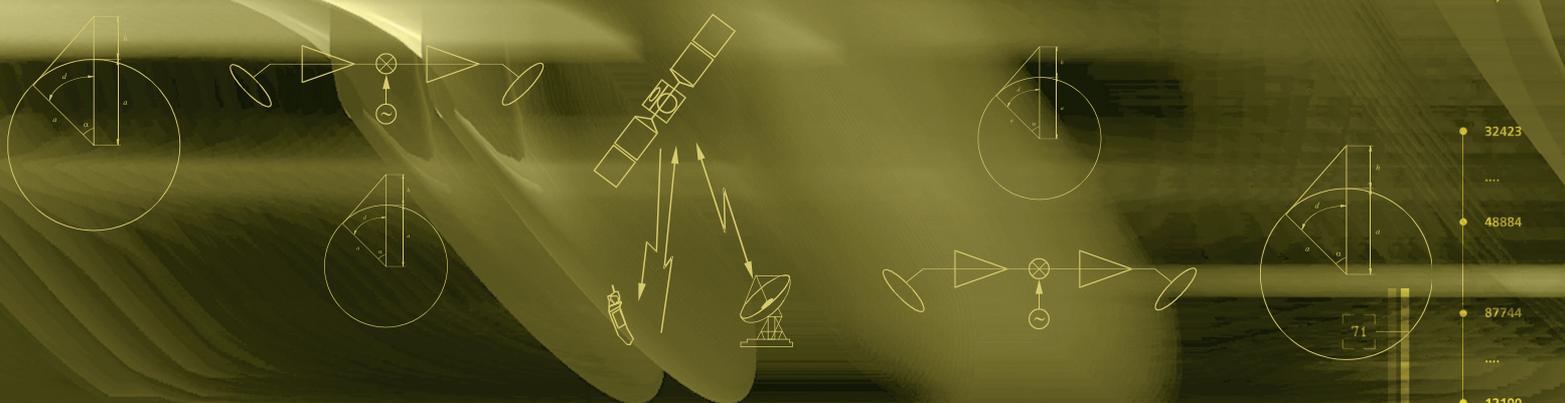




Unión Internacional de Telecomunicaciones



- 32423
-
- 48884
-
- 87744
-
- 12100
-
- 47889

72

1. An animal obtained as a result of mating members.
2. A person or animal of mixed blood.
3. The act or result of crossing or mating, or together the sex of two combined organisms.
4. A crossing of two or more animals.
5. The result of a cross of two.
6. To connect, combine, join.

1. *hybridus*, *hybrida*
 2. *hybridus*, *hybrida*
 3. *hybridatio*, *hybridatio*
 4. *hybridatio*
 5. *hybridatio*
 6. *hybridare*, *hybridare*

1. To connect the members of individual in a combined form, combine, join to the end of the members of individual by crossing to.
 2. To connect or combine members of mixed blood with the members of another race.
 3. To connect or combine members of mixed blood with the members of another race.
 4. To connect or combine members of mixed blood with the members of another race.
 5. To connect or combine members of mixed blood with the members of another race.
 6. To connect or combine members of mixed blood with the members of another race.

73

1. To be washed, to get rid of English hair, to quit, draw, wash.
2. To be washed, to get rid of English hair, to quit, draw, wash.
3. To be washed, to get rid of English hair, to quit, draw, wash.
4. To be washed, to get rid of English hair, to quit, draw, wash.
5. To be washed, to get rid of English hair, to quit, draw, wash.
6. To be washed, to get rid of English hair, to quit, draw, wash.

1. *hybrida*, *hybrida*
 2. *hybrida*, *hybrida*
 3. *hybrida*, *hybrida*
 4. *hybrida*, *hybrida*
 5. *hybrida*, *hybrida*
 6. *hybrida*, *hybrida*

1. To be washed, to get rid of English hair, to quit, draw, wash.
 2. To be washed, to get rid of English hair, to quit, draw, wash.
 3. To be washed, to get rid of English hair, to quit, draw, wash.
 4. To be washed, to get rid of English hair, to quit, draw, wash.
 5. To be washed, to get rid of English hair, to quit, draw, wash.
 6. To be washed, to get rid of English hair, to quit, draw, wash.

Manual

Servicio móvil por satélite (SMS)

Edición 2002

EL SECTOR DE RADIOCOMUNICACIONES DE LA UIT

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.

Para toda información sobre asuntos de radiocomunicaciones

Póngase en contacto con:

UIT
Oficina de Radiocomunicaciones
Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20
Suiza

Teléfono: +41 22 730 5800
Telefax: +41 22 730 5785
E-mail: brmail@itu.int
Web: www.itu.int/itu-r

Para solicitar las publicaciones de la UIT

No se admiten pedidos por teléfono. Sírvanse enviarlos por telefax o correo electrónico (E-mail).

UIT
División de Ventas y Comercialización
Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20
Suiza

Teléfono: +41 22 730 6141 inglés
Teléfono: +41 22 730 6142 francés
Teléfono: +41 22 730 6143 español
Telefax: +41 22 730 5194
Télex: 421 000 uit ch
Telegrama: ITU GENEVE
E-mail: sales@itu.int

La Librería electrónica de la UIT: www.itu.int/publications



Unión Internacional de Telecomunicaciones

Manual
Servicio móvil por satélite (SMS)

PREFACIO

En el mundo actual las personas son cada vez más móviles tanto en el trabajo como en el ocio. Esta tendencia queda reflejada en una demanda cada vez mayor en las últimas dos o tres décadas de todo tipo de servicios móviles por satélite (SMS), es decir, demanda de servicios móviles marítimos, aeronáuticos y terrestres por satélite. Estas necesidades han sido bien documentadas en la UIT a través de diversos estudios y propuestas que han dado lugar recientemente al establecimiento de un cierto número de nuevas atribuciones de radiofrecuencias para su utilización por el SMS. Fuera de la UIT, los artículos de la prensa especializada y general destacan frecuentemente las ventajas del SMS, particularmente en aplicaciones tales como ayuda en caso de catástrofes y urgencias en conexión con las operaciones de búsqueda y salvamento. La aplicación del SMS en los países en desarrollo estableciendo servicios de telecomunicaciones viables en zonas de baja densidad telefónica también ha llamado la atención en todo el mundo.

Este Manual del SMS destaca claramente las numerosas capacidades que los sistemas del SMS actualmente en servicio, y los sistemas que se están construyendo pueden aportar a nuestro mundo móvil.

El SMS comenzó siendo un producto de la creación y desarrollo de Inmarsat, organización establecida para explotar comunicaciones marítimas por satélite por la Organización Marítima Internacional. Ello exigió la rápida intervención del Sector de Radiocomunicaciones de la UIT a fin de definir las primeras atribuciones de frecuencias para su utilización por el SMS en la banda 1,5/1,6 GHz y por las radiobalizas de localización de siniestros (RLS) por satélite en la banda 406 MHz y con objeto de elaborar las normas técnicas para estas redes del SMS.

Hoy día existen numerosas atribuciones de frecuencias al SMS por debajo de 1 GHz en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT y más atribuciones al SMS entre 1 y 3 GHz y muchas de estas atribuciones se han realizado en las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones de 1992 y 1995. A pesar del aumento de interés en el SMS en los últimos diez años muchos profesionales en el campo de las telecomunicaciones no están familiarizados con las capacidades y los aspectos de diseño de este tipo de servicio de comunicaciones por satélite. El Manual del SMS está destinado a ser un texto de consulta que trata los principios básicos del diseño del SMS, las aplicaciones típicas y posibles del SMS, las bandas de frecuencias disponibles para el SMS, algunas disposiciones reglamentarias especiales de la UIT relativas al SMS en el Reglamento de Radiocomunicaciones y una breve consideración sobre los aspectos técnicos de los sistemas del SMS. Por último, el Manual incluye a su vez breves descripciones de las características técnicas y de explotación de los sistemas del SMS actualmente en funcionamiento o cuya entrada en servicio está prevista.

INDICE

	Página
CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN AL MANUAL DEL SERVICIO MÓVIL POR SATÉLITE.....	1
1.1 Panorámica del Manual.....	1
1.1.1 Objeto de este Manual	1
1.1.2 Estructura de este Manual.....	1
1.2 Perspectiva histórica en la evolución de las redes del SMS	1
1.3 Ilustración de los aspectos de ingeniería de sistema del SMS.....	5
1.4 Arquitectura de un sistema general del SMS.....	11
1.4.1 Función de los enlaces de conexión en las redes del SMS	12
1.5 Tipo de órbitas utilizadas por los sistemas del SMS: OSG, LEO y MEO.....	14
1.6 Conclusión de la introducción	15
CAPÍTULO 2 – ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS Y ASPECTOS REGLAMEN- TARIOS (SEGÚN EL REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES DE LA UIT).....	17
2.1 Definiciones generales de los SMS y terminología.....	17
2.2 Atribuciones de frecuencia al SMS (Artículo 5 del RR)	18
2.2.1 Bandas de frecuencia atribuidas al SMS por debajo de 1 GHz	19
2.2.2 Bandas de frecuencia atribuidas al SMS entre 1-3 GHz.....	20
2.3 Temas reglamentarios de la compartición de frecuencias en las bandas del SMS.....	23
2.3.1 Compartición de frecuencias entre redes del SMS	23
2.3.2 Compartición de frecuencias entre redes del SMS y otros servicios.....	24
2.4 Otros tipos de SMS especializado – Con situación especial en el RR.....	25
2.4.1 Aplicaciones de socorro y seguridad/disposiciones especiales del RR	25
2.4.1.1 Socorro y seguridad en el SMSSM.....	25
2.4.1.2 Seguridad del SMS aeronáutico.....	27
2.4.1.3 Funciones de radiodeterminación integral e integrada	28
2.5 Estaciones terrenas de enlace de conexión del SMS	29
2.5.1 Estaciones terrenas de enlace de conexión – Redes del SMS OSG.....	29
2.5.2 Estaciones terrenas de enlace de conexión – Redes del SMS no OSG.....	29
2.6 Papel del SMS en las IMT-2000.....	30
2.6.1 Componente de satélite de las IMT-2000	30
2.7 Sistemas móviles mundiales de comunicaciones personales por satélite.....	32

