽¹⁾ , 4 700 ⁽²⁾ |
| Estabilidad de frecuencia en el enlace ascendente (ppm) | 3 | 3 | 3 |
| Estabilidad de frecuencia en el enlace descendente (ppm) | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| p.i.r.e. máxima (dBW) | 8,0 ⁽³⁾ , 12,0 ⁽⁴⁾ | 11,0 ⁽³⁾ , 18,0 ⁽⁴⁾ | 20,0 ⁽³⁾ , 20,0 ⁽⁴⁾ |
| p.i.r.e. media por canal (dBW) | ⁽⁵⁾ | ⁽⁵⁾ | ⁽⁵⁾ |
| Ganancia de antena (dBi) | 2,0 | 2,0 ⁽⁶⁾ , 8,0 ⁽⁷⁾ | 4,0 ⁽⁶⁾ , 25,0 ⁽⁷⁾ |
| Gama de control de potencia (dB) | 20,0 | 20,0 | 20,0 |
| Paso de control de potencia (dB) | 0,2/1 | 0,2/1 | 0,2/1 |
| Velocidad del control de potencia (Hz) | 50 ÷ 100 | 50 ÷ 100 | 50 ÷ 100 |
| Aislamiento/transmisión/recepción (dB) | > 169 | > 169 | > 169 |
| G/T (dB/K) | - 23,0 ⁽⁶⁾ , - 22,0 ⁽⁷⁾ | - 23,5 ⁽⁶⁾ , - 20,0 ⁽⁷⁾ | - 23,5 ⁽⁶⁾ , - 20,0 ⁽⁷⁾ |
| Compensación de la deriva Doppler | Sí | Sí | No se aplica |
| Restricción de movilidad (velocidad máxima (km/h)) | 250 ⁽¹⁾ , 500 ⁽²⁾ | 250 ⁽¹⁾ , 500 ⁽²⁾ | No se aplica |

⁽¹⁾ A 1,920 Mchip/s.

⁽²⁾ A 3,840 Mchip/s.

⁽³⁾ Modo DDF/DDT.

⁽⁴⁾ Modo DDF.

⁽⁵⁾ Dependiendo de las características de la estación de satélite.

⁽⁶⁾ Valor típico para constelación LEO.

⁽⁷⁾ Valor típico para constelación GEO.

4.3.2.4 Especificaciones de la banda de base

El Cuadro 15 resume las características general de la banda de base en W-C/TDMA.

CUADRO 15
Características de la banda de base

| | | |
|--------|--|---|
| BB-1 | Acceso múltiple | |
| BB-1.1 | Técnica | <p>Enlace directo: Banda ancha híbrida MDC/MDT ortogonal (W-O-C/TDM).</p> <p>Enlace de retorno: Banda ancha híbrida CDMA/AMDT cuasi-síncrona cuasi-ortogonal (W-QS-QO-C/TDMA)</p> |
| BB-1.2 | Velocidad de segmentos | 3,840 Mchip/s o 1,920 Mchip/s |
| BB-1.3 | Intervalos de tiempo | 8 intervalos de tiempo por trama |
| BB-2 | Tipo de modulación | <ul style="list-style-type: none"> – MDP-4 o MDP-2 de código doble en el enlace ascendente. – MDP-4 o MDP-2 (velocidad de datos reducida) en el enlace descendente |
| BB-3 | Atribución dinámica de canales (sí/no) | No |
| BB-4 | Método dúplex (por ejemplo, DDF, DDT) | DDF o DDF/DDT |
| BB-5 | Corrección directa de errores | <ul style="list-style-type: none"> – Calidad normal: codificación convolucional con velocidad de código 1/3 ó 1/2 y restricción de longitud $k = 9$. Repetición de perforación variable para adaptarse a la velocidad de información requerida. – Código RS concatenado de gran calidad en GF(2⁸), concatenado con código convolucional interior de velocidad 1/3 ó 1/2, y restricción de longitud $k = 9$. Codificación turbo en opción |
| BB-6 | Entrelazado | <ul style="list-style-type: none"> – Entrelazado en ráfagas individuales (por defecto). – Entrelazado en ráfagas múltiples (opcional) |
| BB-7 | Requisito de sincronismo entre satélites | <ul style="list-style-type: none"> – Sincronismo entre ETT que trabajan en el mismo canal de satélites distintos. – Sincronismo entre ETT que trabajan en distintos canales del mismo satélite |

4.3.2.5 Especificaciones detalladas

Las especificaciones detalladas de la interfaz radioeléctrica W-C/TDMA se basan en el siguiente conjunto de documentos:

- *Capa física*: la versión más reciente de los documentos W-C/TDMA que se deriva de la serie 25.200 (véase la Nota 1).
- *Protocolos*: las versiones más recientes de los proyectos de especificaciones 25.300 (véase la Nota 2).

NOTA 1 – Este conjunto de especificaciones detalladas se está elaborando actualmente en el seno del Grupo de Trabajo TC-SES S-UMTS del ETSI entre la familia de normas voluntarias para la interfaz radioeléctrica de satélite IMT-2000. Esta especificación también ofrecerá una descripción general de la capa física de la interfaz de aire W-C/TDMA.

NOTA 2 – Elaboradas en el seno del 3GPP RAN TSG. Estos documentos figuran en la siguiente dirección Web: <http://www.3gpp.org/TSG/RAN.html>. Esta especificación describe los documentos elaborados por el 3GPP TSG RAN WG 4.

4.3.3 Especificaciones de la interfaz radioeléctrica de satélite C

SAT-CDMA es una interfaz radioeléctrica de satélite que proporciona varios servicios de telecomunicaciones móviles avanzados definidos para el entorno de satélites de las IMT-2000, con una velocidad de datos máxima de 144 kbit/s para LEO y 384 kbit/s para GEO.

Este sistema incluye una constelación de satélites que comprende 48 satélites en órbita terrestre baja para establecer las comunicaciones internacionales mundiales.

El esquema técnico principal en SAT-CDMA es el acceso múltiple por división de código en banda ancha (W-CDMA) cuya frecuencia de segmentos es 3,84 Mchip/s.

Este sistema se desarrollará de forma que se logre el mayor número posible de elementos comunes con la componente terrenal de las IMT-2000.

4.3.3.1 Descripción de la arquitectura

4.3.3.1.1 Satélites LEO

4.3.3.1.1.1 Constelación

La constelación de satélites SAT-CDMA comprende 48 satélites situados a 1 600 km en órbitas terrestres bajas (LEO), para conseguir ángulos de elevación altos, diseños económicos de la constelación de satélites, servicios con elevadas velocidades de transmisión de datos, valores bajos de las potencias de las ETM y de los satélites y una dosis de radiación razonable. Se ha considerado que la solución de utilizar satélites LEO a una altitud de 1 600 km es la más adecuada. Los satélites están dispuestos en 8 planos orbitales con una inclinación de 54°. Cada plano orbital comprende 6 satélites equiespaciados. Los satélites completan una órbita cada 118,2 min. La configuración de la constelación de satélites permite cubrir zonas de servicio entre los 69° de latitud Sur y los 69° de latitud Norte, con un ángulo de elevación mínimo de 15° para los enlaces de usuario. El ángulo de elevación mínimo para los enlaces de conexión es de 10° y se dispone de enlaces entre satélites. En el Cuadro 16 figura un resumen de los parámetros determinados para la configuración.

CUADRO 16

Configuración de la constelación de satélites

| | |
|--|-------|
| Configuración de la órbita | LEO |
| Altitud de la órbita (km) | 1 600 |
| Inclinación de la órbita (grados) | 54 |
| Número de planos orbitales | 8 |
| Número de satélites por plano orbital | 6 |
| Diferencia de fase entre satélites situados en órbitas adyacentes (grados) | 7,5 |
| Periodo orbital (min) | 118,2 |

La Fig. 20 muestra la cobertura de los enlaces de usuario para los satélites cuando el mínimo ángulo de elevación es 15°. El mínimo ángulo de elevación que debe mantenerse en una zona de población densa situada entre 30° y 60° de latitud es superior a 20° y el ángulo de elevación medio en dicha zona es superior a 40°, como muestra la Fig. 21.

FIGURA 20
Zona de cobertura de los enlaces de usuario para satélites con un ángulo de elevación mínimo de 15°

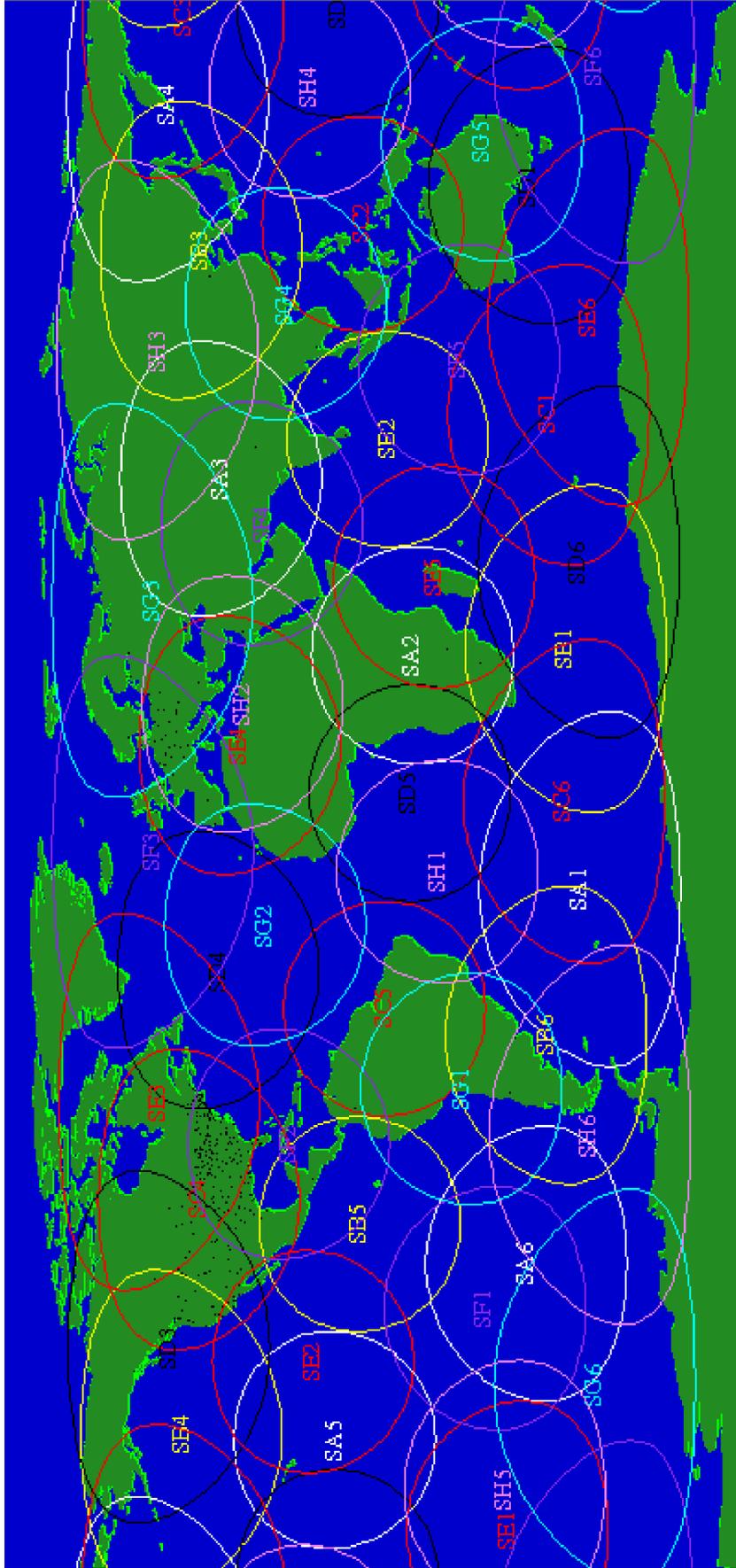
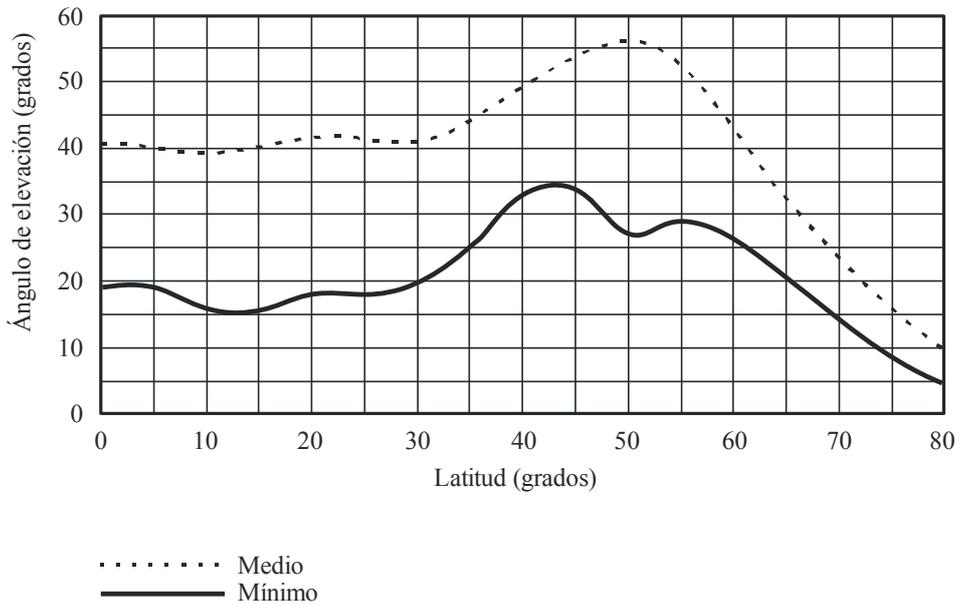


FIGURA 21

Distribuciones de los valores mínimos y medio del ángulo de elevación en función de la latitud

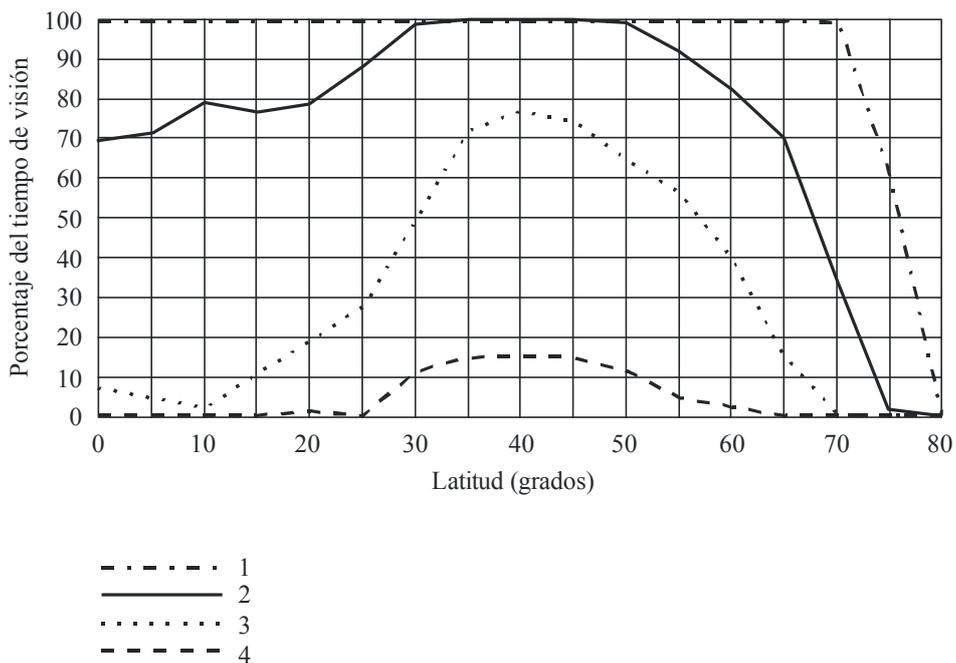


1850-21

La Fig. 22 representa el porcentaje del tiempo de visibilidad de los satélites en función del número de satélites (1 a 4) a medida que aumenta la latitud puede observarse que para un ángulo de elevación mínimo de 15°, el porcentaje de acceso simultáneo a más de dos satélites es superior al 98% en zonas de latitudes comprendidas entre 30° y 50°.

FIGURA 22

Porcentaje de tiempo de visibilidad de los satélites con un ángulo de elevación superior a 15°



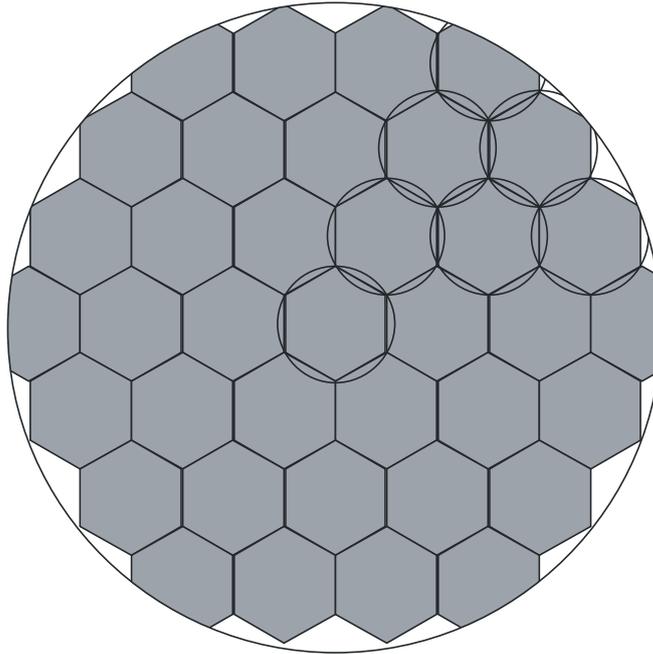
1850-22

4.3.3.1.2 Satélites

Cada satélite proporciona la cobertura de enlace móvil para el terminal de usuario mediante un conjunto de 37 haces puntuales fijos con cobertura superpuesta. La Fig. 23 representa un conjunto de configuración de haces puntuales obtenido a partir de un satélite, cuyo radio es 2 721,4 km. El diámetro de cada haz se indica en el Cuadro 17. El recorrido de la cobertura de un satélite se realiza aproximadamente en un tiempo 16 min.

FIGURA 23

Configuración de los haces puntuales de un satélite



1850-23

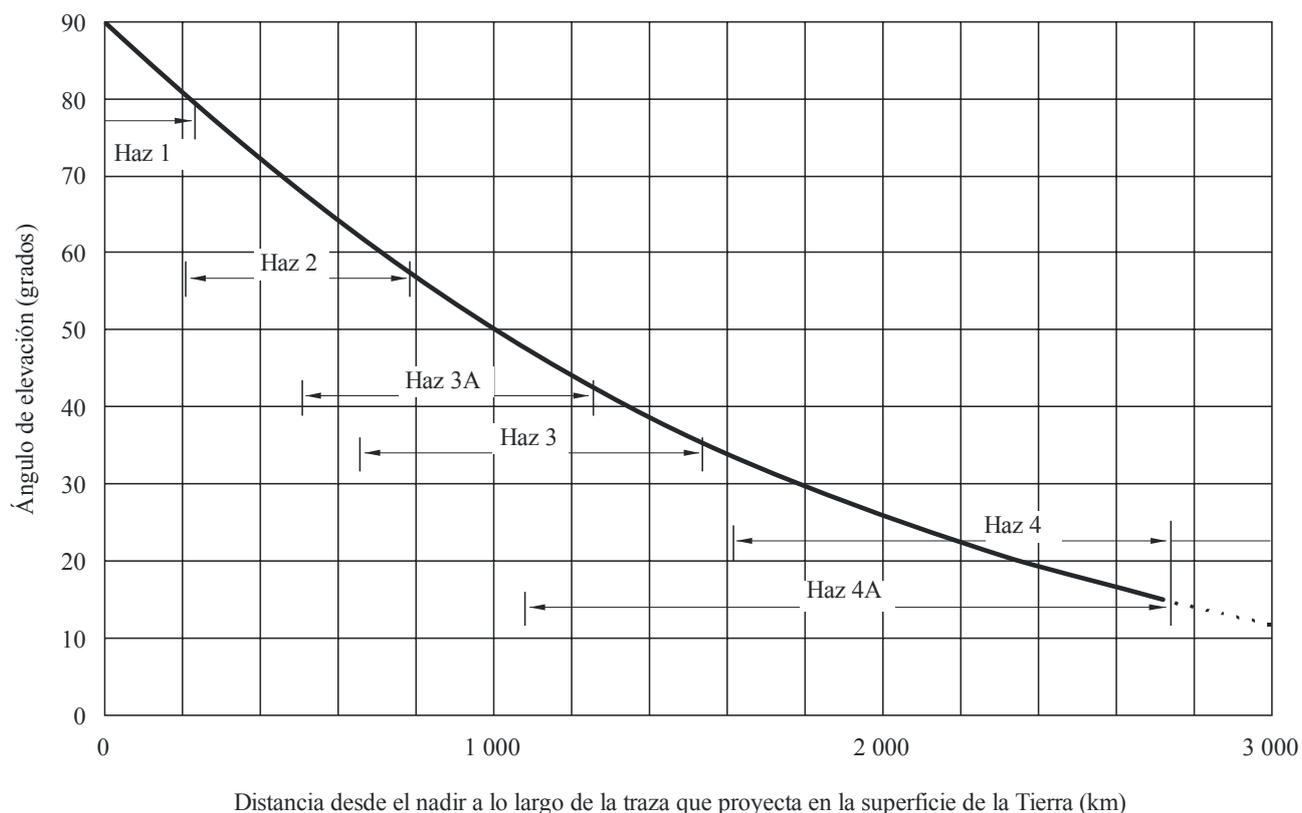
CUADRO 17

Tamaño del haz puntual

| Tipo de haz puntual | Tamaño del haz puntual (km) |
|---------------------|-----------------------------|
| 1 | 519,6 |
| 2 | 584,6 |
| 3A | 763,8 |
| 3 | 893,1 |
| 4 | 1 310,1 |
| 4A | 1 654,0 |

FIGURA 24

Posición del haz puntual desde el nadir en la Tierra en función del ángulo de elevación



1850-24

4.3.3.1.2 Satélites geoestacionarios

Las arquitecturas para los satélites geoestacionarios constan de un haz global, una configuración de haces múltiples con un satélite o una configuración de haces múltiples con varios satélites.

4.3.3.2 Descripción del sistema

4.3.3.2.1 Características del servicio

4.3.3.2.1.1 Servicios portadores básicos

Los servicios portadores básicos que debe soportar SAT-CDMA incluyen las comunicaciones vocales y de datos en las que las velocidades de datos oscilan entre 2,4 kbit/s y 64 kbit/s.

4.3.3.2.1.2 Servicios de datos por paquetes

Los servicios de datos por paquetes se ofrecerán a velocidades binarias comprendidas entre 2,4 kbit/s y 144 kbit/s para LEO y 384 kbit/s para GEO.

4.3.3.2.1.3 Teleservicios

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

4.3.3.2.1.4 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 el espacio lejano en edificios donde no pueden ofrecerse los servicios normales.

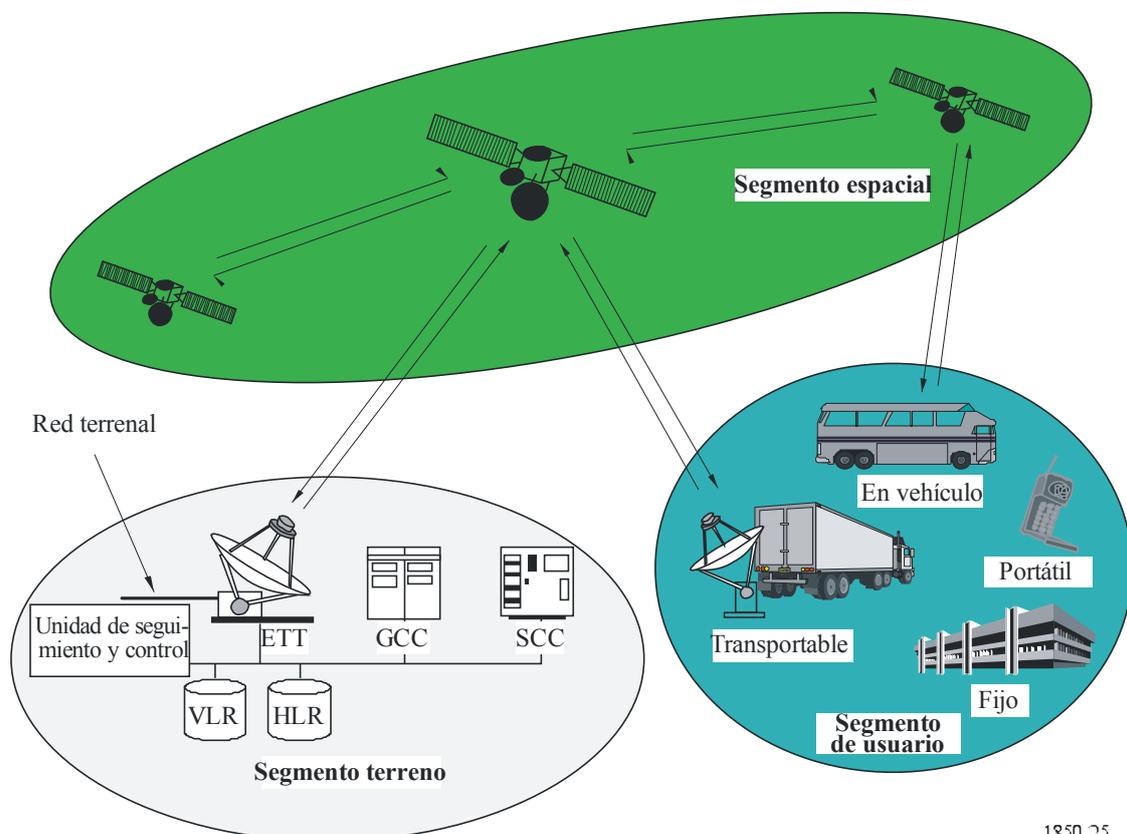
4.3.3.2.1.5 Servicio de radiodifusión y multidifusión de multimedios (MBMS)

El servicio de radiodifusión y multidifusión de multimedios consta de servicios punto a multipunto unidireccionales en los que los datos se transmiten desde una misma entidad de origen hacia un grupo de usuarios de una zona determinada, por ejemplo el servicio de transferencia de ficheros y de transmisión secuencial, etc. Puede utilizarse además un enlace de retorno para la información de control, por ejemplo las peticiones de usuario.

4.3.3.2.2 Características del sistema

El SAT-CDMA comprende tres elementos: segmento espacial, segmento de usuario y segmento terreno. En la Fig. 25 se representa la arquitectura del sistema.

FIGURA 25
Arquitectura del sistema



1850-25

El segmento espacial incluye la constelación de satélites con 48 satélites en LEO a 1 600 km de altitud. Los satélites están dispuestos en 8 planos orbitales con una inclinación de 54°. Cada plano orbital comprende 6 satélites equidistantes. Los satélites completan una órbita cada 118,2 min. El segmento espacial para GEO incluye un haz global, una configuración multihaz con un satélite o una configuración multihaz con varios satélites.

La carga útil del satélite comprende transpondedores con unidades de procesamiento a bordo y proporciona los enlaces móviles para los terminales de usuario en la banda de 2,5 GHz, los enlaces de conexión para las cabeceras en la banda de 4/6 GHz y los enlaces entre satélites en la banda de 60 GHz.

El segmento terreno comprende las ETT, los centros de control del satélite (SCC, *satellite control centre*) y los centros de control en suelo (GCC, *ground control centre*).

4.3.3.2.3 Características del terminal

4.3.3.2.3.1 Satélites en LEO

Existen diversos tipos de terminales de usuario, a saber: unidades móviles, unidades transportables, unidades en vehículos y unidades fijas.

CUADRO 18

Restricciones de movilidad para cada tipo de terminal de satélites en LEO

| Tipo de terminal | Velocidad de datos del servicio aplicado (kbit/s) | Restricción de movilidad nominal (km/h) |
|------------------|---|---|
| Portátil | 2,4-16 | 500 |
| En vehículo | 2,4-32 | 500 (máximo 1 000) |
| Transportable | 2,4-64 | 0 |
| Fijo | 2,4-144 | 0 |

4.3.3.2.3.2 Satélites en OSG

Existen diversos tipos de terminales de usuario, a saber: unidades móviles, portátiles, transportables, y aeronáuticas.

CUADRO 18a

Restricciones de movilidad para cada tipo de terminal de satélites en OSG

| Tipo de terminal | Velocidad de datos del servicio aplicado (kbit/s) | Restricción de movilidad nominal (km/h) |
|------------------|---|---|
| Móvil | 2,4-32 | 500 |
| Portátil | 2,4-64 | 500 |
| En vehículo | 2,4-144 | 500 (máximo 1 000) |
| Transportable | 2,4-384 | 0 |
| Aeronáutico | 2,4-64 | 1 000 |

4.3.3.2.4 Traspaso

El SAT-CDMA soportará el traspaso de comunicaciones de un radiocanal de satélite a otro. La estrategia utilizada es el traspaso decidido por la red asistida por el móvil.

4.3.3.2.4.1 Traspaso entre haces

Este traspaso es necesario cuando la ETM se desplaza de la cobertura de un haz a la cobertura de otro debido al movimiento de la propia ETM o del satélite. La ETM controla los niveles de la señal piloto de los haces adyacentes e informa del hecho de que las señales piloto de la red han atravesado o se encuentran por encima de un conjunto determinado de valores umbral. Basándose en esta información y en el conocimiento de las efemérides del satélite, la red puede tomar la decisión de transmitir la misma información a través de dos haces distintos y ordenar a la ETM que demodula las señales adicionales. La combinación coherente de las distintas señales se lleva a cabo en la ETM mediante una técnica de combinación de relación máxima (MCR, *maximun ratio combining*). En cuanto la red obtiene información de la ETM de que se recibe la nueva señal, libera el antiguo canal.

4.3.3.2.4.2 Traspaso entre satélites

El traspaso entre satélites es necesario cuando tanto la ETM como la ETT se encuentran en la zona de cobertura con superposición de dos o más satélites y las comunicaciones deben transferirse de un satélite a otro para mantener la continuidad de la conexión de la ETM a la ETT y para lograr diversidad de trayecto. La ETM tiene dos recursos más asignados a satélites distintos y supervisa los niveles de la señal piloto de satélites adyacentes informando sus resultados a la red. En base a esta información y en el conocimiento de las efemérides del satélite, la red puede decidir transmitir la misma información a través de dos satélites distintos y ordenar a la ETM que demodula las señales adicionales. En este caso, se explota la condición de diversidad de trayecto del satélite. Cuando se pierde la visibilidad del primer satélite es necesario efectuar un traspaso entre satélites y, a continuación, puede liberarse el primer canal una vez establecida la conexión con el nuevo satélite.

4.3.3.2.4.3 Traspaso entre ETT

Si es necesario realizar un traspaso entre satélites pero el nuevo satélite no está en contacto con la misma ETT que el anterior satélite, es preciso efectuar un traspaso ETT-ETT simultáneo.

El traspaso entre ETT deberá negociarse entre las ETT. La nueva ETT comienza a transmitir su portadora hacia la ETM que recibe simultáneamente de la anterior ETT la orden de buscar la señal de la nueva ETT. Cuando la anterior ETT obtiene información de la ETM en el sentido de que se recibe la nueva señal de la nueva ETT, la anterior ETT cesa su transmisión hacia la ETM.

4.3.3.2.5 Diversidad de satélites

En situaciones normales la ETM puede observar sin obstrucciones al satélite y tiene una línea de visibilidad directa sin obstáculo alguno de la señal, a diferencia de lo que sucede en los enlaces terrenales típicos. También se produce una señal multitrayecto que se refleja en el terreno y en los objetos cercanos y que da lugar a una señal directa más otra señal por reflexión difusa de Rice. Sin embargo, este multitrayecto es difuso y todas las señales se reflejan a una distancia relativamente corta. Tal situación multitrayecto no puede resolverse mediante el método bien conocido de enlaces celulares terrenales con receptor de RAKE. Afortunadamente, esta energía multitrayecto difusa es, por lo general, bastante pequeña. A pesar del hecho de que el receptor de RAKE no es eficaz para combatir el efecto multitrayecto, presenta no obstante un valor inestimable.

Como existen zonas de cobertura servidas por haces procedentes de al menos dos satélites distintos del sistema SAT-CDMA, cada satélite puede asignarse a un receptor ETM en el sentido de ida y la potencia de los dos satélites se combina de forma eficaz mediante la técnica de combinación de relación máxima.

Esta múltiple diversidad de satélites desempeña un doble cometido. En primer lugar, disminuye la probabilidad de que aparezcan zonas de sombra aumentando la posibilidad de tener al menos un satélite con una visibilidad directa clara. Además, introduce el multitrayecto artificial que permite la utilización del denominado receptor de RAKE artificial en el receptor de la ETM. Se trata de la clásica ventaja de la diversidad; es decir, no sólo aumenta la potencia media recibida sino que también disminuyen las fluctuaciones en torno a dicho valor medio.

4.3.3.3 Especificaciones en radiofrecuencia

4.3.3.3.1 Terminal de usuario

El terminal de usuario (UT) portátil proporcionará servicios vocales y de datos a velocidades bajas dirigidos a usuarios de comunicaciones personales.

La antena del UT portátil presenta un perfil de ganancia casi omnidireccional en un hemisferio. El requisito de máxima p.i.r.e. viene determinado por los requisitos de seguridad del usuario. El valor de la relación G/T se determina por la necesidad de contar con una antena casi omnidireccional. La máxima velocidad binaria de transmisión de datos que debe soportar un terminal portátil puede fijarse a 16 kbit/s.

Los terminales instalados en vehículos se encuentran físicamente montados en esos vehículos. La antena se sitúa fuera del vehículo y en el lugar en el que se aplica la potencia al terminal mediante conexión física con el vehículo. Los terminales manuales y portátiles pueden utilizarse en el interior de los vehículos y algunos terminales pueden diseñarse para que trabajen en modo doble (manual/ montado en vehículo o

portátil/montado en vehículo). El vehículo puede ser un automóvil, una motocicleta, un camión, un autobús, un tren, un barco o un avión.

La máxima velocidad binaria de transmisión de datos que debe soportar un terminal en vehículo puede fijarse a 32 kbit/s.

Existen EM muy pesadas que no pueden ser transportadas a mano y cuya potencia generalmente se obtiene de alguna fuente exterior. Un terminal móvil puede utilizarse como un terminal fijo puesto que puede situarse en un emplazamiento determinado y activarse para que funcione. La máxima velocidad binaria de transmisión de datos que puede soportar un terminal transportable puede fijarse a 64 kbit/s.

Estos terminales funcionan normalmente en emplazamientos fijos y la potencia la suministra generalmente una fuente externa. Los terminales fijos pueden emplearse para prestar servicios a equipos terminales fijos y para conectar centralitas privadas (PBX). Los terminales fijos también pueden funcionar como estación de extensión para ordenadores personales portátiles.

CUADRO 19

Características de los terminales de usuarios

| Tipo de terminal | Móvil | En vehículo | Transportable | Fijo |
|------------------------------|-------|-------------|---------------|------|
| p.i.r.e. máxima (dBW) | 2,0 | 15,8 | 21,0 | 36,0 |
| Potencia máxima (W) | 1,0 | 14,8 | 17 | 20,0 |
| Ganancia de antena (dBi) | 2,0 | 2,0 | 4,0 | 23,0 |
| Temperatura del receptor (K) | 300 | 300 | 300 | 500 |
| G/T (dB/K) | -22,8 | -22,8 | -20,8 | -4,0 |

4.3.3.3.1.2 Satélites en OSG

La utilización de las unidades móviles 3G normalizadas en el entorno de satélites requiere adaptación para dar flexibilidad de frecuencias en la banda del SMS. Se parte del supuesto de que el equipo de usuario es de clase de potencia 1, 2 y 3 y está dotado de una antena omnidireccional estándar.

Las unidades portátiles se construyen utilizando un PC portátil al que se le conecta una antena externa.

Las unidades en vehículo consisten en un modulo RF montado en el techo del vehículo y conectado al equipo de usuario en el salpicadero.

Las unidades transportables se construyen con un computador portátil cuya tapa contiene una antena plana (que apunta a la dirección del satélite).

Las unidades aeronáuticas se crean colocando una antena en el techo del fuselaje.

CUADRO 19a

Características del terminal de usuario para el tipo de constelación OSG

| Tipo de terminal | Móvil | | | Portátil | En vehículos | Transportable | Aeronáutico |
|------------------------------|---------|---------|---------|----------|--------------|---------------|-------------|
| | Clase 1 | Clase 2 | Clase 3 | | | | |
| p.i.r.e. máxima (dBW) | 3,0 | -3,0 | -6,0 | 5,0 | 13,0 | 17,0 | 6,0 |
| Potencia máxima (W) | 2,0 | 0,5 | 0,25 | 2,0 | 8,0 | 2,0 | 2,0 |
| Ganancia de antena (dBi) | 0 | 0 | 0 | 2,0 | 4,0 | 14,0 | 3,0 |
| Temperatura del receptor (K) | 290 | 290 | 290 | 200 | 250 | 200 | |
| G/T (dB/K) | -33,6 | -33,6 | -33,6 | -26,0 | -25,0 | -14,0 | |

4.3.3.3.2 Satélite

4.3.3.3.2.1 Satélites en LEO

CUADRO 20

Información sobre el satélite

| | |
|--|------|
| p.i.r.e. nominal (dBW) | 9,6 |
| Ganancia de la antena del receptor (dBi) | 20 |
| Temperatura de ruido (K) | 500 |
| G/T (dB/K) | -7,0 |

4.3.3.3.2.2 Satélites en GEO

CUADRO 20a

Información sobre el satélite para el caso de un haz global con un satélite

| | |
|--|-----|
| p.i.r.e. nominal (dBW) | 64 |
| Ganancia de la antena del receptor (dBi) | 30 |
| Temperatura de ruido (K) | 550 |
| G/T (dB/K) | 2,6 |

CUADRO 20b

Información sobre el satélite para el caso de haces múltiples con un satélite

| | |
|--|----------|
| p.i.r.e. nominal (dBW) | 64-74 |
| Ganancia de la antena del receptor (dBi) | 36-39 |
| Temperatura de ruido (K) | 550 |
| G/T (dB/K) | 8,6-11,6 |

CUADRO 20c

Información sobre el satélite para el caso de haces múltiples con varios satélites

| | |
|--|-----------|
| p.i.r.e. nominal (dBW) | 74 |
| Ganancia de la antena del receptor (dBi) | 42-47 |
| Temperatura de ruido (K) | 550 |
| G/T (dB/K) | 14,6-19,6 |

4.3.3.3.3 Anchura de banda del canal

La anchura de banda del canal es de 5 MHz aproximadamente.

4.3.3.3.4 Control de potencia

El tamaño del paso del control de potencia previamente definido es 0,25 dB y 1 dB. Debido a la limitación que presenta el amplificador del terminal portátil, cabe esperar que la gama dinámica del control de potencia sea inferior a 20 dB.

Los retardos introducidos por los grandes trayectos de ida y vuelta podrían limitar la acción del control de potencia rápida en bucles cerrado. Sin embargo, puede ser suficiente para proporcionar una instrucción de control de potencia (2 bits) por cada trama de 10 ms.

4.3.3.3.5 Estabilidad en frecuencia

Las estabilidades en frecuencia de los enlaces ascendente y descendente son, respectivamente, 1 ppm y 0,1 ppm.

4.3.3.3.6 Compensación Doppler

4.3.3.3.6.1 Satélites en LEO

En el SAT-CDMA, la compensación de la deriva Doppler se lleva a cabo simultáneamente en el transmisor (precompensación) y en el receptor (postcompensación).

La precompensación es necesaria debido a la limitación de la postcompensación y reduce parte de la carga impuesta a la postcompensación. La deriva Doppler se compensa controlando la frecuencia transmitida de acuerdo con la predicción realizada conociendo las posiciones del transmisor y el receptor así como la ubicación y la velocidad del satélite.

La postcompensación requiere dos etapas de procedimientos de recuperación de la frecuencia portadora: compensación aproximada y compensación precisa.

La compensación aproximada se realiza simultáneamente con la adquisición de la temporización de código PN ya que una de las dos se resuelve fácilmente una vez lograda la otra. Se recomienda utilizar un algoritmo de búsqueda bidimensional para la adquisición tanto de la temporización del código PN como de la deriva Doppler. Se calcula el espectro de la señal desensanchada utilizando FFT y se efectúa una estimación aproximada de la deriva Doppler detectando la frecuencia de la máxima potencia de señal a la salida FFT. La adquisición de la temporización del código PN se realiza buscando una temporización de código PN en la que la máxima potencia de señal rebase un valor umbral determinado.