CAPÍTULO 3 – APLICACIONES TÍPICAS Y POTENCIALES DE LAS COMUNICACIONES DEL SMS.....	33
3.1 Aplicaciones generales del SMS marítimo, aeronáutico y terrestre	35
3.2 Aplicaciones en los países en desarrollo.....	35
3.3 Aplicaciones en estructuras de telecomunicaciones muy desarrolladas	37
3.4 «Pequeño LEO» típico SMS con funcionamiento en bandas por debajo de 1 GHz	37
3.4.1 Aplicaciones de comunicaciones típicas y potenciales que ofrece el SMS no OSG no vocal por debajo de 1 GHz.....	37
3.5 Tipos de servicios (telefonía, facsímil, datos y correo electrónico)	39
3.5.1 Servicios básicos.....	39
3.5.2 Aplicaciones de usuario	39
3.5.2.1 Correo electrónico.....	39
3.5.2.2 Transmisión de vídeo.....	40
CAPÍTULO 4 – ASPECTOS TÉCNICOS DE LOS SISTEMAS DEL SMS	41
4.1 Arquitectura del sistema y control de la red	43
4.1.1 Panorámica de la arquitectura del sistema y del control de la red	43
4.1.1.1 SMS OSG.....	43
4.1.2 Planificación del tráfico	44
4.1.2.1 Planificación a largo plazo.....	44
4.1.2.2 Planificación a corto plazo.....	45
4.1.2.3 Ejemplo de sistema del SMS no OSG	45
4.1.3 Métodos de asignación de canales	46
4.1.3.1 Acceso múltiple por asignación según demanda	46
4.1.3.2 SMS OSG (estación de coordinación de red Inmarsat)	46
4.1.3.3 Gestión del recurso de satélite en el SMS no OSG.....	50
4.1.3.4 Control de la asignación de canales en el SMS no OSG	50
4.1.3.5 Diversidad de satélite y traspaso.....	51
4.1.3.6 Asignación de canales y elusión de la interferencia	51

	Página
4.2 Características generales de las ETM	52
4.2.1 ETM en vehículos	54
4.2.2 Estaciones terrenas personales	56
4.2.3 RLS de satélite	56
4.2.3.1 COSPAS-SARSAT	57
4.2.3.2 Inmarsat-E	60
4.2.4 ETM de utilización especial	61
4.3 Características generales del segmento espacial del SMS	61
4.3.1 Sistemas de satélite del SMS OSG (internacionales y nacionales)	62
4.3.1.1 Selección de emplazamientos orbitales	63
4.3.2 Satélites no OSG	63
4.3.2.1 Selección de los parámetros de la constelación	64
4.4 Interfuncionamiento con las redes terrenales	64
4.4.1 GES y su explotación y gestión	64
4.4.1.1 Generalidades	64
4.4.1.2 Disposiciones de mantenimiento	66
4.4.1.3 Filosofía y disposiciones de explotación	68
4.4.2 Conexiones con la red telefónica y de datos	68
4.4.3 Conexión con los sistemas móviles terrenales (por ejemplo, IMT-2000)	69
4.5 Principios de ingeniería de sistema del SMS	70
4.5.1 Cobertura de la antena del sistema y diagramas de haz	70
4.5.2 Modulación de la portadora y técnicas de acceso múltiple	72
4.5.2.1 Modulación de la portadora	72
4.5.2.2 Esquemas de acceso múltiple	75
4.5.3 Diseño del enlace	80
4.5.3.1 Configuración de un enlace de satélite del servicio móvil	80
4.5.3.2 Diseño del enlace para los sistemas de satélite del servicio móvil	82
4.5.3.3 Ejemplo de diseño del enlace directo	83
4.5.3.4 Ejemplo de diseño del enlace de retorno	85

CAPÍTULO 5 – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y OPERACIONALES DE ALGUNOS SISTEMAS DEL SMS ACTUALES Y PLANIFICADOS.....	87
5.1 Sistema multifuncional de transporte por satélite (MTSAT).....	89
5.1.1 Panorámica general.....	89
5.1.2 Arquitectura del sistema y características técnicas.....	90
5.1.3 Segmento espacial MTSAT.....	91
5.1.4 Segmento terreno MTSAT.....	92
5.1.4.1 GES.....	92
5.1.4.2 ETA.....	92
5.1.5 Servicio y aplicaciones.....	93
5.1.5.1 Servicios móviles aeronáuticos por satélite.....	93
5.1.5.2 Sistema de aumento basado en el satélite MTSAT.....	93
5.2 Sistema Leo One.....	94
5.2.1 Panorámica general del sistema móvil por satélite Leo One.....	94
5.2.2 Arquitectura de sistema de la red Leo One.....	94
5.2.2.1 Parámetros orbitales del sistema Leo One.....	95
5.2.2.2 Segmento espacial (carga útil del satélite).....	95
5.2.2.3 Terminales móviles.....	96
5.2.2.4 Estaciones terrenas de cabecera.....	97
5.2.3 Servicio y aplicaciones.....	98
5.2.4 Aspectos singulares del sistema del SMS Leo One.....	98
5.2.5 Sitio en la red Leo One.....	98
5.3 Sistema de comunicaciones móviles canadiense de TMI Communications.....	101
5.3.1 Introducción.....	101
5.3.2 Descripción del sistema.....	102
5.3.3 Segmento espacial.....	103
5.3.4 Segmento terreno.....	104
5.3.5 Servicios de comunicaciones.....	105
5.3.5.1 Servicio telefónico con conmutación de circuitos.....	105
5.3.5.2 Servicios de datos por paquetes.....	106
5.3.6 Referencias Bibliográficas.....	106

	Página
5.4	Sistemas de comunicaciones móviles por satélite N-STAR..... 107
5.4.1	Panorámica general..... 107
5.4.2	Arquitectura del sistema y características técnicas..... 108
5.4.2.1	Parámetros principales del sistema 108
5.4.2.2	Satélite N-STAR 109
5.4.2.3	Terminales móviles..... 109
5.4.3	Servicios y aplicaciones..... 111
5.4.4	Características propias 111
5.4.4.1	Integración del sistema 111
5.4.4.2	Fiabilidad del sistema 111
5.4.4.3	Servicio de paquetes asimétrico..... 111
5.4.5	Sitio en la red del proveedor 112
5.4.6	Referencias Bibliográficas 112
5.5	Sistema móvil por satélite Globalstar 113
5.5.1	Descripción del sistema Globalstar..... 113
5.5.1.1	Componentes del sistema..... 113
5.5.1.2	Operaciones del sistema..... 114
5.5.1.3	Constelación de satélites 115
5.5.1.4	Centrales de cabecera..... 115
5.5.1.5	Centro de control de operaciones en tierra 116
5.5.1.6	Centro de control de operaciones de satélite..... 116
5.5.2	Productos de telefonía..... 116
5.5.2.1	Teléfonos móviles Globalstar 116
5.5.2.2	Teléfonos fijos Globalstar..... 117
5.5.2.3	Aparatos para vehículo Globalstar..... 117
5.5.3	Productos de datos Globalstar..... 117
5.5.4	Servicios de datos Globalstar..... 118
5.5.5	Velocidades de datos..... 119
5.5.6	Ventajas de Globalstar 119
5.6	Inmarsat..... 120
5.6.1	Panorámica general..... 120
5.6.2	Servicio y aplicaciones 120

	Página
5.6.3	Arquitectura del sistema 122
5.6.3.1	Constelación..... 123
5.6.3.2	Segmento espacial..... 123
5.6.3.3	Terminales móviles..... 125
5.6.3.4	Estación terrena de cabecera 126
5.6.4	Sitio en la web..... 126
5.7	Descripción del sistema Thuraya 127
5.7.1	Introducción 127
5.7.2	Panorámica técnica 127
5.7.2.1	Segmento espacial..... 127
5.7.2.2	Segmento terreno 127
5.7.3	Terminales de usuario Thuraya..... 129
5.7.3.1	Terminal de mano 129
5.7.3.2	SATEL 130
5.7.3.3	Adaptador de conexión para vehículos (VDA)..... 130
5.7.4	Interfaz aérea Thuraya 130
5.7.5	Homologación..... 130
5.7.5.1	Certificación MoU GMPCS de la UIT 130
5.7.5.2	Autorización reglamentaria regional..... 130
5.7.6	Espectro de frecuencias..... 131
5.7.7	Servicios Thuraya 131
5.7.8	Zona de cobertura 132
5.7.9	Proveedores del servicio Thuraya..... 132
5.7.10	Acuerdos de itinerancia Thuraya 132
5.7.11	Información de contacto 132
5.8	Sistema inalámbrico mundial FAISATTM..... 133
5.8.1	Introducción 133
5.8.2	Panorámica del sistema..... 133
5.8.2.1	Concepto de la explotación..... 134
5.8.2.2	Plan de frecuencias 134
5.8.2.3	Operaciones del satélite y del segmento terreno..... 135
5.8.2.4	Capacidad de mensajería..... 135
5.8.2.5	Aplicaciones comerciales..... 135

	Página
5.8.3 Descripción de los elementos.....	136
5.8.3.1 Segmento espacial.....	136
5.8.3.2 Segmento terreno FAISAT	136
5.8.3.3 Segmento terreno NSP	136
5.8.3.4 Segmento de usuario	136
5.8.3.5 Segmento de lanzamiento	137
5.8.4 Resumen.....	137
5.9 Comunicaciones mundiales de New ICO	138
5.9.1 Introducción y objetivo	138
5.9.2 Características técnicas de la red New ICO (NIN)	138
5.9.2.1 Segmento espacial.....	139
5.9.2.2 Segmento terreno	141
5.9.2.3 ICONET	142
5.9.2.4 Funciones de interfuncionamiento	143
5.9.2.5 Integración de sistemas	144
5.9.2.6 Capacidad de la red	144
5.9.3 Descripción de los productos y servicios de New ICO.....	144
5.9.3.1 Servicio móvil con unidades de mano	144
5.9.3.2 Servicio instalado móvil	144
5.9.3.3 Servicio estacionario	145
5.9.3.4 Servicios de mensajería bidireccional.....	145
5.9.3.5 Servicios IP móviles	145
5.9.4 Temas de espectro de radiofrecuencia	145
5.9.4.1 Requisitos de espectro del sistema New ICO	145
5.9.5 Conclusión	146
5.10 Satélite europeo de comunicaciones móviles (EMSAT)	147
5.10.1 Panorámica general.....	147
5.10.2 Arquitectura del sistema	147
5.10.3 Segmento espacial.....	147
5.10.4 Estación en tierra.....	150
5.10.5 Terminales móviles	150
5.10.6 Aplicaciones.....	151

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN AL MANUAL DEL SERVICIO MÓVIL POR SATÉLITE

1.1 Panorámica del Manual

1.1.1 Objeto de este Manual

Este Manual del servicio móvil por satélite (SMS) se ha redactado para ofrecer una breve ilustración y una introducción al tema del SMS, destinadas principalmente a los lectores que no están familiarizados con las capacidades de dicho SMS y con los aspectos del sistema y el diseño de este tipo de servicio de comunicaciones por satélite. No obstante, también puede servir como documento de referencia útil para los usuarios del SMS, los proveedores de dicho servicio y los reguladores nacionales, pues contiene – en un sólo texto – gran cantidad de información útil y referencias a otros documentos de la UIT, así como a la literatura técnica general y a las direcciones apropiadas en la Red.

1.1.2 Estructura de este Manual

Este Manual se organiza en los cinco grandes capítulos siguientes:

Capítulo 1 – Introducción

Capítulo 2 – Atribución de frecuencias y aspectos reglamentarios

Capítulo 3 – Aplicaciones típicas y potenciales de las comunicaciones del SMS

Capítulo 4 – Aspectos técnicos de los sistemas del SMS

Capítulo 5 – Características técnicas y operacionales de algunos sistemas del SMS actuales y planificados

1.2 Perspectiva histórica en la evolución de las redes del SMS

El historial del SMS es casi tan dilatado como el de las propias comunicaciones por satélite. En 1963-1964, la NASA lanzó los primeros satélites de comunicaciones geosíncronos/geoestacionarios SYNCOM II y SYNCOM III. El vehículo espacial SYNCOM I, lanzado antes de los SYNCOM II/III se perdió al encender su motor de apogeo; el SYNCOM II se lanzó a una órbita con periodo de 24 h, a 36 000 km, aunque esta órbita estaba en un plano muy inclinado. El SYNCOM III era realmente geoestacionario, con una órbita de 24 h en un plano orbital ecuatorial casi perfecto, es decir, con 0° de inclinación.

Técnicamente, estos satélites SYNCOM se utilizaban principalmente para comunicaciones experimentales del servicio fijo por satélite (SFS); es decir, se utilizaban principalmente para retransmitir comunicaciones desde estaciones terrenas fijas a diversos emplazamientos por todo el mundo. No obstante, una de las estaciones terrenas estaba de hecho situada a bordo de una plataforma móvil: el USNS Kingsport, un gran navío de transporte, anclado en Honolulu, Hawai. El barco fue modificado por la armada estadounidense para llevar una antena parabólica de 30 pies/9,1 m destinada al seguimiento de los satélites SYNCOM -la parábola iba protegida contra el entorno marino mediante una cúpula inflable de dacrón que imponía el acceso a la antena de tres ejes a través de una abertura de ventilación en el barco. El terminal de barco del Kingsport era pues la primera estación terrena verdaderamente móvil y podría considerarse también como la primera terminal terrena móvil marítima. El sistema SYNCOM utilizaba frecuencias especiales autorizadas por la UIT para los experimentos de comunicaciones por satélite SYNCOM. Las frecuencias estaban alrededor de 1,8 GHz para el enlace espacio-Tierra (enlace descendente) y alrededor de 7,3 GHz para el enlace Tierra-espacio (enlace ascendente).

El proyecto SYNCOM constituyó un éxito sin precedentes, demostrando la utilidad práctica de la órbita geoestacionaria para las comunicaciones por satélite; pero, desafortunadamente, tal vez debido al gran tamaño de la antena de la estación terrena del Kingsport, muchos expertos de los años sesenta llegaron a la conclusión de que las comunicaciones *por satélite móviles* en el mar, o lo que es igual el servicio móvil marítimo por Satélite (SMMS) nunca resultaría realmente práctico. No fue hasta mediados de los años setenta que se sentaron las bases para un auténtico sistema mundial del SMS con el lanzamiento de los tres satélites Marisat, en 1976. Estos satélites fueron lanzados por COMSAT/Comsat General Corporation, el primero como unidad piloto para un sistema con base en Estados Unidos de América para la prestación de servicios móviles marítimos por satélite y que posteriormente constituyó el cimiento del segmento espacial del Sistema Internacional de Satélites Marítimos, o Inmarsat, con base en Londres, Reino Unido.

El Marisat fue también un satélite geoestacionario y contenía una carga útil híbrida: un transpondedor para los terminales de barco de la armada norteamericana que funcionaban en una banda de frecuencias de ondas deci métricas gubernamental y otro transpondedor para los barcos mercantes civiles que utilizaba las diez frecuencias que acababan de atribuirse al SMMS en las bandas de 1,5/1,6 GHz (la frecuencia inferior de 1,5 GHz se utilizaba para enlaces de servicio espacio-Tierra).

El transpondedor en 1,5/1,6 GHz para este primer satélite comercial del SMMS empleaba un amplificador de tubo de ondas progresivas (ATOP) que podía funcionar con dos o tres niveles de potencia distintos. Esta característica permitía al Marisat funcionar al principio de su vida útil aplicando la mayoría de la corriente continua de los paneles solares del vehículo espacial al funcionamiento de la carga útil de la marina norteamericana; pero, a medida que aumentaba el tráfico en el SMMS y la armada empezó a desplegar su propio sistema especializado de satélite, se hacía funcionar al ATOP en sus niveles de potencia superiores, lo que daba una capacidad de canales superior para el funcionamiento del SMMS. El programa registró un gran éxito y los tres satélites Marisat arrendados por COMSAT a Inmarsat, junto con arriendos posteriores de capacidad de los vehículos espaciales experimentales Marecs de la Agencia Europea del Espacio (ESA) y de las cargas útiles en banda L del vehículo espacial Intelsat-V, constituyeron el primer sistema verdaderamente mundial del SMS, bajo la égida de Inmarsat.

A medida que el Inmarsat maduraba, pasó de utilizar los satélites Marisat y Marecs a emplear las cargas útiles del SMS que compartían potencia y otros recursos, a bordo de una serie de satélites Intelsat-V (años ochenta). Posteriormente, lanzó sus propios vehículos espaciales especializados Inmarsat-II (1990/1992) e Inmarsat-III (1995) que daban servicios móviles por satélite no sólo para las aplicaciones marítimas y aeronáuticas, sino también para las aplicaciones de los servicios móviles terrestres por satélite (SMTS).

En paralelo con dicha evolución histórica, la UIT volvió también a definir y a ampliar el espectro disponible para el SMS en las bandas de 1-3 GHz, empezando con una atribución de sólo 15 MHz en la CAMR-71: 7,5 MHz para el SMMS y 7,5 MHz para el servicio móvil aeronáutico por satélite (SMAS) en las atribuciones de frecuencia de la banda de 1,5/1,6 GHz. La UIT aumentó en 1987, 1992, 1995 y 1997 estas atribuciones al SMS en 1,5/1,6 GHz, hasta una atribución última de 34 MHz de espectro (en las bandas para el enlace ascendente y para el descendente), que incluían 14 MHz en cada sentido para los SMMS, otros 5 MHz para los SMMS/SMTS, 10 MHz en cada sentido para los servicios móviles aeronáuticos por satélite *ROUTE* (SMA(R)S) y 4 MHz en cada sentido para los SMTS, más 1 MHz en cada sentido limitados a las comunicaciones de socorro y seguridad. Recientemente, la UIT se ha pronunciado por la creación de las denominadas atribuciones *genéricas* al SMS que pueden utilizarse para los servicios por satélite marítimo, aeronáutico o móvil terrestre.

En los últimos años, la UIT ha ampliado o efectuado nuevas atribuciones al SMS en las bandas de 1-3 GHz. Estas atribuciones incluyen la ampliación de la banda L, más la ampliación de las bandas de 1,9/2,1 GHz, de 1,6/2,4 GHz y de 2,5/2,6 GHz para el SMS.

Las atribuciones al SMS han sido también explotadas por diversos sistemas nacionales del SMS que se han desarrollado y lanzado durante los últimos diez años. Por ejemplo, la banda de 1,5/1,6 GHz ha sido ampliamente utilizada por una serie de sistemas norteamericanos, europeos y asiáticos del SMS. Entre los sistemas norteamericanos del SMS están el de American Mobile Satellite Corp. (AMSC) y un segmento espacial idéntico que explotan TMI (Canadá) y Solidaridad (México) con una carga útil en la banda de 1,5/1,6 GHz capaz de utilizar tramos del espectro de 1,5/1,6 GHz del SMS. AMSC obtuvo una licencia en Estados Unidos de América, en 1989, después de que un proceso de varios años de la Comisión federal de Comunicaciones (Estados Unidos de América) (FCC) determinase que diversas redes competitivas del SMS propuestas por una serie de compañías tendrían que refundirse en una única red nacional, debido a la incapacidad de esos sistemas para compartir el espectro de la banda de 1,5/1,6 GHz. AMSC lanzó su vehículo espacial AMSC-1 en 1995, mientras que el satélite «hermano» de TMI (con capacidad de reserva del AMSC-1) se lanzó en 1996. El vehículo espacial Marecs de la ESA y el Italsat de Italia son ejemplos de sistemas europeos, mientras que el sistema Aussat de Australia y el Volna de la Federación de Rusia son ejemplos de redes asiáticas del SMS. Más recientemente, se han lanzado las denominadas redes «super-OSG» de las que son ejemplos los sistemas ACeS Garuda y Thuraya que pueden producir un valor de la p.i.r.e. muy elevado en 1,5/1,6 GHz para funcionar con terminales de mano de ganancia reducida, así como de dar servicios de datos y de otro tipo a estaciones terrenas móviles de ganancia superior.

Diversos sistemas del SMS por todo el mundo han utilizado también otras atribuciones al SMS; por ejemplo, el Globalstar (Estados Unidos de América) ha utilizado las bandas de 1,6/2,4 GHz y el N-STAR (Japón) las bandas de 2,5/2,6 GHz.

Como puede verse del historial anterior, durante muchos años, la parte más grande del espectro -de los tres tipos del SMS- se ha dedicado al SMMS, debido a la presión que ejercía sobre la demanda el número creciente de terminales del SMMS en utilización, así como al desarrollo del sistema mundial de socorro y seguridad marítimos (SMSSM) en el que podían utilizarse ciertos tipos de terminales marítimos Inmarsat conformes a los requisitos del Convenio para la seguridad de la vida humana en el mar (SOLAS) en barcos que funcionen más allá de la cobertura de las estaciones costeras en ondas métricas -de conformidad con las disposiciones del convenio SOLAS y del SMSSM.

Así pues, y en resumen, puede verse que la demanda de comunicaciones por satélite vitales y fiables por los hombres del mar, especialmente para las situaciones de socorro o emergencia, y la apertura por la UIT de atribuciones para el SMMS/SMAS lanzaron el desarrollo de todo el campo del SMS, y en particular, constituyeron la fuerza que impulsó la creación del sistema Inmarsat -un sistema del SMS que está aún siendo muy utilizado hoy en día por la comunidad marítima.