Para realizar la compensación precisa de la deriva Doppler, se recomienda utilizar una estructura de bucle cerrado y emplear el algoritmo de detección en el dominio de la frecuencia basado en FFT, puesto que minimiza la complejidad del circuito y el consumo de potencia cuando se incorpora al citado algoritmo de búsqueda bidimensional.

4.3.3.3.6.2 Satélites en OSG

El efecto Doppler debido al movimiento del satélite geoestacionario es insignificante comparado con el resultante del movimiento del equipo de usuario. Por consiguiente, el efecto Doppler en los terminales SAT_CDMA de tipo constelación OSG se compensa fácilmente con sólo una postcompensación en el receptor.

La postcompensación requiere un procedimiento de recuperación de la frecuencia portadora en dos fases, una compensación ordinaria y otra fina.

La compensación ordinaria se efectúa al mismo tiempo que la adquisición de la temporización de códigos PN, ya que uno de los dos puede obtenerse fácilmente a partir del otro. Para la adquisición de la temporización de código PN y del efecto Doppler se recomienda recurrir a un algoritmo de búsqueda bidimensional. Se utiliza la FFT para calcular el espectro de la señal de-spread y se estima grosso modo el efecto Doppler mediante la detección de la frecuencia de la potencia máxima de la señal a la salida de la FFT. La adquisición de la temporización de código PN se efectúa buscando la temporización para la cual la potencia máxima de la señal rebasa un determinado umbral.

Para realizar la compensación fina del efecto Doppler, se recomienda utilizar una estructura en bucle cerrado y un algoritmo de detección de frecuencia en el dominio de la frecuencia basado en la FFT, dado que así se minimiza la complejidad del circuito y el consumo de potencia cuando se incorpora al algoritmo de búsqueda bidimensional antes mencionado.

4.3.3.3.7 Aislamiento transmisor/receptor del terminal

El nivel de aislamiento requerido para que funcionen independientemente la parte transmisora y la parte receptora del terminal debe situarse por encima de 110 dB.

4.3.3.3.8 Margen de desvanecimiento

4.3.3.3.8.1 Satélites en LEO

Para ángulos de elevación bajos el nivel de la señal varía generalmente entre -7 dB por debajo y $+4$ dB por encima del nivel nominal debido a una combinación de las componentes difusa (procedente de múltiples reflexiones) y especular (procedente de una sola reflexión en el terreno). Con elevaciones superiores la variación es menor. En el caso de un automóvil en movimiento, pueden considerarse típicas unas duraciones del desvanecimiento entre 100 y 200 ms. Ocasionalmente, pueden producirse desvanecimientos de -10 dB por debajo del nivel nominal para ángulos de elevación muy bajos (10° a 20°), especialmente en entornos suburbanos donde predomina el multitrayecto especular. En tales casos un usuario absolutamente fijo puede experimentar desvanecimientos con una duración entre 10 y 20 s.

4.3.3.3.8.2 Satélites en OSG

Al seleccionar el margen de desvanecimiento adecuado para los satélites en OSG deben tomarse en consideración el ángulo de elevación, los trayectos múltiples y el movimiento del terminal de usuario.

4.3.3.4 Especificaciones de la banda base

4.3.3.4.1 Estructura de los canales

4.3.3.4.1.1 Canales de transporte

4.3.3.4.1.1.1 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 control común (CCCH)

El CCCH es un canal bidireccional para transmitir información de control entre la red y los equipos de usuario. Este canal lo utilizan normalmente los equipos de usuario sin conexión RRC con la red y los equipos de usuario que utilizan canales de transporte comunes cuando acceden a una nueva célula después de una reelección de célula.

Canal de control dedicado (DCCH)

El DCCH es un canal bidireccional punto a punto que transmite información de control dedicado entre el equipo de usuario y la red. Este canal se establece mediante un procedimiento de establecimiento de conexión RRC.

Canal de control de notificaciones (NCCH)

El NCCH es un canal para transferir notificaciones. Puede sustituir al MCCH en caso de que la única información de control necesaria sean notificaciones.

Canal de control MBMS (MCCH)

El MCCH es un canal para transferir a los equipos de usuario información de control relacionada con los servicios MBMS.

4.3.3.4.1.1.2 Canal de tráfico*Canal de tráfico dedicado (DTCH)*

El DTCH es un canal punto a punto, dedicado a un equipo de usuario, para transferir información de usuario. El DTCH puede existir tanto en el enlace ascendente como en el descendente.

Canal de tráfico común (CTCH)

El CTCH es un canal unidireccional punto a multipunto para transferir información de usuario dedicado para todos los equipos de usuario o un grupo específico.

Canal de tráfico MBMS (MTCH)

El MTCH es un canal para transferir tráfico MBMS.

4.3.3.4.1.2 Canal de transporte**4.3.3.4.1.2.1 Canal común***Canal de radiodifusión (BCH)*

El BCH es un canal descendente para la radiodifusión de información de control de sistema de cada haz a la estación terrena móvil.

Canal de radiobúsqueda (PCH)

El PCH es un canal descendente utilizado para transmitir información de control a la estación terrena móvil cuando el sistema no conoce a qué haz pertenece dicha estación. El PCH tiene asociados indicadores de radiobúsqueda generados en la capa física para poder utilizar procedimientos eficientes en modo inactivo.

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.

4.3.3.4.1.2.2 Canal dedicado (DCH)

El DCH es un canal de enlace descendente o ascendente que se transmite por todo el haz o sólo por una parte del mismo.

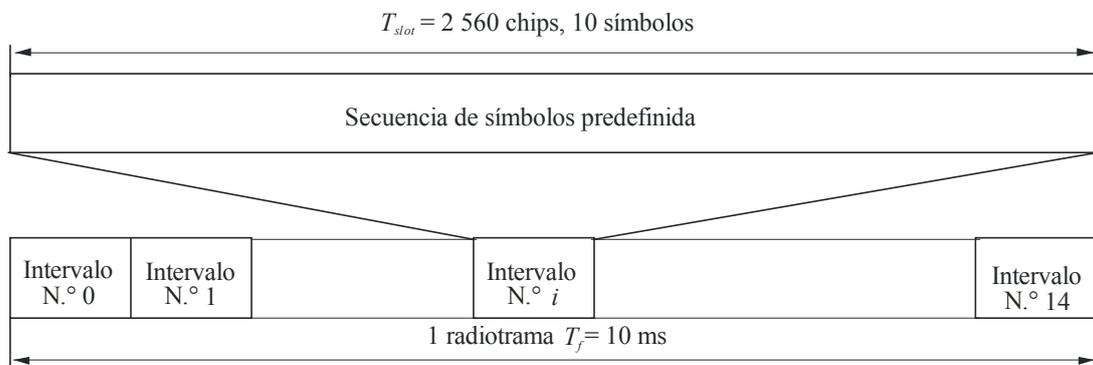
4.3.3.4.1.3 El canal físico

4.3.3.4.1.3.1 Canal físico del enlace descendente

4.3.3.4.1.3.1.1 Canal piloto común (CPICH)

El CPICH es un canal físico de enlace descendente de velocidad fija (30 kbit/s, SF = 256) que cursa una secuencia de símbolos predefinida. Cada símbolo de la secuencia es $1 + j$. La Fig. 26 muestra la estructura de trama del CPICH. Hay dos tipos de canal piloto común, el CPICH primario y el secundario. El CPICH primario es aleatorizado por el código de aleatorización primario y es la referencia de fase para los siguientes canales físicos del enlace descendente: SCH, P-CCPCH, AICH, PICH, APA/CD/CA-ICH, CSICH y S-CCPCH. En el P-CPICH se utiliza el mismo código de canalización de factor de dispersión (SF, *spreading factor*) = 256. Hay tan sólo un único P-CPICH por haz. El CPICH secundario es aleatorizado por un código de aleatorización primario o secundario y puede ser la referencia para el DPCH del enlace descendente. Para el S-CPICH se utiliza un código de canalización arbitrario con SF = 256. Puede haber uno, varios o ningún S-CPICH por haz.

FIGURA 26
Estructura de trama para el canal piloto común (CPICH)

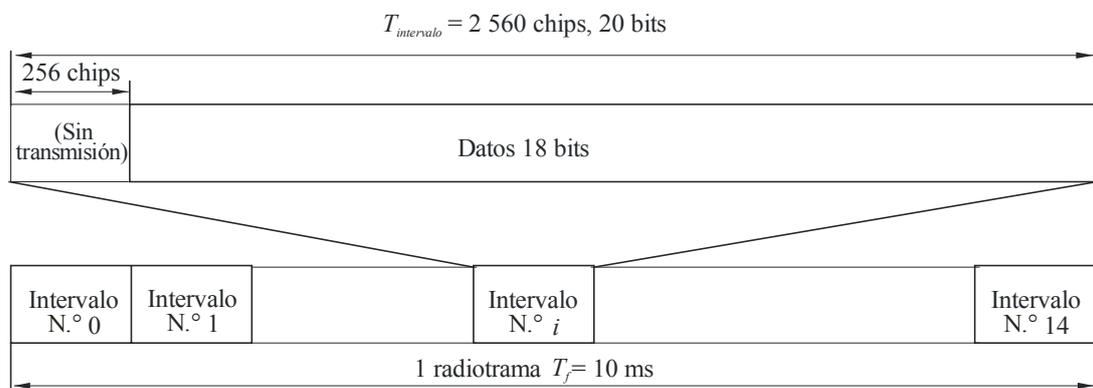


1850-26

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

El P-CCPCH es un canal de enlace descendente de velocidad fija (30 kbit/s) utilizado para cursar el BCH. La Fig. 27 muestra la estructura de trama del CCPCH primario. El P-CCPCH no se transmite durante los primeros 256 chips de cada intervalo. Por contra, el SCH primario y el secundario se transmiten durante este periodo.

FIGURA 27
Estructura de trama del canal físico de control común primario (P-CCPCH)

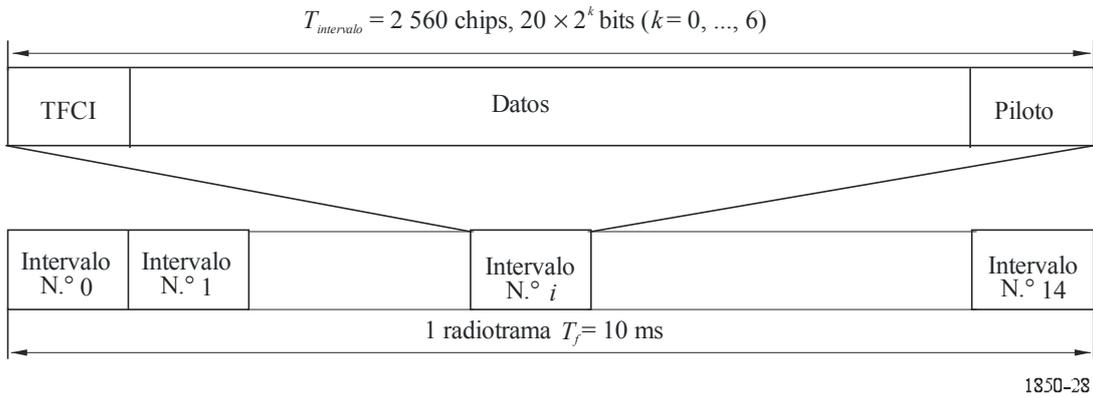


1850-27

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

El S-CCPCH se utiliza para cursar el PCH y el FACH. La Fig. 28 muestra la estructura de trama del CCPCH secundario. El indicador de combinación de transporte de formato (TFCI, *transport-format combination indicator*) informa al receptor de la combinación instantánea de formatos de transporte de los canales de transporte plasmados en la trama radioeléctrica S-CCPCH. El parámetro k de la Fig. 28 determina el número total de bits por intervalo del CCPCH secundario del enlace descendente. Su relación con el factor de dispersión SF del canal físico es $SF = 256/2^k$. El factor de dispersión está comprendido entre 256 y 4. Los FACH y PCH pueden plasmarse en los mismos CCPCH secundarios o en CCPCH secundarios independientes.

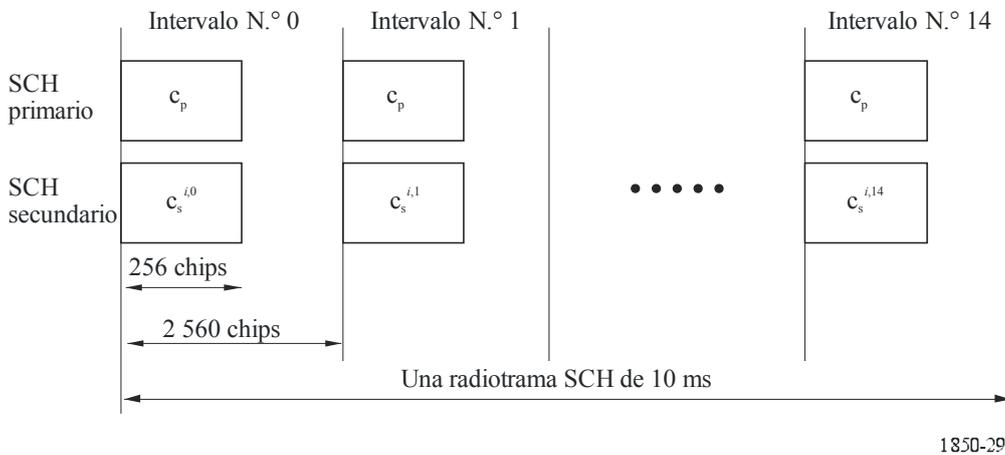
FIGURA 28
Estructura de trama para el canal físico de control común secundario (S-CCPCH)



4.3.3.4.1.3.1.4 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. La Fig. 29 ilustra la estructura de la radiograma SCH. El SCH primario consiste en un código modulado con una longitud de 256 chips, el código de sincronización primario (PSC) indicado por c_p en la Fig. 77, 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).

FIGURA 29
Estructura de canal de sincronización (SCH)



Los SSC se indican mediante $c_s^{i,k}$ en la Fig. 29, 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.

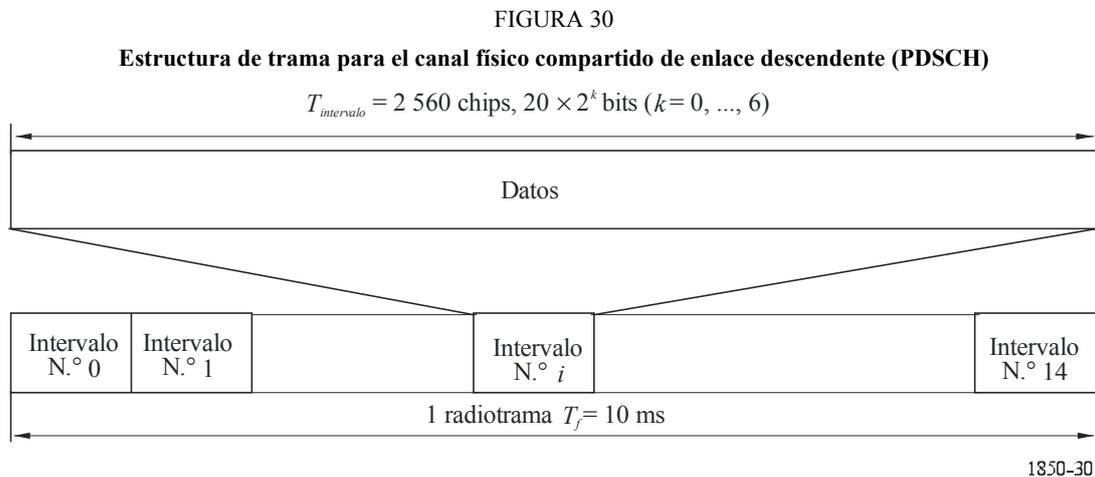
4.3.3.4.1.3.1.5 Canal físico compartido de enlace descendente (PDSCH)

El PDSCH se utiliza para cursar el DSCH.

El PDSCH se asigna por radiograma a una sola ETM. Dentro de cada radiograma, la red de acceso radioeléctrico (SRAN) de satélite puede asignar diferentes PDSCH bajo el mismo código de disposición de canales raíz de PDSCH a diferentes ETM sobre la base de multiplexación de código. Dentro de la misma radiograma, es posible asignar múltiples PDSCH paralelos, con el mismo factor de dispersión, a una sola ETM.

La estructura de trama y de intervalo del PDSCH se muestran en la Fig. 30. Los factores de dispersión pueden variar de 4 a 256.

Para cada radiograma, cada PDSCH está asociado con un DPCH de enlace descendente. Toda la información de control de Capa 1 es transmitida por la parte DPCCH del DPCH asociado.

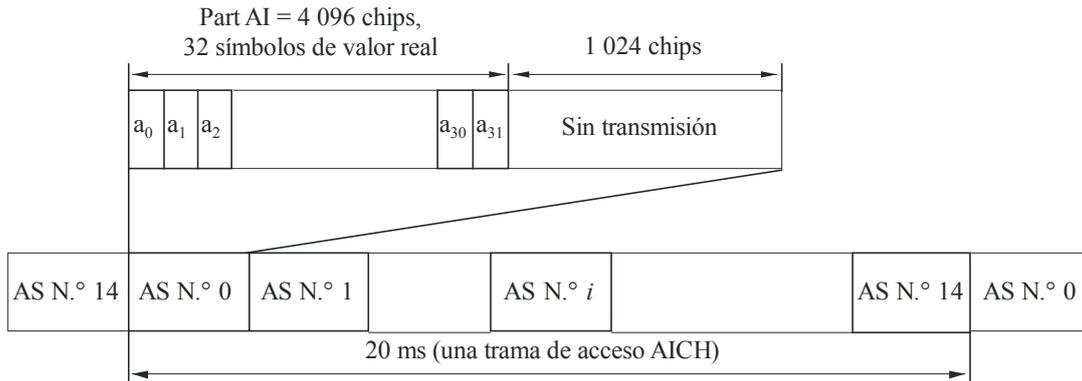


4.3.3.4.1.3.1.6 Canal indicador de adquisición (AICH)

El AICH es un canal físico de velocidad fija (30 kbit/s) destinado a cursar los indicadores de adquisición (AI). El AI se corresponde con la firma en el PRACH. La Fig. 31 muestra la estructura del AICH. 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) con una duración de 4 096 chips y una parte sin transmisión con una duración de 1 024 chips. Cuando no se utilizan las subtramas de acceso para el PRACH, la parte del indicador de adquisición para el PRACH se transmite sólo en el primer intervalo de acceso (AS N.º 0). El AICH no se transmite durante los 14 intervalos de acceso restantes. Cuando se utilizan subtramas de acceso para el PRACH, la parte AI se transmite únicamente en el primer intervalo de acceso (AS N.º 0) y en el noveno intervalo de acceso (AS N.º 8). La parte AI del primer intervalo de acceso transporta el AI correspondiente a la firma del preámbulo PRACH transmitido en la subtrama de acceso par. La parte AI del noveno intervalo de acceso transporta el AI correspondiente a la firma del preámbulo PRACH transmitido en la subtrama de acceso impar.

FIGURA 31

Estructura del canal indicador de adquisición (AICH)



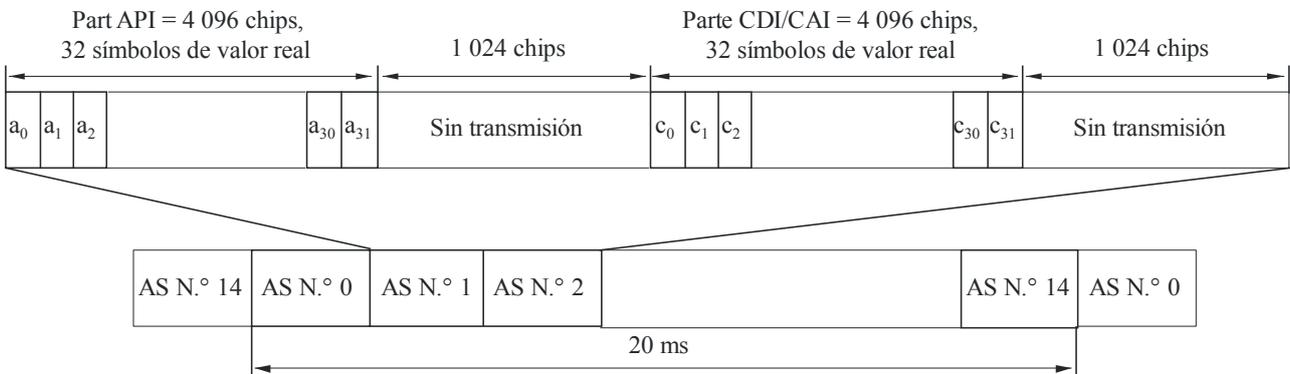
1850-31

4.3.3.4.1.3.1.7 Canal indicador de adquisición de preámbulo de acceso CPCH/detección de colisión/ asignación del canal CPCH (APA/CD/CA-ICH)

El APA/CD/CA-ICH es un canal físico de velocidad fija (30 kbit/s) destinado a cursar los indicadores de adquisición AP (API) y los indicadores de detección de colisión (CD)/ asignación del canal (CA) (CDI/CAI) del CPCH. El APA/CD/CA-ICH y el AICH pueden utilizar los mismos códigos de canalización o códigos distintos. La Fig. 32 muestra la estructura del APA/CD/CA-ICH. El APA/CD/CA-ICH tiene una parte con una duración de 4 096 chips en la que se transmiten ya sea el API o el CDI/CAI, seguidos de una parte sin transmisión con una duración de 1 024 chips. Cuando no se utilizan subtramas de acceso para el PRACH, el APA/CD/CA-ICH no se transmite en el primer intervalo de acceso (AS N.º 0). Se transmite un par de API y de CDI/CAI en la parte API/CDI/CAI en dos intervalos de acceso consecutivos tras el primer intervalo de acceso. En cada una de las tramas AICH se puede transmitir un par de API y CDI/CAI o varios de ellos (hasta un máximo de siete). Cuando se utilizan subtramas de acceso para el PRACH, no se transmite el APA/CD/CA-ICH en el primer intervalo de acceso (AS N.º 0), ni en el octavo (AS N.º 7) ni en el noveno (AS N.º 8). Un par de API y de CDI/CAI se transmite en la parte API/CDI/CAI a lo largo de dos intervalos de acceso consecutivos. Tres pares de AS N.º 1/AS N.º 2, AS N.º 3/AS N.º 4 y AS N.º 5/AS N.º 6 transportan el API y CDI/CAI correspondiente al preámbulo PCPCH transmitido en la subtrama de acceso impar. Hay tres pares AS N.º 9/AS N.º 10, AS N.º 11/AS N.º 12 y AS N.º 13/AS N.º 14 que transportan el API y CDI/CAI correspondientes al preámbulo PCPCH transmitido en la subtrama de acceso impar.

FIGURA 32

Estructura del canal indicador APA/CD/CA (APA/CD/CA-AICH)

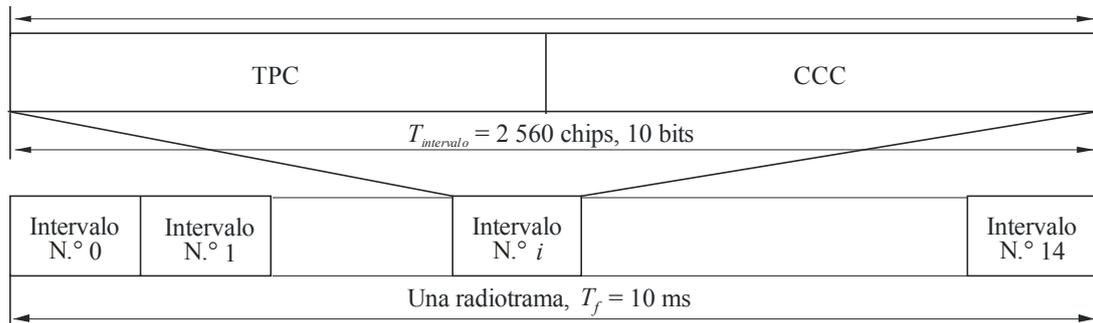


1850-32

4.3.3.4.1.3.1.8 Canal físico de control común CPCH (CPCH-CCPCH)

El CCPCH del CPCH es un canal físico del enlace descendente a velocidad fija (30 kbit/s) cuyo fin es controlar el PCPCH del enlace ascendente en un conjunto de CPCH. El factor de dispersión del CPCH-CCPCH del enlace descendente es 256. La Fig. 33 muestra la estructura de trama del CPCH-CCPCH.

FIGURA 33
Estructura de trama para el CPDCH-CCPCH del enlace descendente
CCPCH del CPCH



1850-33

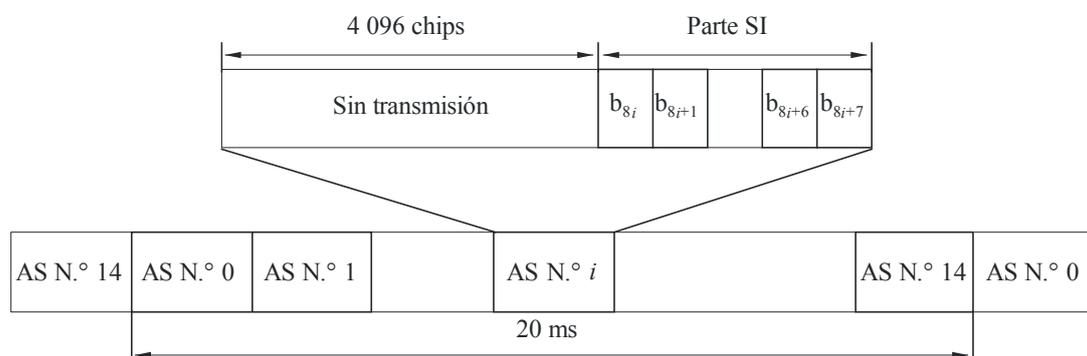
Cada uno de los intervalos de la radiograma del CPCH-CCPCH está asociado a un PCPCH del enlace ascendente del conjunto CPCH. Hay una correspondencia biunívoca entre el intervalo N.º i y el PCPCH i -ésimo del conjunto CPCH, siendo $i = 0, 1, \dots, 14$. Cuando el PCPCH asociado no se utiliza en el enlace ascendente no se transmite el intervalo.

En cada uno de los intervalos del CPCH-CCPCH hay una instrucción TPC y una instrucción de control del CPCH (CCC). El campo CCC y el campo TPC de cada intervalo constan de 12 bits y 8 bits, respectivamente. El patrón de 4 bits de longitud del CCC destinado a soportar la señalización del CPCH al PCPCH asociado se repite bit a bit y se traslada al campo CCC. La instrucción TPC de 2 bits de longitud se repite bit a bit y se traslada al campo TPC.

4.3.3.4.1.3.1.9 Canal indicador del estado del CPCH (CSICH)

El CSICH es un canal físico de velocidad fija (30 kbit/s) destinado a transportar información de estado del CPCH. Cada CSICH está siempre asociado a un canal físico destinado a la transmisión de APA/CD/CA-ICH y utiliza la misma canalización y los mismos códigos de aleatorización. La Fig. 34 ilustra la estructura de trama del CSICH. La trama del CSICH consta de 15 intervalos de acceso (AS) consecutivos, de 40 bits de longitud cada uno de ellos. Cada uno de los intervalos de acceso consta de dos partes, una parte sin transmisión con una duración de 4 096 chips y una parte con el indicador de estado (SI) que consta de 8 bits. En cada una de las tramas CSICH se transmitirán N indicadores de estado.

FIGURA 34
Estructura del canal indicador de estado del CPCH (CSICH)



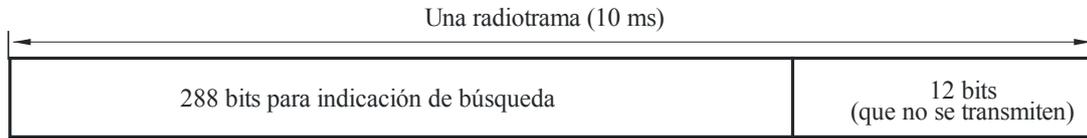
1850-34

4.3.3.4.1.3.1.10 Canal de indicador de búsqueda (PICH)

El PICH es un canal físico de velocidad fija (30 kbit/s) utilizado para cursar indicadores de búsqueda (PI). El PICH está siempre asociado a un S-CCPCH que se corresponde con un canal de transporte PCH.

La Fig. 35 ilustra la estructura de trama del PICH. Una radiograma de 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.

FIGURA 35
Estructura de canal de indicador de búsqueda (PICH)



1850-35

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

El DPCH del enlace descendente se utiliza para el canal de transporte dedicado (DCH). El factor de dispersión puede estar comprendido entre 4 y 512.

Dentro de un DPCH del enlace descendente, el DCH se transmite multiplexado en el tiempo con información de control generada en la Capa 1 (bits piloto y bits TFCI/TPC conocidos).

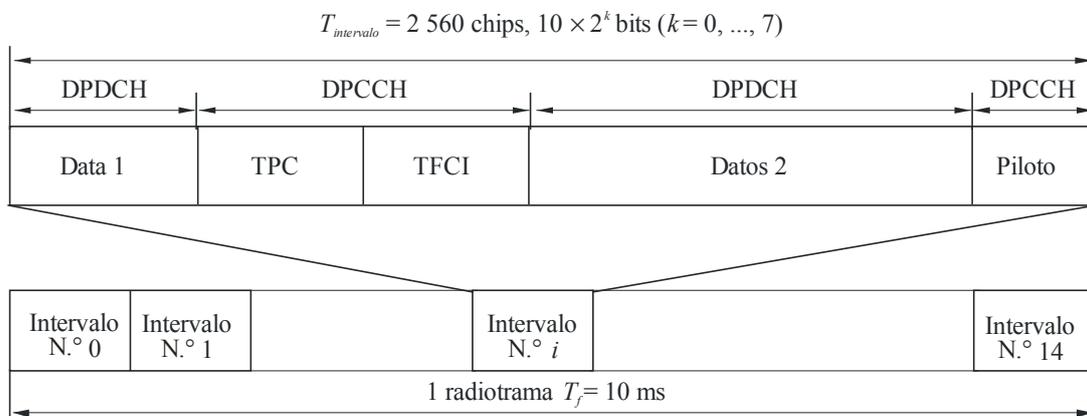
La Fig. 36 muestra la estructura de trama del DPCH de enlace descendente. Cada trama de 10 ms se divide en 15 intervalos, cada uno de $T_{intervalos} = 2\ 560$ chips. Cada radiograma corresponde con un periodo de control de potencia.

4.3.3.4.1.3.2 Canal físico del enlace ascendente

4.3.3.4.1.3.2.1 Canal físico de acceso aleatorio (PRACH)

El canal físico de acceso aleatorio se utiliza para cursar el RACH. La transmisión de acceso aleatorio se basa en un método ALOHA. La ETM puede iniciar la transmisión de acceso aleatorio al principio de una serie de intervalos de tiempo perfectamente definidos, indicados en las tramas de acceso. Cada una de las tramas de acceso tiene una longitud de dos radiogramas como se indica en la Fig. 37. Las tramas de acceso pueden estar integradas por dos subtramas de acceso, la subtrama de acceso par y la subtrama de acceso impar. La utilización de subtramas de acceso es opcional. Cuando se utilizan subtramas de acceso, la ETM puede iniciar la transmisión de acceso aleatorio al principio de la subtrama de acceso impar o bien de la par. Las transmisiones de acceso aleatorio en la subtrama de acceso par y en la subtrama de acceso impar utilizan códigos de aleatorización distintos.

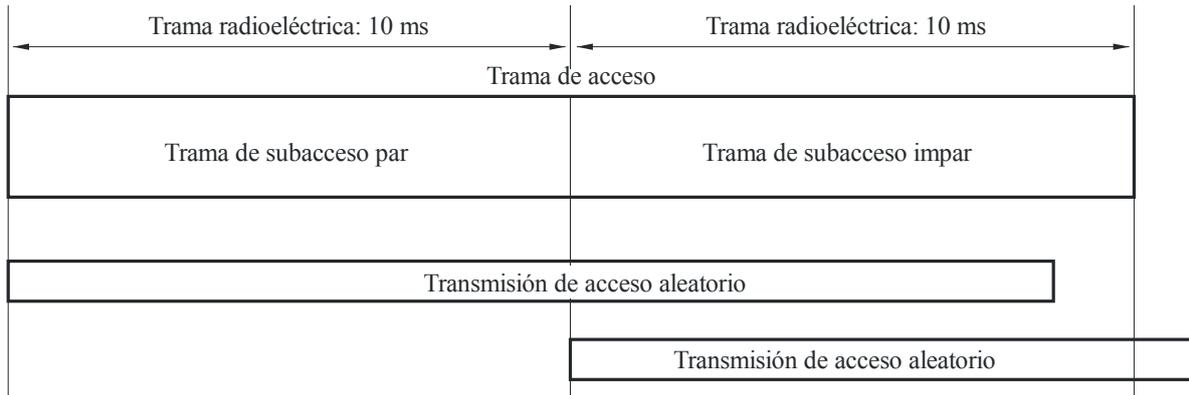
FIGURA 36
Estructura de trama para DPCH de enlace descendente



1850-36

FIGURA 37

Trama de acceso aleatorio

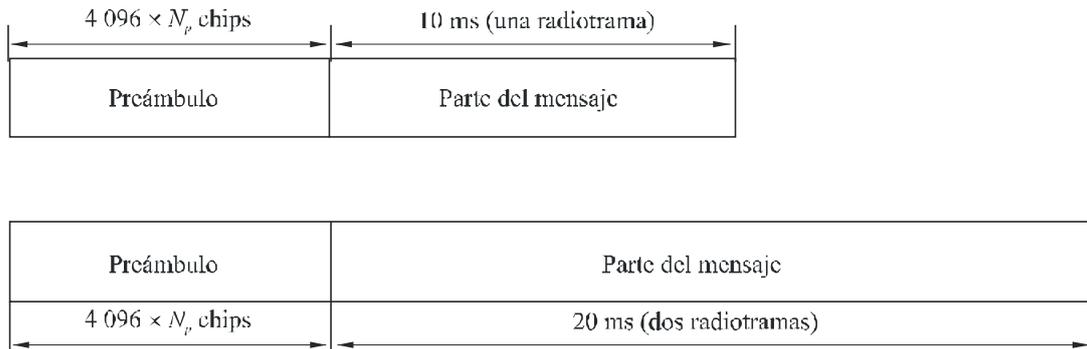


1850-37

La transmisión de acceso aleatorio consta de un preámbulo de $N_p \times 4\,096$ chips de longitud y un mensaje de 10 ms o 20 ms de duración, como se ilustra en la Fig. 38.

FIGURA 38

Estructura de la transmisión de acceso aleatorio



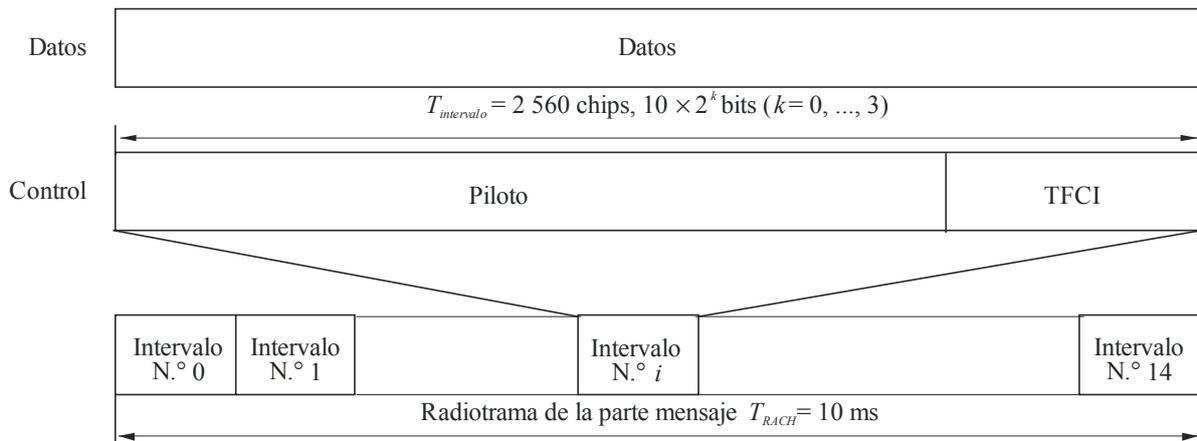
1850-38

El preámbulo consta de N_p subpreámbulos. El valor N_p es proporcionado por las capas altas. El subpreámbulo tiene 4 096 chips y consiste en repeticiones de una firma. Todos los subpreámbulos tienen idéntica longitud, firma y código de aleatorización. El último código de subpreámbulo es un conjugado del código utilizado en los subpreámbulos previos.

La Fig. 39 muestra la estructura de la parte de mensaje de acceso aleatorio. El mensaje consta de 15 intervalos y cada intervalo comprende dos partes: una parte de datos de información de la Capa 2 y una parte de control de la Capa 1. La parte de datos consta de 10×2^k bits, siendo $k = 0, 1, 2, 3$. Esto corresponde a factores de dispersión de 256, 128, 64 y 32 respectivamente para la parte de datos del mensaje. La parte de control consta de ocho bits piloto conocidos y dos bits TFCI. El factor de dispersión para la parte de control de la parte de mensaje del CPCH deberá ser 256. El TFCI de una radiograma indica el formato de transporte del canal de transporte RACH plasmado en la trama radioeléctrica de la parte de mensaje transmitida simultáneamente.

FIGURA 39

Estructura de la parte mensaje del acceso aleatorio



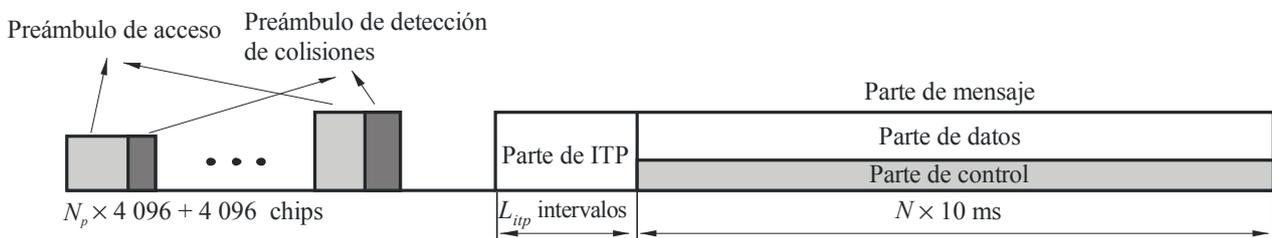
1850-39

4.3.3.4.1.3.2.2 Canal físico de paquetes comunes (PCPCH)

El PCPCH se utiliza para transportar el CPCH. La temporización y estructura de la trama de acceso son idénticas a las del PRACH. La estructura de la transmisión de acceso del CPCH se muestra en la Fig. 40. La transmisión de acceso del PCPCH consiste en uno de varios pares de preámbulos de acceso (AP) de longitud $N_p \times 4\,096$ chips, un preámbulo de detección de colisiones (CDP) de 4 096 segmentos de longitud, un preámbulo de transmisión inicial (ITP) de L_{itp} intervalos de longitud y un mensaje de longitud variable de $N \times 10$ ms.

FIGURA 40

Estructura de la transmisión de acceso del CPCH



1850-40

La estructura de la parte AP es idéntica a la de la parte de preámbulo del PRACH. El código de aleatorización podría escogerse diferente del código de aleatorización de los preámbulos del RACH o bien idéntico a los mismos en el caso de que se compartiese el conjunto de firmas.