A continuación se expone un resumen cronológico de algunos de los hitos del desarrollo del SMS en general y de la evolución de Inmarsat en particular:

- 1962-1964* Primer lanzamiento por la NASA de un satélite de comunicaciones, el SYNCOM II/III, a la órbita geosíncrona/geoestacionaria. Estaba claro que existía la posibilidad de establecer un trayecto de comunicaciones de línea directa y gran calidad desde cualquier barco a los continentes a través de un transpondedor de satélite. Pero resultó que los costes eran demasiado elevados para un país y que era necesario establecer algún tipo de cooperación internacional para poder disponer a nivel mundial de servicios móviles por satélite.
- 1964* Se constituye Intelsat (Organización Internacional de satélites de telecomunicaciones) para la telefonía intercontinental, iniciativa que siguió muy de cerca la comunidad marítima como posible modelo.
- 1966* El Comité Consultivo Marítimo Intergubernamental (IMCO) empieza a estudiar la utilización de satélites para mejorar las comunicaciones marítimas.
- 1971* La CAMR-71 atribuye frecuencias en 1,5/1,6 GHz a los servicios móviles por satélite; 7,5 MHz para el servicio móvil marítimo por satélite; 7,5 MHz para el servicio móvil aeronáutico por satélite.
- 1973* El IMCO convoca una conferencia internacional para examinar el establecimiento de una organización internacional que explote las comunicaciones marítimas por satélite.
- 1975/1976* La Conferencia Internacional sobre el establecimiento de un sistema internacional marítimo por satélite se reúne en Londres, estableciendo la estructura internacional de Inmarsat. En 1976, concluyen el Convenio y el acuerdo operativo de Inmarsat y quedan abiertos a la firma de los Estados que deseen participar.
- 1976* Estados Unidos de América lanza tres satélites Marisat que se sitúan sobre los Océanos Atlántico, Pacífico e Índico y que llevan cargas útiles híbridas militares (ondas decimétricas) y comerciales (banda de 1,5/1,6 GHz).
- 1979* El Convenio y los acuerdos operativos de Inmarsat entran en vigor el 16 de julio y son firmados por 29 países.
- 1982* Inmarsat inicia sus operaciones a nivel mundial. Comsat General Corporation es la propietaria de Marisat y lo explota, con capacidad de arriendo de Inmarsat.
- 1982* Se arrienda capacidad adicional de satélite a la ESA (Marecs) y a Intelsat (carga útil en la banda de 1,5/1,6 GHz en los Intelsat-V) satélites todos ellos con haces mundiales, constituyendo la «primera generación» de satélites del sistema mundial Inmarsat.
- 1983* Se reservan las bandas de 406-406,1 MHz para las radiobalizas de localización de siniestros (RLS) de baja potencia por satélite.
- 1985* El sistema Cospas-Sarsat se declara operativo.
- 1987* La CAMR Mob-87 efectúa atribuciones al servicio móvil terrestre por satélite en 1,5/1,6 GHz.

- 1988 Firma del Acuerdo internacional del programa Cospas-Sarsat por Canadá, Francia, Estados Unidos de América y la URSS.
- 1990/1992 Inmarsat lanza sus propios satélites Inmarsat-II específicos de «segunda generación», con niveles superiores de la p.i.r.e. de enlace descendente en 1,5 GHz, aunque sigue utilizando un haz mundial.
- 1992 La CAMR-92 efectúa atribuciones adicionales al SMMS/SMTS en las bandas de 1,5/1,6 GHz, 1,6/2,4 GHz, 2,5/2,6 GHz y 1,9/2,1 GHz; también, por debajo de 1 GHz, para los «pequeños LEO». Se proponen y notifican múltiples constelaciones nuevas de satélites no geoestacionarios del SMS (IRIDIUM, etc.).
- 1995 Inmarsat lanza sus propios satélites Inmarsat-III de «tercera generación» con haces puntuales que dan cobertura a masas terrestres y que utilizan atribuciones del SMTS.
- 1998 Se planifican para el servicio nuevos sistemas no geoestacionarios, tales como Globalstar, ICO, Iridium, y Orbcomm; IRIDIUM inicia el servicio operativo.
- 2000 La CMR-2000 identifica las bandas de 1-3 GHz del SMS para la componente de satélite de las IMT-2000.

1.3 Ilustración de los aspectos de ingeniería de sistema del SMS

La comunicación es un tema muy general. Responde a diversos comportamientos, procesos y tecnologías mediante los que un significado se transmite o se deriva de una información. El término se utiliza para describir actividades diversas tales como: conversación entre dos personas; intercambio de datos entre computadores; cortejo entre aves; repercusión emocional de una obra de arte; propagación de un rumor en una sociedad o red de subsistemas nerviosos y metabólicos que constituyen el sistema inmunitario del cuerpo.

En 1928, el crítico literario y autor inglés I.A. Richards enunció una de las primeras -y de alguna forma aún la mejor- definiciones de la comunicación como aspecto discreto de la iniciativa humana:

«La comunicación se produce cuando una mente actúa en su entorno de forma que influye a otra mente y en esta última se produce una experiencia parecida a la de la primera y que es debida parcialmente a dicha experiencia.»

El interés en la comunicación ha contado con el estímulo de los avances científicos y tecnológicos que, por su carácter, han llamado la atención del hombre como criatura comunicativa. Entre los primeros y más drásticos ejemplos de los inventos resultantes del ingenio tecnológico están el telégrafo y el teléfono, a los que han seguido otros tales como la radiocomunicación inalámbrica y los dispositivos de telefotografía. El desarrollo de los diarios y periódicos populares, de la radiodifusión, del cine y de la televisión han dado lugar a innovaciones institucionales y culturales que permiten la comunicación eficaz y rápida entre unos pocos individuos y una gran población; estos medios han sido el origen del aumento y del poder social del nuevo fenómeno de la comunicación de masas.

Vemos entonces que el fenómeno de la comunicación constituye un universo muy amplio y general. Dentro de este universo general se puede destacar un pequeño subconjunto de la comunicación que utiliza medios ópticos o electromagnéticos para transportar información y que es el de la telecomunicación, tal como la define la UIT: «*telecomunicación*: Toda transmisión, *emisión* o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos (CS)» (Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) número 1.3).

En el conjunto de las telecomunicaciones se puede destacar el subgrupo de la telecomunicación que se realiza mediante ondas radioeléctricas, la cual constituye la radiocomunicación definida por la UIT como:

«*radiocomunicación: toda telecomunicación transmitida por ondas radioeléctricas (CV)*» (número 1.6 del RR).

Cuando se utiliza la radiocomunicación para un fin específico, se habla de servicio de radiocomunicación.

«*servicio de radiocomunicación: servicio que implica la transmisión, la emisión o la recepción de ondas radioeléctricas para fines específicos de telecomunicación*» (número 1.19 del RR).

En los estudios que constituyen el servicio de radiocomunicación pueden destacarse los siguientes:

El servicio fijo significa el servicio de radiocomunicación entre dos puntos fijos.

El servicio móvil se refiere al servicio de radiocomunicación entre dos puntos en los que al menos uno es móvil o está en un emplazamiento indeterminado.

El servicio de radiodifusión es el servicio de radiocomunicación entre un punto fijo y otros puntos múltiples esparcidos en una cierta zona, recibiendo todos ellos la misma información.

El servicio de radioastronomía se refiere a un servicio de radiocomunicación destinado a recibir y analizar las señales radioeléctricas emitidas por las estrellas u otros cuerpos radiantes del espacio exterior.

Entre los diversos servicios actuales, centramos nuestra atención en el servicio móvil:

«*servicio móvil: servicio de radiocomunicación entre estaciones móviles y estaciones terrestres o entre estaciones móviles (CV).*» (número 1.24 del RR)

Así pues, vemos que lo que caracteriza a un servicio móvil es que al menos una de las estaciones de comunicación es móvil, es decir, que puede comunicarse cuando está en movimiento desde un emplazamiento indeterminado y desconocido.

Hay diversos servicios móviles, tales como:

El servicio móvil terrestre: cuando las estaciones en comunicación móvil se sitúan en la superficie de la Tierra.

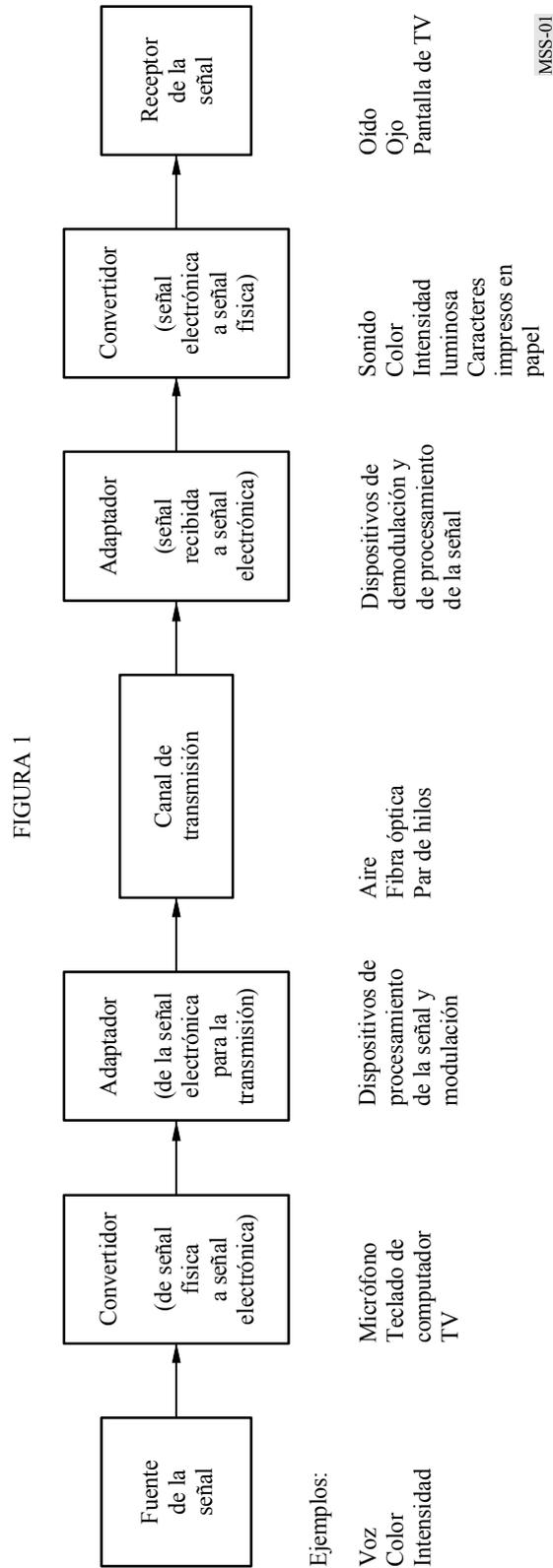
El servicio móvil marítimo: cuando las estaciones en comunicación móvil se sitúan en la superficie de la Tierra y al menos una de ellas está a bordo de un barco o un navío.

El servicio móvil aeronáutico: cuando las estaciones en comunicación móvil están situadas en la superficie de la Tierra, o en sus proximidades, y al menos una de las estaciones está a bordo de una aeronave.

El servicio móvil por satélite: cuando una estación de un servicio móvil está situada en la superficie de la Tierra y se comunica con uno o más satélites o cuando una estación de un servicio móvil sobre la superficie de la Tierra se comunica con otra estación del servicio móvil, situada en la superficie de la Tierra mediante uno o más satélites, o cuando dos satélites se comunican entre sí.

Este Manual se centra únicamente en el SMS.

Todo sistema básico de telecomunicaciones consta de siete partes, tal como se representa en la Fig. 1:



- 1 La fuente de la señal que queremos transmitir puede ser la voz humana, una célula fotoeléctrica de un aparato facsímil, el teclado de un computador, un sensor de una medida física, tal como los de velocidad del viento o un medidor de temperatura, etc.
- 2 Un dispositivo convertidor que transforma la señal física generada en una señal eléctrica, ya que los sistemas de telecomunicación transmiten únicamente señales electromagnéticas.
- 3 Un sistema electrónico intermedio que modifica la señal eléctrica obtenida en los pasos anteriores, a fin de adaptarla para la transmisión al medio exterior, el cual puede ser un par de hilos, una fibra óptica o una antena que radiará la señal producida.
- 4 El canal de transmisión que puede ser la longitud del par de hilos o de la fibra óptica, o la distancia entre dos antenas, una transmisora en un extremo y una receptora en el otro.
- 5 Un sistema electrónico intermedio que convierte la señal recibida en una señal electrónica adecuada para que pueda utilizarla el dispositivo siguiente.
- 6 Un dispositivo que transforma la señal eléctrica obtenida de los pasos anteriores en una señal física, tal como una presión acústica, una intensidad luminosa, un color o una señal que se imprimirá en papel.
- 7 Un elemento o dispositivo que recibirá la información transmitida originalmente, y que puede ser un ser humano, el papel en el que se imprime el mensaje, una memoria de computador o una pantalla de imagen.

Hay otras señales generadas por los dispositivos electrónicos o por el medio de transmisión que entran en la información que deseamos transmitir y que reciben el nombre genérico de ruido. Así pues, el ruido es toda la información no deseada que se mezcla con la información utilizable, degradando la comunicación.

Los ingenieros y científicos han estudiado minuciosamente los pasos indicados previamente con objeto de lograr la mejor transmisión posible, de forma que la información original pase de la fuente hacia el destino pretendido con la distorsión mínima posible y al costo más pequeño. La distorsión mencionada puede ser debida a las modificaciones producidas en la señal o a la presencia del ruido.

Cuando la información se transmite mediante ondas electromagnéticas en un medio, como en el caso de la transmisión de señales entre dos antenas, estamos en la materia de estudio conocida como radiocomunicación.

Aunque el campo de las radiocomunicaciones es muy amplio, dos aspectos fundamentales son motivo de atención: la propagación de las ondas electromagnéticas entre antenas de transmisión y de recepción y la forma de minimizar la influencia del ruido en el proceso de transmisión.

El medio físico entre las antenas influye en la forma en que se transmite la información entre ellas. Cuando ambas antenas están situadas en la superficie de la Tierra, por ejemplo, los parámetros físicos del suelo y del aire, incluyendo los fenómenos meteorológicos, producen efectos perceptibles en la propagación de las ondas electromagnéticas. Además, como el Sol es una estrella brillante, radia ondas electromagnéticas, por lo que es una fuente de partículas ionizadas que llegan a la Tierra, creando un medio ionizado de capas gaseosas que también produce efectos en la propagación de las ondas electromagnéticas. Todos estos efectos se estudian ampliamente.

La situación más simple de transmisión de información mediante ondas electromagnéticas es la de una antena transmisora que transmite directamente a la antena receptora, sin obstáculos en el trayecto que atraviesan las ondas electromagnéticas. En este caso, hay visibilidad total entre ambas antenas. Esta situación se produce cuando las antenas están situadas en la superficie de la Tierra y la distancia entre ellas es relativamente corta, debido a la forma esférica del planeta. A medida que la distancia entre las dos antenas aumenta, el trayecto ya no es directo (de visibilidad directa). A fin de aumentar la longitud del trayecto, puede incrementarse la altura de las antenas, pero sólo hasta el punto en que los costos no resulten prohibitivos.

En un caso así, el problema puede resolverse por medio de satélites de telecomunicaciones. Como estos satélites se sitúan en altitudes muy elevadas, su alcance es muy superior al de las torres más altas que puedan construirse sobre la superficie de la Tierra. Cuando dos antenas situadas en la superficie de la Tierra están muy separadas y no hay visibilidad entre ellas, puede utilizarse un satélite de comunicaciones para retransmitir la señal. Así pues, una antena transmisora enviará la señal al satélite que a su vez retransmitirá la señal a la antena receptora. En este caso, hay visibilidad entre la antena transmisora y el satélite, y entre el satélite y la antena receptora.

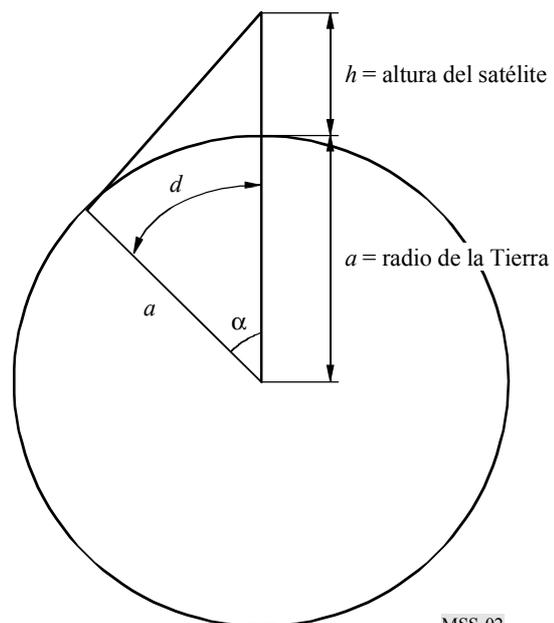
Como los satélites de telecomunicaciones se sitúan en altitudes elevadas respecto a la superficie de la Tierra, dan cobertura a una zona amplia, lo cual es especialmente ventajoso para las regiones rurales y los países con grandes dimensiones, pues se puede establecer la radiocomunicación entre puntos distantes utilizando pocos enlaces, reduciendo con ello los costos correspondientes. El Cuadro 1 muestra la distancia entre dos puntos sobre la superficie de la Tierra en función de la altura de una antena de satélite. De hecho, el alcance real de la señal de la antena es ligeramente superior a los valores indicados en el Cuadro 1, si se tienen en cuenta los efectos de la atmósfera de la Tierra y de difracción a lo largo de su superficie, y ligeramente inferior cuando se tiene en cuenta la precipitación, aunque los valores indicados sirven como referencia (la Fig. 2 muestra los parámetros del Cuadro 1).

FIGURA 2

$$\begin{aligned} a &= (a + h) \cos \alpha \\ \downarrow \\ \cos \alpha &= a / (a + h) \\ \downarrow \\ \alpha &= \cos^{-1} (a / (a + h)) \\ \downarrow \\ d &= a * \alpha \text{ (rad)} \\ \downarrow \\ d &= a * \cos^{-1} (a / (a + h)) \end{aligned}$$

a : radio medio de la Tierra = 6 371,8 km
 d : distancia de la antena al horizonte

Nota - a y h deben ir en las mismas unidades



CUADRO 1

Relación entre la altura y la distancia de una antena

Altura, h (km)	Ángulo (grados)	Distancia, d (km)
10 ⁽¹⁾	3,313	368,4
30 ⁽²⁾	5,549	617,1
150 ⁽³⁾	12,312	136,2
780 ⁽⁴⁾	27,008	3 003,6
2 000 ⁽⁴⁾	40,438	4 497,1
10 000 ⁽⁵⁾	67,095	7 461,7
35 600 ⁽⁶⁾	81,268	9 037,8

- (1) Altitud de un vuelo internacional.
- (2) Altitud de un globo estratosférico.
- (3) Altitud de un satélite de radioaficionados o de un satélite de investigación espacial.
- (4) Altitud de los sistemas típicos comerciales de satélite -conocidos como sistemas de satélite LEO.
- (5) Altitud de los sistemas típicos comerciales de satélite -conocidos como sistemas de satélite MEO.
- (6) Altitud de un sistema de satélite OSG.

Los satélites de comunicaciones son objetos que giran alrededor de la Tierra conforme a las leyes gravitatorias de Newton. La trayectoria de un objeto que está en órbita alrededor de la Tierra coincide con una elipse o un círculo, dependiendo de la dirección y la velocidad del satélite cuando se le sitúa en órbita. Para cada altura de un objeto situado en órbita alrededor de la Tierra hay un periodo de rotación cuya expresión viene dada a continuación: (véase la Fig. 3)

$$T = 165,87 \times 10^{-6} \times a^{3/2}$$

Siendo:

T : periodo orbital (min)

a : semieje mayor de la elipse (km).

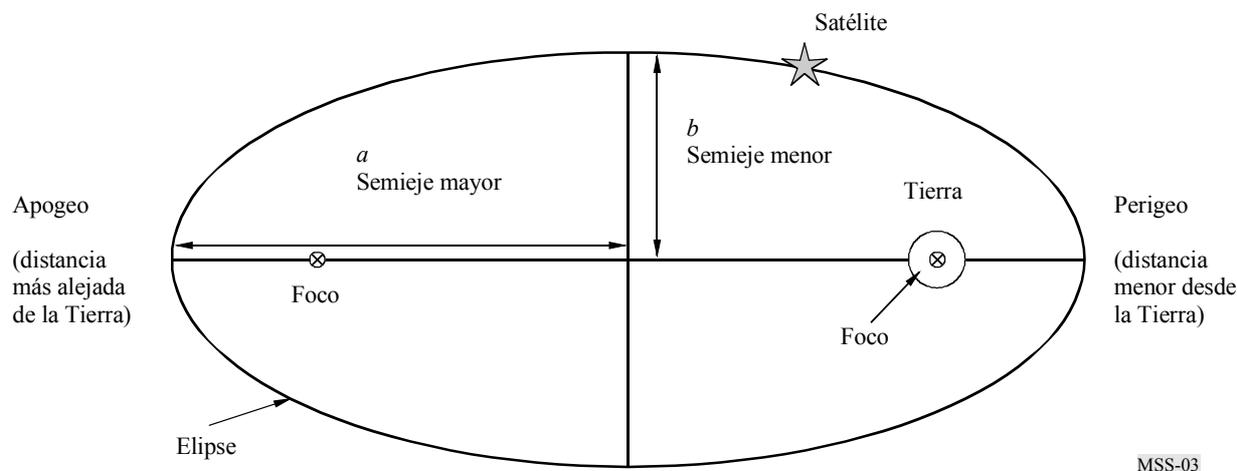
Si la órbita es circular, a es la distancia desde el centro de la Tierra al satélite.

Puede verse que cuanto más alto se sitúe el satélite, mayor es el periodo orbital alrededor de la Tierra. Hay una altura a la que el periodo orbital del satélite alrededor de la Tierra es igual al periodo de rotación de ésta. Para un observador situado en la superficie de la Tierra, el satélite puede parecer inmóvil o estacionario en el espacio, y de ahí la denominación de órbita de los satélites geostacionarios (OSG).