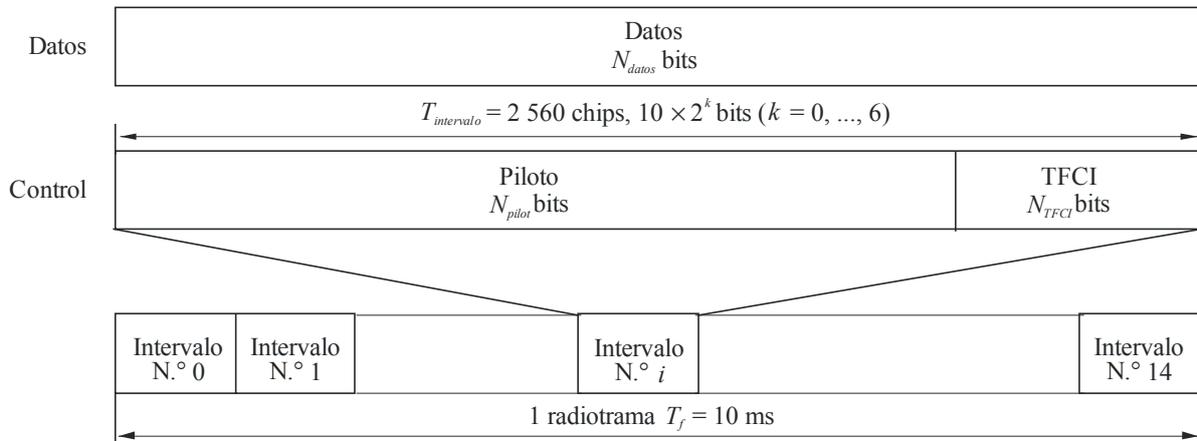
La estructura de la parte CDP es idéntica a la del subpreámbulo del PRACH. El código de aleatorización es el mismo código utilizado en la parte de preámbulo de acceso del CPCH.

La parte ITP consta de L_{itp} intervalos. La longitud del ITP, L_{itp} , es un parámetro de la capa superior. El formato del intervalo deberá ser idéntico al de la parte de mensaje siguiente.

La Fig. 41 muestra la estructura de la parte de mensaje del CPCH. Cada mensaje consta de un máximo de $N_{M\acute{a}x_tramas}$ siendo $N_{M\acute{a}x_tramas}$ un parámetro de la capa superior. Cada una de las tramas de 10 ms se divide en 15 intervalos, cada uno de los cuales tiene una longitud $T_{intervalo} = 2\,560$ chips. Cada intervalo consta de dos partes, una parte de datos y una parte de control. El formato de intervalo de la parte de control de la parte de mensaje del CPCH es idéntico al de la parte de mensaje del RACH. La parte de datos consta de 10×2^k bits, siendo $k = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$. Esto corresponde a factores de dispersión de 256, 128, 64, 32, 16, 8 y 4 respectivamente.

FIGURA 41

Estructura de trama de las partes de datos y control del enlace ascendente asociadas con el PCPCH



1850-41

4.3.3.4.1.3.2.3 Canal físico dedicado del enlace ascendente (DPCH de enlace ascendente)

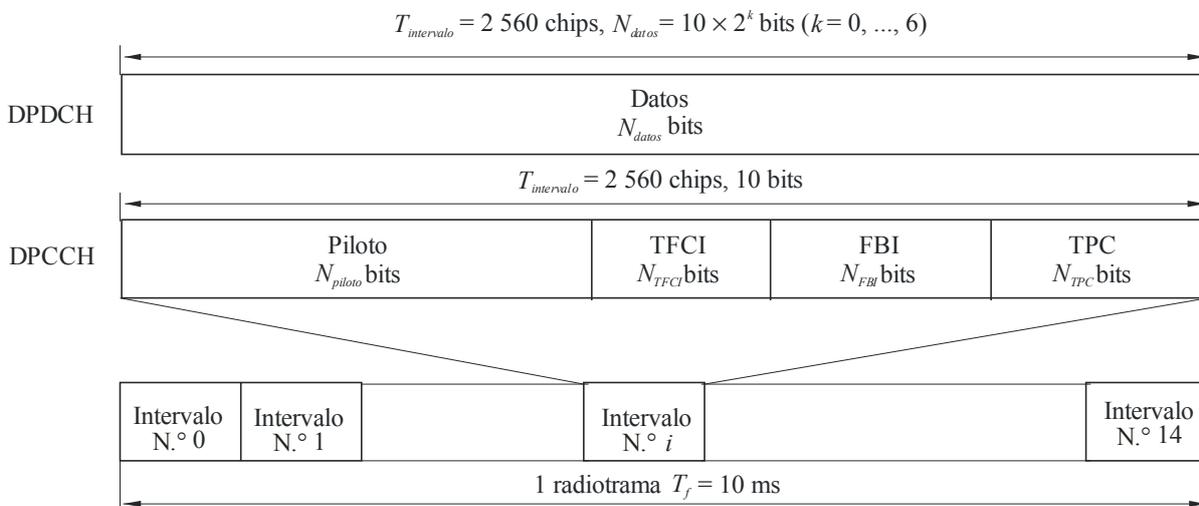
El DPCH del enlace ascendente consta del canal físico de datos dedicado del enlace ascendente (DPDCH del enlace ascendente) y el canal físico de control dedicado del enlace ascendente (DPCCH del enlace ascendente). El DPDCH y el DPCCH son multiplexados con el código I/Q dentro de cada radiograma.

El DPDCH se utiliza para cursar los datos generados en la Capa 2 y superiores y el DPCCH se emplea para cursar la información de control dedicada generada en la Capa 1. El factor de dispersión del DPDCH y está comprendido entre 256 y 4. El factor de dispersión del DPCCH de enlace ascendente es siempre igual a 256.

La Fig. 42 muestra la estructura de trama de los canales físicos dedicados de enlace ascendente. Cada radiograma de 10 ms se divide en 15 intervalos, cada uno de 2 560 chips. Cada radiograma corresponde con un periodo de control de potencia. El parámetro k de la Fig. 42 determina el número de bits por intervalo del DPDCH del enlace ascendente. Su relación con el factor de dispersión SF del DPDCH es la siguiente $SF = 256/2^k$.

FIGURA 42

Estructura de trama del DPCH de enlace ascendente



1850-42

La información de control de Capa 1 contiene bits piloto conocidos para sustentar la estimación de canal para detección coherente, indicador de combinación de transporte-formato (TFCI), instrucciones de control de potencia de transmisión (TPC) y una información de retroalimentación opcional (FBI). Los bits FBI se utilizan para sustentar la técnica de transmisión por diversidad de selección de haz (BSDT, *beam selection diversity transmission*) que requiere retroalimentación de la ETM a la SRAN.

4.3.3.4.1.4 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. 43 describe la temporización de la trama de los canales físicos del enlace descendente.

El SCH (primario y secundario), el CPICH (primario y secundario), el P-CCPCH, el CPCH-CCPCH y el PDSCH tienen temporizaciones de trama idénticas. La temporización del S-CCPCH puede ser diferente para S-CCPCH distintos, pero la diferencia con la temporización de la trama del P-CCPCH es un múltiplo de 256 chips. La temporización del PICH es de 7 680 chips antes de la temporización de la trama de su S-CCPCH correspondiente, es decir la temporización del S-CCPCH en el que se encuentra el canal de transporte PCH con la correspondiente información de búsqueda. La subtrama de acceso par del AICH tiene idéntica temporización que las tramas del P-CCPCH con (SFN módulo 2) = 0, y la subtrama de acceso para del AICH tiene idéntica temporización que las tramas del P-CCPCH con (SFN módulo 2) = 1. Los intervalos de acceso del AICH N.º 0 comienzan en el mismo instante que las tramas del P-CCPCH con (SFN módulo 2) = 0. La temporización del DPCH puede ser diferente para DPCH distintos, pero la diferencia con la temporización de la trama P-CCPCH es múltiplo de 256 chips.

4.3.3.4.1.3.1 Relación de temporización PRACH/AICH

4.3.3.4.1.4.1.1 Satélites en LEO

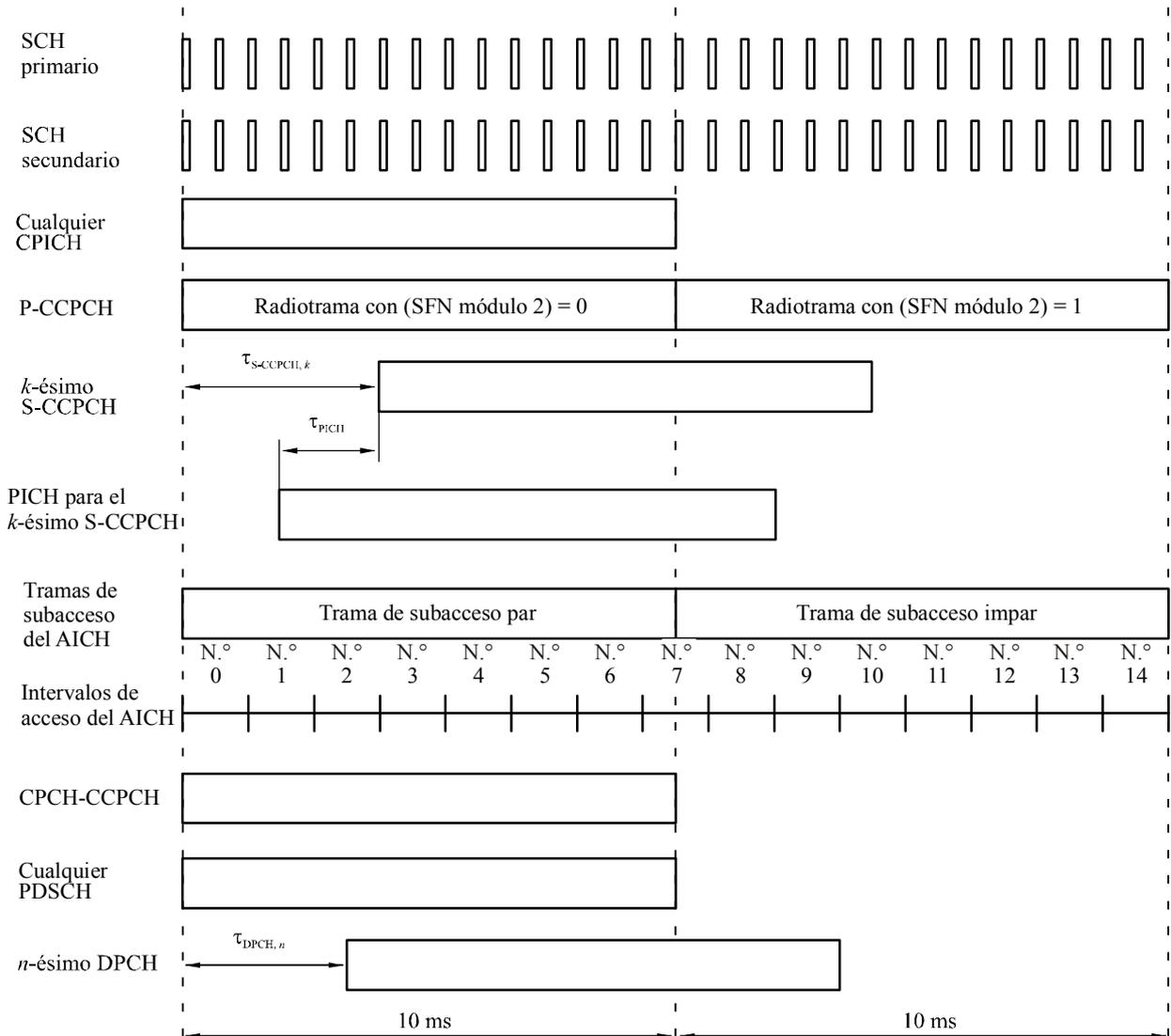
Las tramas de acceso y de subacceso del AICH del enlace descendente están alineadas en el tiempo con el P-CCPCH. Las tramas de acceso y de subacceso del PRACH del enlace ascendente están alineadas en el tiempo con la recepción de las tramas de acceso y subacceso del AICH del enlace descendente. La trama de acceso número n del enlace ascendente se transmite desde la ETM τ_{p-a} chips antes de la recepción de la trama de acceso número n del enlace descendente, siendo $n = 0, 1, \dots, 15$. La Fig. 43 muestra la relación de temporización PRACH/AICH. El tiempo de diferencia de transmisión τ_{off} deberá ser un valor comprendido entre $-\tau_{off,máx}$ y $\tau_{off,máx}$, siendo $\tau_{off,máx}$ la máxima diferencia de tiempo de transmisión determinada por las capas superiores. La distancia preámbulo a preámbulo τ_{p-p} deberá ser mayor o igual que la distancia mínima preámbulo a preámbulo $\tau_{p-p,min}$. Además, de $\tau_{p-p,min}$, la distancia preámbulo a AI τ_{p-a} se define del siguiente modo:

- cuando la temporización de transmisión del AICH se hace igual a 0, entonces $\tau_{p-p,min} = 230\ 400$ chips (seis radiotramas) y $\tau_{p-a} = 153\ 600$ chips (cuatro radiotramas);
- cuando la temporización de transmisión del AICH se hace igual a 1, entonces $\tau_{p-p,min} = 307\ 200$ chips (ocho radiotramas) y $\tau_{p-a} = 230\ 400$ chips (seis radiotramas).

El parámetro temporización de transmisión del AICH (AICH_Transmission_Timing) lo determinan las capas superiores.

FIGURA 43

Temporización de las tramas y de los intervalos de acceso de los canales físicos del enlace descendente



1850-43

4.3.3.4.1.4.1.2 Satélites en GEO

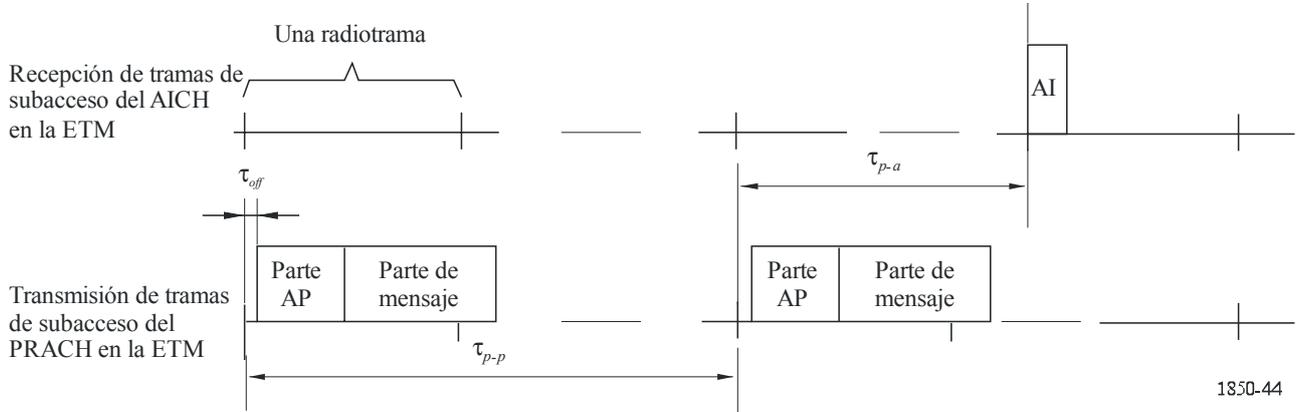
Las tramas de acceso y de subacceso del AICH del enlace descendente están alineadas en el tiempo con el P-CCPCH. Las tramas de acceso y de subacceso del PRACH del enlace ascendente están alineadas en el tiempo con la recepción de las tramas de acceso y subacceso del AICH del enlace descendente. La trama de acceso número n del enlace ascendente se transmite desde la ETM τ_{p-a} chips antes de la recepción de la trama de acceso número n del enlace descendente, siendo $n = 0, 1, \dots, 15$. La Fig. 44 muestra la relación de temporización PRACH/AICH. El tiempo de diferencia de transmisión τ_{off} deberá ser un valor comprendido entre $-\tau_{off,m\acute{a}x}$ y $\tau_{off,m\acute{a}x}$, siendo $\tau_{off,m\acute{a}x}$ la máxima diferencia de tiempo de transmisión determinada por las capas superiores. La distancia preámbulo a preámbulo τ_{p-p} deberá ser mayor o igual que la distancia mínima preámbulo a preámbulo $\tau_{p-p,min}$. Además, de $\tau_{p-p,min}$, la distancia preámbulo a AI τ_{p-a} se define del siguiente modo:

- cuando la temporización de transmisión del AICH se hace igual a 0, entonces $\tau_{p-p,min} = 1\ 152\ 000$ chips (treinta radiotramas) y $\tau_{p-a} = 1\ 075\ 200$ chips (veintiocho radiotramas);
- cuando la temporización de transmisión del AICH se hace igual a 1, entonces $\tau_{p-p,min} = 2\ 150\ 400$ chips (cincuenta y seis radiotramas) y $\tau_{p-a} = 2\ 073\ 600$ chips (cincuenta y cuatro radiotramas).

El parámetro temporización de transmisión del AICH (AICH_Transmission_Timing) lo determinan las capas superiores.

FIGURA 44

Relación de temporización entre el PRACH y el AICH desde el punto de vista de la ETM



4.3.3.4.1.4.2 Relación de temporización PCPCH/AICH

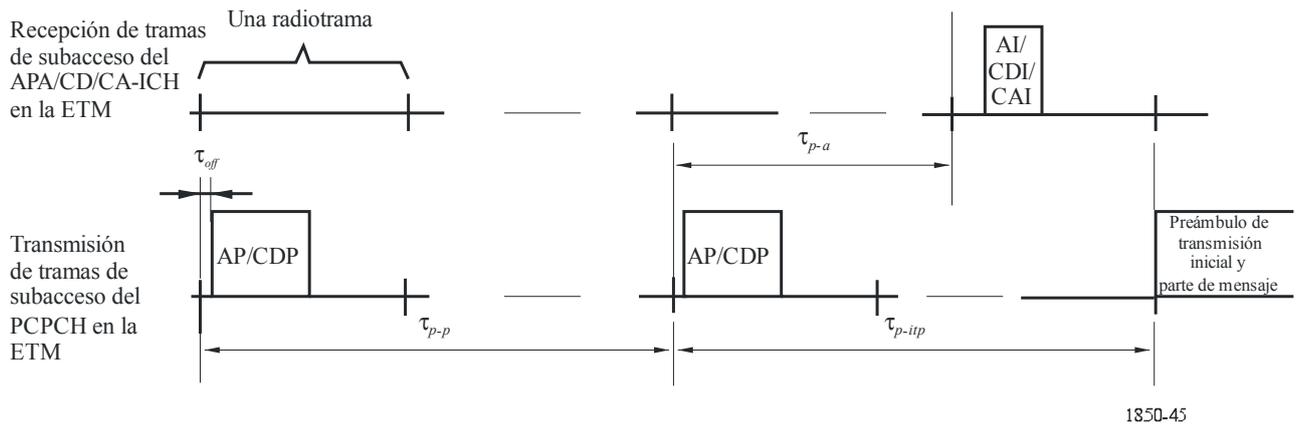
4.3.3.4.1.4.2.1 Satélites en LEO

Las tramas de acceso y de subacceso del APA/CD/CA-ICH se alinean en el tiempo con el P-CCPCH. Las tramas de acceso y de subacceso del PCPCH del enlace ascendente se alinean en el tiempo con la recepción de las tramas de acceso y subacceso del APA/CD/CA-ICH del enlace descendente.

La relación de temporización entre AP/CDP y APA/CD/CA-ICH es idéntica al preámbulo del RACH y del AICH. Obsérvese que el preámbulo de resolución de colisiones sigue inmediatamente al preámbulo de acceso sin solución de continuidad. La Fig. 45 ilustra la temporización PCPCH/AICH.

FIGURA 45

Relación de temporización entre el PCPCH y el APA/CD/CAI-ICH desde el punto de vista de la ETM



Además de $\tau_{p-p,min}$, la distancia del preámbulo a AI τ_{p-a} y la distancia del preámbulo a ITP τ_{p-itp} se definen del siguiente modo:

- cuando T_{cpch} se hace igual a 0, entonces $\tau_{p-p,min} = 230\ 400$ chips (seis radiogramas), $\tau_{p-a} = 153\ 600$ chips (cuatro radiogramas) y $\tau_{p-itp} = 230\ 400$ chips (seis radiogramas);
- cuando T_{cpch} se hace igual a 1, entonces $\tau_{p-p,min} = 307\ 200$ chips (ocho radiogramas), $\tau_{p-a} = 230\ 400$ chips (seis radiogramas) y $\tau_{p-itp} = 307\ 200$ chips (ocho radiogramas).

El parámetro de temporización T_{cpch} es idéntico al parámetro de temporización de la transmisión PRACH/AICH.

4.3.3.4.1.4.2.2 Satélites en OSG

Las tramas de acceso y de subacceso del APA/CD/CA-ICH se alinean en el tiempo con el P-CCPCH. Las tramas de acceso y de subacceso del PCPCH del enlace ascendente se alinean en el tiempo con la recepción de las tramas de acceso y subacceso del APA/CD/CA-ICH del enlace descendente.

La relación de temporización entre AP/CDP y APA/CD/CA-ICH es idéntica al preámbulo del RACH y del AICH. Obsérvese que el preámbulo de resolución de colisiones sigue inmediatamente al preámbulo de acceso sin solución de continuidad. La Fig. 45 ilustra la temporización PCPCH/AICH.

Además de $\tau_{p-p,min}$, la distancia del preámbulo a AI τ_{p-a} y la distancia del preámbulo a ITP τ_{p-ipt} se definen del siguiente modo:

- cuando T_{cpch} se hace igual a 0, entonces $\tau_{p-p,min} = 1\ 152\ 000$ chips (treinta radiotramas), $\tau_{p-a} = 1\ 075\ 200$ chips (veintiocho radiotramas) y $\tau_{p-ipt} = 1\ 152\ 000$ chips (treinta radiotramas);
- cuando T_{cpch} se hace igual a 1, entonces $\tau_{p-p,min} = 2\ 150\ 400$ chips (cincuenta y seis radiotramas), $\tau_{p-a} = 2\ 073\ 600$ chips (cincuenta y cuatro radiotramas) y $\tau_{p-ipt} = 2\ 150\ 400$ chips (ocho radiotramas).

El parámetro de temporización T_{cpch} es idéntico al parámetro de temporización de la transmisión PRACH/AICH.

4.3.3.4.1.4.3 Relación de temporización PCPCH/CPCH-CCPCH

El comienzo de la trama del CPCH-CCPCH asociado se recibe 38 400 chips antes de la transmisión del preámbulo de transmisión inicial del PCPCH. El comienzo de una trama CPCH-CCPCH se indica por $T_{CPCH-CCPCH}$ y el comienzo en la trama de mensaje de PCPCH asociada se indica por T_{PCPCH} . Cualquier trama CPCH-CCPCH se asocia a una trama de mensaje del PCPCH mediante la relación $T_{PCPCH} - T_{CPCH-CCPCH} = 38\ 400 + L_{ip} \times 2\ 560$ chips.

4.3.3.4.1.4.4 Relación de temporización DPCH/PDSCH

El comienzo de la trama del DPCH se indica por T_{DPCH} y el comienzo de la trama del PDSCH asociado se indica por T_{PDSCH} . Cualquier trama del DPCH se asocia a una trama del PDSCH mediante la relación $46\ 080\ chips \leq T_{PDSCH} - T_{DPCH} < 84\ 480\ chips$.

4.3.3.4.1.4.5 Relaciones de temporización DPCCH/DPDCH

En la ETM, la transmisión de la trama DPCCH/DPDCH de enlace ascendente tiene lugar aproximadamente T_0 chips después de la recepción del primer trayecto significativo de la correspondiente trama DPCCH/DPDCH del enlace descendente. T_0 es una constante definida como $38\ 400 + 1\ 024$ chips.

4.3.3.4.2 Codificación y multiplexación del canal

4.3.3.4.2.1 Etapa de procesamiento

Las etapas de codificación y multiplexación se ilustran en la Fig. 46, donde TrBk indica el bloque de transporte y DTX indica la transmisión discontinua.

4.3.3.4.2.2 Detección de errores

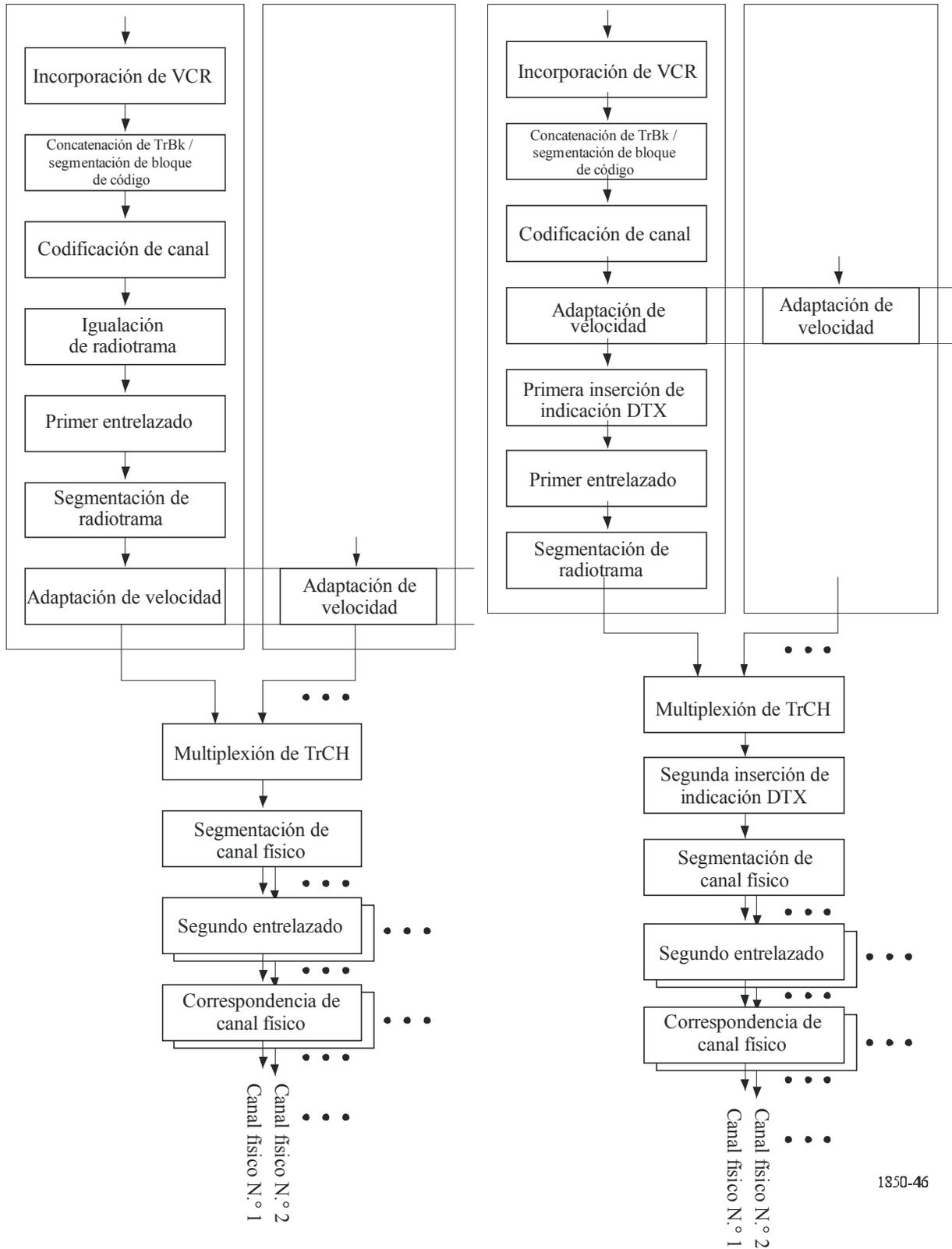
La detección de errores en los bloques del canal de transporte se efectúa mediante un CRC de 24, 16, 12, 8 ó 0 bits. En las capas superiores se indica la longitud de CRC que debe utilizarse en cada canal de transporte.

Para calcular los bits de paridad del CRC de cada bloque de transporte se utiliza la totalidad del bloque. 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 46

**Etapas de procesamiento de canal de transporte (TrCH) a canal físico
(a la izquierda: enlace ascendente, a la derecha: enlace descendente)**



4.3.3.4.2.3 Codificación de canal

Para la codificación de canales en el SAT-CDMA es posible aplicar dos esquemas:

- 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.

CUADRO 21

Esquemas de codificación de canal para los canales lógicos

| Canal de transporte | Esquema de codificación | Índice de codificación |
|---------------------|----------------------------|------------------------|
| BCH | Codificación convolucional | 1/2 |
| PCH | | |
| RACH | | |
| DCH, DSCH, FACH | Codificación turbo | 1/3 |

4.3.3.4.2.3.1 Codificación convolucional

Se definen códigos convolucionales con constricción de longitud 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 47

Generador de dódigo convolucional de índice = 1/3, constricción de longitud = 9

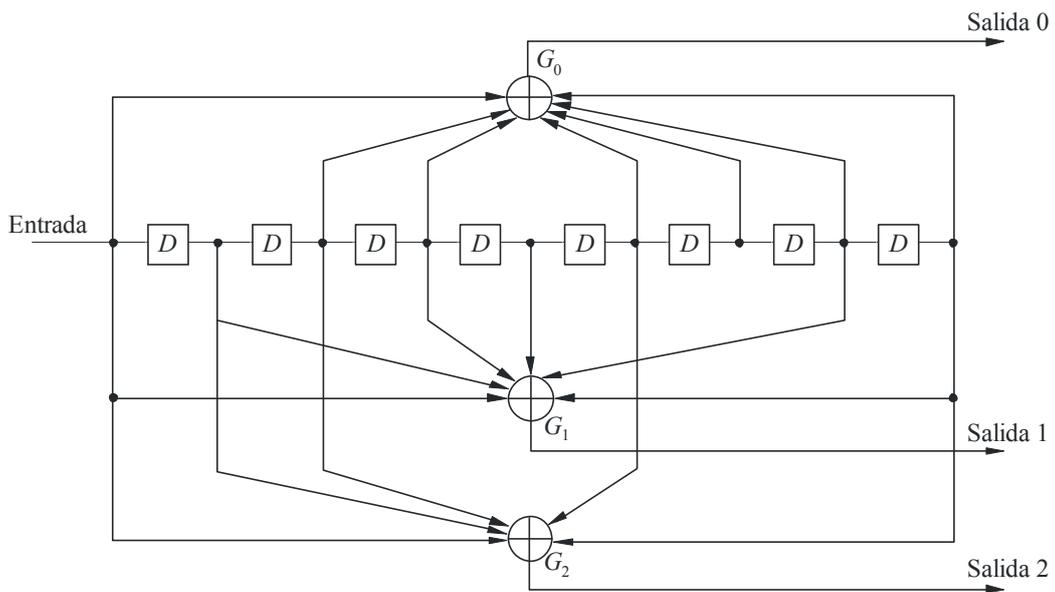
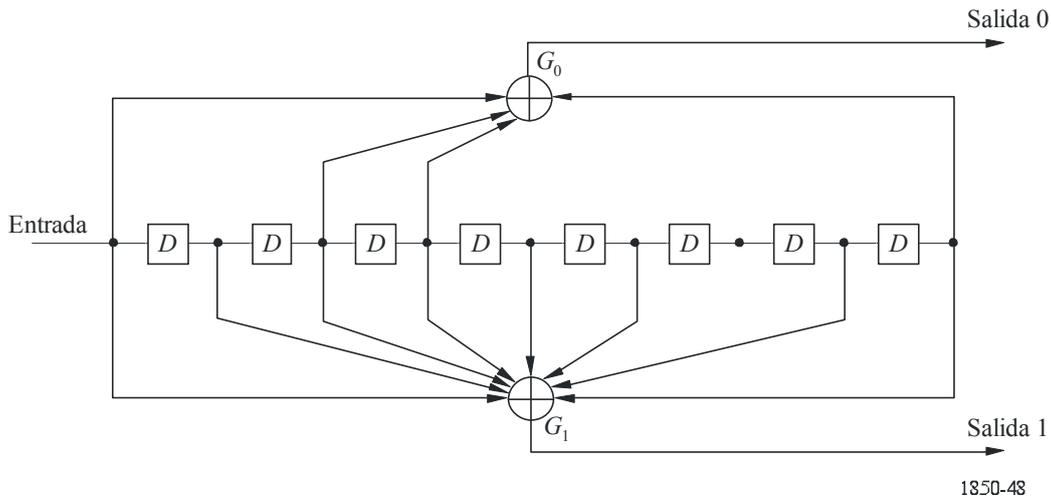


FIGURA 48

Generador de código convolucional de índice = 1/2, constricción de longitud = 9



4.3.3.4.2.3.2 Codificación turbo

El esquema del codificador turbo es 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:

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

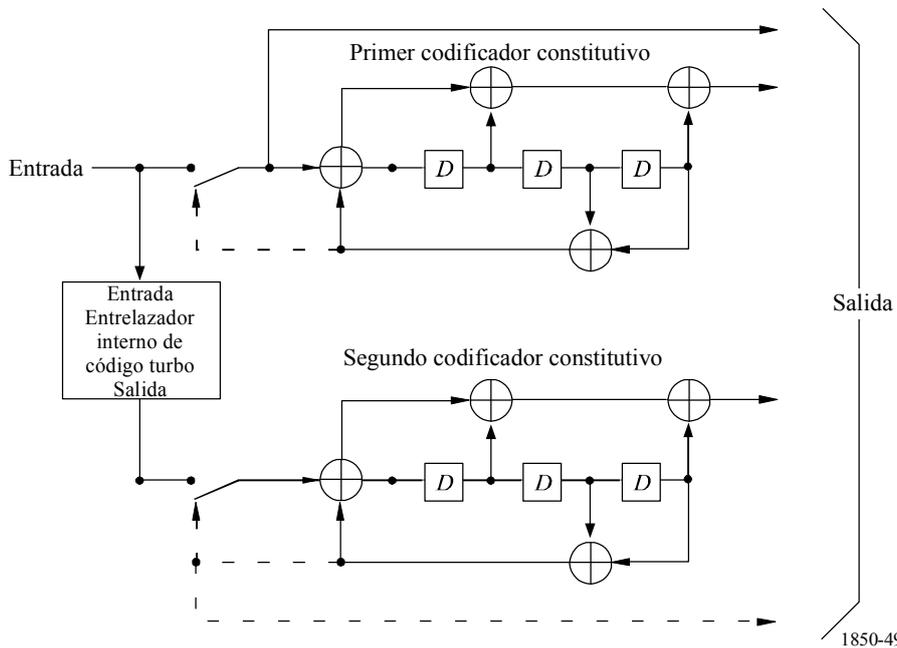
donde:

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

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

FIGURA 49

Generador de codificador turbo de índice = 1/3
(las líneas de trazo interrumpido se aplican sólo a la terminación reticular)



4.3.3.4.2.4 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 entrelazador es 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 $\langle 0, 20, 10, 5, 15, 25, 3, 13, 23, 8, 18, 28, 1, 11, 21, 6, 16, 26, 4, 14, 24, 19, 9, 29, 12, 2, 7, 22, 27, 17 \rangle$.

4.3.3.4.2.5 Adaptación de la 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 de los canales físicos dedicados asignados. 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.

4.3.3.4.2.6 Multiplexación del canal de transporte

Cada 10 ms, una radiograma de cada canal de transporte es entregada a la multiplexación de canales de transporte. Estas radiogramas son multiplexadas en serie en un canal de transporte compuesto codificado.

4.3.3.4.2.7 Codificación del 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.

4.3.3.4.2.8 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 definido 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.

4.3.3.4.3 Modulación y dispersión

4.3.3.4.3.1 Dispersión del enlace ascendente

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

La operación de dispersión consta de dos partes: dispersión de código corto para la disposición de canales y dispersión de código largo para la aleatorización.

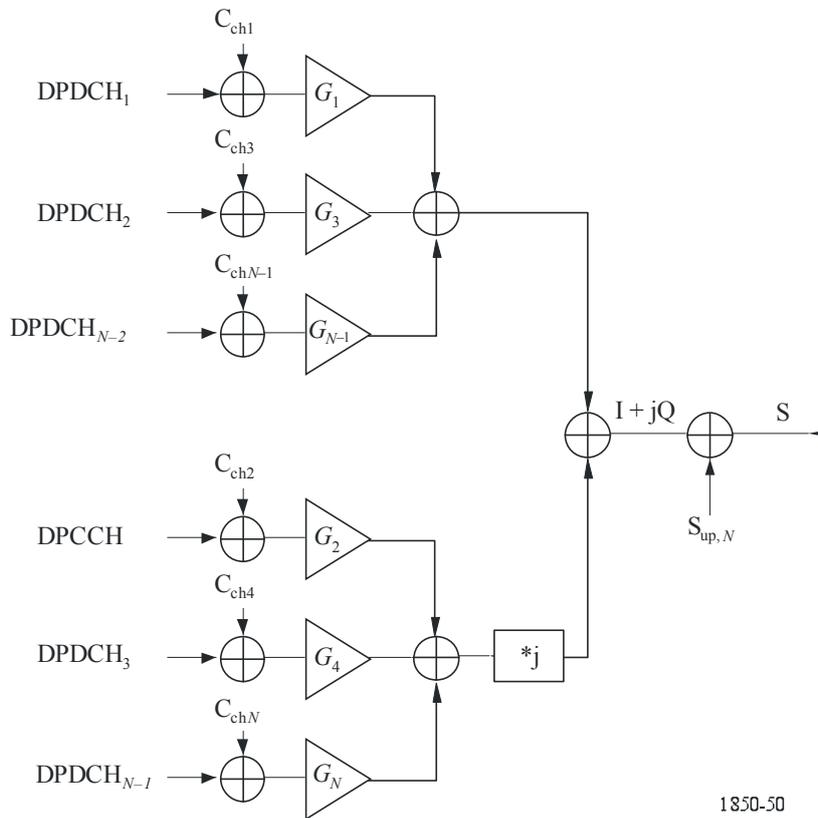
La dispersión de secuencia directa que utiliza el código largo deberá aplicarse al canal de enlace ascendente.

La Fig. 50 muestra la configuración de dispersión del enlace ascendente. Los códigos de disposición de canales, C_{ch_i} , $i = 1, 2, \dots, N$ en primer lugar ensanchan un canal DPDCH y los canales DPDCH. A continuación, se ajustan las señales mediante los factores de ganancia de potencia, 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, únicamente se transmiten el DPDCH₁ y el DPCCH. En la transmisión multicódigo, se transmiten varios DPDCH utilizando las ramas I y Q.

FIGURA 50

Ensanchamiento para DPDCH/DPCCH de enlace ascendente



1850-50

Los códigos de disposición de canales para el DPCH de enlace ascendente son códigos factor de dispersión ortogonal variable (OVSF, *orthogonal variable spreading factor*).

El código de aleatorización largo se construye a partir de las secuencias largas constitutivas $C_{long,1,n}$ y $C_{long,2,n}$. Las dos secuencias se obtienen a partir de la suma en módulo 2, posición a posición, de trenes de 38 400 chips de dos secuencias binarias m x_n e y . La secuencia x_n , que depende del número de secuencias de aleatorización elegido n , se obtiene a partir del polinomio generador de secuencias m : $X^{25} + X^3 + 1$ y la secuencia y se obtiene 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 representa en la Fig. 51.

La secuencia Gold binaria z_n se define como:

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

Estas secuencias binarias se convierten en secuencias de valores reales Z_n . Las secuencias largas de aleatorización de valor real $c_{\text{long},1,n}$ y $c_{\text{long},2,n}$ se definen del siguiente modo:

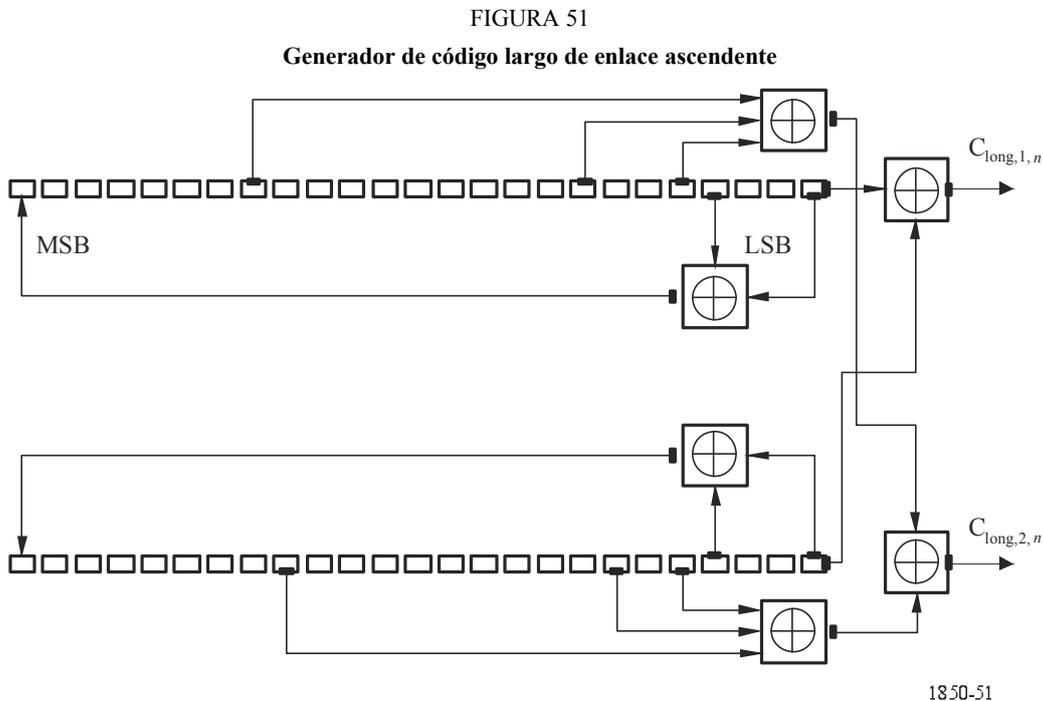
$$c_{\text{long},1,n}(i) = Z_n(i), \quad i = 0, 1, 2, \dots, 2^{25} - 2 \text{ y}$$

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

Finalmente, la secuencia larga de aleatorización de valor complejo $C_{\text{long},n}$ se define como:

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

donde $i = 0, 1, \dots, 2^{25} - 2$ y $\lfloor \cdot \rfloor$ indica el redondeo al entero inferior más próximo.