Conforme al periodo orbital, los satélites pueden clasificarse como OSG y no OSG. Los satélites OSG iluminan la misma zona de la superficie de la Tierra, lo que permite a las antenas situadas en la superficie de la Tierra utilizadas para comunicarse con ellos apuntar hacia una dirección específica, reduciendo de esta manera el costo total de los sistemas de antena y ajustar éstas manualmente.

FIGURA 3

$$T (\text{min}) = 165,87 \times 10^{-6} \times a^{3/2} (\text{km})$$



En el caso de los satélites no OSG, como se mueven a velocidades distintas de las de la Tierra, la zona iluminada se mueve con ellos, de forma que los sistemas de antena correspondientes cambian su dirección continuamente, aumentando con ello los costos de dichos sistemas, debido a la necesidad de establecer sistemas de seguimiento automático para los ajustes en acimut y elevación.

Por otro lado, como los satélites OSG están situados más lejos en el espacio que los no OSG, la atenuación de la propagación es superior, por lo que los sistemas de satélite OSG exigen antenas y transmisores mayores y, por tanto, son más costosos que las antenas y transmisores utilizados por los sistemas de satélite no OSG.

Este Manual contiene información relativa a los diversos aspectos de los sistemas móviles por satélite.

1.4 Arquitectura de un sistema general del SMS

Los sistemas del SMS tanto si están concebidos para los servicios móvil marítimo, móvil aeronáutico o móvil terrestre por satélite presentan ciertas características comunes. De la misma manera, los satélites utilizados en estos sistemas del SMS pueden distribuirse en constelaciones que utilizan la órbita geoestacionaria (OSG), una órbita baja de la Tierra (LEO), una órbita media de la Tierra (MEO), una órbita elíptica (con perigeos y apogeos muy variados) o incluso alguna combinación de estos tipos de configuraciones orbitales (véase el § 1.5). Se señala aquí que el Cuadro de atribución de bandas de frecuencia, Artículo 5 del RR, presenta actualmente aspectos comunes, a nivel mundial y regional para la mayoría de las atribuciones al SMS que se especifican como genéricas del SMS, en vez de especificar el tipo particular de dicho SMS: marítimo, aeronáutico o móvil terrestre.

1.4.1 Función de los enlaces de conexión en las redes del SMS

No obstante, con independencia de la configuración orbital que se emplee, los sistemas del SMS difieren de los del SFS en un aspecto clave. Específicamente, el SFS utiliza un par de bandas de frecuencia; una banda para el enlace ascendente y una para el enlace descendente, a fin de conectar puntos fijos a través de enlaces de satélite. El sistema del SMS emplea *dos pares* de enlaces: un conjunto conocido como *enlaces de servicio* del SMS y el otro que se conoce como *enlaces de conexión* del SMS.

El sistema del SMS funciona de la siguiente manera: la estación o terminal terreno móvil transmite por el *enlace de servicio* (Tierra-espacio) al satélite y éste repite la transmisión por el *enlace de conexión* (espacio-Tierra) a la estación terrena fija de cabecera. A su vez, la estación de cabecera suele interconectar la transmisión de la llamada o de los datos a través de la red telefónica pública con conmutación (RTPC) al extremo al que el móvil desea conectarse. El extremo de la línea terrestre devuelve entonces su voz o datos a la estación de cabecera que los transmite a través del *enlace de conexión* (Tierra-espacio) al satélite. Por último, el transpondedor del satélite repite esta última transmisión de nuevo hacia el terminal móvil que dio origen a la llamada, a través del *enlace de servicio* (espacio-Tierra).

La Fig. 4 ilustra la utilización en tándem de enlaces de conexión y enlaces de servicio en un enlace de satélite del SMS, en relación con la estación de cabecera y la estación terrena móvil.

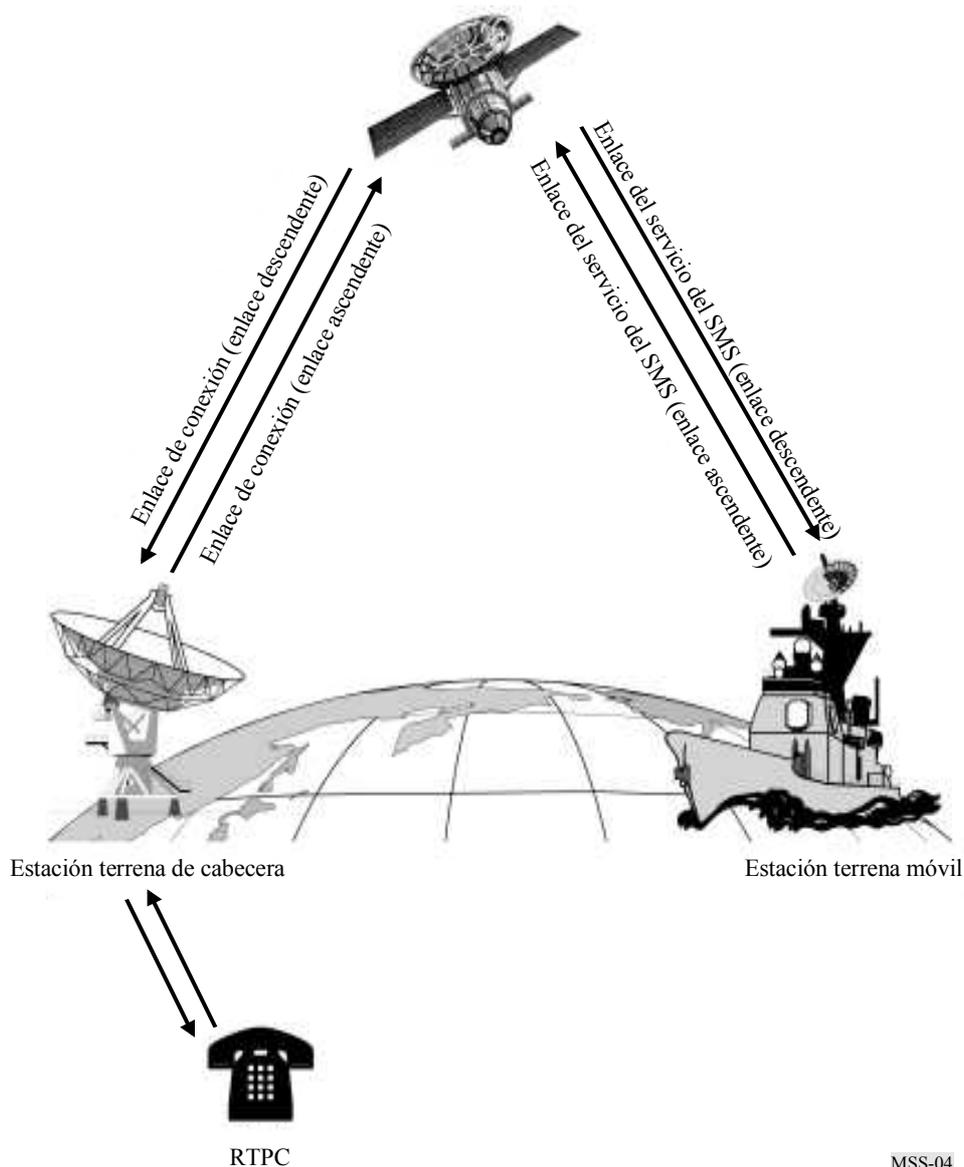
Así pues, en toda red del SMS, los enlaces *de servicio* conectan la estación o terminal terreno móvil al satélite; mientras que los enlaces *de conexión* se utilizan para conectar la estación de cabecera en tierra o la estación de enlace de conexión al satélite. Se requieren dos *pares* de enlaces para completar todo el circuito del SMS; es decir, el *enlace directo* (enlace desde la central de cabecera al móvil) comprende pares de enlaces (*un enlace de conexión + un enlace de servicio*) y el *enlace de retorno* (enlace desde el móvil a la central de cabecera) comprende un par de enlaces (*uno de servicio + uno de conexión*). Muy a menudo, las redes del SMS utilizan cualquiera de las diversas bandas convencionales del SFS -generalmente bandas de mayor frecuencia que la de las propias atribuciones al enlace de servicio- para el funcionamiento de sus enlaces de conexión. Por ejemplo, puede designarse un sistema particular del SMS que use segmentos de cualquiera de las atribuciones al SFS en 5/7 GHz, 11/12/14/15 GHz o en 19/29 GHz para el enlace de conexión. No obstante, hay también bandas particulares del SFS atribuidas por la UIT y especificadas en el Reglamento de Radiocomunicaciones que están reservadas exclusivamente para ciertas operaciones de enlace de conexión del SMS.

Por ejemplo, la banda 5 150-5 250 MHz del SFS está indicada en el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias del Artículo 5 del RR como atribución primaria al SFS (Tierra-espacio). No obstante, la nota número 5.447A del RR corresponde a esta banda. La nota dice lo siguiente: «la atribución al servicio fijo por satélite (Tierra-espacio) está limitada a los enlaces de conexión de los sistemas de satélites no geoestacionarios del servicio móvil por satélite y está sujeta a la coordinación a tenor del número **9.11A**» (Resolución 46A). Así pues, esta banda está reservada para el uso exclusivo por los sistemas de satélite no OSG del SMS.

Actualmente, diversos sistemas no OSG del SMS, incluyendo el Globalstar y el ICO emplean o prevén utilizar la banda mencionada de 5 GHz y las bandas del SFS que le acompañan de 7 GHz (6 700-7 075 MHz) previstas especialmente para el SMS no OSG. Las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones de 1995 y 1997 (CMR-95/97) establecieron específicamente otras bandas del SFS para los enlaces de conexión del SMS no OSG en las bandas de 15 GHz y en las de 19/29 GHz.

FIGURA 4

Enlaces de conexión/de servicio en tándem: enlace de satélite del SMS



MSS-04

Debe señalarse que la ocupación en términos de anchura de banda o nivel de espectro reservado para los enlaces de servicio del SMS impone una demanda igual de espectro en las bandas elegidas del enlace de conexión. No obstante, los requisitos totales de espectro para los enlaces de conexión pueden reducirse la mitad utilizando la técnica de la polarización ortogonal (por ejemplo, polarización circular *dextrógira* o *levógira*) en los enlaces de conexión, técnica que es factible en la mayoría de los casos, y que permite una reutilización doble de las frecuencias. Es posible adoptar dicho enfoque para las operaciones de enlace de conexión gracias a la gran directividad y pureza de la polarización que puede obtenerse normalmente con antenas de gran apertura en las estaciones de cabecera. No puede utilizarse el mismo enfoque en los enlaces de servicio del SMS porque las antenas típicas de estación terrestre móvil con ganancia reducida no pueden mantener la pureza de polarización adecuada necesaria para obtener un buen aislamiento entre sentidos opuestos u ortogonales de polarización.