4.3.3.4.3.1.1 Códigos PRACH y PCPCH

El código del 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 valor complejo que se construye a partir de un código de aleatorización de preámbulo $S_{\text{r-pre},n}$ y una firma de preámbulo $C_{\text{sig},s}$ del siguiente modo:

– cuando N_p se hace igual a 1, entonces

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

– cuando N_p es mayor que 1, entonces

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

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

donde $k = 0$ corresponde al primer segmento que se transmite en el tiempo.

La firma de preámbulo correspondiente a una firma s consta de 256 reiteraciones de una firma de longitud 16. La firma procede del 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:

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

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 $S_{r-msg,n}$, siendo $n = 0, 1, \dots, 8\,191$, se basa en la secuencia de aleatorización larga y se define del siguiente modo:

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

El n -ésimo código de aleatorización de la parte de mensaje del PCPCH, representado por $S_{c-msg,n}$, 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:

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

4.3.3.4.3.2 Modulación de enlace ascendente

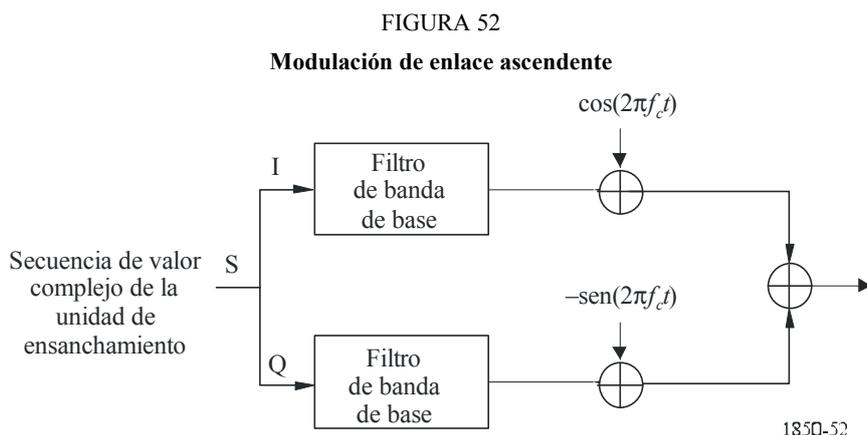
La velocidad de segmentos de modulación es 3,84 Mchip/s.

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 incorporados se hacen corresponder alternativamente a los canales I o Q.

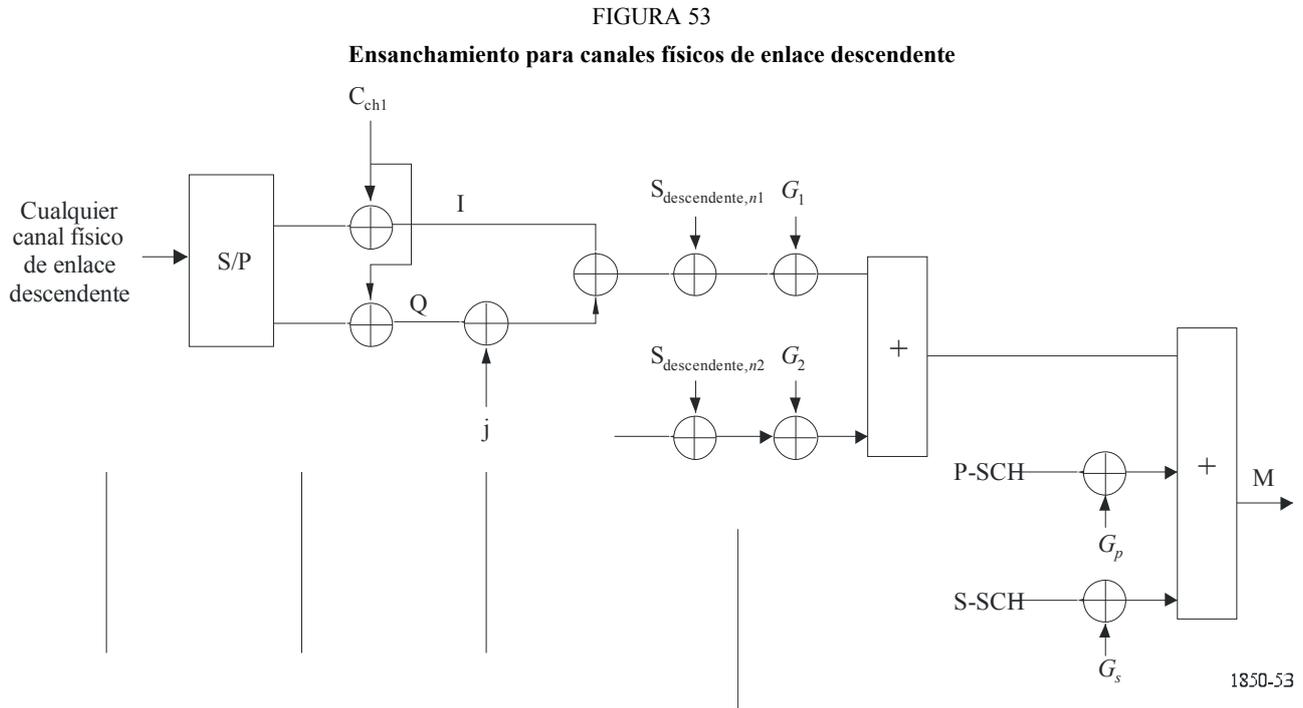
La Fig. 52 muestra la configuración de la modulación de enlace ascendente. El filtro de banda base (filtro de conformación de impulsos) es un filtro de raíz de coseno alzado con un factor de corte $\alpha = 0,22$ en el dominio de la frecuencia.



4.3.3.4.3.3 Dispersión de enlace descendente

La MDP-4 OC no se utiliza en el enlace descendente. La operación de dispersión consta de dos partes: dispersión de código corto para la disposición de canales y dispersión de código largo para la aleatorización. La dispersión de secuencia directa que utiliza el código largo deberá aplicarse al canal del enlace descendente. Para este canal, el código largo deberá ser periódico con un periodo de 38 400 chips. La longitud del código largo es igual a la longitud de una trama de 10 ms.

La Fig. 53 muestra la configuración de dispersión del enlace descendente.



El código de disposición de canales para canales físicos de enlace descendente es el mismo código OVFSF utilizado en el enlace ascendente.

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 de suma en módulo 2, posición a posición, de trenes de 38 400 chips de dos secuencias- m binarias x e y . La secuencia x se obtiene del polinomio generador $X^{18} + X^7 + 1$. La secuencia y se obtiene a partir del polinomio generador $X^{18} + X^{10} + X^7 + X^5 + 1$. La condición inicial para la secuencia x es (00...1), donde 1 es el LSB. La condición inicial para la secuencia y es (11...1). La Fig. 54 muestra la configuración del generador de código de aleatorización de enlace descendente.

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

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

Estas secuencias binarias se convierten a secuencias de valor real Z_n . Finalmente, la n -ésima secuencia de código de aleatorización compleja $S_{dl,n}$ se define como:

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

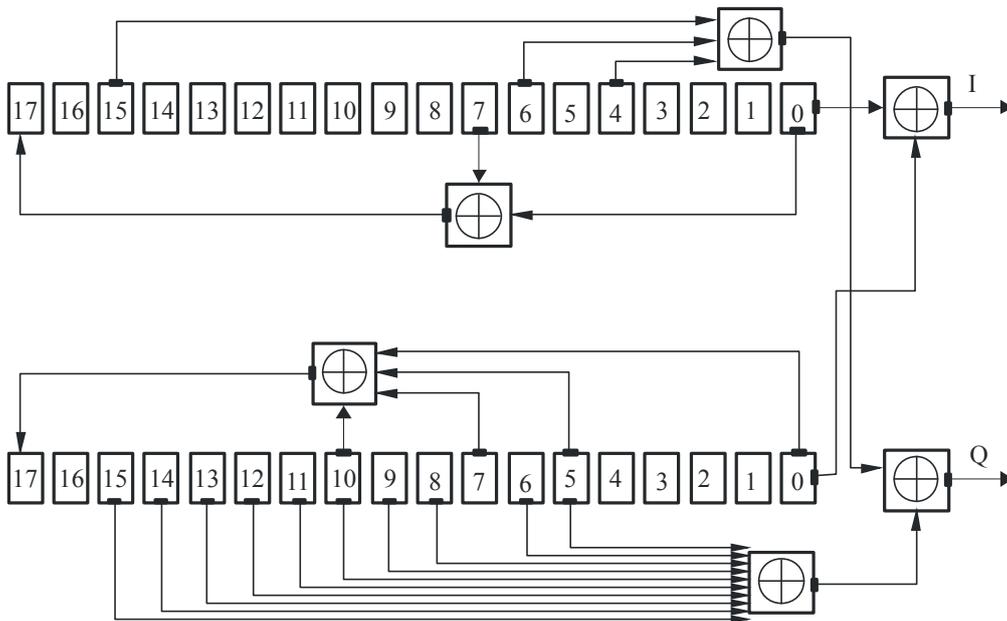
Obsérvese la repetición del patrón desde la fase 0 hasta la fase 38 399.

Los códigos de aleatorización se dividen en 512 conjuntos, consistiendo cada uno de ellos en un código de aleatorización primario y 15 códigos de aleatorización secundarios. Los códigos de aleatorización primarios están formados por códigos de aleatorización $n = 16 \times i$ siendo $i = 0 \dots 511$. El conjunto i -ésimo de códigos de aleatorización secundarios está integrado por códigos de aleatorización $16 \times i + k$, siendo $k = 1 \dots 15$. Hay una correspondencia biunívoca entre cada uno de los códigos de aleatorización primarios y los 15 códigos de aleatorización secundarios de un conjunto, de modo que el i -ésimo código de aleatorización primario se corresponden con el i -ésimo conjunto de códigos de aleatorización secundario. Éste es el motivo por el que se utilizan los códigos de aleatorización $n = 0, 1, \dots, 8\,191$.

El conjunto de códigos de aleatorización primarios se divide a su vez en 64 grupos de códigos de aleatorización, cada uno de los cuales consta de ocho códigos de aleatorización primarios. El j -ésimo grupo de códigos de aleatorización está integrado por códigos de aleatorización primarios $16 \times 8 \times j + 16 \times k$, siendo $j = 0, \dots, 63$ y $k = 0, \dots, 7$.

FIGURA 54

Generador de dódigo de aleatorización de enlace descendente



1850-54

4.3.3.4.3.3.1 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.

4.3.3.4.3.3.1.2 códigos de sincronización para la constelación GEO

El código de sincronización primario (PSC), C_{psc} se construye en forma de dos secuencias Golay jerárquicas generalizadas y se define de manera que tenga buenas propiedades de autocorrelación aperiódica:

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

El PSC se genera por reiteración de la secuencia a modulada 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:

$$- \quad C_{psc} = (1 + j) \times \langle a, a, a, -a, -a, a, -a, -a, a, a, a, -a, a, -a, a, a \rangle.$$

en la que el chip más a la izquierda de la secuencia corresponde al chip transmitido en primer lugar.

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:

$$- \quad z = \langle b, b, b, -b, b, b, -b, -b, b, -b, b, -b, -b, -b, -b \rangle, \text{ siendo:}$$

$$- \quad b = \langle x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, -x_9, -x_{10}, -x_{11}, -x_{12}, -x_{13}, -x_{14}, -x_{15}, -x_{16} \rangle \text{ y } x_1, x_2, \dots, x_{15}, x_{16}, \text{ son los mismos que en la definición de la secuencia } a \text{ anterior.}$$

Las secuencias Hadamard se obtienen como filas de una matriz H_8 construida recursivamente:

$$H_0 = (1)$$

$$H_k = \begin{pmatrix} H_{k-1} & H_{k-1} \\ H_{k-1} & -H_{k-1} \end{pmatrix}, \quad k \geq 1$$

Las filas se enumeran desde arriba empezando por la fila 0 (la secuencia de todo unos).

Sea la n -ésima secuencia Hadamard la fila de H_8 numerada desde la parte superior, $n = 0, 1, 2, \dots, 255$, correlativamente.

Sean además $h_n(i)$ y $z(i)$ 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:

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

- siendo $m = 16 \times (k - 1)$ y el chip más a la izquierda de la secuencia el que se transmite en primer lugar.

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. En el Cuadro 6 se describen las secuencias de los SSC utilizadas para codificar los distintos 64 grupos de código de aleatorización. Los valores en el Cuadro 6 indica el SSC que se ha de utilizar en los distintos intervalos para los diferentes grupos de código de aleatorización, por ejemplo, el valor «7» indica que deberá utilizar se el SSC $C_{ssc,7}$ para el grupo de código de aleatorización y el intervalo correspondientes.

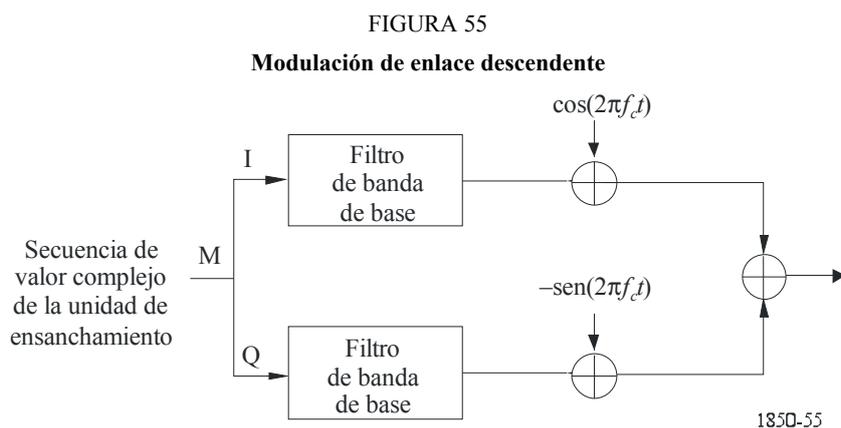
4.3.3.4.3.4 Modulación de enlace descendente

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

En el enlace descendente, la modulación de datos del DPCH es MDP-4.

Los DPDCH y DPCCH modulados son multiplexados en el tiempo.

La Fig. 55 muestra la configuración de la modulación de enlace descendente. 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.



4.3.3.4.4 Procedimientos

4.3.3.4.4.1 Búsqueda de haz

La búsqueda del haz se lleva a cabo en tres etapas

Etapas 1: La ETM utiliza el código de sincronización primario del SCH para adquirir la sincronización de intervalos a un haz.

Etapas 2: La ETM utiliza las secuencias de código de sincronización secundario del SCH para hallar la sincronización de trama e identificar el grupo de códigos del haz hallado en la primera etapa.

Etapas 3: La ETM determina el código de aleatorización primario exacto utilizado por el haz hallado.

Durante las etapas primera y segunda, puede requerirse una búsqueda de frecuencia aproximada y/o una técnica de detección diferencial debido al error de frecuencia portadora originado por el efecto Doppler.

Durante las etapas segunda y tercera, la ETM puede usar información almacenada localmente sobre la constelación de satélites y su posición, lo que puede reducir el tiempo de búsqueda del haz.

4.3.3.4.4.2 Acceso aleatorio

4.3.3.4.4.2.1 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 (RLC o RRC).

Al principio de cada ciclo de retransmisión, la ETM refresca los parámetros relacionados con el procedimiento de RACH con los valores actualizados, 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 físico aleatorio siguiente:

Paso 1: Se obtendrá la trama de acceso del enlace ascendente disponible, del siguiente conjunto de tramas de acceso completo, utilizando el conjunto de subcanales RACH disponibles dentro de la clase RACH dada. Se seleccionará al azar una trama de acceso de entre las determinadas anteriormente. 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 dentro de la trama de acceso seleccionada.

Paso 2: Se seleccionará al azar una firma de entre el conjunto de firmas disponibles dentro de la clase RACH dada.

Paso 3: Se fijará el valor del contador de retransmisión de preámbulo a Máx. Retrans Preámbulo.

Paso 4: Se fijará la potencia del preámbulo a Potencia_Inicial_Preámbulo.

Paso 5: Se seleccionará al azar un tiempo de desplazamiento de transmisión, τ_{off} , del intervalo $-\tau_{\text{off,máx}}$, $\tau_{\text{off,máx}}$ chips.

Paso 6: Se transmitirá una parte de preámbulo y un parte de mensaje utilizando la trama de acceso (o subtrama de acceso) seleccionada, el tiempo de desplazamiento de transmisión, la firma y la potencia de transmisión de preámbulo. La potencia de transmisión de la parte de control del mensaje de acceso aleatorio debe ser P_{p-m} (dB) mayor que la potencia del preámbulo.

Paso 7: Si no se detectase indicador de adquisición positivo ni negativo correspondientes a la firma seleccionada en la trama (o subtrama) de acceso del AICH de enlace descendente correspondiente a la trama (o subtrama) de acceso de enlace ascendente, entonces:

Paso 7.1: Se seleccionará la siguiente trama de acceso disponible del conjunto de subcanales RACH disponibles de la clase RACH dada. Cuando se utilice 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 7.2: Se seleccionará al azar una nueva firma de entre las firmas disponibles.

Paso 7.3: Se aumentará la potencia del preámbulo en $\Delta P_0 = \text{paso de rampa de potencia}$.

Paso 7.4: Se reducirá en una unidad el contador de retransmisión del preámbulo.

Paso 7.5: Si el contador de retransmisión del preámbulo > 0 se repetirá desde el Paso 5. De lo contrario comunicar el estado L1 («sin ack en AICH») a la capa superior (MAC) y se abandonará el procedimiento de acceso físico aleatorio.

Paso 8: Si se detectase 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 comunicaría el estado L1 («recibido Nack en el AICH») a la capa superior (MAC) y se abandonaría el procedimiento de acceso físico aleatorio.

Paso 9: Se informará del estado L1 «recibido Ack en AICH» a la capa superior (MAC) y se abandonará el procedimiento de acceso físico aleatorio.

Un subcanal A RACH define un conjunto de tramas de acceso de enlace ascendente que están alineadas en el tiempo con las tramas P-CCPCH. Hay un total de ocho subcanales RACH.

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

Cuando, en la capa MAC, L1 indique que se ha recibido un acuse en el AICH, la terminación con éxito del procedimiento del control de la transmisión MAC deberá indicarse a la capa superior. Cuando L1 indique que no se ha recibido acuse en el AICH, se efectuará un nuevo ciclo de retransmisión. Cuando L1 indique que se ha recibido un acuse negativo, la ETM establecerá un tiempo de descanso. Tras el tiempo de descanso se iniciará un nuevo ciclo de retransmisión.

Si el mensaje de respuesta correspondiente al mensaje RACH transmitido se recibiese en la capa superior (RLC o RRC) en cualquier instante del procedimiento de acceso aleatorio, la ETM deberá detener el procedimiento RACH.

4.3.3.4.4.2.2 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 $P_{\text{Potencia_Inicial_Preámbulo}}$.

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

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 precompensación Doppler, basada en la estimación de desplazamiento Doppler de la portadora del enlace descendente.

4.3.3.4.4.3 Control de potencia

4.3.3.4.4.3.1 Control de potencia del enlace ascendente

La finalidad del control de potencia es resolver el problema cerca-lejos. El control de potencia puede ser en bucle cerrado o abierto, dependiendo de si se dispone de información de retorno.

4.3.3.4.4.3.1.1 Control de potencia en bucle abierto

El control de potencia en bucle abierto se utiliza para ajustar la potencia de transmisión del DPCH. Puede reducir la complejidad H/W en comparación con el control de potencia del bucle cerrado. La ETM debe medir la potencia recibida del P-CCPCH antes de transmitir por un DPCH. La potencia de transmisión del DPCH queda determinada por el indicador del estado del canal (CSI) y la relación señal a interferencia (SIR) del enlace ascendente.

La ETM realizará constantemente el procedimiento OLPC del modo siguiente:

Paso 1 : Si la ETM recibe los datos de la red de acceso del satélite en estado inactivo, verificará el campo piloto de DPCCCH y/o CPICH y/o S-CCPCH.

Paso 2 : La ETM tomará el CSI a partir de la estimación del canal.

Paso 3 : La ETM calculará la SIR del DPCCCH/DPDCH en el enlace descendente.

Paso 4 : La ETM comparará la SIR deseada con la SIR recibida.

Paso 5 : La ETM determinará la potencia de transmisión de DPCH del modo siguiente:

$$P_{DPCH}(i) = P_{DPCH}(i-1) \pm \Delta_{\epsilon}(i-1) \quad \text{dBm}$$

siendo:

$$\Delta_{\epsilon}(i) = SIR_{est}(i) - SIR_{target}(i)$$

4.3.3.4.4.3.1.2 Control de potencia en bucle cerrado

El procedimiento de control de potencia de la transmisión del enlace ascendente controla al mismo tiempo la potencia de un DPCCH y sus correspondientes DPDCH (de haberlos). La diferencia relativa de potencia de transmisión entre el DPCCH y los DPDCH viene determinada por la red y se indica a la ETM utilizando la señalización de capa superior.

El control de potencia de bucle interno del enlace ascendente ajusta la potencia de transmisión de la ETM a fin de mantener la relación señal a interferencia (SIR) del enlace ascendente en una SIR objetivo determinada, $SIR_{objetivo}$. El control de potencia del enlace ascendente se efectuará mientras la potencia de transmisión de la ETM sea inferior a la máxima potencia de salida admisible.

Cualquier cambio en la potencia de transmisión del DPCCH del enlace ascendente deberá tener lugar inmediatamente antes del comienzo de la trama del DPCCH. La variación de potencia del DPCCH con respecto a su valor anterior la calcula la ETM y se representa por Δ_{DPCCH} (dB).

La RAN de satélite debe estimar la relación señal a interferencia SIR_{est} del DPCH del enlace ascendente recibido, generar las instrucciones TPC y transmitir las una vez por cada una de las radiogramas de acuerdo con la siguiente regla:

Sean las variables:

$$\Delta_{\epsilon} = SIR_{est} - SIR_{objetivo}$$

$\Delta_p(i)$: paso de control de potencia cuyo valor pertenece al conjunto $\{-\Delta_L, -\Delta_S, \Delta_S, \Delta_L\}$ de acuerdo con el TPC_cmd de la trama i -ésima, donde los tamaños de paso Δ_S, Δ_L están controlados por la RAN de satélite

N_{trama} : retardo del bucle expresado en tramas.

Y a continuación, $\Delta_p(i)$ se genera utilizando Δ_{ϵ} y los últimos N_{trama} pasos de control de potencia $\Delta_p(k)$, $k = i - N_{trama} - 1, \dots, i - 1$ del siguiente modo:

Se calculará:

$$\Delta_{\epsilon} = \Delta_{\epsilon} + \chi \sum_{k=i-N_{trama}}^{i-1} \{\Delta_p(k) - \alpha\Delta_p(k-1)\}$$

donde el indicador de compensación de retardo del bucle χ se hace igual a «1» cuando la ETM está en traspaso flexible y a «0» cuando la ETM no lo está. El factor de reducción de acumulación, α ($0 < \alpha < 1$) es el parámetro de capa superior y es idéntico para todas las ETM del mismo haz.

si $|\Delta_{\epsilon,c}| < \epsilon_T$ y $\Delta_{\epsilon,c} < 0$, $\Delta_p(i) = \Delta_S$

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

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

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

La ETM ajusta la potencia de transmisión del DPCCH del enlace ascendente con un paso de Δ_{DPCCH} (dB) utilizando los dos pasos de control de potencia de recepción más reciente, $\Delta_p(i)$ y $\Delta_p(i-1)$ del siguiente modo:

– cuando la ETM no se encuentra en traspaso flexible,

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

siendo α idéntica a la utilizada en el haz servidor y siendo señalada por la capa superior.

– cuando la ETM se encuentran en traspaso flexible,

$$\Delta_{DPCCH} = \kappa\Delta_p(i)$$

siendo κ el factor de reducción del paso de control de potencia señalado por la capa superior.

La relación entre $\Delta_p(i)$ y la instrucción de control de potencia del transmisor TPC_cmd se representa en el Cuadro 22.

CUADRO 22

Relación entre $\Delta_p(i)$ y TPC_cmd

| TPC_cmd | $\Delta_p(i)$ |
|---------|---------------|
| -2 | $-\Delta_L$ |
| -1 | $-\Delta_S$ |
| 1 | Δ_S |
| 2 | Δ_L |

Cuando la ETM no se encuentre en traspaso flexible, sólo se recibirá una instrucción TPC en cada una de las radiotramas. En este caso, el valor de TPC_cmd se obtendrá del siguiente modo:

- Si la instrucción TPC es igual a 00, entonces TPC_cmd para dicha trama es -2.
- Si la instrucción TPC es igual a 01, entonces TPC_cmd para dicha trama es -1.
- Si la instrucción TPC es igual a 10, entonces TPC_cmd para dicha trama es 1.
- Si la instrucción TPC es igual a 11, entonces TPC_cmd para dicha trama es 2.

Cuando la ETM se encuentre en traspaso flexible, se podrán recibir varias instrucciones TPC en cada una de las radiotramas procedentes de diferentes haces del conjunto activo. En el caso de que haya varios enlaces radioeléctricos en el mismo conjunto de enlaces radioeléctricos, las instrucciones TPC de un mismo conjunto de enlaces radioeléctricos se combinarán en una única instrucción TPC, que a su vez se combinará con las instrucciones TPC procedentes de otros conjuntos de enlace radioeléctricos. La ETM deberá efectuar una decisión de símbolos flexible W_i en cada uno de las instrucciones de control de potencia TPC_i , siendo $i=1, 2, \dots, N$, donde N , que es mayor que 1, es el número de instrucciones TPC de los enlaces radioeléctricos de diferentes conjuntos de enlaces radioeléctricos. La ETM obtiene una instrucción TPC combinada, TPC_cmd, como función γ de las N decisiones de símbolos flexibles W_i : $TPC_cmd = \gamma(W_1, W_2, \dots, W_N)$, donde TPC_cmd puede tomar los valores 2, 1, -1 y -2. La función γ deberá cumplir los siguientes criterios:

Si los N instrucciones TPC son aleatorias y no hay una correlación entre ellos, teniendo la misma probabilidad de ser transmitidos como «00», «01», «10» u «11», la probabilidad de que la salida de γ sea mayor o igual que 1 será mayor o igual que $1/(2^N)$, y la probabilidad de que la salida γ sea inferior o igual que -1 deberá ser mayor o igual que 0,5. Además, la salida de γ deberá ser igual a 2 si las instrucciones TPC de todos los conjuntos de enlace radioeléctricos son «11» con toda seguridad y la salida de γ será igual a -2 si una instrucción TPC de cualquiera de los conjuntos de enlace radioeléctricos es «00» con toda seguridad.

Para el control de potencia del enlace ascendente del PCPCH, cualquier variación de la potencia de transmisión del PCPCH deberá tener lugar inmediatamente antes del comienzo de la trama de la parte de mensaje. La red deberá estimar la relación señal a interferencia SIR_{est} del PCPCH recibido. Acto seguido la red deberá generar instrucciones TPC y transmitir las una vez por trama de acuerdo con la misma regla descrita para el DPDCH/DPCCH. La ETM derivará una instrucción TPC, TPC_cmd, para cada una de las radiotramas de acuerdo con la misma regla descrita para el DPDCH/DPCCH. Tras derivar la instrucción TPC TPC_cmd, la ETM deberá ajustar la potencia de transmisión de la parte de control del PCPCH de enlace ascendente con un paso de $\Delta_{PCPCH-CP}$ (dB) determinado por la misma regla descrita para el DPDCH/DPCCH.

4.3.3.4.3.2 Control de potencia del enlace descendente

El procedimiento de control de la potencia de transmisión del enlace descendente controla simultáneamente la potencia de un DPCCH y de sus correspondientes DPDCH. El bucle de control de potencia ajusta la potencia del DPCCH y de los DPDCH en la misma cantidad. La diferencia relativa de potencia de transmisión entre los campos del DPCCH y de los DPDCH viene determinada por la red.

El control de potencia de bucle interior del enlace descendente ajusta la potencia de transmisión de la red a fin de mantener la SIR de enlace descendente recibida en una determinada SIR objetivo, $SIR_{objetivo}$. La ETM

debe estimar la relación señal a interferencia recibida del DPCCH/DPDCH de enlace descendente, SIR_{est} . La estimación de SIR obtenida SIR_{est} se utiliza a continuación en la ETM para generar instrucciones TPC de acuerdo con la siguiente regla:

- si $|SIR_{est} - SIR_{objetivo}| > \epsilon_T$ y $SIR_{est} > SIR_{objetivo}$, entonces la instrucción TPS a transmitir es «00»
- si $|SIR_{est} - SIR_{objetivo}| < \epsilon_T$ y $SIR_{est} > SIR_{objetivo}$, entonces la instrucción TPS a transmitir es «01»
- si $|SIR_{est} - SIR_{objetivo}| > \epsilon_T$ y $SIR_{est} < SIR_{objetivo}$, entonces la instrucción TPS a transmitir es «10»
- si $|SIR_{est} - SIR_{objetivo}| < \epsilon_T$ y $SIR_{est} < SIR_{objetivo}$, entonces la instrucción TPS a transmitir es «11»

Cuando la ETM se encuentre en traspaso flexible no estando activa la transmisión con diversidad por selección del haz (BSDT, *beam selection diversity transmission*) la ETM deberá estimar SIR_{est} a partir de las señales de enlace descendente de todos los haces del conjunto activo.

La ETM puede utilizar un algoritmo de predicción que estime el valor futuro de la SIR tras el retardo de ida y vuelta. La predicción de la variación de la SIR puede efectuarse observando la secuencia de las últimas variaciones de la SIR de los CPICH del conjunto activo. A fin de soportar ETM que utilicen el algoritmo de predicción, las capas superiores señalarán un retardo nominal de ida y vuelta del haz al que pertenece la ETM. La variación de la SIR predicha tras el retardo de ida y vuelta, Δ_{pred} , se utiliza en la ETM para generar instrucciones TPC de acuerdo con la siguiente regla:

Si $SIR_{est,pred} = SIR_{est} + \Delta_{pred}$, entonces:

- si $|SIR_{est,pred} - SIR_{objetivo}| > \epsilon_T$ y $SIR_{est,pred} > SIR_{objetivo}$, entonces la instrucción TPC a transmitir es «00»
- si $|SIR_{est,pred} - SIR_{objetivo}| < \epsilon_T$ y $SIR_{est,pred} > SIR_{objetivo}$, entonces la instrucción TPC a transmitir es «01»
- si $|SIR_{est,pred} - SIR_{objetivo}| > \epsilon_T$ y $SIR_{est,pred} < SIR_{objetivo}$, entonces la instrucción TPC a transmitir es «10»
- si $|SIR_{est,pred} - SIR_{objetivo}| < \epsilon_T$ y $SIR_{est,pred} < SIR_{objetivo}$, entonces la instrucción TPC a transmitir es «11»

A la recepción de las instrucciones TPC la RAN de satélite efectuará el correspondiente ajuste de la potencia DPCCH/DPDCH de enlace descendente. La RAN de satélite estimará la instrucción TPC transmitido TPC_{est} , y actualizará la potencia en cada trama. Tras estimar la k -ésima instrucción TPC, la RAN de satélite ajustará la potencia de enlace descendente en dicho instante $P(k-1)$ (dB) a la potencia $P(k)$ (dB) de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$P(k) = P(k-1) + P_{TPC}(k) + P_{bal}(k)$$

siendo $P_{TPC}(k)$ el k -ésimo ajuste de potencia debido al control de potencia de bucle interior y $P_{bal}(k)$ (dB) una corrección correspondiente al procedimiento del control de potencia de enlace descendente para equilibrar las potencias del enlace radioeléctrico en relación con una potencia de referencia común. $P_{TPC}(k)$ se calcula del siguiente modo:

$$P_{TPC}(k) = \begin{cases} -\Delta_L & \text{si } TPC_{est}(k) = 00 \\ -\Delta_S & \text{si } TPC_{est}(k) = 01 \\ +\Delta_S & \text{si } TPC_{est}(k) = 10 \\ +\Delta_L & \text{si } TPC_{est}(k) = 11 \end{cases}$$

4.3.3.4.4 Transmisión con diversidad de selección de haz (BSDT)

La BSDT es un método de macrodiversidad en la modalidad de traspaso flexible. Este método es opcional en la RAN de satélite. La ETM selecciona uno de los haces del subconjunto activo como «primario», todos los demás haces se clasifican como «no primarios». El DPDCH del enlace descendente se transmite desde el haz primario pero no se transmite para los haces no primarios.

Para seleccionar un haz primario, se asigna a cada uno de los haces una identificación temporal (ID) y la ETM comunica periódicamente la identidad del haz primario a los haces conectados. La ID del haz primario la entrega la ETM a los haces activos a través del campo FBI del DPCCH del enlace ascendente.

Cada uno de los haces recibe una ID temporal durante la BSDT y la ID se utiliza como una señal de selección del haz. En una radiograma se transmite un código de ID de 15 bits.

La ETM generará instrucciones TPC para controlar la potencia de transmisión de la red, en el campo TPC del DPCCH de enlace ascendente con arreglo a las señales de enlace descendente procedente únicamente del haz primario. La ETM seleccionará periódicamente un haz primario tras medir la potencia de la señal recibida de los CPICH transmitidos por los haces activos. Se detecta el haz con la mayor potencia de CPICH como haz primario.

Un haz reconocerá su calidad de no primario si se cumplen las siguientes condiciones simultáneamente:

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

El estado de los haces (primarios o no primarios) del conjunto activo se actualiza síncronamente. Si un haz recibe el ID codificado en una trama de enlace ascendente j , el estado del haz se actualiza en la trama $(j + 1 + T_{os})$ de enlace descendente, donde T_{os} lo suministran las capas superiores (el valor de T_{os} viene determinado por la red en función del retardo de ida y vuelta del haz).

4.3.4 Especificaciones de la interfaz radioeléctrica de satélite D (SRI-D, *satellite radio interface D*)

La SRI-D ha sido optimizada para su funcionamiento con un sistema de satélites concreto. Este sistema consiste en una constelación de satélites MEO funcionando con 12 ETT situadas en todo el mundo e interconectadas por una red terrena. La configuración se ha diseñado para ofrecer cobertura a toda la superficie de la Tierra y en cualquier instante. El sistema encaminará el tráfico procedente de redes terrenales a través de una ETT, que seleccionará un satélite a través del cual se conectará la llamada al usuario. El tráfico procedente de un UT se encaminará a través de la constelación de satélites a la red fija o móvil adecuada. El sistema proporcionará a los usuarios situados en cualquier punto de la Tierra acceso a los servicios de telecomunicaciones. La SRI-D soporta comunicaciones robustas y flexibles, tanto vocales como de datos, con velocidades de hasta 38,4 kbit/s de una forma eficaz desde el punto de vista espectral y de potencia. La gran mayoría de los UT utilizados con el sistema cabe esperar que sean verdaderamente portátiles y capaces de funcionar en modo doble (terrenal y por satélite). Se soportará una amplia gama de otros UT incluidos los terminales en vehículos, móviles aeronáuticos y marítimos y semifijos.

En los siguientes puntos se especifican únicamente los elementos pertinentes a esta Recomendación y tratan, fundamentalmente, de la compatibilidad a escala mundial y la utilización internacional.

4.3.4.1 Descripción de la arquitectura

El segmento terreno utiliza muchos componentes normalizados que permiten la conformidad del sistema con las normas de telecomunicaciones terrenales. La arquitectura (ilustrada en la Fig. 56) comprende:

- 12 ETT interconectadas situadas en todo el mundo;
- centros de gestión de red duplicados;
- centros de administración y facturación duplicados.

Cada ETT comprende:

- cinco antenas y equipos asociados para establecer la comunicación con los satélites;
- registradores y centros de conmutación móviles, incluyendo los registros de posiciones base (HLR, *home location register*) y los registros de posiciones visitados (VLR, *visitor location register*);
- interconexiones con las redes terrenales.

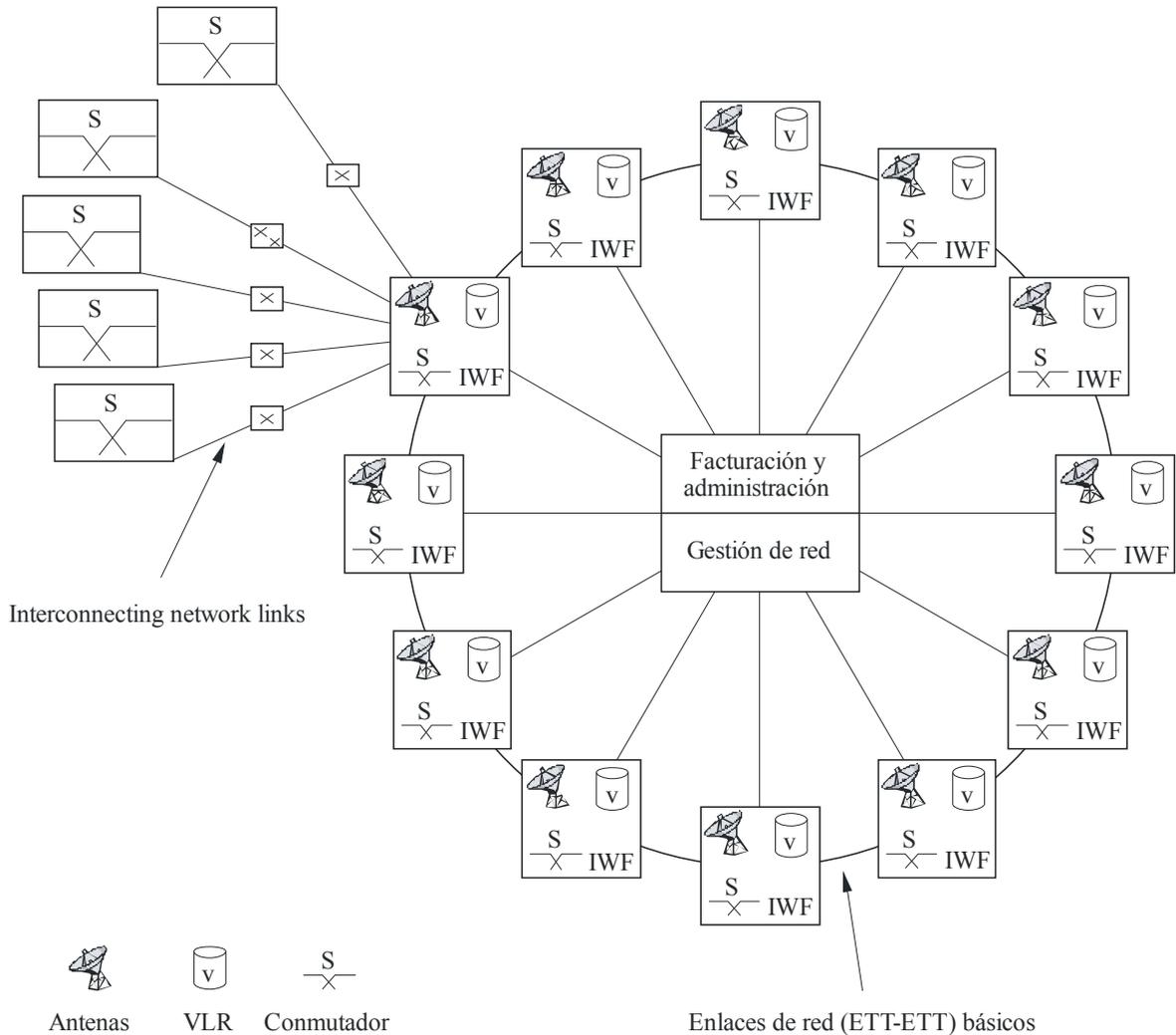
Las ETT están interconectadas unas con otras a través de los enlaces terrenales estableciendo la plataforma básica que proporciona los servicios de telecomunicaciones móviles mundiales del sistema. Se proporcionará interfaces a las RTPC, a las RMTP y a las redes de datos. Sin embargo, el traspaso sólo es soportado en una única red. Las funciones de interfuncionamiento (IWF, *interworking functions*) ofrecerán itinerancia automática con otras redes móviles terrenales (de segunda y tercera generación).

FIGURA 56

Red terrestres

Interconexión con otras redes

– PoI entre el sistema y las redes de interconexión RTPC, RMTP y RDCP



PoI: Punto de interconexión

1850-56

4.3.4.1.1 Constelación

El Cuadro 23 resume la configuración de la constelación de satélites.

La utilización en todo el mundo es una característica fundamental de las IMT-2000 y la constelación descrita proporciona una cobertura realmente mundial manteniendo un valor alto del ángulo de elevación mínimo con los satélites visibles, como se muestra en las Figs. 57 y 58.

Cada satélite proporciona cobertura radioeléctrica hasta un ángulo de elevación tan bajo como 0° tanto para los UT como para las ETT. La Fig. 57 muestra el porcentaje de tiempo durante el cual un cierto número de satélites están visibles en función de la latitud. En todas las zonas de la Tierra habrá dos o más satélites visibles durante al menos el 90% del tiempo.

El sistema es muy resistente a las averías individuales de los satélites y/o de las ETT ya que:

- la cobertura mundial total puede mantenerse mientras haya al menos cuatro satélites en cada plano orbital;
- las averías de las distintas ETT no darán lugar normalmente a una pérdida de servicio en torno a dicha ETT.

La Fig. 58 muestra los ángulos de elevación mínimo y medio del satélite más cercano que proporciona la mayor elevación entre los satélites visibles en función de la latitud. Dichos ángulos de elevación mínimo y medio rebasan los valores de 20° y 40°, respectivamente, en la mayoría de las zonas. Para las regiones comprendidas entre los 20° y los 50° de latitud, la constelación proporciona un ángulo de elevación mínimo mejor que 25° y un ángulo de elevación medio superior a 50°.

CUADRO 23

Configuración de la constelación de satélites

| | |
|--|--|
| Tipo de órbita | MEO |
| Altitud de la órbita | Nominalmente 10 390 km |
| Ángulo de inclinación de la órbita | 45° |
| Número de planos orbitales | 2 |
| Puesta en fase entre planos | 180° |
| Número de satélites por plano orbital | 5-6 |
| Puesta en fase de satélites situados en el mismo plano | La puesta en fase de los satélites situados en el mismo plano para una constelación de 10 satélites (5 satélites en cada uno de los 2 planos) es 72°. Si los 12 satélites se lanzan con éxito (6 satélites en cada uno de los 2 planos). La puesta en fase de los satélites en el mismo plano es 60° |

FIGURA 57

Valores estadísticos típicos de la visibilidad para la constelación de satélite (10 satélites)

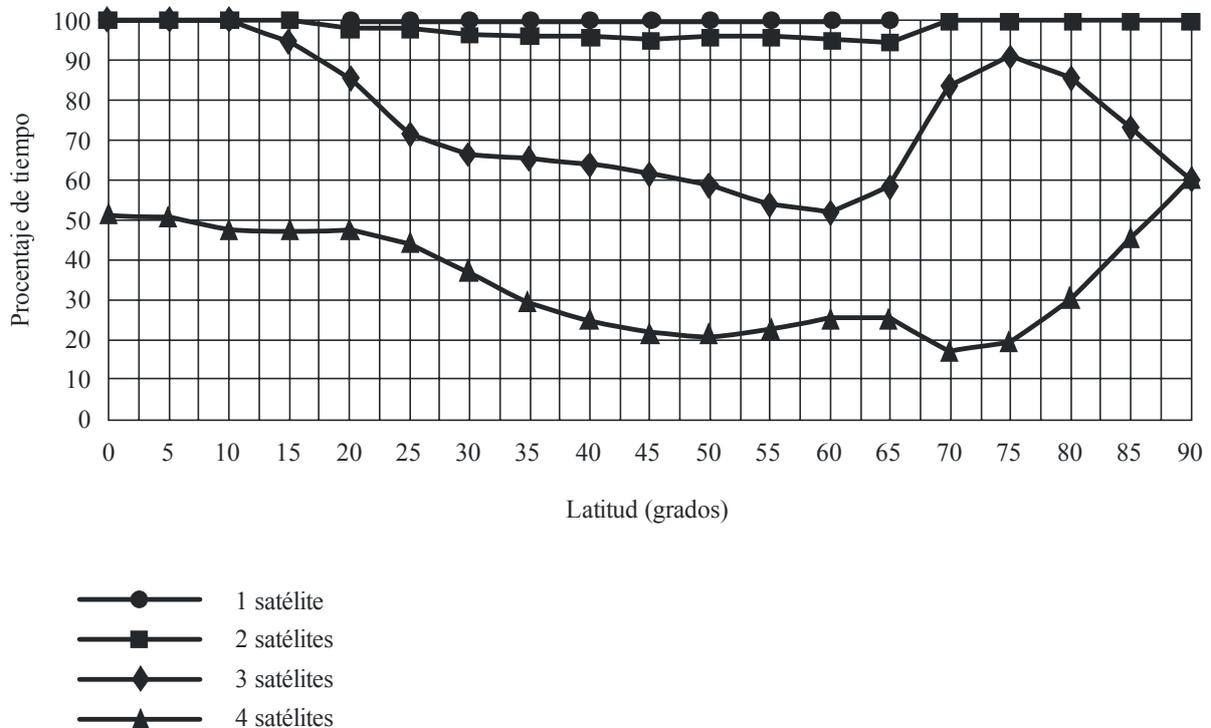
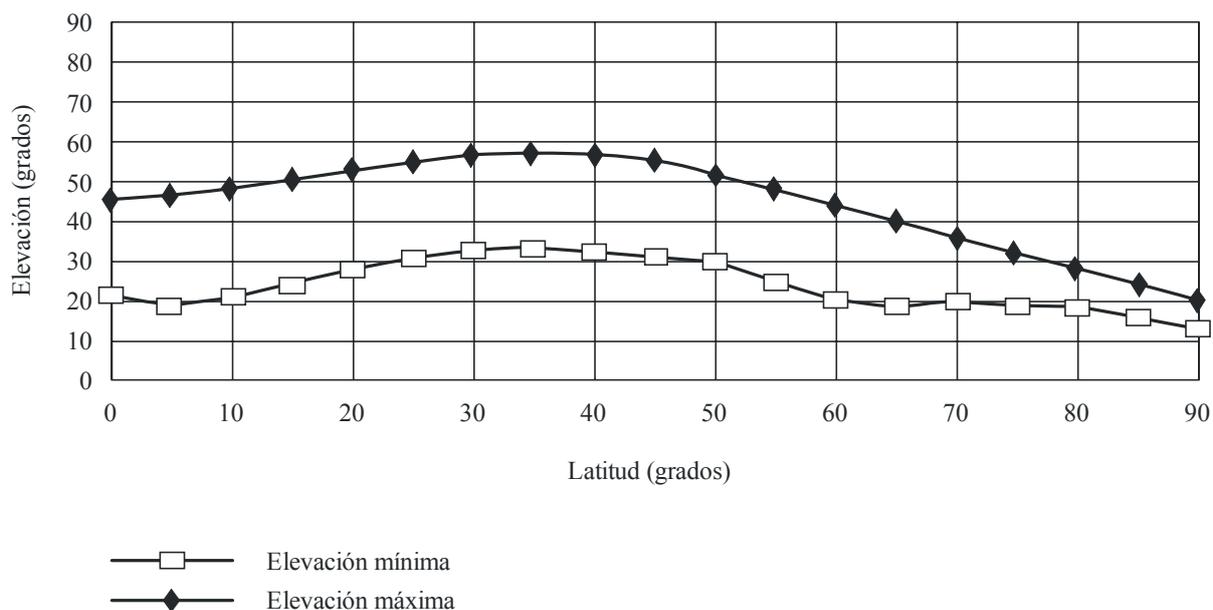


FIGURA 58

Ángulos típicos de elevación mínimo y medio del satélite más cercano (10 satélites)



1850-58

4.3.4.1.2 Satélites

Vehículo espacial

Se han introducido en los satélites unas características específicas para que satisfagan los requisitos peculiares de la misión en MEO, incluyendo:

- 163 haces que proporcionan una cobertura de campo de visión completa sobre el enlace de servicio con los usuarios móviles, obtenida mediante un sistema de antenas de radiación directa (DRA, *direct radiating array*) de transmisión y recepción con 127 elementos separados.
- Canalización y conformación de los haces de los transpondedores realizadas con tecnología digital que permite conmutar 490 canales de filtro de satélite entre 163 haces activamente generados. Ello hace posible que los satélites respondan a los requisitos de tráfico e interferencia a medida que éstos vayan cambiando a lo largo de la órbita.
- Dispositivo de autocalibración a bordo que supervisa y, si es necesario, corrige el comportamiento de la antena del enlace de servicio en órbita. Gracias a dicho dispositivo se mantendrá la ganancia de la antena y la característica de reutilización de frecuencia a lo largo de toda la vida útil del vehículo espacial.

Subsistema de comunicaciones

La carga útil es un diseño completamente digital que hace uso de un haz conformado de banda estrecha, un haz conformado digital y una canalización digital. En el enlace de servicio, la carga útil genera una rejilla fija de 163 haces puntuales que cubren todo el campo de visión procedente de una antena DRA transmisora/receptora combinada fija situada en el panel terreno del vehículo espacial.

El procesador digital a bordo es transparente en el sentido de que canaliza y encamina las señales a los 163 haces puntuales del enlace de servicio y no demodula y regenera las señales. En el procesador se crean 490 canales de filtro de 170 kHz y cada canal puede encaminarse a cualquiera de los 163 haces en cualquier frecuencia en una rejilla de 150 kHz dentro de la anchura de banda de 30 MHz del enlace de servicio. Cada uno de los 490 canales puede considerarse equivalente a un transpondedor convencional.

El encaminamiento del canal al haz puede cambiarse continuamente a lo largo de la órbita para que los satélites puedan responder a las demandas de tráfico y de interferencia previstas. Ello permite también una utilización flexible del espectro disponible.

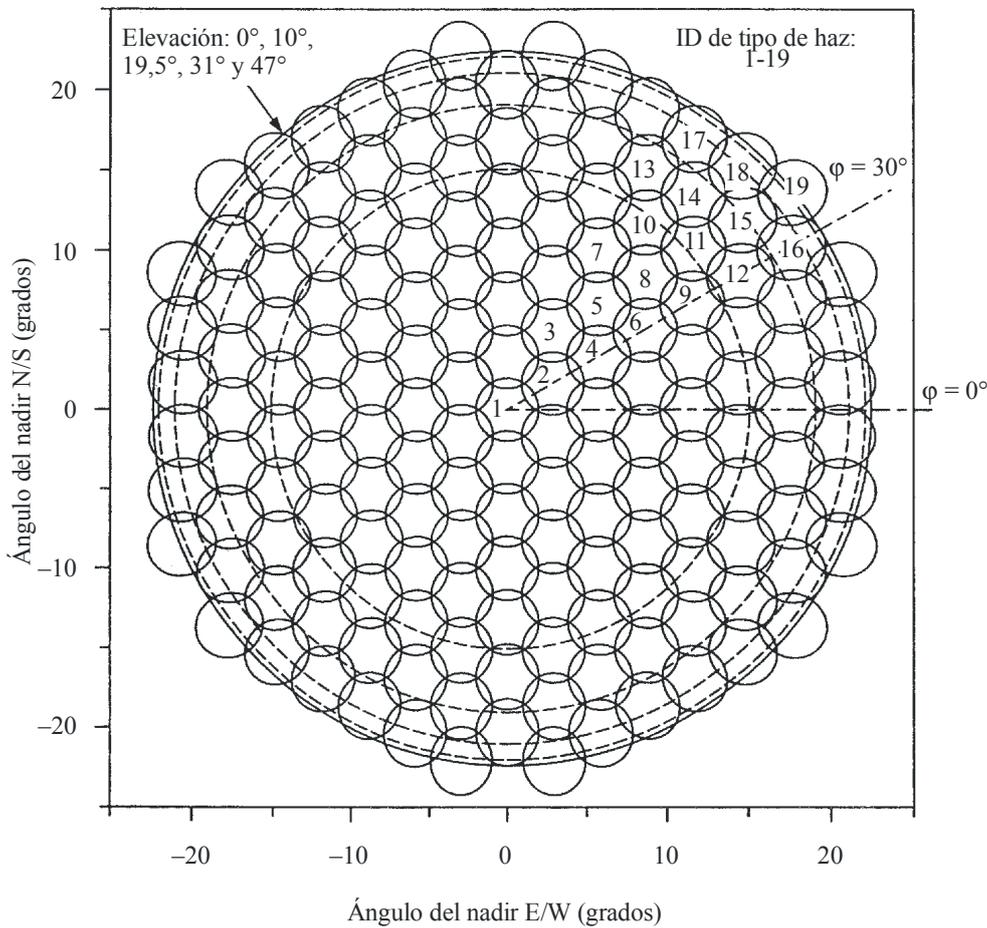
Además, el procesador digital forma los 163 haces puntuales del enlace de servicio generando coeficientes de amplitud y fase para cada uno de los 127 elementos de cada haz. La integridad de los coeficientes de excitación del elemento puede verificarse utilizando el sistema de autocalibración a bordo del satélite donde un sistema de alimentación externo mediante conducto determina el coeficiente de excitación en cada elemento. Ello permite mantener el comportamiento de los haces puntuales, tanto del lóbulo principal como del lóbulo lateral, a lo largo de toda la vida útil del satélite asegurando de esa forma que se mantiene la reutilización de frecuencias entre los haces puntuales.

Haces puntuales

Se disponen 163 haces móviles de transmisión y recepción congruentes por satélite dispuestos en un esquema de células circulares radial en torno a la célula subsatelital, como muestra la Fig. 59. Los haces se orientan electrónicamente para mantener el esquema con respecto al vector velocidad del vehículo espacial. La directividad del haz cambia unos 2 dB entre el nadir y el borde de la zona de cobertura.

FIGURA 59

Red hexagonal que muestra los 19 tipos de haces



1850-59

Los centros de las células se definen como los centroides de los contornos de -3 dB de los haces individuales. Existen 19 tipos de haces numerados en orden de distancia angular creciente a partir del nadir. Cada tipo de haz tiene la misma gama de retardo de trayecto y la misma gama de efecto Doppler (con un margen de ±10%).

El Cuadro 24 resume los parámetros de célula nominales.

CUADRO 24

Parámetros de célula nominales

| | |
|--|---------|
| Tamaño de la célula | 3,343° |
| Anchura del haz | 3,860° |
| Reutilización de células | 4 |
| Amplitud de la célula | 9,678° |
| Amplitud de la célula de reutilización | 38,714° |
| Separación entre los centros de reutilización | 6,686° |
| Separación del lóbulo lateral de reutilización | 5,015° |

Reutilización de frecuencias

La función del plan de frecuencias es maximizar la utilización del espectro de los enlaces móviles asegurando que no se produce interferencia perjudicial dentro del sistema. El plan de frecuencias para toda la constelación de satélites se lleva a cabo de manera centralizada por el centro de gestión de red.

El plan de frecuencias define el espectro atribuido a cada haz de la constelación en función del tiempo, de manera que una frecuencia determinada nunca está disponible simultáneamente para dos haces cuyo aislamiento es insuficiente. Los lóbulos laterales de los haces se controlan para permitir una reutilización de frecuencias de cuatro células dentro del esquema de los 163 haces puntuales. El plan de frecuencias es adaptable a la variación del tráfico y a la evolución de la constelación.

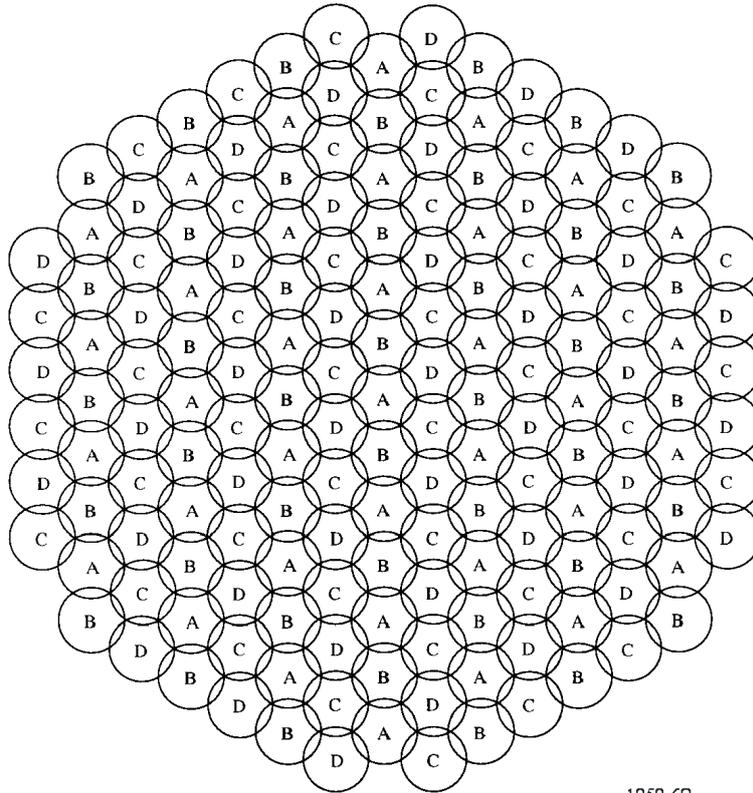
El plan de frecuencias es un plan de «asignación de frecuencias orientado a satélite». Las frecuencias utilizadas en cada haz permanecen constantes en los haces a medida que el satélite se desplaza en la órbita. Normalmente se requieren terminales móviles para cambiar la frecuencia en los trasposos de haz.

El ejemplo de plan de frecuencias presentado en este documento se refiere a una constelación de 10 satélites situados en dos planos orbitales y cada satélite con 163 haces puntuales fijos que cubren todo el campo de visión con un modelo de reutilización de frecuencias de 4 células como el representado en la Fig. 60. Podría aplicarse un plan de frecuencias similar a la constelación de 12 satélites.

El espectro de los enlaces móviles se divide en 16 bloques de frecuencias, como muestra la Fig. 61. Se atribuyen ocho bloques a cada plano del satélite: los bloques 1 a 8 al plano 1 y los bloques 9 a 16 al plano 2.

FIGURA 60

Diagrama típico de reutilización de frecuencias de 4 células

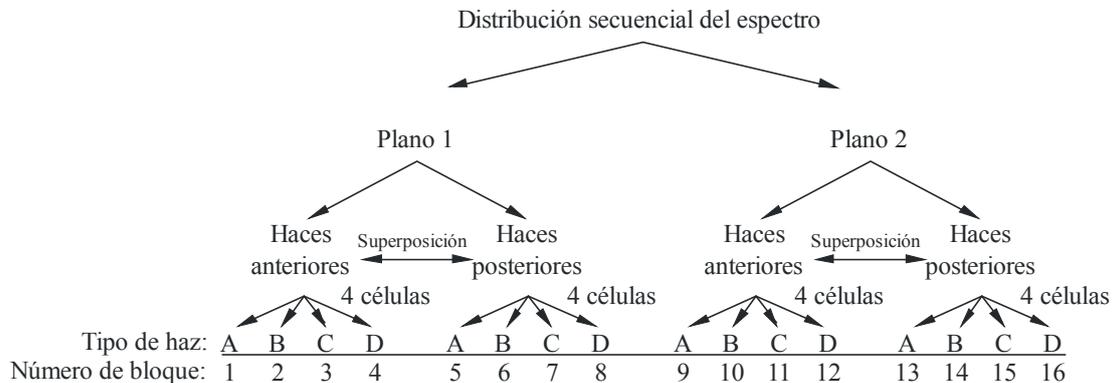


1850-60

En un plano de satélites, la posición relativa de los cinco satélites permanece constante. Los 163 haces de cada satélite se dividen en dos grupos correspondientes a los bordes anterior y posterior del campo de visión. Como muestra la Fig. 62, los bordes anteriores de las coberturas de los cinco satélites no se superponen y lo mismo cabe decir de los cinco bordes posteriores. Por lo tanto, los ocho bloques normalmente asignados al plano 1 se disponen en dos subplanos distintos de cuatro bloques: uno para los haces anteriores de los cinco satélites (bloques 1, 2, 3 y 4), y el otro para los haces posteriores (bloques 5, 6, 7 y 8). En el plano 2 se realiza una distribución similar. El plan de frecuencias para los satélites en el plano 1 aparece en la Fig. 63. Los subplanos anterior y posterior se superponen en los haces centrales puesto que los subplanos están diseñados para incorporar el mayor número de haces que permitan las limitaciones relativas al aislamiento del haz.

FIGURA 61

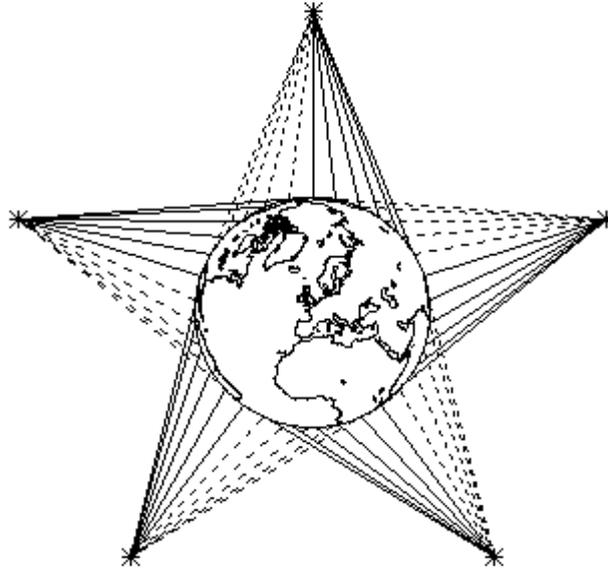
Ejemplo de distribución del espectro del enlace de servicio en bloques de frecuencias



1850-61

FIGURA 62

Ejemplo de subplanos de haces anteriores y posteriores

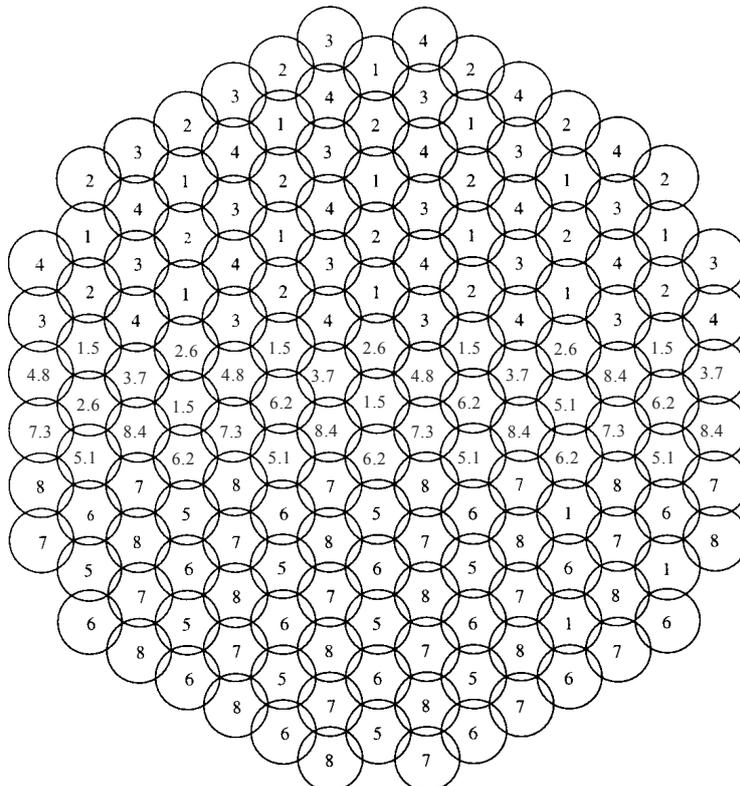


—— Haces anteriores
 - - - Haces posteriores

1850-62

FIGURA 63

Ejemplo de plan de frecuencias para satélites en el plano 1



1850-63

4.3.4.2 Descripción del sistema

4.3.4.2.1 Características del servicio

El sistema soporta el servicio UPT a través de la portabilidad del servicio, que facilita el acceso a los servicios esperados en una red local desde una red visitada, y la transparencia en el servicio, característica mediante la cual el usuario experimenta el mismo aspecto y sensación independientemente del emplazamiento, gracias a la distribución transparente del servicio.

El sistema puede soportar una gama de teleservicios, servicios portadores, servicios alternativos, servicios suplementarios y servicios de mensajería:

- Teleservicios; incluyen telefonía, llamadas de emergencia y fax de grupo 3 (con velocidades de hasta 14,4 kbit/s).
El esquema de codificación de voz nominal se ha optimizado para la SRI-D. La velocidad de codificación es de 4,8 kbit/s. El códec vocal nominal también soporta DTMF transparente con transmisión en los sentidos de ida y retorno. La interfaz radioeléctrica puede soportar otros códecs.
- Servicios portadores; se soportan varias velocidades de transmisión de datos que pueden utilizarse dependiendo del tipo de aplicación. La velocidad de canal puede variarse de acuerdo con los recursos del sistema y los requisitos de usuario. Esta funcionalidad no se emplea para compensar las degradaciones que experimenta el medio de transmisión. No se utiliza codificación de fuente de velocidad variable. Puede emplearse transmisión asimétrica para los servicios de datos mediante la asignación asimétrica de intervalos AMDT en los enlaces de ida y retorno. Se soportan velocidades de transmisión de datos medias (hasta 38,4 kbit/s utilizando suma de intervalos de tiempo) incluida la siguiente lista de velocidades de datos que no pretende ser exhaustiva (obsérvese que los múltiples intervalos de tiempo y/o los múltiples canales de RF se utilizan para obtener velocidades de transmisión de datos superiores a la disponible en un solo intervalo de tiempo (2,4 kbit/s antes de la codificación)):
 - Datos por conmutación de circuitos transparente y no transparente asíncrona: 0,3, 1,2, 2,4, 4,8, 9,6, 14,4, 19,2, 28,8 y 38,4 kbit/s.
 - Datos por conmutación de circuitos transparente y no transparente síncrona: 1,2, 2,4, 4,8, 9,6, 14,4, 19,2, 28,8 y 38,4 kbit/s.
 - Datos con conmutación de paquetes: El sistema y su interfaz radioeléctrica son capaces de soportar los servicios de conmutación de paquetes; actualmente se está examinando su implementación.
- Servicios suplementarios; incluyen los servicios de identificación de línea, los servicios de retransmisión, los servicios de espera de llamada, los servicios multipartitos, los servicios de restricción de llamada, los servicios de notificación de importe y los servicios de localización.
- Servicios de mensajería; incluyen la mensajería vocal, la mensajería de fax y los SMS originados y terminados en móviles.

4.3.4.2.2 Características del sistema

Traspaso

El traspaso se soporta dentro del sistema entre haces del mismo satélite, entre haces de distintos satélites y entre ETT.

Puede que sea necesario utilizar UT para cambiar la frecuencia del traspaso. El traspaso asistido por UT se emplea utilizando mediciones de UT y conmutación controlada. Se soporta traspaso rígido y flexible. El traspaso flexible, que supone la no interrupción del traspaso, es preferible cuando la decisión del traspaso la realiza el UT. Cuando no es posible realizar un traspaso flexible se emplea un procedimiento de conexión antes de interrupción.

Compensación Doppler

El conocimiento del movimiento del satélite y del emplazamiento del UT proporciona la información que permite realizar la compensación Doppler. La precompensación limita la deriva Doppler a menos de 1,1 kHz en el enlace de ida y a menos de 40 Hz en el enlace de retorno.

Asignación de canal

La canalización digital a bordo permite la conmutación de los 490 canales de filtro del satélite entre los 163 haces generados activamente. Por lo tanto, se emplea asignación de canal predictiva para permitir a los satélites responder a los requisitos de tráfico e interferencia de la manera más adecuada posible a medida que estos parámetros varían a lo largo de la órbita. También permite la utilización flexible del espectro disponible.

Diversidad

Se soporta diversidad en el tiempo, en el espacio y de frecuencias:

- La diversidad en el tiempo se soporta para tráfico de datos que utiliza RLP, señalización por retransmisión de Capa 2 y radiobúsqueda/notificación/difusión/RACH por repetición.
- La diversidad en el espacio se soporta para el tráfico y la señalización permitiendo a un UT comunicarse con la red a través de cualquiera de los satélites visibles (diversidad de trayecto de satélite). La mayoría del tiempo, la constelación de satélites proporciona cobertura a una zona a través de dos o más trayectos diferentes mediante dos o más satélites, como muestra la Fig. 57. El sistema se ha diseñado para aumentar la probabilidad de que exista una visibilidad directa con un satélite explotando plenamente la capacidad de diversidad de trayecto de satélite de la constelación para todos los servicios.
- La diversidad de frecuencias se soporta para el BCCH y los canales de control común.

El mínimo número de receptores/antenas de RF por UT para permitir la diversidad de trayecto de satélite es 1. El grado de mejora logrado depende de las condiciones básicas. Sin embargo, como los trayectos no están correlacionados, cabe esperar normalmente una mejora en torno a los 5 a 8 dB.

Activación vocal

Se necesita transmisión activada por voz en los enlaces de ida y de retorno a fin de ahorrar potencia en el satélite para aumentar la capacidad en el enlace de ida y poder disminuir la potencia del satélite y del UT en el enlace de retorno. La activación por voz se utiliza para maximizar el margen del enlace de retorno disponible y el tiempo de conversación del UT, respectivamente. El factor de actividad vocal normalmente es del 40%.

4.3.4.2.3 Características de terminal

Cada vez hay más demanda de servicios IMT-2000 a través de satélite, particularmente mediante terminales portátiles. Debe utilizarse una codificación de fuente significativa con mayores potencias de transmisión y esquemas de modulación con niveles más bajos (2 ó 4 estados) para lograr, a través del enlace de satélite, una BER comparable a la obtenida en las redes terrenales. Especialmente en los terminales portátiles, estos requisitos (codificación, potencia y modulación que influyen directamente en la utilización del espectro) deben equilibrarse teniendo en cuenta la necesidad de que los terminales sean similares a los terminales terrenales en cuanto a tamaño, peso y autonomía de las baterías.

Se proporcionará servicio a una amplia gama de tipos de terminales. Se espera que una gran mayoría de UT sean capaces de funcionar con satélites y con redes terrenales y, si ha lugar, soportarán la portabilidad del servicio, lo cual facilita el acceso a los servicios que cabe esperar que ofrezca una red local desde una red visitada, y la transparencia de servicio, característica mediante la cual el usuario experimenta el mismo aspecto y sensación independientemente del emplazamiento, a través de la prestación de servicio transparente. En el Cuadro 25 aparecen ejemplos de terminales con sus características técnicas y servicios.

CUADRO 25

Ejemplos de tipos de terminal

| Terminal | Servicio | Velocidad binaria (kbit/s) | BER ⁽¹⁾ |
|--------------------------|----------|----------------------------|--------------------|
| Portátil | Vocal | 4,8 | 4% |
| | Datos | 2,4-9,6 | 10 ⁻⁵ |
| Transportable resistente | Vocal | 4,8 | 4% |
| | Datos | 2,4-9,6 | 10 ⁻⁵ |
| Vehículo privado | Vocal | 4,8 | 4% |
| | Datos | 8,0-38,4 | 10 ⁻⁵ |
| Vehículo comercial | Vocal | 4,8 | 4% |
| | Datos | 8,0-38,4 | 10 ⁻⁵ |
| Semifijo | Vocal | 4,8 | 4% |
| | Datos | 8,0-38,4 | 10 ⁻⁵ |

⁽¹⁾ La BER para los servicios vocales se mide antes de la corrección de errores.

Cabe esperar que la tecnología utilizada en estos terminales se incorpore en la amplia gama de otros tipos de UT, incluidos los terminales en vehículos, móviles aeronáuticos y marítimos y semifijos, tales como los teléfonos de comunidad y las cabinas telefónicas rurales.

4.3.4.3 Especificaciones de RF

Control de potencia

Un UT controlará su salida como requiera la red y ésta controlará la potencia de salida de la estación terrena terrestre para cada uno de los canales. El objetivo del control de potencia es permitir la utilización de la mínima potencia transmitida en cada canal radioeléctrico por la estación terrena terrestre, el UT y el satélite que sea suficiente para mantener un nivel aceptable de calidad de la señal recibida. El control de potencia en bucle cerrado se emplea para los canales de tráfico en sentido de ida y retorno. También puede utilizarse control de potencia en bucle abierto. El control de potencia da lugar a:

- un aumento en la capacidad del sistema;
- un aumento en la vida de las baterías del UT;
- una reducción de la interferencia.

Se utilizan unos pasos de control de potencia de 1 dB con una gama dinámica de 16 dB. El número de ciclos de control de potencia por segundo es de 2. La velocidad binaria del control de potencia es variable entre 2 y 10 bits por cada 0,5 s en 2 trayectos.

Anchura de banda de canal, velocidad binaria y velocidad de símbolos

La separación de canales de RF es de 25 kHz. La velocidad binaria del canal de RF y la velocidad de símbolo dependen del tipo de canal y de su modulación asociada. En el Cuadro 40 aparece más información sobre los tipos de canal y modulaciones asociadas.

Para los canales que utilizan MDP-4 o MDMG, la velocidad binaria de canal de RF es de 36 kbit/s. En los canales que utilizan MDP-2, la velocidad binaria de canal de RF es 18 kbit/s.

En los canales que utilizan MDP-4 o MDP-2, la velocidad de símbolo de canal (después de la modulación) es 18 ksímbolos/s. En el caso de canales con MDMG, la velocidad de símbolo de canal (tras la modulación) es 36 ksímbolos/s.

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

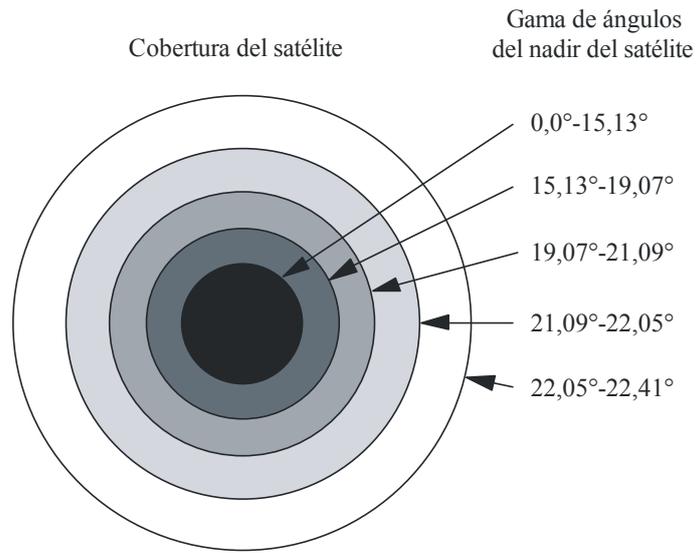
Para ayudar a describir las características de la p.i.r.e. y G/T del satélite, la Fig. 64 define varias gamas de ángulos del nadir del satélite (correspondientes a zonas de la misma superficie sobre la Tierra).

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 |
| G/T 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 |
| G/T 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 | $\leq 3^\circ$ |
| 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 |
| <i>G/T</i> 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 multimedia

Los servicios multimedia 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 multimedia 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 multimedia 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 geostacionarios 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.

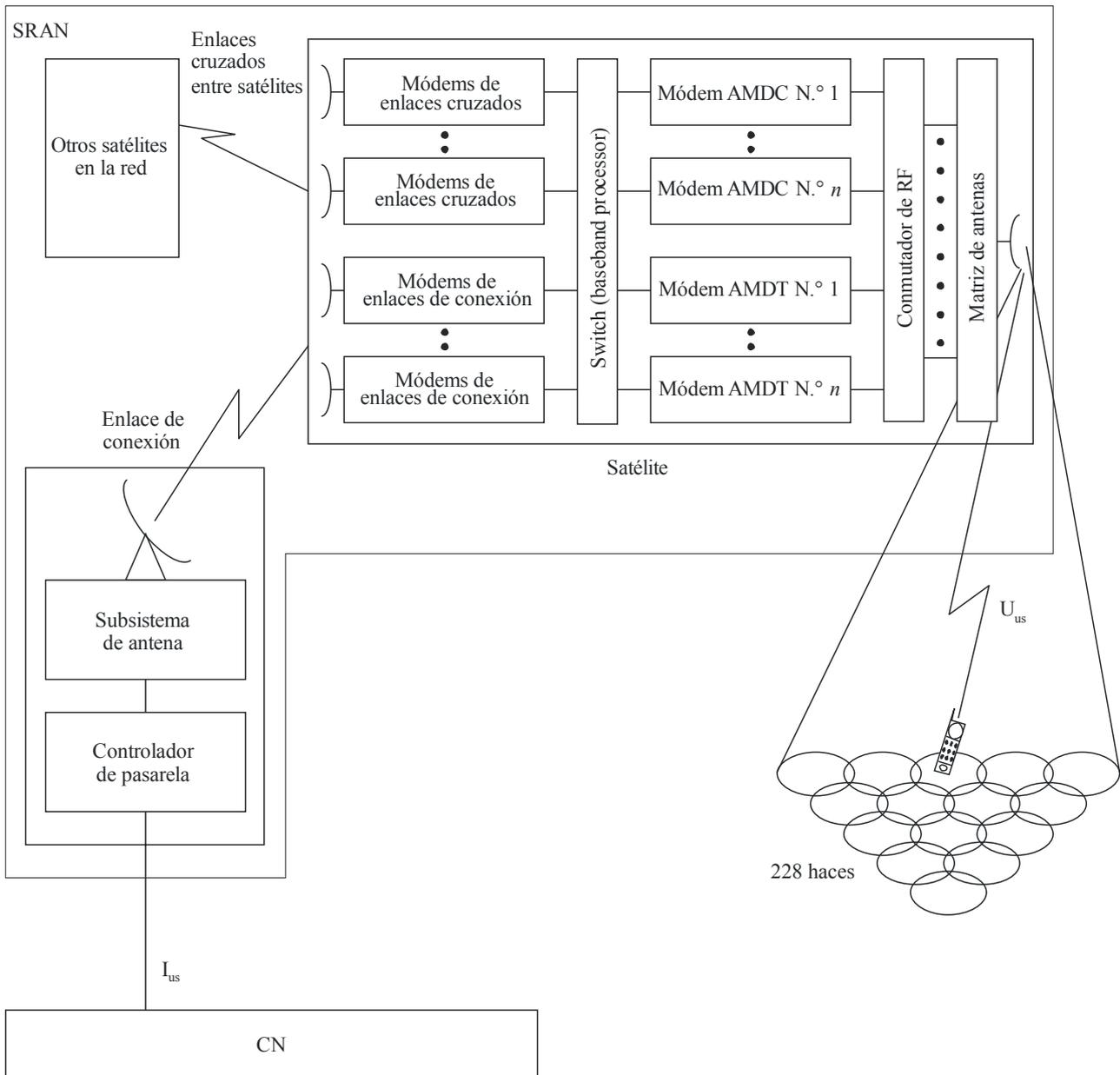
En la Fig. 65 se muestra un diagrama de bloques de la arquitectura de la interfaz radioeléctrica Satcom2000. En esta Figura, el equipo de cabecera (controlador de cabecera y subsistema de antenas) y la constelación de satélites están agrupados, constituyendo la red de acceso radioeléctrico del satélite (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:

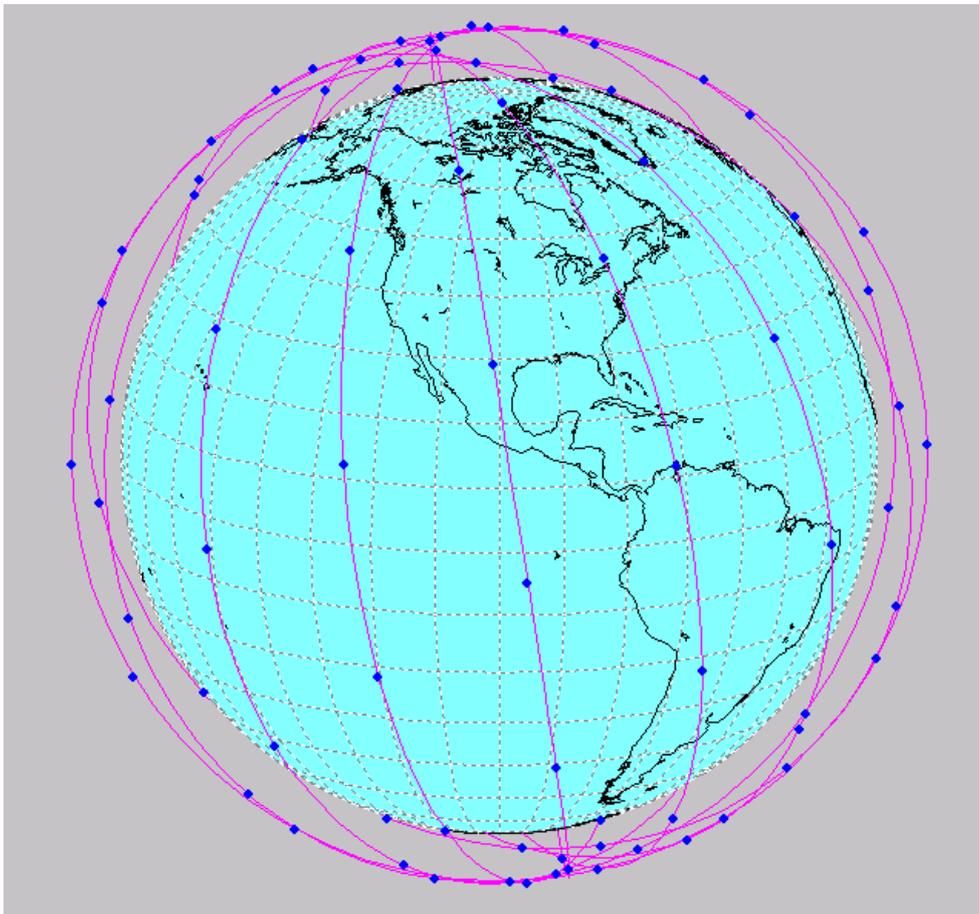
- la necesidad de proporcionar una cobertura mundial sobre toda la superficie de la Tierra en todo instante;
- el requisito de que la separación relativa y las relaciones de línea de visibilidad con los satélites vecinos sean fijas o cambien poco, permitiendo de esa manera simplificar los subsistemas 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 teledirigida, seguimiento y telemando con las estaciones de teledirigida, telemando 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 interfuncionar 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/cobertura, 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.