En el diseño del sistema del SMS las estaciones terrenas de cabecera o de enlace de conexión «parecen» estaciones terrenas normales del SFS. Generalmente, estas estaciones llevan antenas de gran apertura; y en el caso de redes no OSG emplean antenas múltiples en un emplazamiento determinado, a fin de facilitar el traspaso del enlace de conexión a otro satélite cuando uno de ellos está en el horizonte. Estas estaciones utilizan antenas grandes porque el diseño del sistema del SMS suele dar lugar a márgenes en el enlace de servicio que son por lo general muy estrechos, debido a las limitaciones en la potencia del satélite y/o a unas relaciones G/T muy reducidas para las estaciones terrenas móviles, así como a las anomalías de la propagación. En consecuencia, los diseñadores del enlace tratan de obtener márgenes amplios en los enlaces de conexión que den lugar a transmisiones «transparentes» (sin degradaciones significativas) que de no ser así degradarían la calidad del enlace de conexión y del enlace de servicio.

Tal como se ha mencionado, la UIT ha ampliado recientemente la banda o ha efectuado varias atribuciones nuevas al SMS en las bandas de 1/3 GHz. Estas atribuciones incluyen la ampliación de las bandas originales de 1,5/1,6 GHz, más la adición de las bandas de 1,9/2,1 GHz, de 1,6/2,4 GHz (las denominadas bandas «gran LEO») y de 2,5/2,6 GHz para el SMS. Además, hay también las bandas denominadas «pequeño LEO» (señales no vocales, únicamente datos) reservadas en diversas atribuciones de banda estrecha en 1 GHz. Recientemente, se han atribuido las bandas mundiales del SMS en unos 137/138 MHz, 148/150 MHz, 399,9/401 MHz y 406 MHz.

Evidentemente, los terminales móviles de hoy en día son mucho más compactos que los de antenas parabólicas de 30 pies (9,1 m) de Kingsport. Pueden ir desde los terminales con parábola estabilizada de 0,9 m que utiliza Inmarsat-A a los teléfonos de mano no mucho mayores que los habituales teléfonos celulares -tales como los que utiliza el sistema gran LEO del SMS Globalstar. En términos generales, los «satélites móviles» de las redes típicas del SMS no OSG emplean antenas de ganancia reducida casi unidireccionales incorporadas en terminales de mano, apenas un poco mayores que los teléfonos celulares típicos. Los sistemas OSG pueden generalmente aprovechar la directividad algo superior de la antena cuando se conoce la dirección del satélite y/o cuando la plataforma móvil puede emplear un sistema de antena con seguimiento para mantener la antena de alta ganancia apuntada al haz principal de satélite. No obstante, algunos terminales OSG algo más sencillos y menos costosos emplean también antenas casi unidireccionales, tales como el terminal Inmarsat-C de datos únicamente que puede utilizarse en pequeñas embarcaciones y barcos de recreo sin necesidad de un sistema de puntería de la antena (lo que hace aumentar el coste y el peso de la instalación del terminal, etc.).

1.5 Tipo de órbitas utilizadas por los sistemas del SMS: OSG, LEO y MEO

Tal como se ha mencionado, los sistemas de SMS pueden utilizar cualquier tipo de configuración orbital, ya sea OSG, LEO o MEO. En los primeros tiempos del SMS podría pensarse que la OSG era la mejor órbita, pues Inmarsat y la mayoría de los sistemas del SMS nacionales o regionales optaron por lanzar sus satélites a la OSG. Hasta los años noventa, casi todos los sistemas del SMS utilizaban dicha órbita.

Muy brevemente, la configuración OSG constituye sin duda el tipo más simple y menos costoso de sistema de despliegue, pues desde la altitud geoestacionaria (altura sobre la superficie de la Tierra) de 36 000 km (22 300 millas) un satélite puede ver casi un tercio de la superficie de la Tierra y es visible desde latitudes de 70° N a 70° S. De esta manera, tres o cuatro satélites pueden dar cobertura mundial, exceptuando las latitudes extremas por encima de 70° N o por debajo de 70° S, lo que minimiza los costes de lanzamiento y el número de estaciones de enlace de conexión o de cabecera

que se reducen al mínimo. Además, las estaciones terrenas de cabecera y móviles semifijas tienen un seguimiento simplificado, porque un satélite de la órbita OSG (periodo orbital de 24 h, además de estar en el plano ecuatorial) aparecerá en un punto estacionario en el cielo, visto desde cualquier punto de la Tierra. Los inconvenientes de la órbita OSG son la falta de cobertura en latitudes elevadas próximas a los polos y un retardo de propagación bastante largo: unos 240 ms (mínimo, dependiendo del ángulo oblicuo al satélite) para un trayecto de ida y vuelta (enlace ascendente más enlace descendente). En cuanto a las ventajas, no se requiere el traspaso de los enlaces de conexión, pues una estación de cabecera determinada seguirá generalmente al mismo satélite en las regiones particulares del mundo a las que da servicio.

Todos los satélites no OSG se mueven en el tiempo relativamente al emplazamiento de toda estación terrena de usuario/móvil o estación de enlace de conexión/cabecera. Los satélites no OSG se sitúan en las órbitas circulares inclinadas en altitudes muy inferiores a la de los vehículos en la OSG de 36000 km -generalmente a altitudes que van desde varios cientos a varios miles de kilómetros. Los cinturones de Van Allen con radiación intensa atrapada por la Tierra van desde 3200 a 7600 km, de forma que las órbitas LEO se sitúan por debajo del cinturón de Van Allen más inferior y la altitud exacta depende del compromiso entre la cobertura deseada y otros factores necesarios para lograr esta cobertura -generalmente la órbita seleccionada ofrece una superposición entre el cono de visibilidad (visión desde la Tierra) de un satélite determinado en la altitud deseada. Los LEO y los MEO presentan una ventaja respecto a los OSG en su capacidad de dar cobertura en latitudes superiores -hasta los polos. Hay un compromiso entre la complejidad y la altitud: en las altitudes LEO inferiores, se requieren más satélites para la cobertura mundial que en las altitudes LEO/MEO superiores. Por ejemplo, el sistema LEO/SMS IRIDIUM tiene una altitud orbital (altura) de 780 km (periodo orbital de 110 min.); la constelación IRIDIUM consta de 66 satélites; sin embargo, el sistema Globalstar, otro LEO/SMS tiene una altitud orbital de 1400 km, pero esta constelación está compuesta únicamente de 48 satélites.

De forma similar, los satélites MEO utilizan órbitas inferiores en altitud que la OSG, pero en altitudes superiores a las de las orbitas LEO. Los satélites MEO se establecen también en órbitas superiores a la más alta del cinturón de radiación de Van Allen (por encima de unos 7600 km). Un ejemplo de sistema MEO/SMS sería el ICO que se situará en una órbita de 10388 km de altitud (periodo orbital de 6 h). Este MEO está concebido para funcionar con sólo 12 satélites para una cobertura mundial. La Fig. 5 muestra ejemplos de distintas configuraciones orbitales.

1.6 Conclusión de la introducción

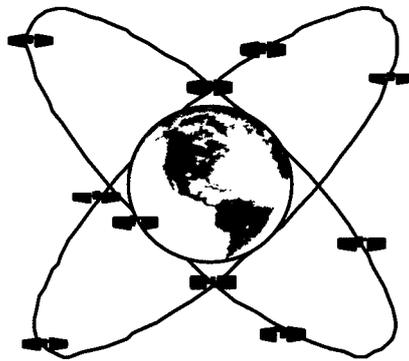
Este Capítulo de introducción es un examen muy elemental y preliminar del tema de las comunicaciones móviles por satélite. En los tres Capítulos siguientes del Manual del SMS se ofrece información adicional más detallada que profundiza en la forma en que los sistemas del SMS -incluyendo los que en este momento son realmente operativos- se configuran, y en los tipos de servicio que pueden ofrecer, así como en algunos de los temas de interferencia, gestión del espectro, reglamentación y funcionamiento que suelen presentarse generalmente -para los usuarios o los proveedores de estos sistemas del SMS. Algunos puntos ahondan también en la arquitectura del sistema, los diseños del transpondedor del vehículo espacial, los tipos de terminal del SMS disponibles y las ventajas e inconvenientes de las distintas configuraciones orbitales, etc.

FIGURA 5
Ejemplos de tipos de órbita

OSG
Altitud: 36 000 km



MEO
Altitud: 10 000 km
Ejemplo de constelación: 10 satélites en 2 planos orbitales



LEO
Altitud: 1 400 km
Ejemplo de constelación: 48 satélites en 8 planos orbitales



LEO
Altitud: 780 km
Ejemplo de constelación: 66 satélites en 6 planos orbitales



CAPÍTULO 2

ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS Y ASPECTOS REGLAMENTARIOS (SEGÚN EL REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES DE LA UIT)

2.1 Definiciones generales de los SMS y terminología

Es importante establecer una base elemental en las definiciones generales y términos utilizados habitualmente en materia del SMS. A continuación se ofrecen algunas definiciones y explicaciones pertinentes de la mayoría de las definiciones del Artículo 1 del RR:

«1.25 *servicio móvil por satélite: Servicio de radiocomunicación:*

- entre estaciones terrenas móviles y una o varias estaciones espaciales o entre estaciones espaciales utilizadas por este servicio; o
- entre estaciones terrenas móviles por intermedio de una o varias estaciones espaciales.

También pueden considerarse incluidos en este servicio los *enlaces de conexión* necesarios para su explotación.