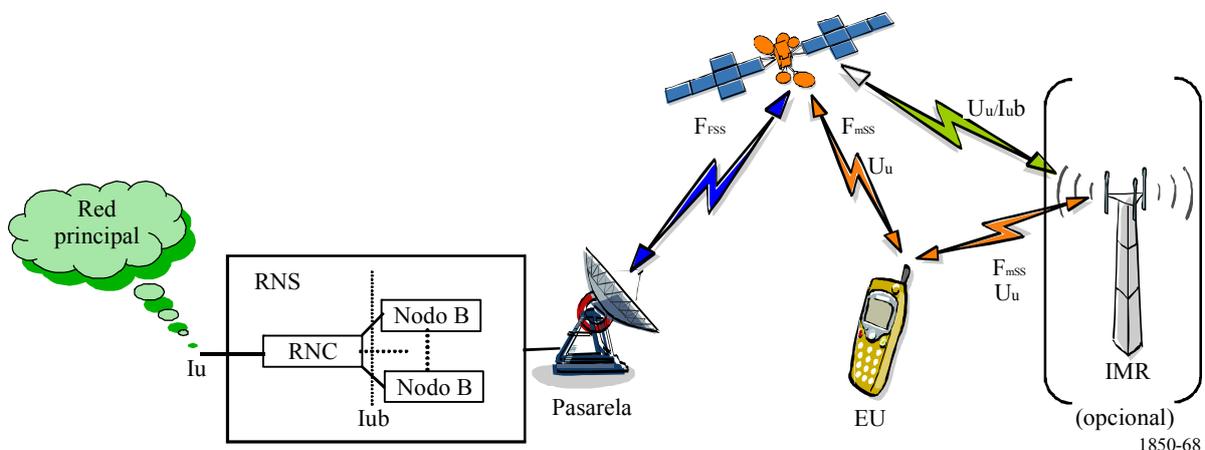
El sistema puede consistir en una constelación de uno o varios satélites, cada uno con una cobertura de una zona o varios.

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

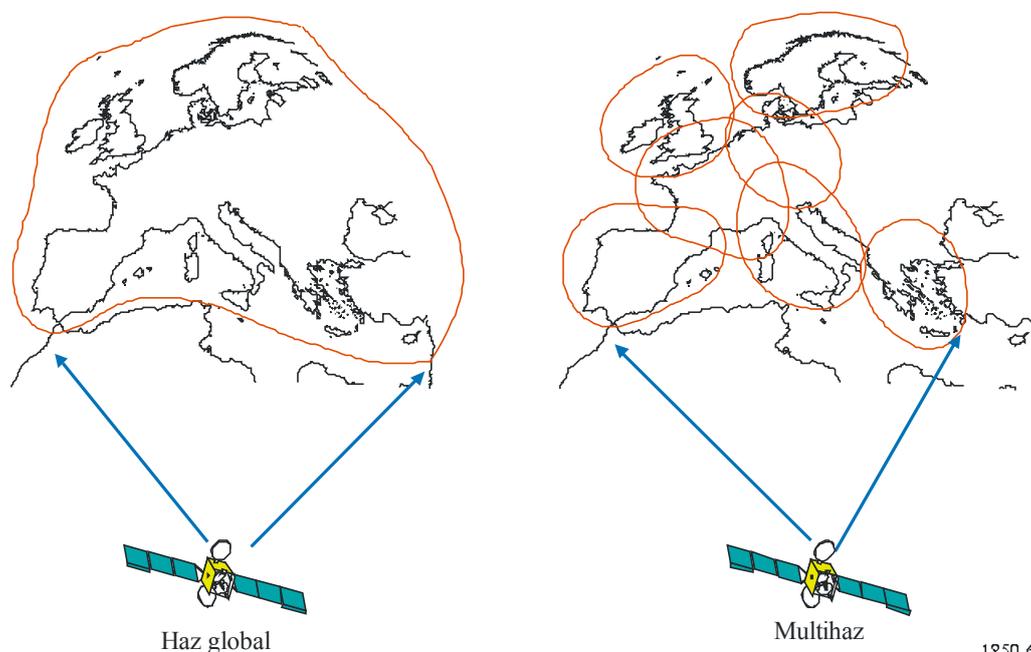
Se puede adoptar varias arquitecturas, dependiendo de la velocidad de datos necesario. En los ejemplos que figuran a continuación se supone una cobertura Europea. La configuración del haz global significa que existe una única zona que abarca toda la superficie de Europa.

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).

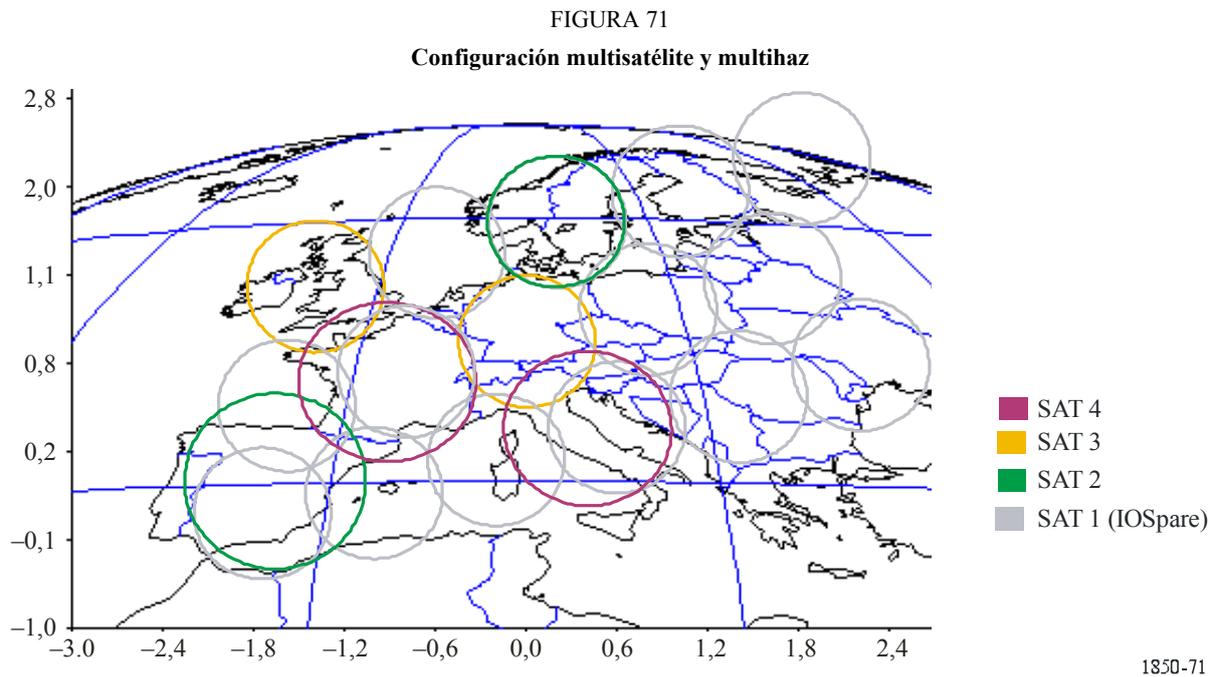
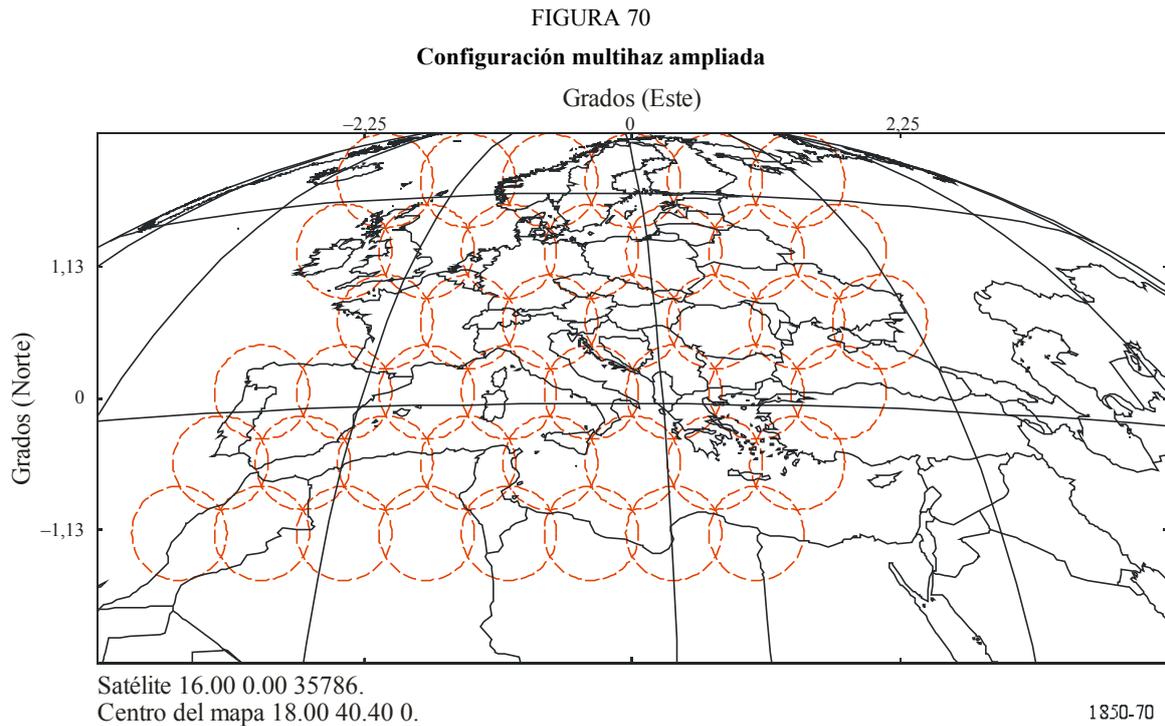
Otra posible configuración es un sistema que consta de varios satélites, cada uno de los cuales da servicio a varias zonas.

FIGURA 69

Configuración de satélite de haz global y de 7 haces



1850-69



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

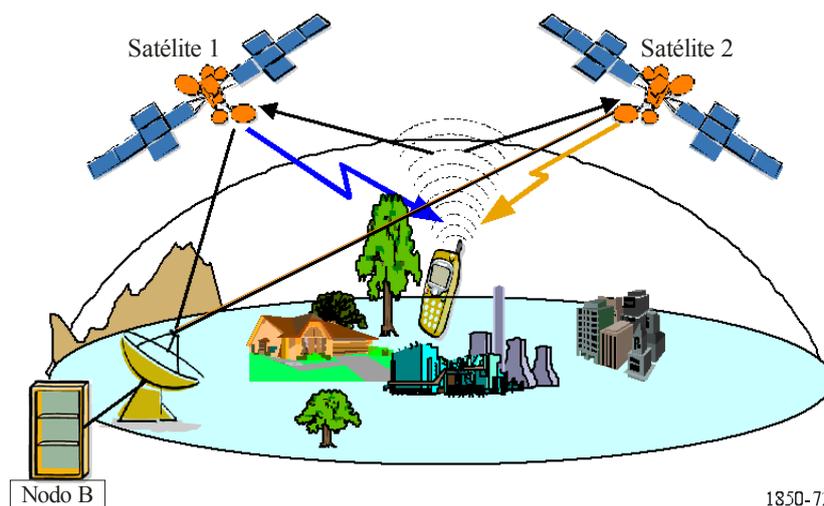
La diversidad de satélites puede ofrecerse cuando el sistema cuenta con varios satélites. Las ventajas son:

- 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.

FIGURA 72
Diversidad de satélite



1850-72

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:

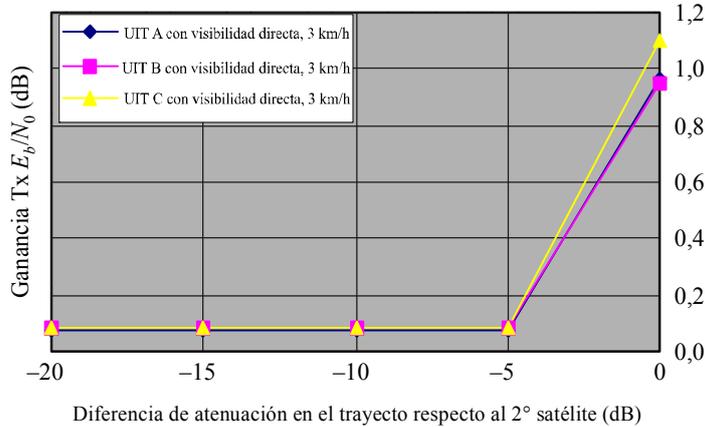
- Un satélite con visibilidad directa y el otro no: La componente de visibilidad directa predomina de tal manera que el sistema es equivalente a un sólo satélite con visibilidad directa. El mecanismo de transmisión con diversidad de selección de haz (SSDT, *spot selection diversity transmission*) permite 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 Tx E_b/N_0 debida a la diversidad de satélites, es decir la diferencia respecto a la distinta atenuación en el trayecto de Tx 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).

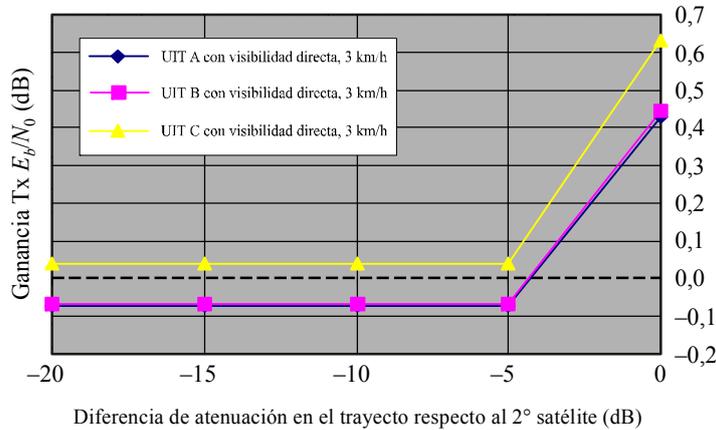
FIGURA 73
Ganancia de la diversidad de satélite; visibilidad directa; enlace ascendente; 12,2 kbit/s



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).

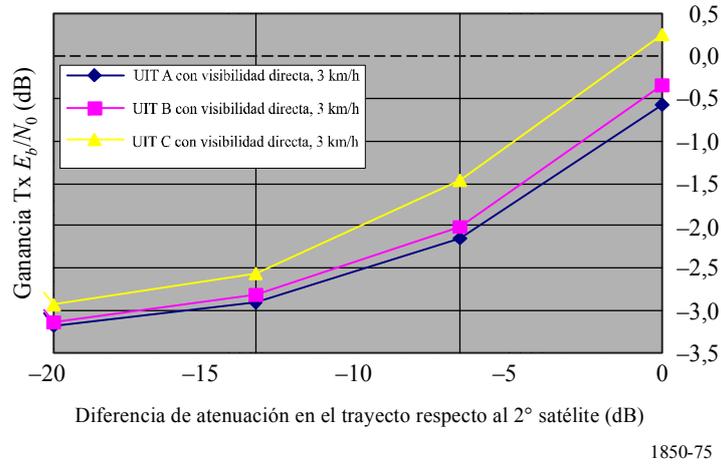
FIGURA 74
Ganancia de la diversidad de satélite; visibilidad directa; enlace ascendente; 64/144 kbit/s



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



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

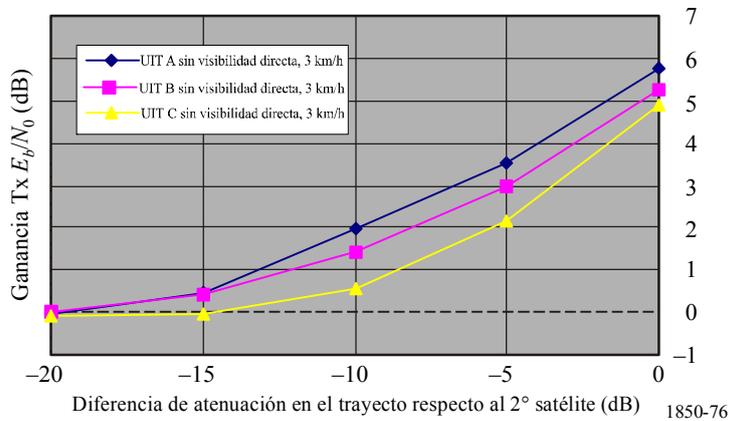


FIGURA 77

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

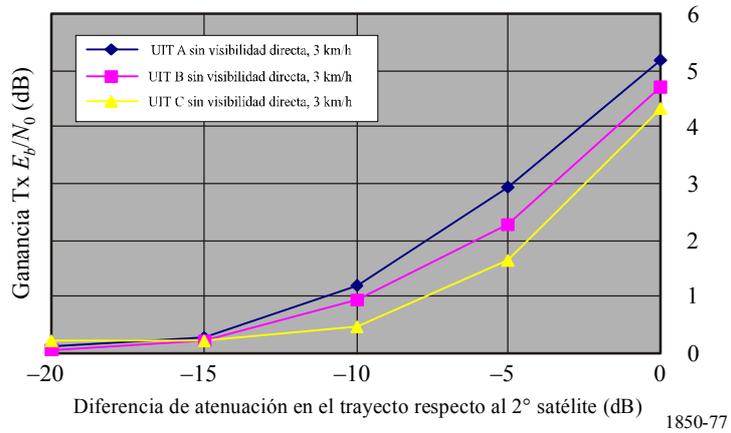


FIGURA 78

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

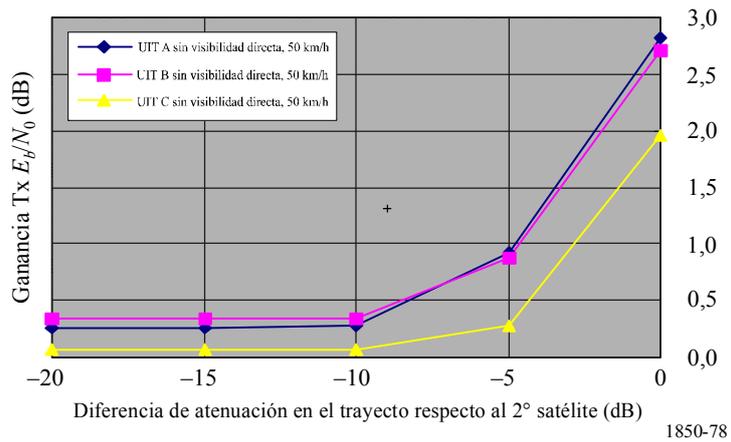


FIGURA 79

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

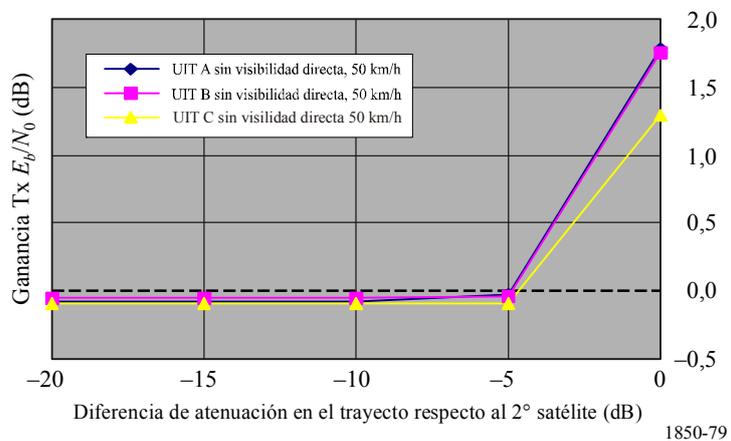


FIGURA 80

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

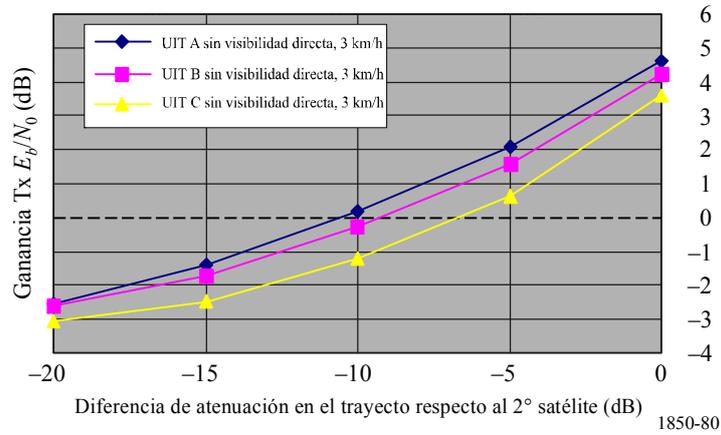
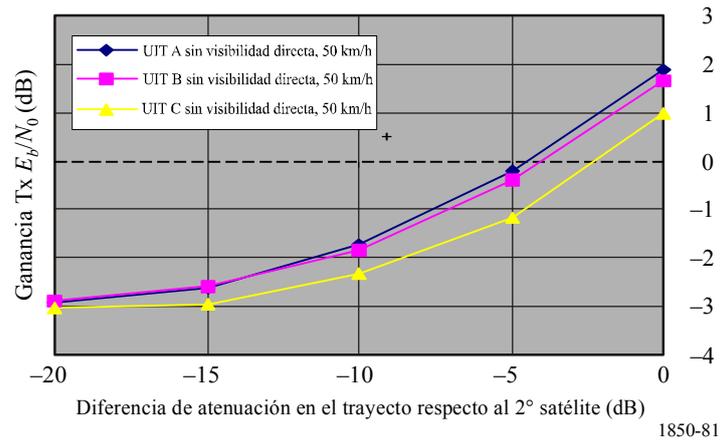


FIGURA 81

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.

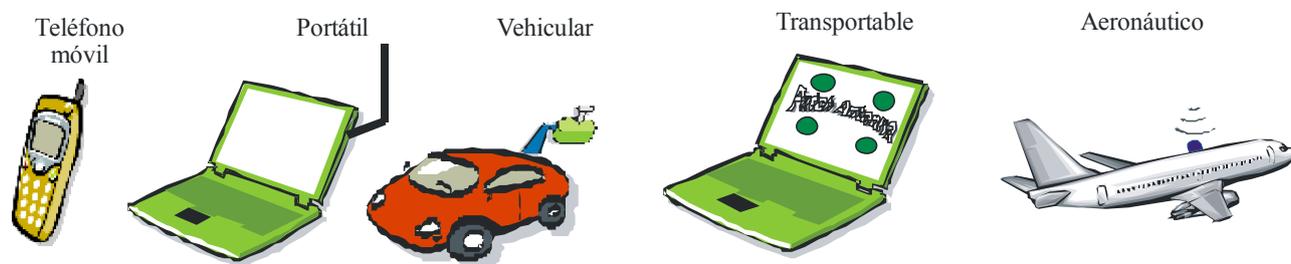
Portátil: consiste en un PC portátil al que se le conecta una antena externa.

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)

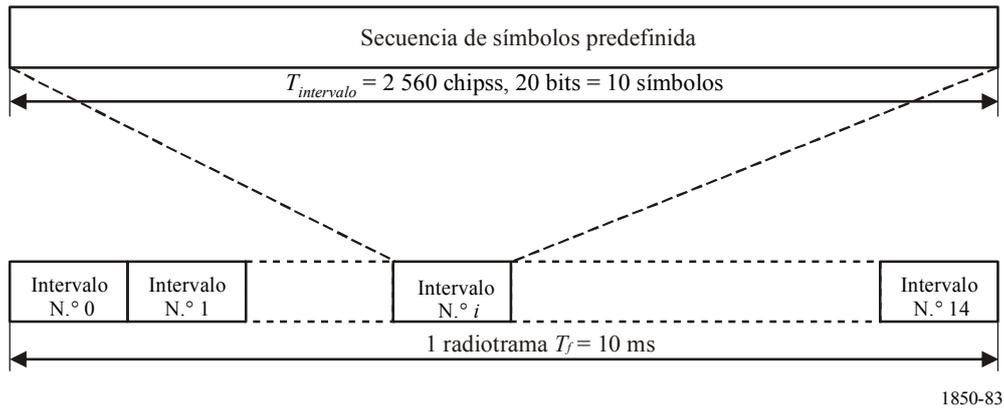
El CPICH es un canal fijo del enlace descendente a velocidad fija (30 kbit/s, SF = 256) que transporta una secuencia de bits/símbolos predefinida.

Se definen dos tipos de CPICH, el primario y el secundario, que se diferencia 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



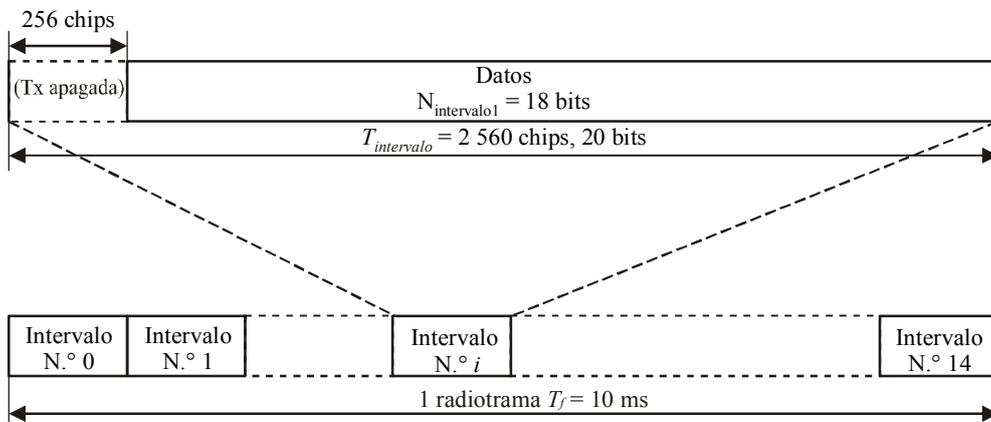
1850-83

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



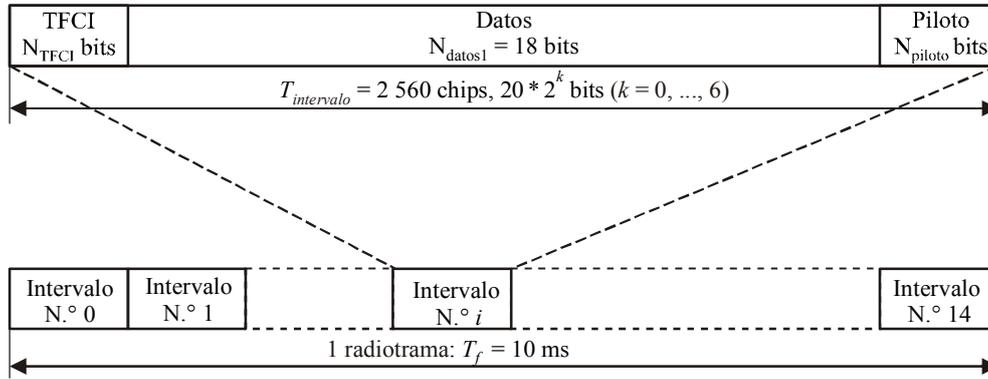
1850-84

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.

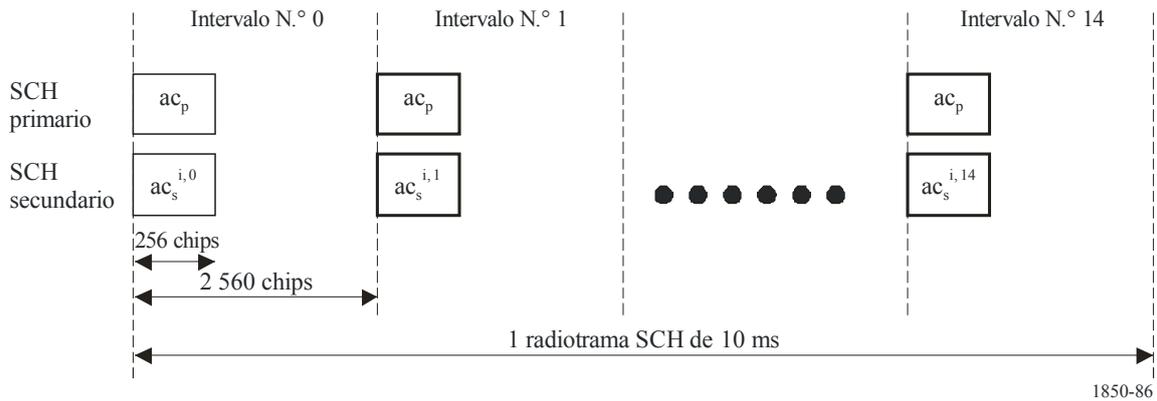
El FACH y el PCH puede plasmarse en los mismos CCPCH secundarios o en CCPCH secundarios independientes. Si el FACH y el PCH se hace coincidir con el mismo CCPCH secundario, puede hacerse corresponder con la misma trama. La principal diferencia entre CCPCH y un canal físico dedicado en el enlace descendente 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 2 560 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.

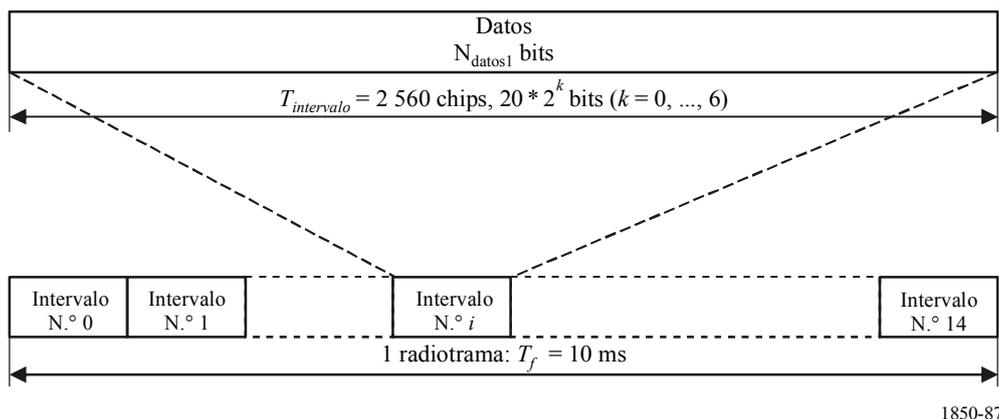
El SCH secundario consiste en la transmisión reiterada de una secuencia, de longitud 15, de códigos modulados de 256 chips de longitud, que son los códigos de sincronización secundarios (SSC), que se transmiten en paralelo al SCH primario. Los SSC se indican mediante $c_s^{i,k}$ in Fig. 79, siendo $i = 0, 1, \dots, 63$ 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.

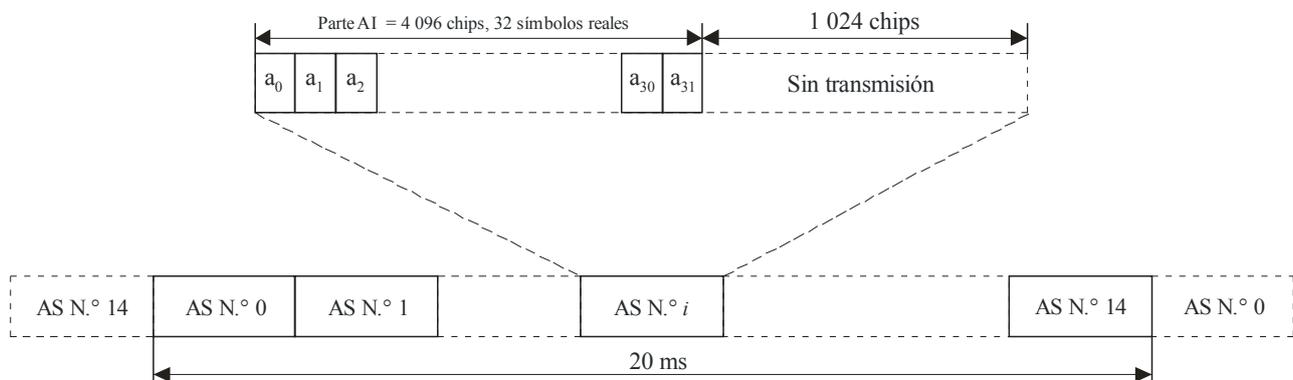
El AICH consiste en una secuencia reiterada de 15 intervalos de acceso (AS) consecutivos, cada uno de los cuales tiene una longitud de 5 120 chips. Cada intervalo de acceso consta de dos partes, un *indicador de adquisición* (AI) formado por 32 símbolos reales a_0, \dots, a_{31} y una parte sin transmisión 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.

FIGURA 88

Estructura de trama del AICH



1850-88

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

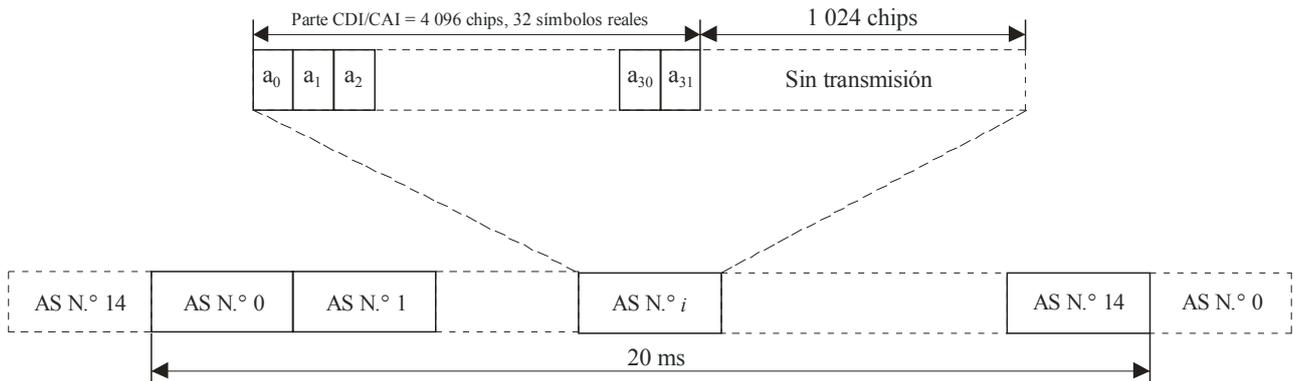
El CD/CA-ICH es un canal físico a velocidad constante ($SF = 256$) que se utiliza para transportar el indicador de detección de colisión (CDI) sólo cuando el CA no está activo, o el indicador de colisión/indicador de asignación del canal (CDI/CAI) al mismo tiempo si el CA está activo. El CD/CA-ICH y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

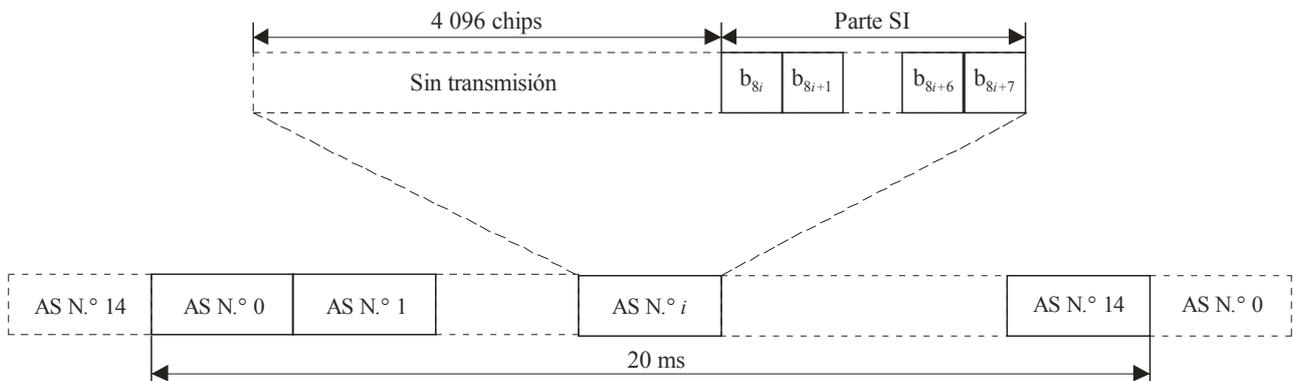
4.3.7.4.1.2.1.8 Canal indicador del estado del CPCH (CSICH)

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



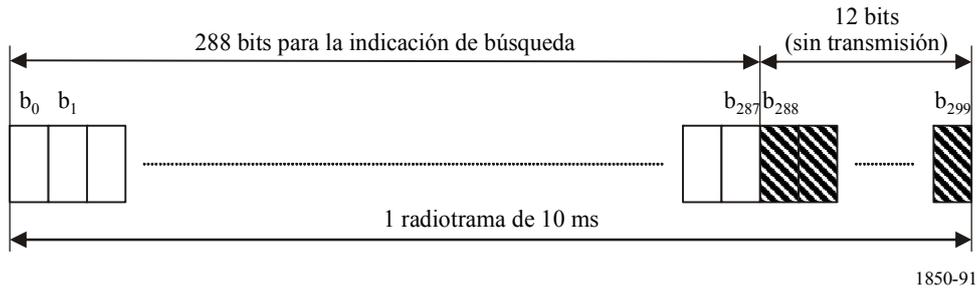
1850-90

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



1850-91

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

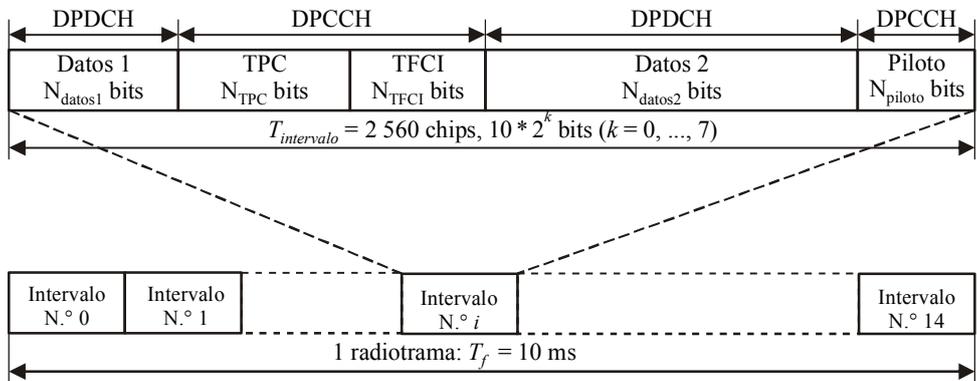
Hay dos tipos de canales físicos dedicados, el DPDCH y el canal físico de control dedicado (DPCCH).

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



1850-92

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.

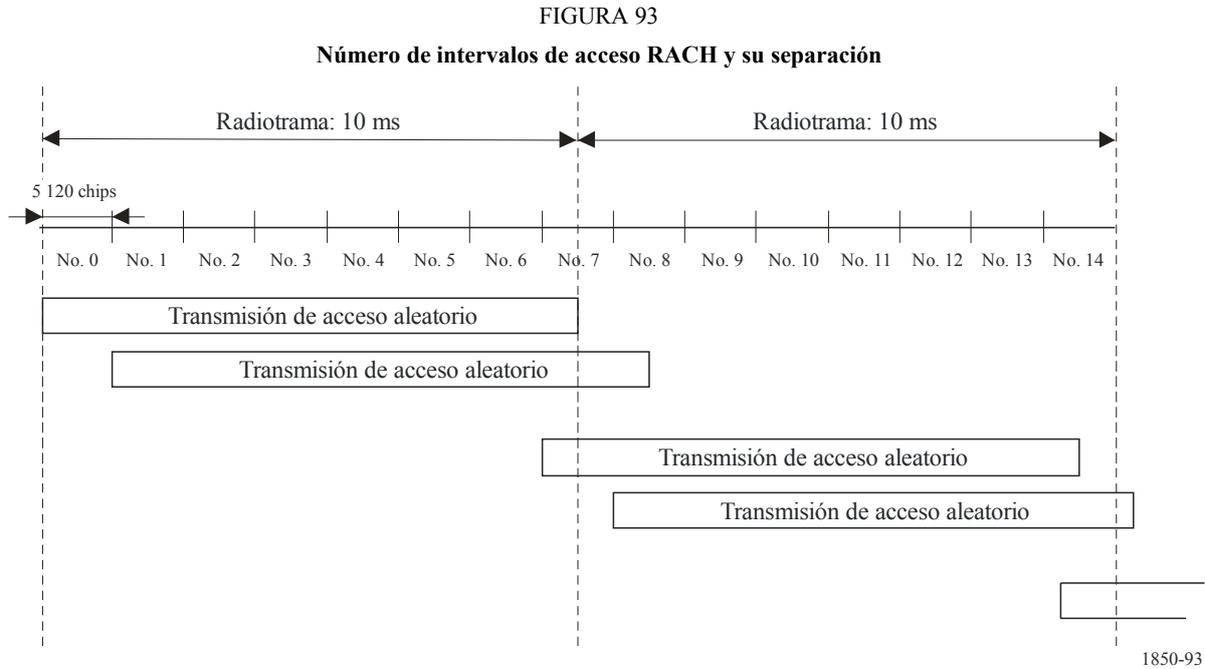
Cada trama de 10 ms se divide en 15 intervalos de longitud $T_{intervalo} = 0,666$ ms (2560 chips). Dentro de cada intervalo el DPDCH y el DPCCH se multiplexan en el tiempo. Los periodos de control de potencia no corresponden con el desvanecimiento rápido debido al tiempo de propagación del satélite. 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.

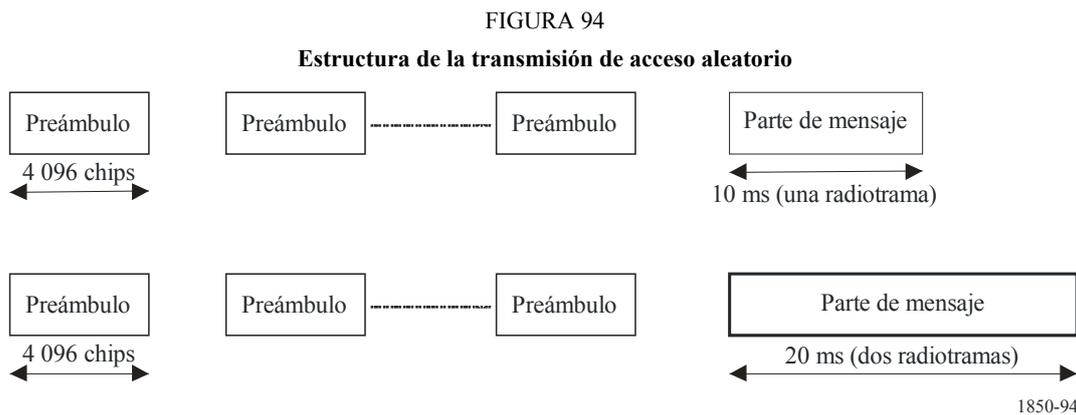
4.3.7.4.1.2.2 Canal físico del enlace ascendente

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.

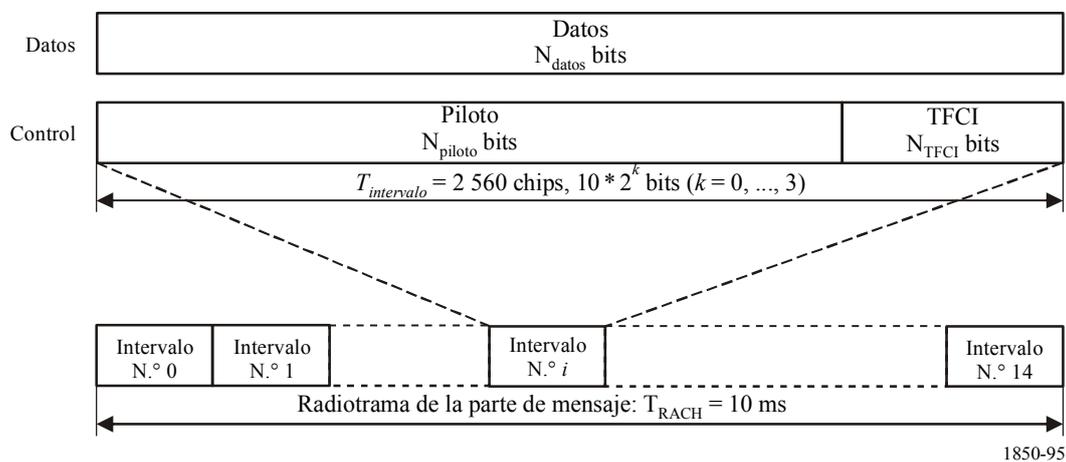
La radiograma de la parte de mensaje de 10 ms se divide en 15 intervalos de longitud $T_{intervalo} = 2\,560$ chips. Cada intervalo consta de dos partes, una de datos que se corresponde con el canal de transporte RACH y una de control que transporta información de control de la Capa 1. Las partes de 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 de 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



4.3.7.4.1.2.2.2 Canal físico común de paquetes (PCPCH)

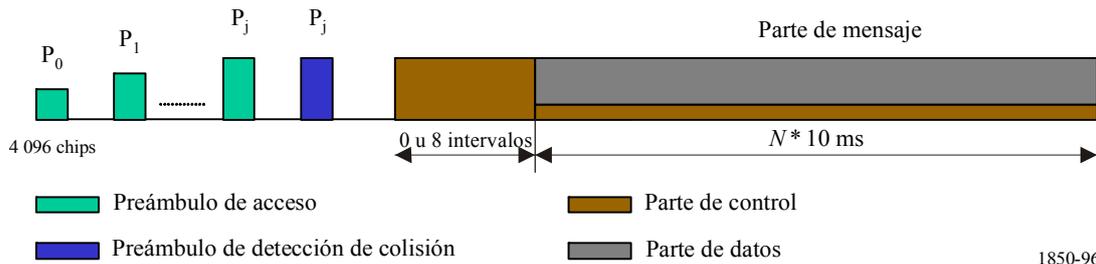
La transmisión del CPCH se basa en el método DSMA-CD con indicación de adquisición rápida. El EU puede iniciar la transmisión al principio de una serie de intervalos de tiempo bien definidos, relativo al límite de trama del BCH recibido en el haz actual. La estructura y la temporización del intervalo 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



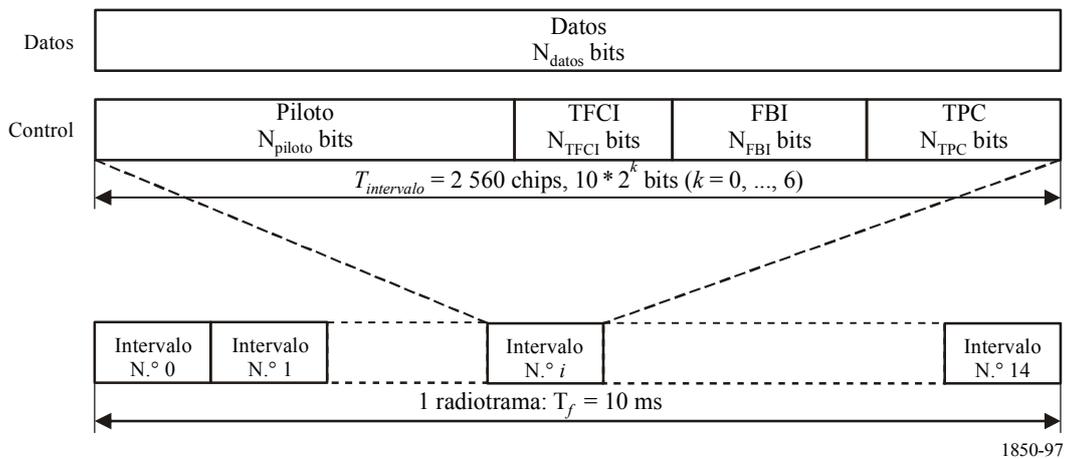
El segmento del preámbulo de control de potencia se denomina parte del preámbulo de control de potencia (PC-P) del CPCH. La longitud del preámbulo de control de potencia es de 0 u 8 intervalos.

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.

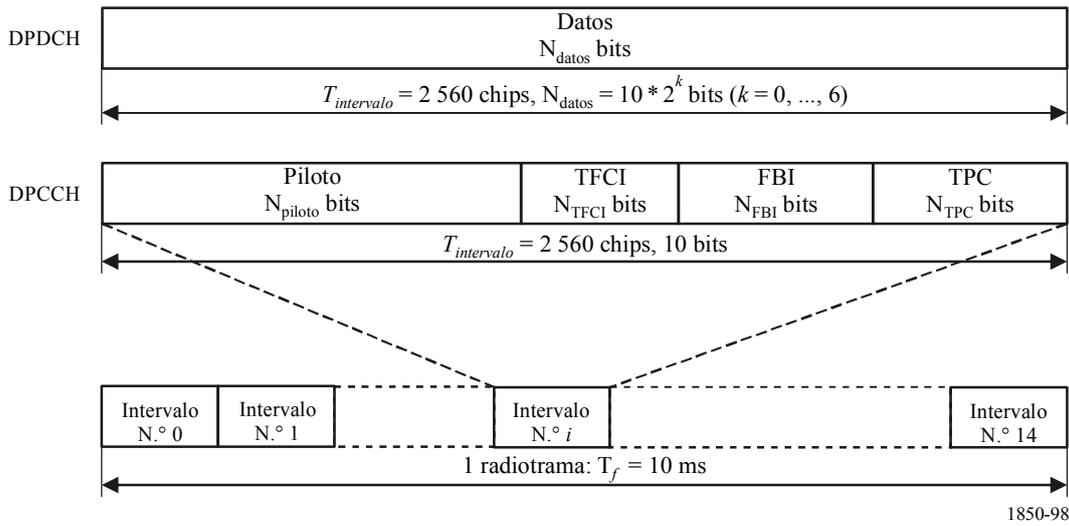
4.3.7.4.1.2.2.3 Canal físico dedicado del enlace ascendente (DPCH del enlace ascendente)

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

Estructura de trama de los canales físicos dedicados del enlace ascendente



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

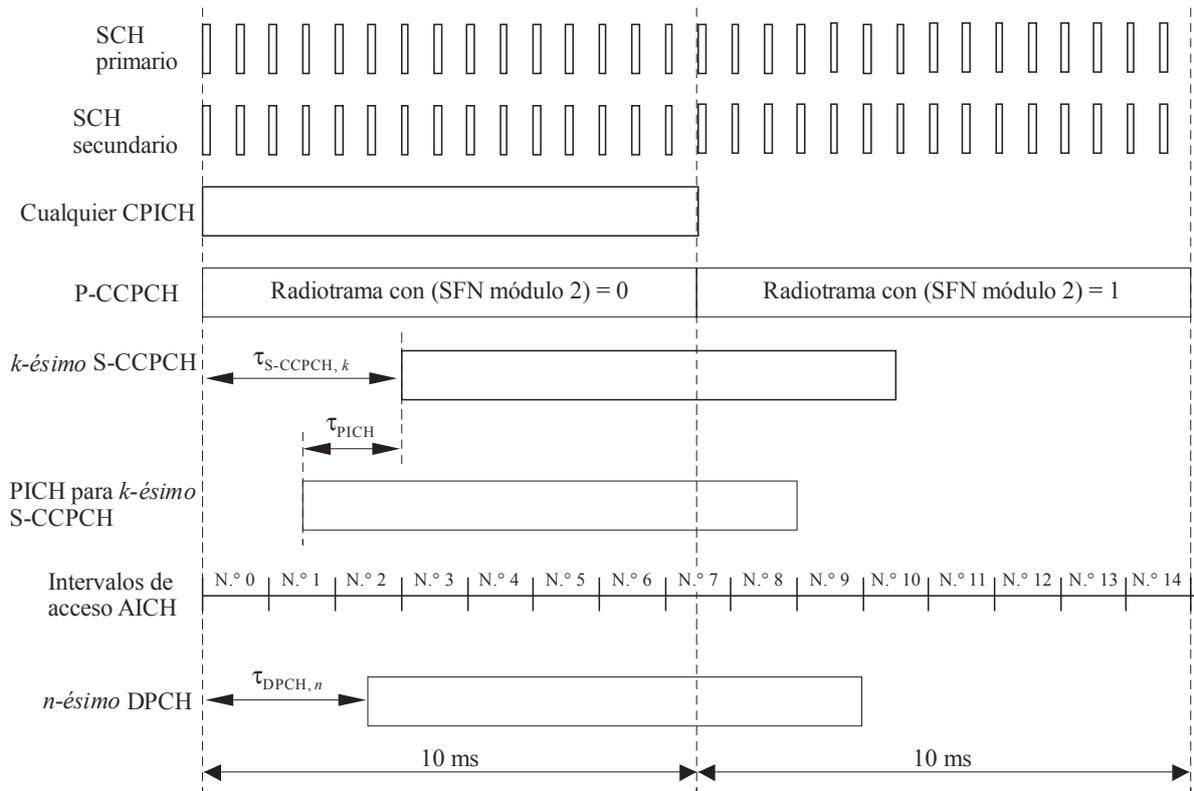
El P-CCPCH, sobre el que se transmite la SFN del haz, se utiliza como referencia de temporización para todos los canales físicos, directamente para el enlace descendente e indirectamente para el enlace ascendente.

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° 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



1850-99

4.3.7.4.1.3.1 Relación de temporización PRACH/AICH

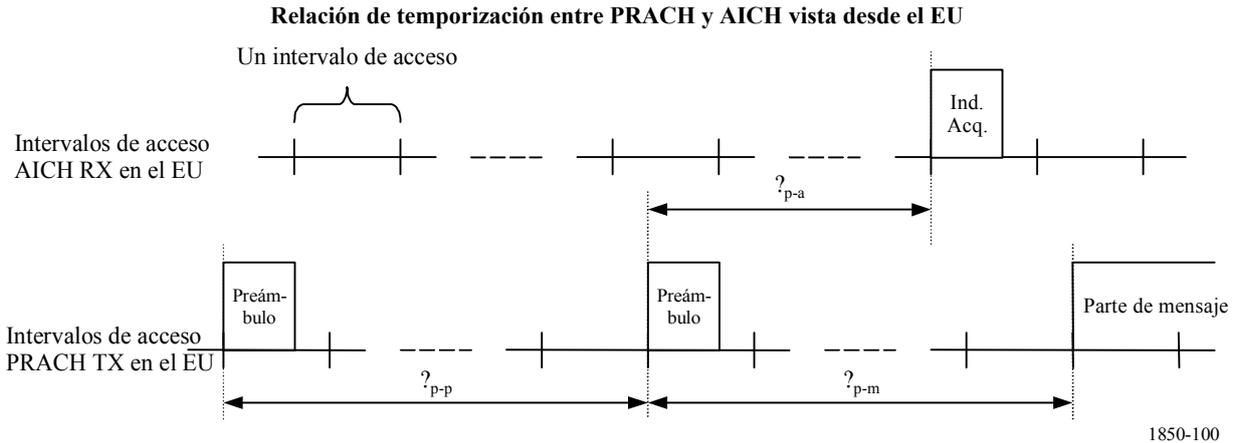
El AICH del enlace descendente está dividido en intervalos de acceso del enlace descendente, cada uno de longitud igual a 5120 chips. Los intervalos de acceso del enlace descendente están alineados en el tiempo con el P-CCPCH.

El PRACH del enlace ascendente está dividido en intervalos de acceso del enlace ascendente, cada uno de una longitud de 5120 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



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 EU tienen la misma temporización de trama.

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

En el EU, 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

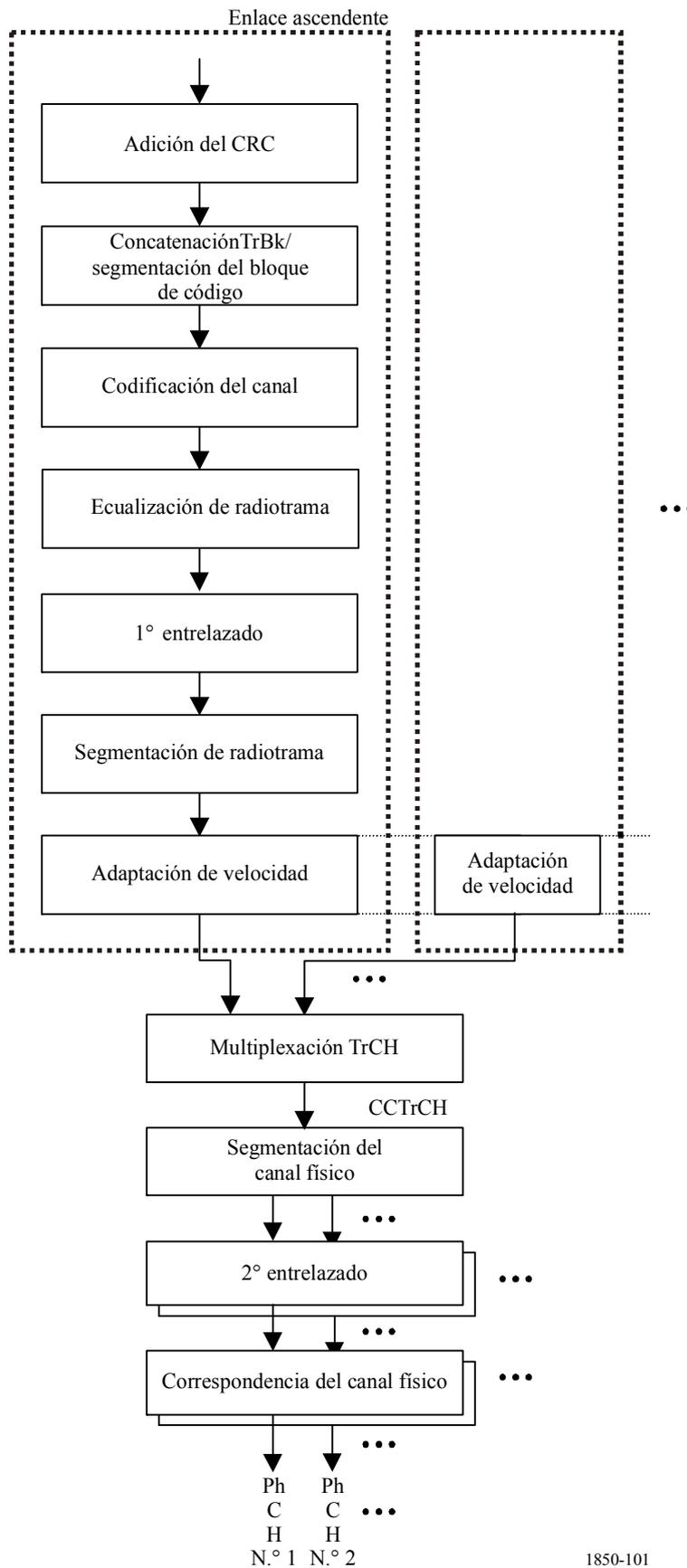
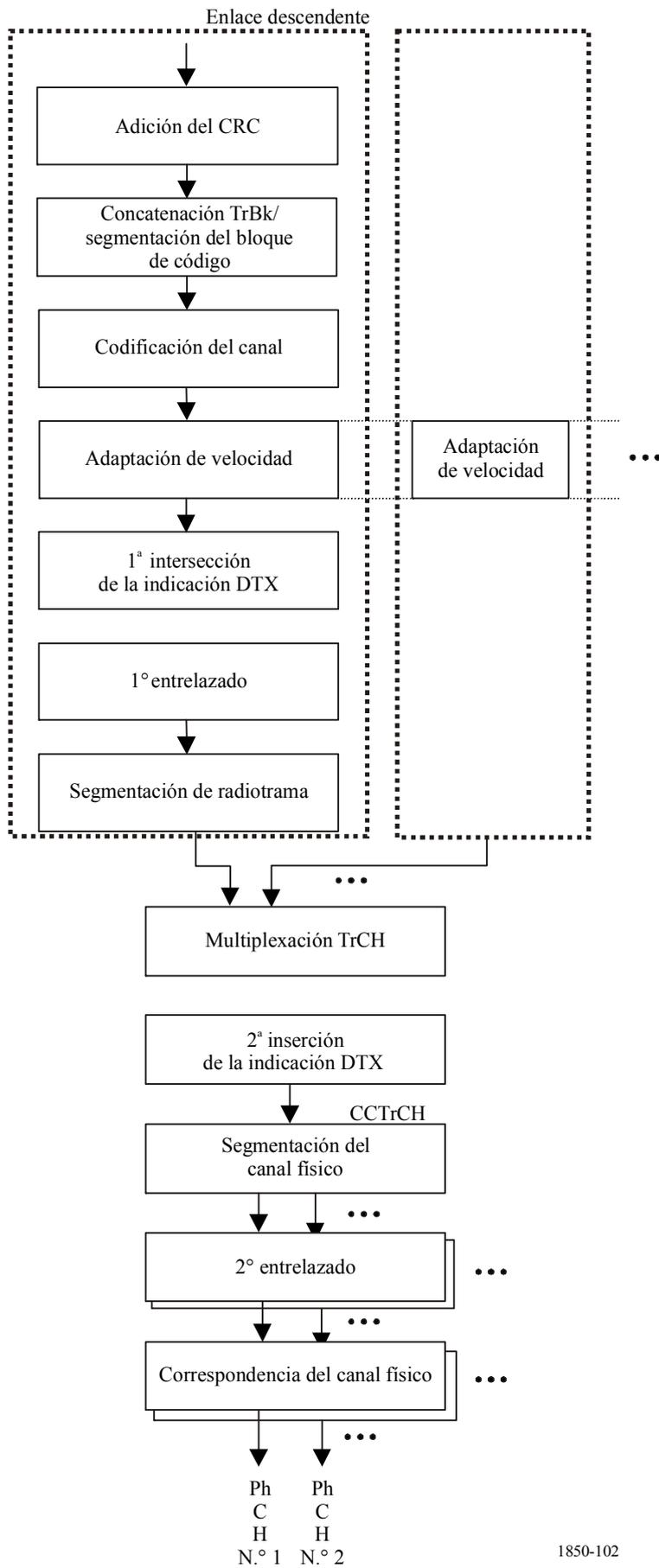


FIGURA 102



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

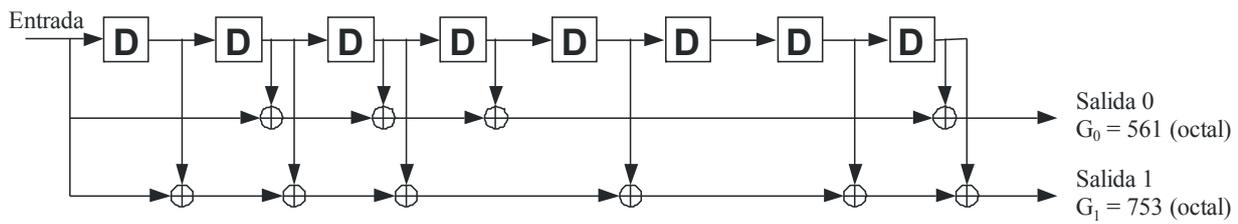
Se definen códigos convolucionales de una longitud igual a 9 e índices de codificación 1/3 y 1/2.

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).

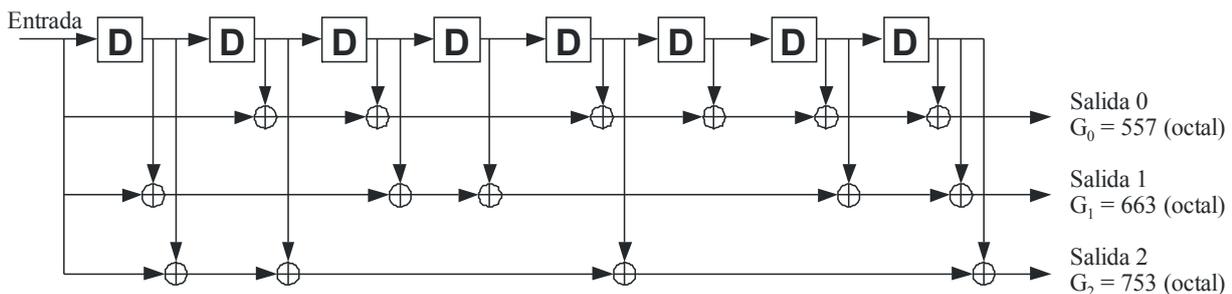
Las funciones de generador para el código de índice 1/2 son $G_0 = 561$ (OCT) y $G_1 = 753$ (OCT).

FIGURA 103

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



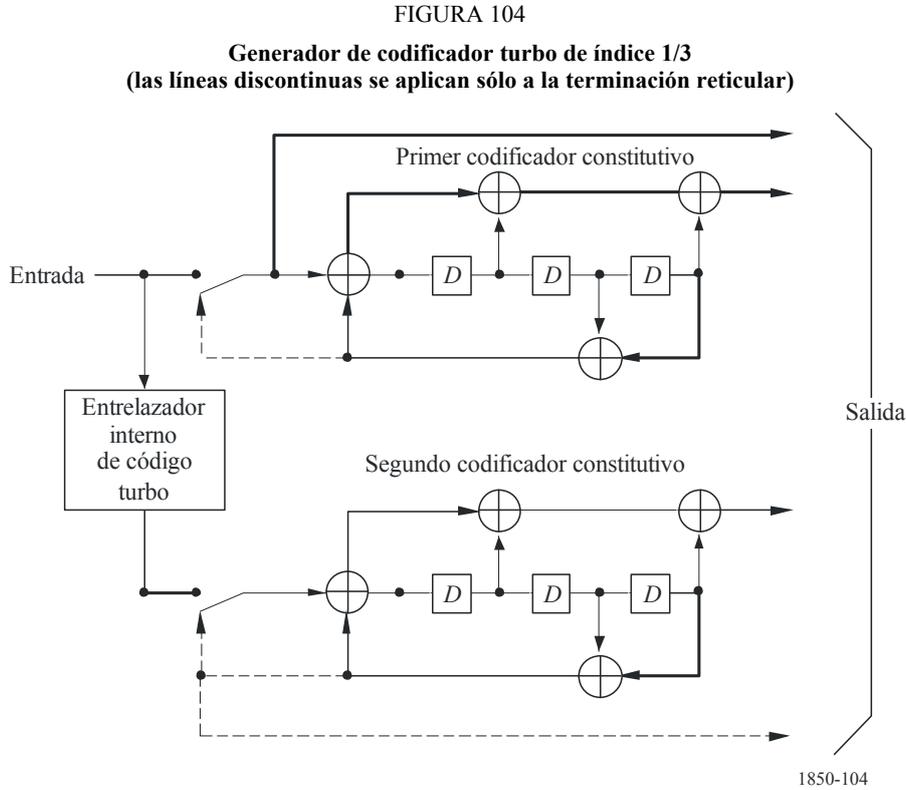
a) Codificador convolucional de índice 1/2



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 DPCCH 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 DPCCH 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 DPCCH 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 OVFSF. 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:

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

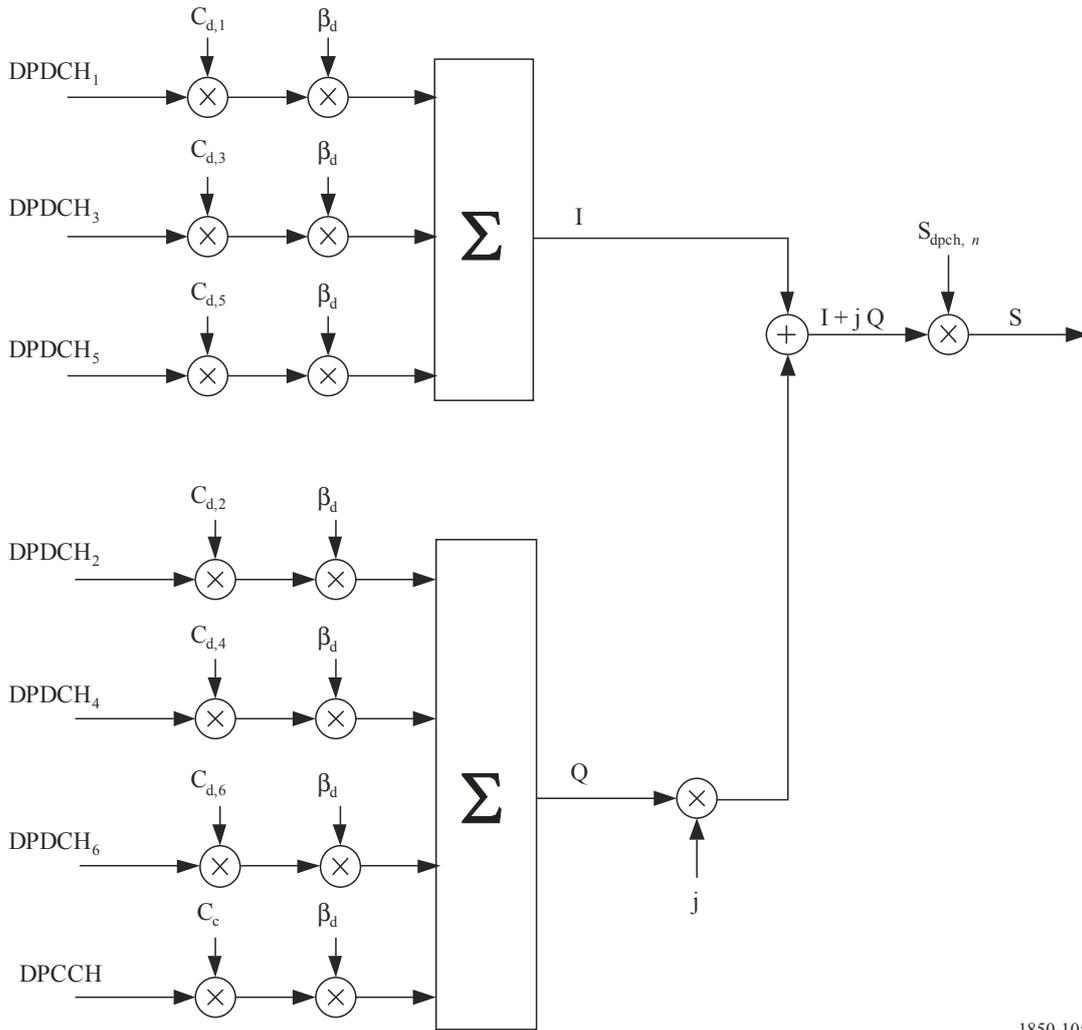
$$c_{long,2,n}(i) = Z_n((i + 16\,777\,232) \text{ módulo } (2^{25} - 1)), \quad i = 0, 1, 2, \dots, 2^{25} - 2.$$

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

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

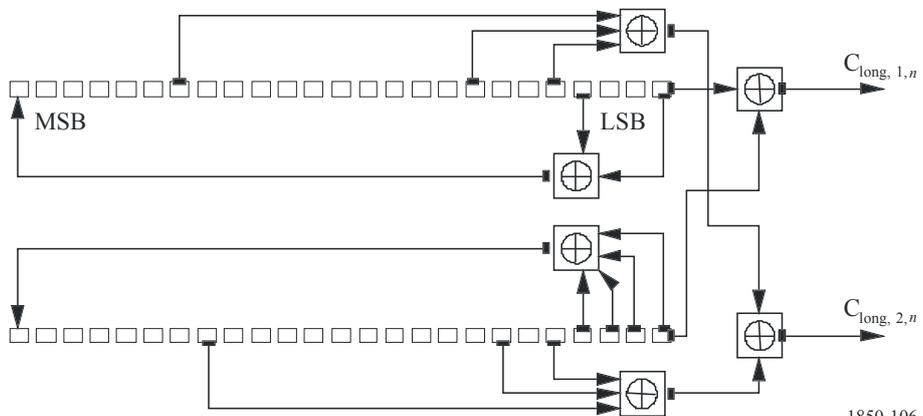
siendo $i = 0, 1, \dots, 2^{25} - 2$ y el símbolo $\lfloor \cdot \rfloor$ significa redondeo por debajo al entero más cercano.

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:

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

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

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.

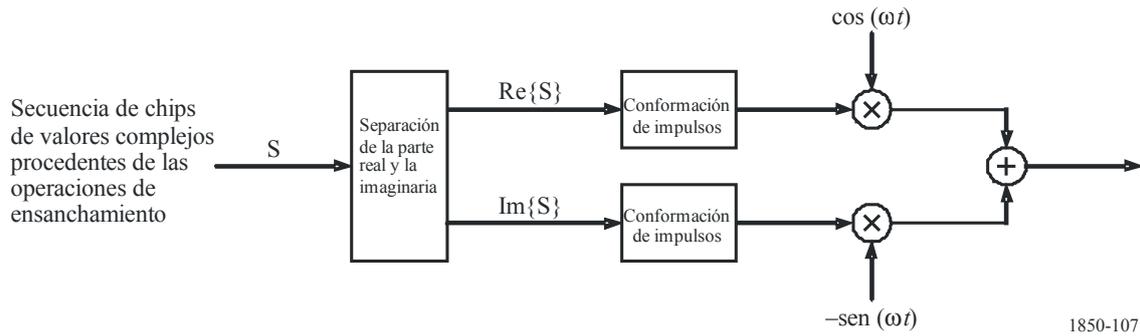
El DPCCCH modulado se hace corresponder con el canal Q y el primer DPDCH se hace corresponder con el canal I.

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



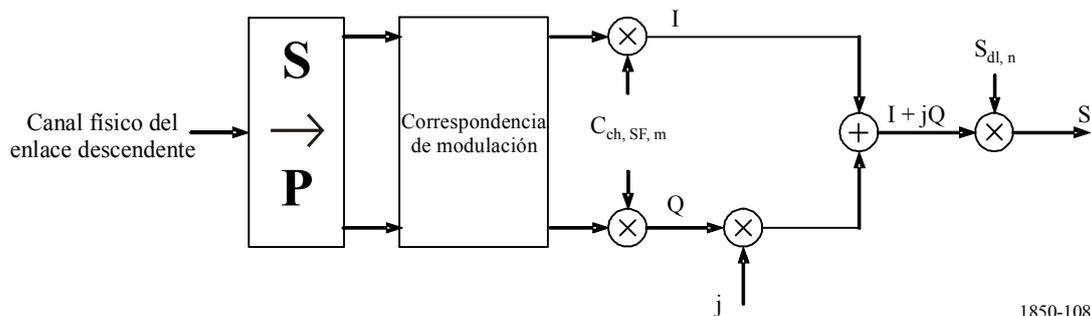
1850-107

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 $C_{\text{ch,SF,m}}$. 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 $S_{\text{dl,n}}$.

FIGURA 108

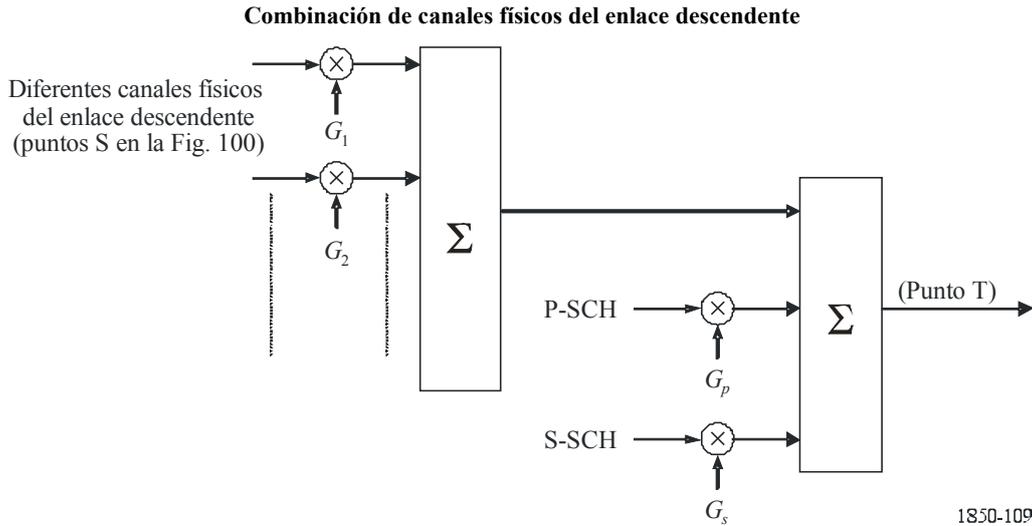
Dispersión para todos los canales físicos del enlace descendente salvo SCH



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

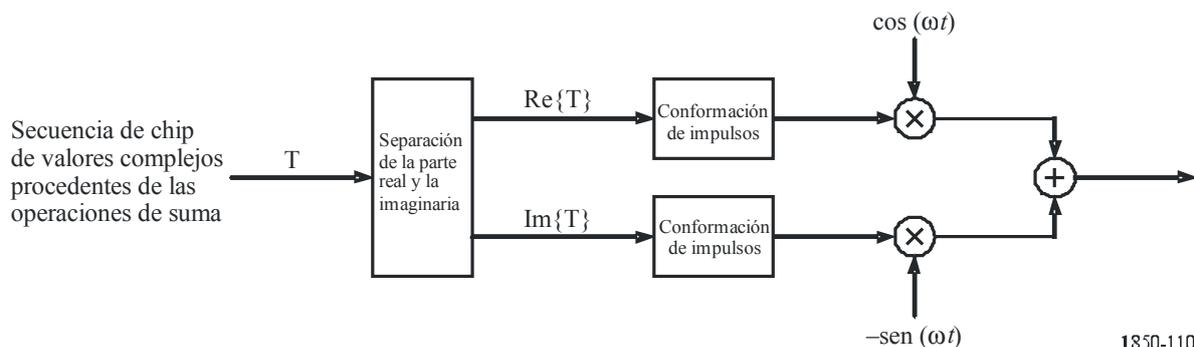
La velocidad de segmentos de modulación es 3,84 Mchip/s.

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).

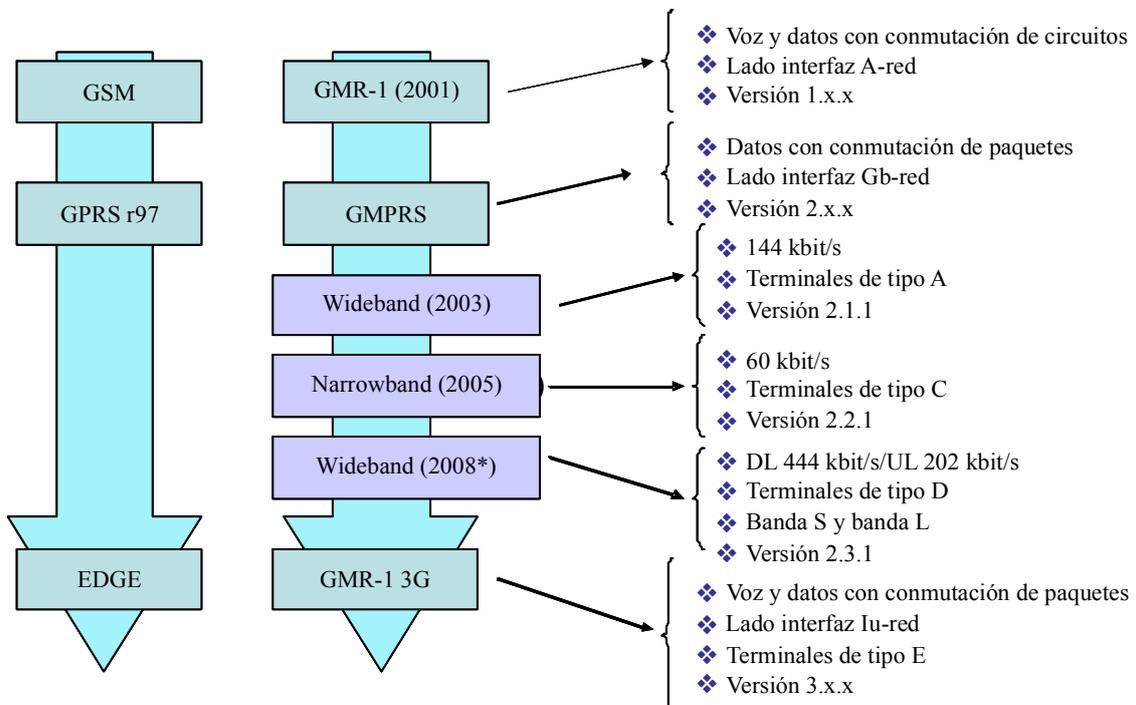
4.3.8 Especificación de la interfaz radioeléctrica del satélite H

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.

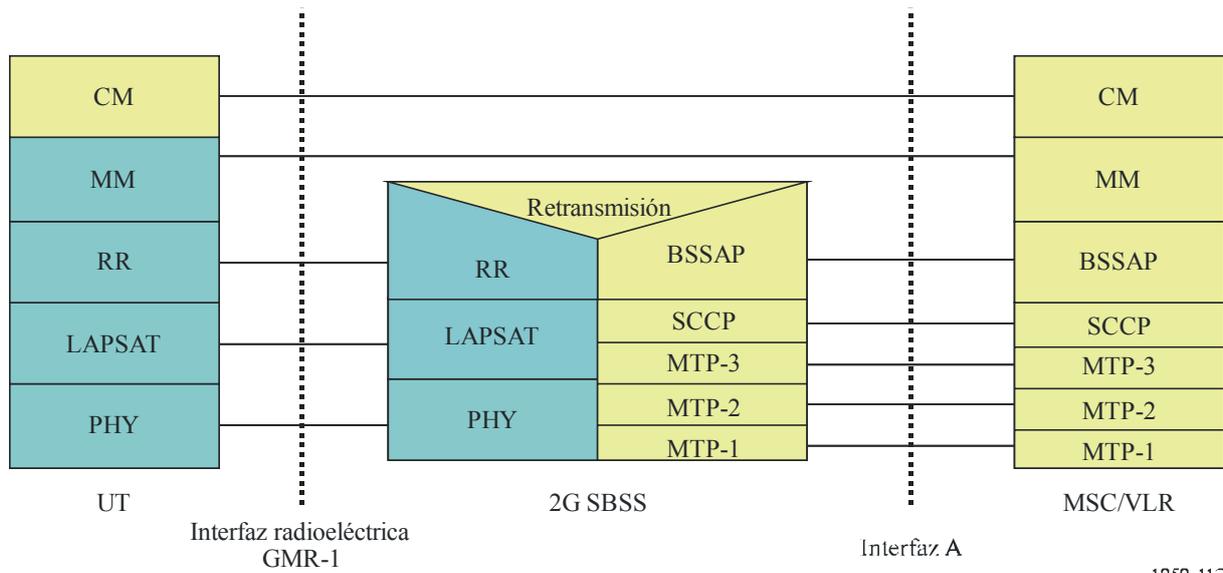
Las especificaciones de la interfaz radioeléctrica GMR-1 basadas en el TDMA fueron normalizadas por primera vez por la ETSI en 2001 (GMR-1 versión 1) basándose en una arquitectura del protocolo GSM optimizada para la transmisión por satélite, y utilizando una interfaz A con la red central (véase la Fig. 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



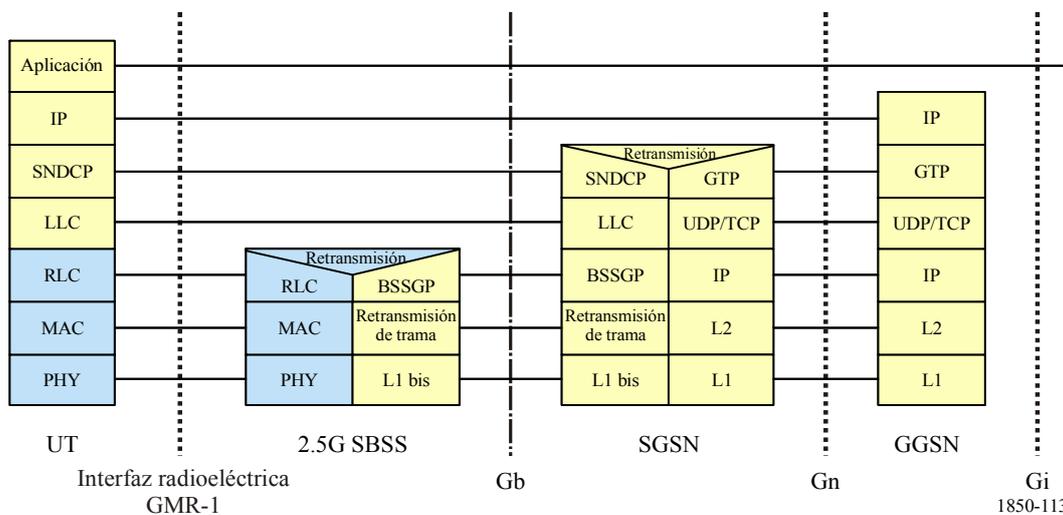
1850-112

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.

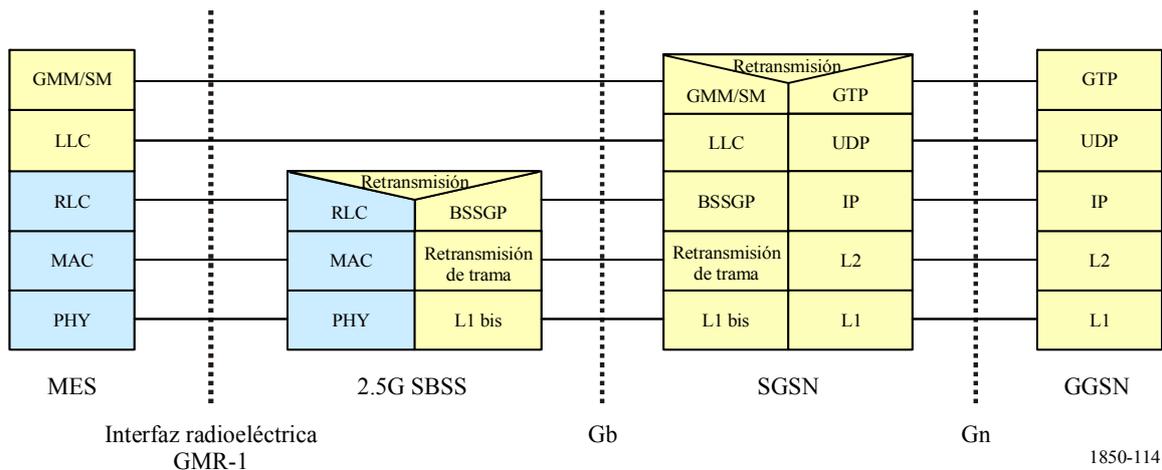
En 2003, se modificó la GMR-1 para incorporar la capacidad de datos con conmutación de paquetes, publicada como GMPRS-1 (*Geo-Mobile Packet Radio System*) o GMR-1 versión 2. El GMPRS-1 proporciona servicios de datos IP para terminales portátiles que utilizan tecnología GPRS con una interfaz Gb con la 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 GMPRS-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 GMPRS-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 GMPRS-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-MDAP, y ofrece servicios de transmisión en secuencias bidireccionales.

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

La especificación GMR-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 GMR-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 GMR-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 GMR-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 GMR-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

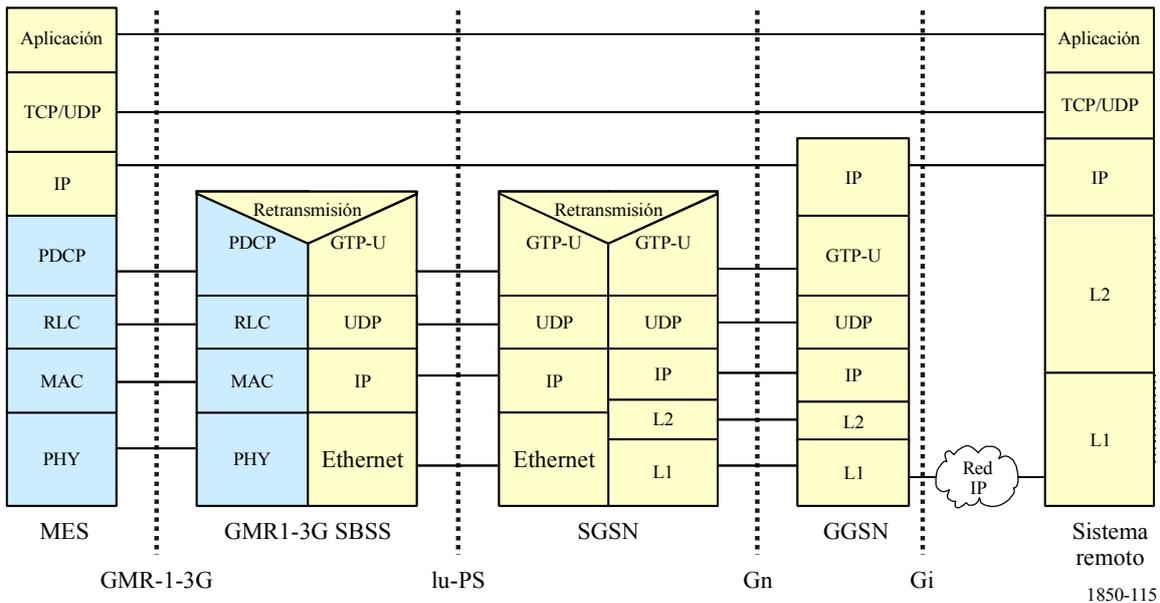
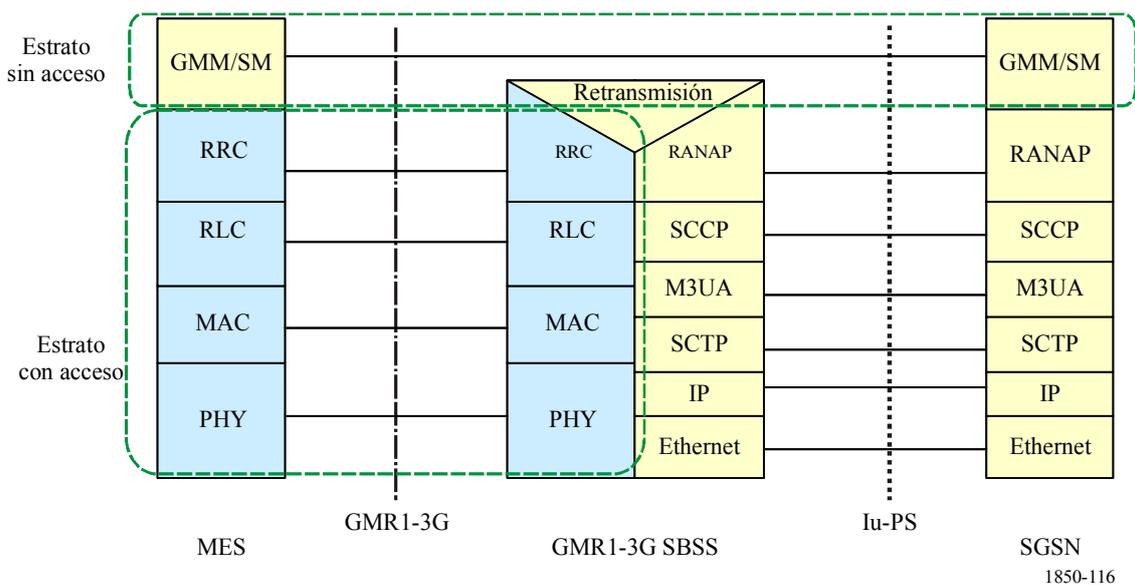


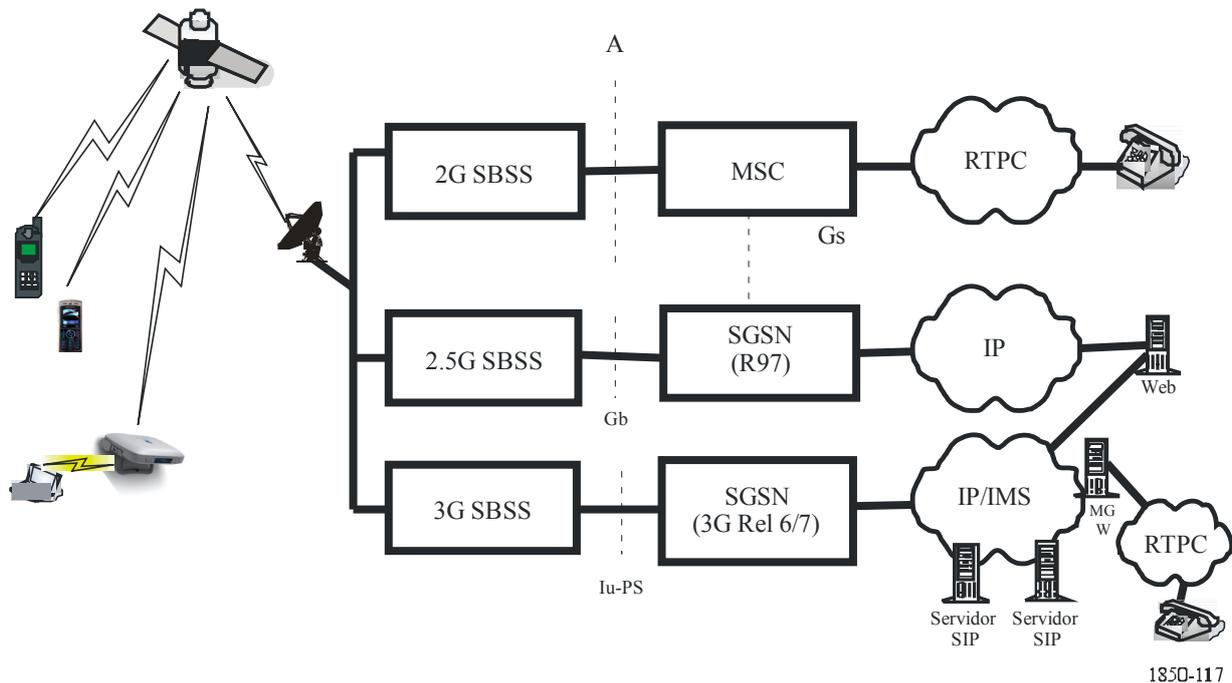
FIGURA 116



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



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.

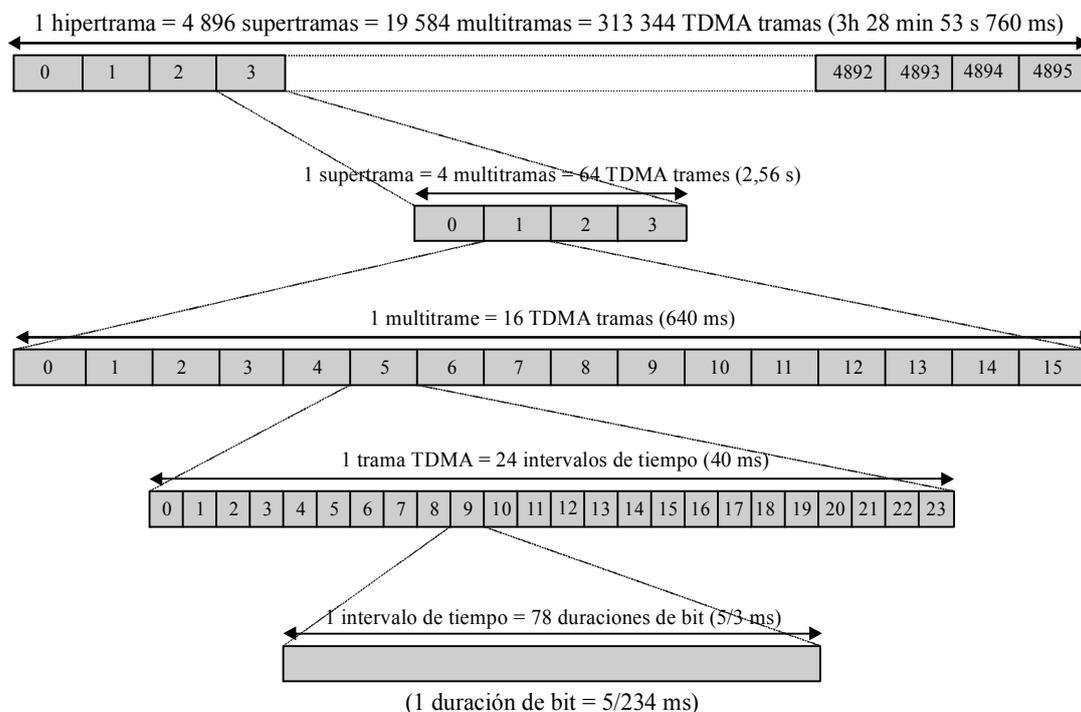
4.3.8.1 Estructura temporal

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 otros 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, $\pi/4$ MDP-4 velocidad 9/10.
- Enlace ascendente: 16 MDAP velocidad 9/10, $\pi/4$ 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, $\pi/4$ MDP-4 velocidad 5/6.
- Enlace ascendente: $\pi/4$ 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, $\pi/4$ 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 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 (-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-4 C $\pi/4$, 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.

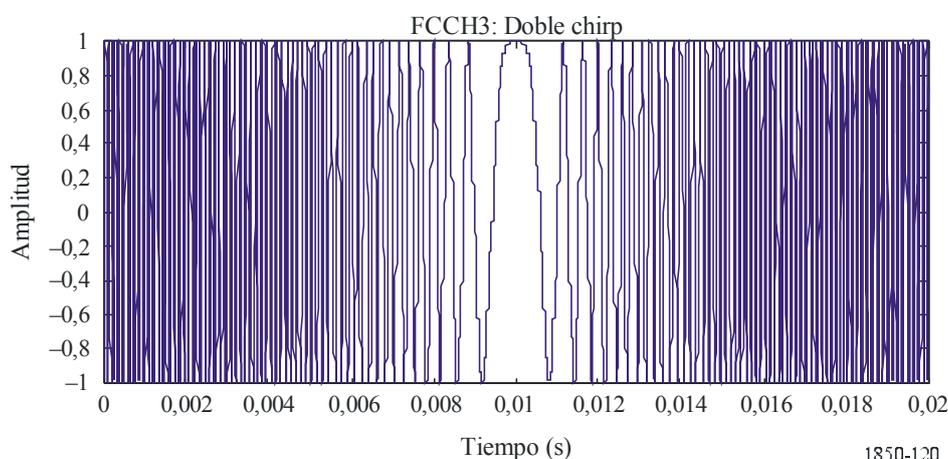
4.3.8.4 Modulación

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.

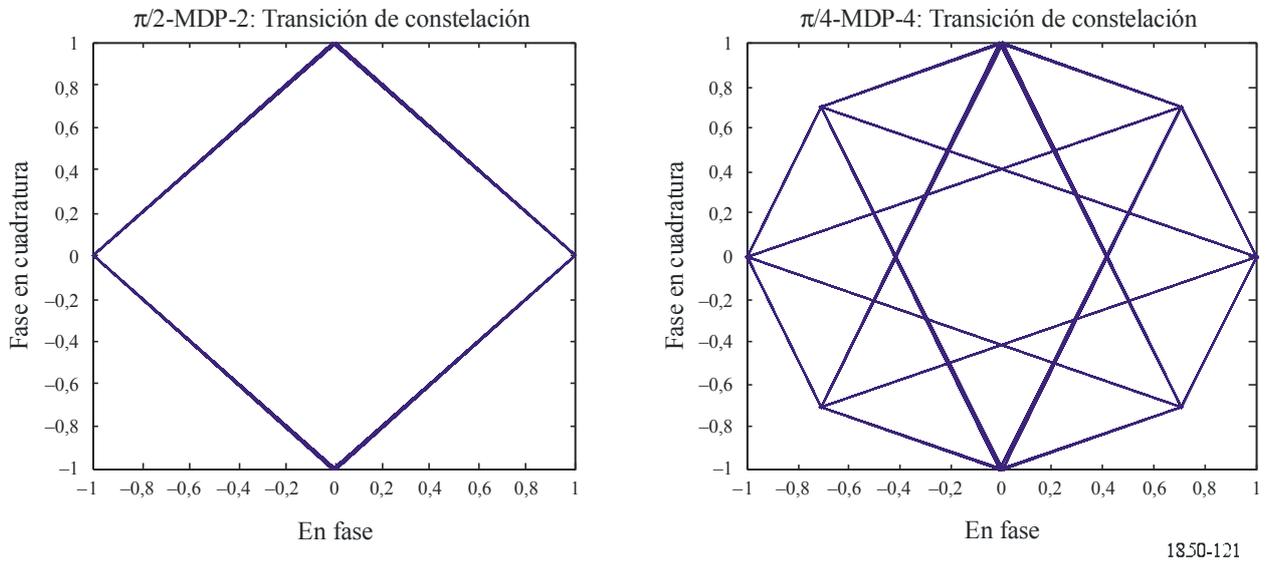
La señal doble chirp es una señal modulada a frecuencia envolvente constante que se utiliza para la adquisición de frecuencia y temporización inicial del terminal de usuario del canal de corrección de frecuencia (FCCH). En la Fig. 120 se muestra la forma de onda de la señal doble chirp.

FIGURA 120



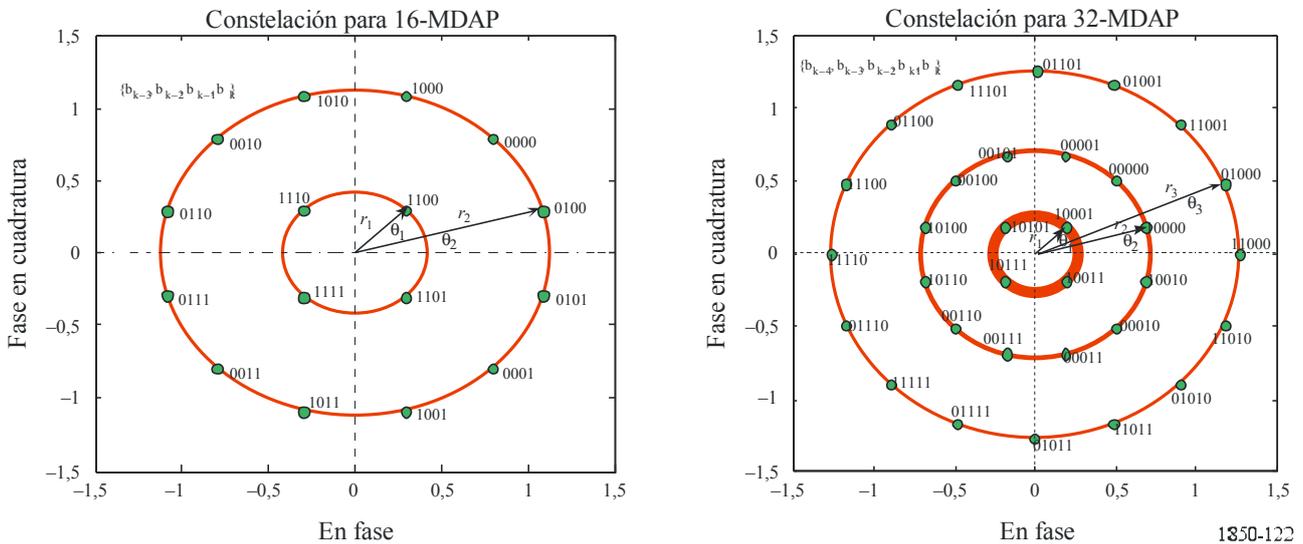
Los canales de control utilizan $\pi/2$ -MDP-2 o $\pi/4$ -MDP-4, y los canales de tráfico utilizan $\pi/2$ -MDP-2, $\pi/4$ -MDP-4, 16 MDAP o 32 MDAP dependiendo de la velocidad de datos. En la Fig. 121 se muestra la constelación de señales para la modulación $\pi/2$ -MDP-2 y $\pi/4$ -MDP-4 y en la Fig.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

FIGURA 121



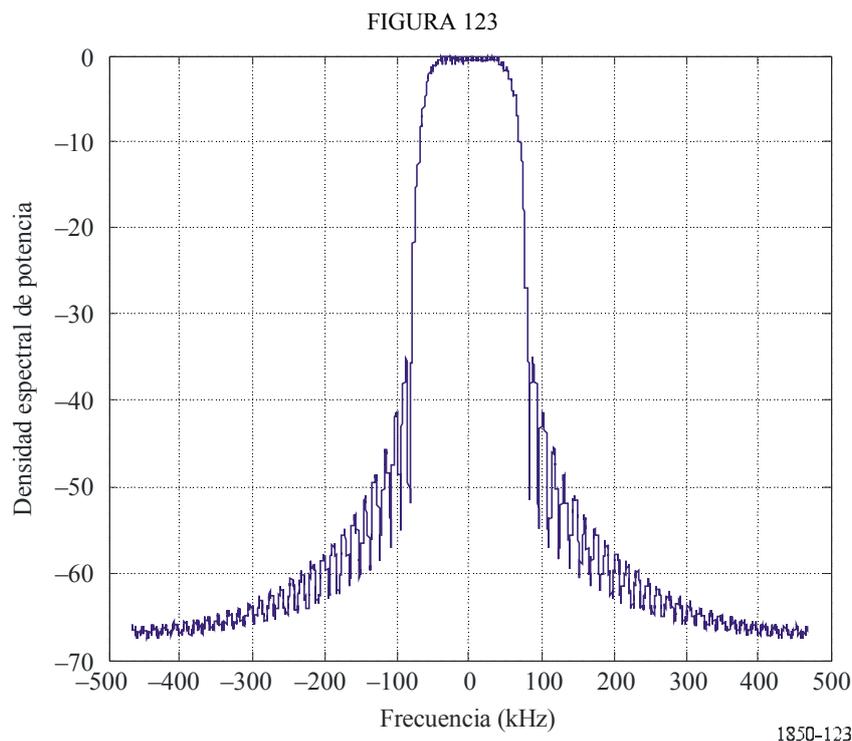
1850-121

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

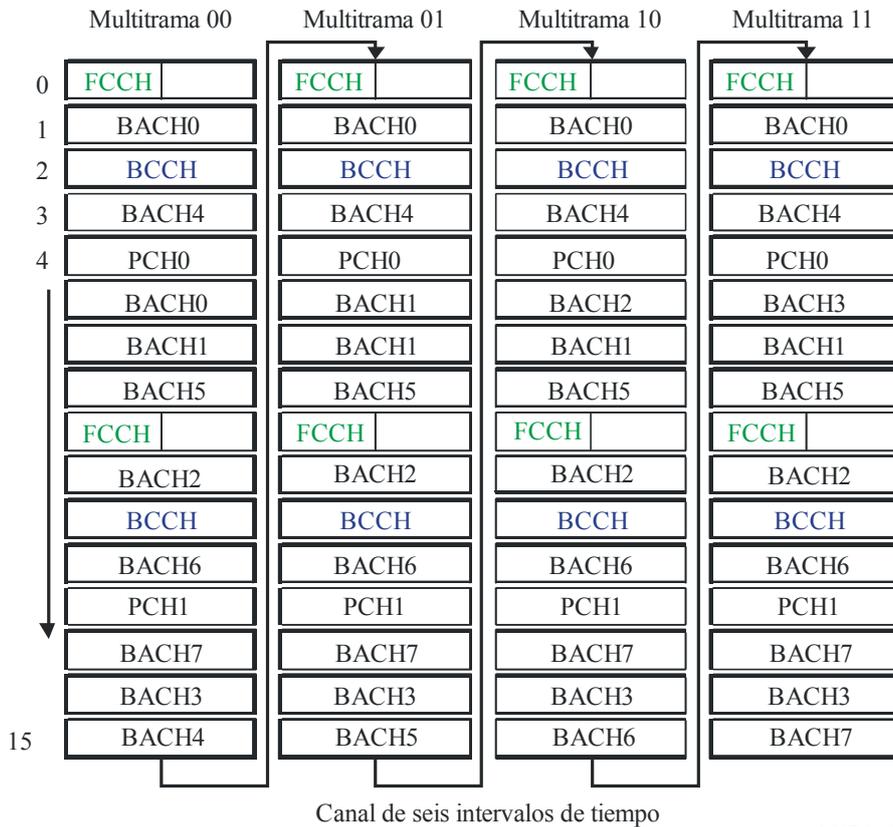
| Canal de control | Tipo de ráfaga |
|------------------|----------------|
| FCCH | FCCH |
| BCCH | BCCH |
| GBCH | DC2 |
| PCH | DC6 |
| AGCH | DC6 |
| BACH | BACH |

CUADRO 58

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

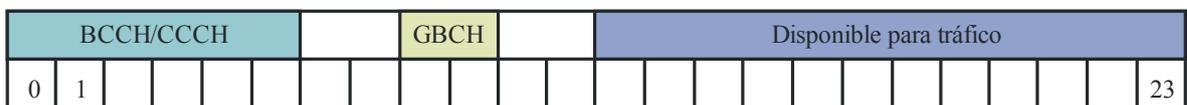
En la Fig. 124 se muestra la organización de la radiodifusión del canal de control en el canal BCCH/CCCH de 31,25 kHz cuando se utiliza FCCH. Obsérvese que el FCCH consiste en una ráfaga de tres intervalos y que el BCCH y el PCH son ráfagas de seis intervalos. En la Fig. 125 se muestra la trama de 24 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



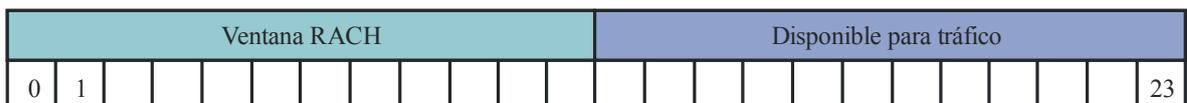
1850-124

FIGURA 125



Intervalos de tiempo

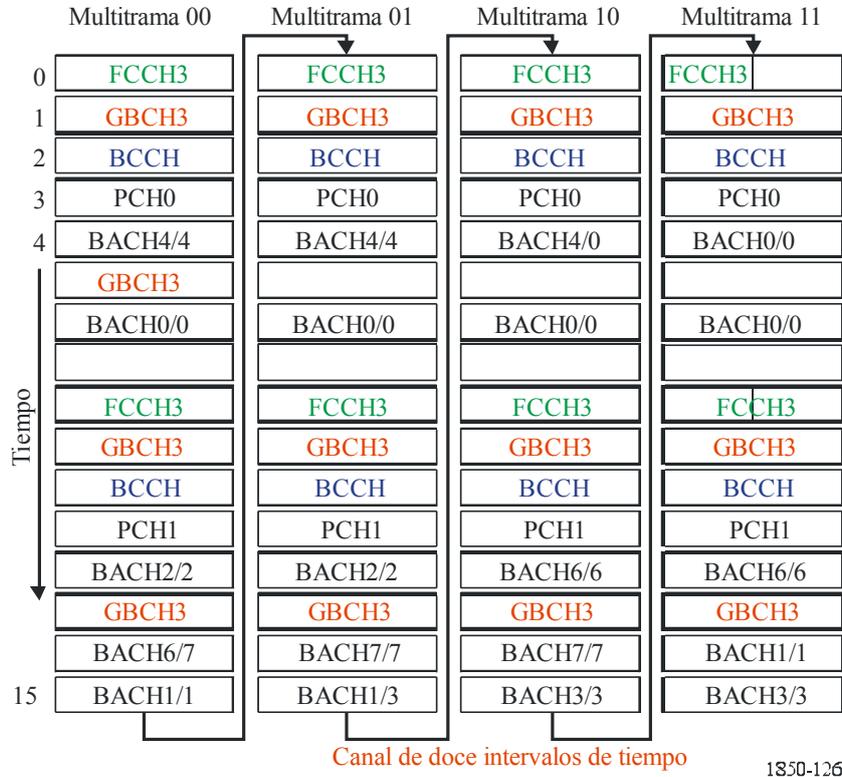
Trama de enlace de retorno cuando se utiliza FCCH



1850-125

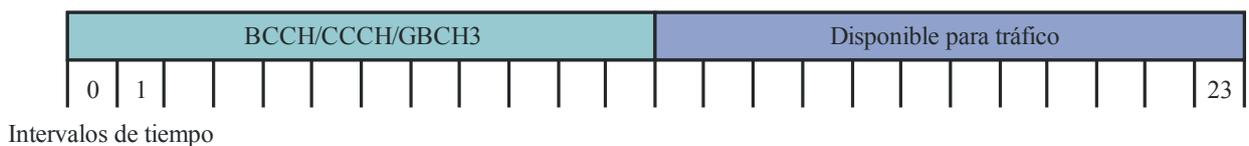
La Fig. 126 muestra el orden y la estructura de la transmisión del canal de control cuando se utiliza FCCH3. Como puede verse en la Fig. 127, los primeros doce intervalos de tiempo de la trama de veinticuatro se utilizan para transmitir canales de control y los doce restantes quedan disponibles para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

FIGURA 126

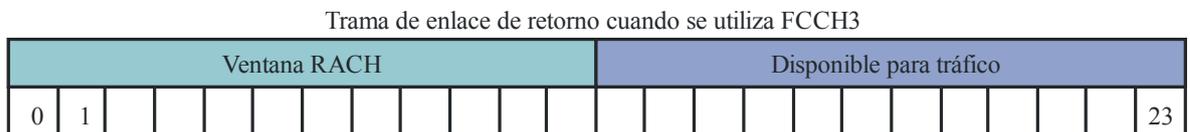


1850-126

FIGURA 127



Intervalos de tiempo



1850-127

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.

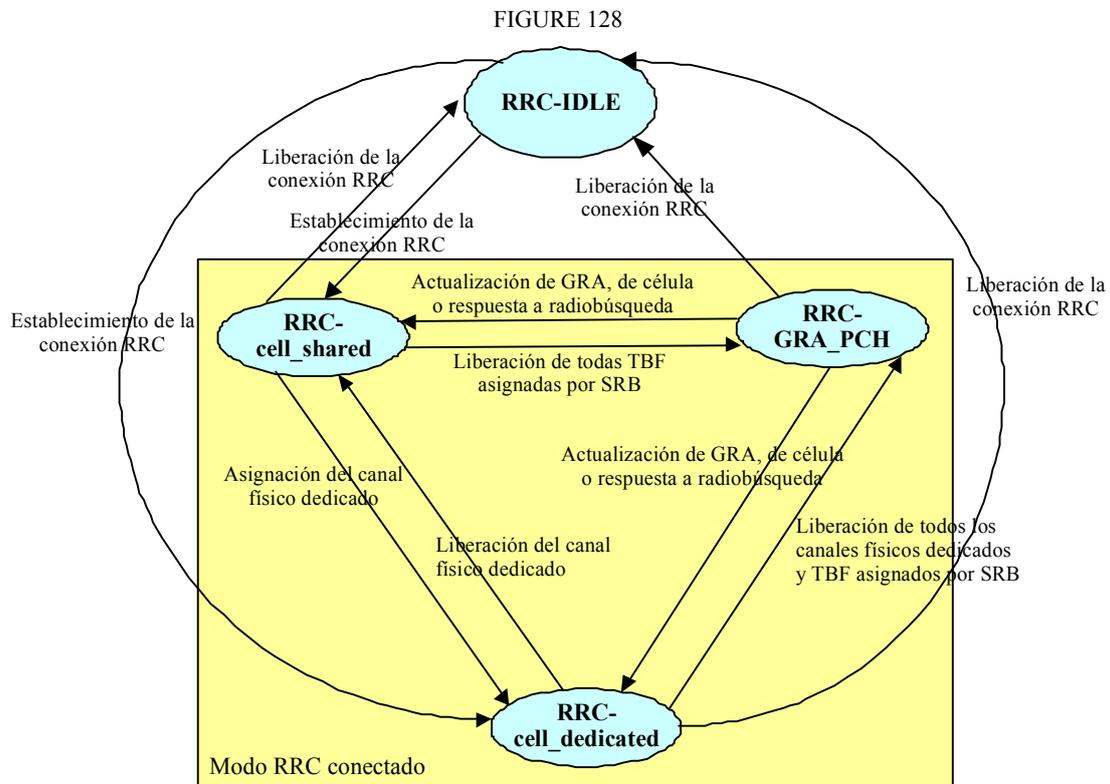
Las funciones del RRC son las siguientes:

- 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).

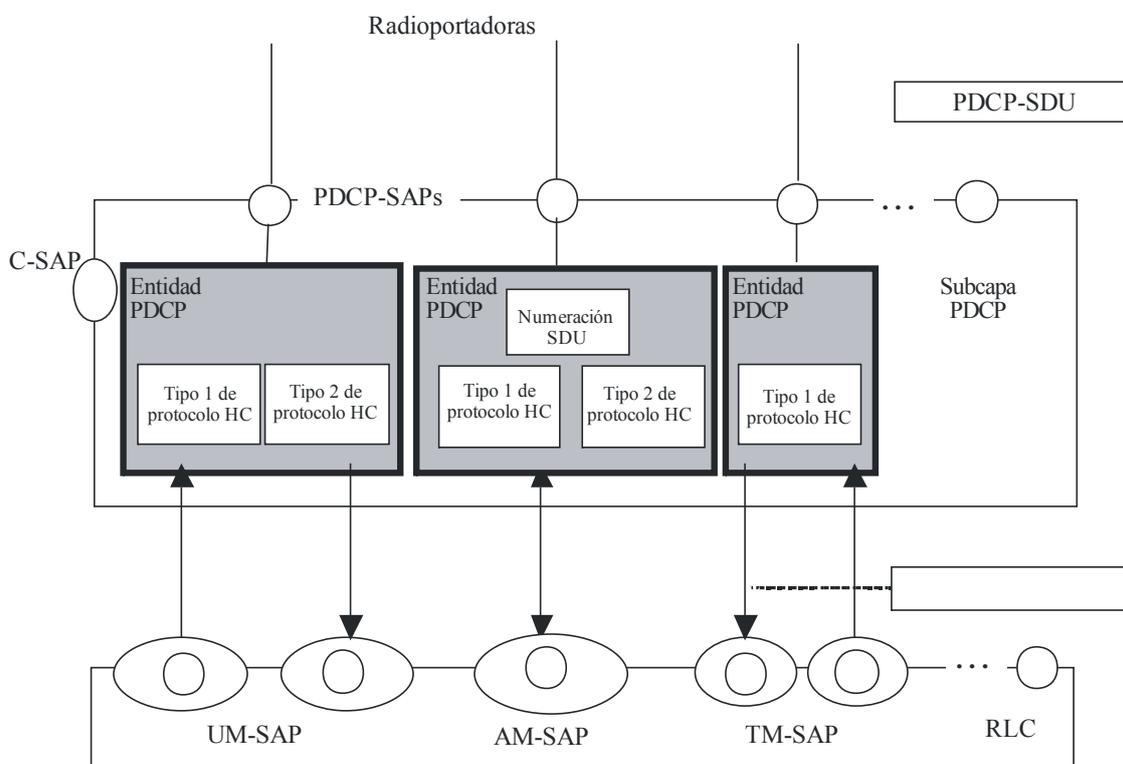
Las optimizaciones específicas de satélite son las siguientes:

- 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 las 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>) |