1.27 *servicio móvil terrestre por satélite: Servicio móvil por satélite en el que las estaciones terrenas móviles están situadas en tierra.*

1.29 *servicio móvil marítimo por satélite: Servicio móvil por satélite en el que las estaciones terrenas móviles están situadas a bordo de barcos; también pueden considerarse incluidas en este servicio las estaciones de embarcación o dispositivo de salvamento y las estaciones de radiobaliza de localización de siniestros.*

1.35 *servicio móvil aeronáutico por satélite: Servicio móvil por satélite en el que las estaciones terrenas móviles están situadas a bordo de aeronaves; también pueden considerarse incluidas en este servicio las estaciones de embarcación o dispositivo de salvamento y las estaciones de radiobaliza de localización de siniestros.*

1.36 *servicio móvil aeronáutico (R)* por satélite: Servicio móvil aeronáutico por satélite reservado a las comunicaciones relativas a la seguridad y regularidad de los vuelos, principalmente en las rutas nacionales o internacionales de la aviación civil.*

1.37 *servicio móvil aeronáutico (OR)** por satélite: Servicio móvil aeronáutico por satélite destinado a asegurar las comunicaciones, incluyendo las relativas a la coordinación de los vuelos, principalmente fuera de las rutas nacionales e internacionales de la aviación civil.*

1.41 *servicio de radiodeterminación por satélite: Servicio de radiocomunicación para fines de radiodeterminación, y que implica la utilización de una o más estaciones espaciales.*

1.59 *servicio de seguridad: Todo servicio de radiocomunicación que se explote de manera permanente o temporal para garantizar la seguridad de la vida humana y la salvaguardia de los bienes.*

- 1.63** *estación terrena: Estación* situada en la superficie de la Tierra o en la parte principal de la atmósfera terrestre destinada a establecer comunicación:
- con una o varias *estaciones espaciales*; o
 - con una o varias *estaciones* de la misma naturaleza, mediante el empleo de uno o varios *satélites reflectores* u otros objetos situados en el espacio.
- 1.64** *estación espacial: Estación* situada en un objeto que se encuentra, que está destinado a ir o que ya estuvo, fuera de la parte principal de la atmósfera de la Tierra.
- 1.68** *estación terrena móvil: Estación terrena del servicio móvil por satélite* destinada a ser utilizada en movimiento o mientras esté detenida en puntos no determinados.
- 1.70** *estación terrena terrestre: Estación terrena del servicio fijo por satélite* o, en ciertos casos, del *servicio móvil por satélite*, situada en un punto determinado o en una zona determinada en tierra y destinada a asegurar el *enlace de conexión* del *servicio móvil por satélite*.
- 1.76** *estación terrena costera: Estación terrena del servicio fijo por satélite* o en algunos casos del *servicio móvil marítimo por satélite* instalada en tierra, en un punto determinado, con el fin de establecer un *enlace de conexión* en el *servicio móvil marítimo por satélite*.
- 1.78** *estación terrena de barco: Estación terrena móvil del servicio móvil marítimo por satélite* instalada a bordo de un barco.
- 1.82** *estación terrena aeronáutica: Estación terrena del servicio fijo por satélite*, o, en algunos casos, del *servicio móvil aeronáutico por satélite* instalada en tierra en un punto determinado, con el fin de establecer un *enlace de conexión* en el *servicio móvil aeronáutico por satélite*.
- 1.94** *radiobaliza de localización de siniestros por satélite: Estación terrena del servicio móvil por satélite* cuyas emisiones están destinadas a facilitar las operaciones de búsqueda y salvamento.
- 1.112** *red de satélite: Sistema de satélites* o parte de un *sistema de satélites* que consta de un solo *satélite* y de las *estaciones terrenas* asociadas.
- 1.113** *enlace por satélite: Enlace radioeléctrico efectuado entre una estación terrena transmisora y una estación terrena receptora por medio de un satélite.»*

Un enlace por satélite está formado por un enlace ascendente y un enlace descendente.

2.2 Atribuciones de frecuencia al SMS (Artículo 5 del RR)

En este punto se enumeran mediante dos Cuadros las bandas más utilizadas generalmente para el SMS. El primero, el Cuadro 2, enumera todas las atribuciones actuales de la UIT al SMS por debajo de 1 GHz que se utilizan para los sistemas del SMS denominados «pequeños LEO», normalmente redes de satélite no OSG que dan únicamente servicios de datos digitales, no vocales -paquetes a velocidades binarias que van desde unos 2,8 a 19,2 kbit/s. El segundo, el Cuadro 3, enumera todas las atribuciones actuales de la UIT al SMS entre 1 y 3 GHz, lo que incluye las bandas utilizadas por los sistemas OSG del SMS nacionales e internacionales, así como las denominadas redes no OSG/SMS con «grandes LEO». Estos sistemas son capaces de efectuar una transmisión de señales vocales y de datos a velocidades binarias -hasta el momento- de cerca de 144 kbit/s. Estos dos Cuadros se basan en el internacional Cuadro de atribución de bandas de frecuencias, del Artículo 5 del RR.

2.2.1 Bandas de frecuencia atribuidas al SMS por debajo de 1 GHz

CUADRO 2
Atribuciones al SMS por debajo de 1 GHz

Banda de frecuencia (MHz)	Región	Disposiciones pertinentes ⁽¹⁾	Situación de la atribución
137-137,025 (e-T)	1 2 3	–	Primaria
137,025-137,175 (e-T)	1 2 3	–	Secundaria
137,175-137,825 (e-T)	1 2 3	–	Primaria
137,825-138 (e-T)	1 2 3	–	Secundaria
148-149,9 (T-e)	1 2 3	–	Primaria
149,9-150,05 (T-e)	1 2 3	número 5.224A del RR	Primaria
235-322 (T-e) (e-T)	1 2 3	número 5.254 del RR	número 9.21 del RR
312-315 (T-e)	1 2 3	número 5.254 del RR	Secundaria
335,4-399,9 (T-e) (e-T)	1 2 3	número 5.254 del RR	número 9.21 del RR
387-390 (e-T)	1 2 3	número 5.254 del RR	Secundaria
399,9-400,05 (T-e)	1 2 3	número 5.224A del RR	Primaria
400,15-401 (e-T)	1 2 3	–	Primaria
406-406,1 (T-e)	1 2 3	número 5.266 del RR	Primaria
454-455 (T-e)	Países enumerados en los números 5.286D y 5.286E del RR	–	Primaria
455-456 (T-e)	2 y países enumerados en el número 5.286E del RR	–	Primaria
459-460 (T-e)	2	–	Primaria
608-614 ⁽²⁾ (T-e)	2	–	Secundaria
806-890 (T-e) (e-T)	2 (excepción; véase el número 5.317 del RR)	número 5.317 del RR	Primaria/ número 9.21 del RR
806-840 ⁽²⁾ (T-e)	Países enumerados en el número 5.319 del RR	número 5.319 del RR	–
856-890 ⁽²⁾ (e-T)	Países enumerados en el número 5.319 del RR	número 5.319 del RR	–
806-890 ⁽³⁾ (T-e) (e-T)	3	número 5.320 del RR	Primaria/ número 9.21 del RR
942-960 ⁽³⁾ (T-e) (e-T)	3	número 5.320 del RR	Primaria/ número 9.21 del RR

(1) Las disposiciones enumeradas en los Cuadros 2 y 3 se refieren a la atribución de bandas de frecuencia al SMS únicamente. Las disposiciones no tienen necesariamente en cuenta la protección de otros servicios que funcionan conforme al Cuadro de atribución de bandas de frecuencias del Artículo 5 del RR o las restricciones operativas para el SMS.

(2) Excepto SMAS

(3) Excepto SMAS (R)

2.2.2 Bandas de frecuencia atribuidas al SMS entre 1-3 GHz

CUADRO 3
Atribuciones al SMS entre 1-3 GHz

Banda de frecuencia (MHz)	Región	Disposiciones pertinentes ⁽¹⁾	Situación de la atribución
1 492-1 525 (e-T)	2	–	Primaria
1 525-1 530 (e-T)	1 2 3	–	Primaria
1 530-1 535 (e-T)	1 2 3	–	Primaria
1 535-1 559 (e-T)	1 2 3	número 5.356 del RR	Primaria
1 610-1 610,6 (T-e)	1 2 3	número 5.367 del RR	Primaria
1 610,6-1 613,8 (T-e)	1 2 3	número 5.367 del RR	Primaria
1 613,8-1 626,5 (T-e)	1 2 3	número 5.367 del RR	Primaria
1 613,8-1 626,5 (e-T)	1 2 3	número 5.367 del RR	Secundaria
1 626,5-1 660 (T-e)	1 2 3	número 5.375 del RR	Primaria
1 660-1 660,5 (T-e)	1 2 3	–	Primaria
1 675-1 690 (T-e)	2	–	Primaria
1 690-1 700 (T-e)	2	–	Primaria
1 700-1 710 (T-e)	2	–	Primaria
1 930-1 970 (T-e)	2	–	Secundaria
1 980-2 010 (T-e)	1 2 3	–	Primaria
2 010-2 025 (T-e)	2	números 5.389C, 5.389D del RR	Primaria
2 120-2 160 (e-T)	2	–	Secundaria
2 160-2 170 (e-T)	2	números 5.389C, 5.389D del RR	Primaria
2 170-2 200 (e-T)	1 2 3	número 5.389A del RR	Primaria
2 483,5-2 500 (e-T)	1 2 3	–	Primaria
2 500-2 520 (e-T)	1 2 3	número 5.414 del RR	Primaria (después del 01.01.2005)
2 500-2 535 ⁽²⁾ (e-T)	1 2 3	número 5.403 del RR	número 9.21 del RR (hasta el 01.01.2005)
2 520-2 535 ⁽²⁾ (e-T)	1 2 3	número 5.403 del RR	número 9.21 del RR (después del 01.01.2005)
2 515-2 535 ⁽³⁾ (e-T)	Países enumerados en el número 5.415A del RR	número 5.415A del RR	número 9.21 del RR
2 655-2 690 ⁽²⁾ (T-e)	1 2 3	número 5.420 del RR	número 9.21 del RR (hasta el 01.01.2005)
2 655-2 670 ⁽²⁾ (T-e)	1 2 3	número 5.420 del RR	número 9.21 del RR (después del 01.01.2005)
2 670-2 690 (T-e)	1 2 3	número 5.419 del RR	Primaria (después del 01.01.2005)
2 670-2 690 ⁽³⁾ (T-e)	Países enumerados en el número 5.420A del RR	número 5.420A del RR	número 9.21 del RR

(1) Las disposiciones enumeradas en los Cuadros 2 y 3 se refieren a la atribución de bandas de frecuencia al SMS únicamente. Las disposiciones no tienen necesariamente en cuenta la protección de otros servicios que funcionan conforme al Cuadro de atribución de bandas de frecuencias del Artículo 5 del RR o las restricciones operativas para el SMS.

(2) Excepto SMAS.

(3) Excepto SMAS (R).

2.3 Temas reglamentarios de la compartición de frecuencias en las bandas del SMS

2.3.1 Compartición de frecuencias entre redes del SMS

Algunas administraciones utilizan las atribuciones al SMS (examinadas en el § 2.2) para sus redes nacionales o internacionales del SMS. No obstante, debe señalarse, como puede verse en los Cuadros 2 y 3, que hay algunas pequeñas diferencias en los límites de las bandas del Cuadro de atribución de bandas de frecuencias del RR para ciertas bandas del SMS en algunas regiones de la UIT y/o incluso para países particulares (generalmente indicados mediante una nota de país), a diferencia de las atribuciones de frecuencia generales mundiales del SMS que figuran en el Artículo 5 del RR.

Aun así, es habitual entre muchas redes distintas del SMS *compartir* una banda de frecuencias determinada en la misma o diferentes regiones de la UIT. Por ejemplo, la banda 1,5/1,6 GHz del SMS se utiliza actualmente en unas dos docenas de redes del SMS. La banda fue utilizada la primera vez por Inmarsat en los años setenta. Posteriormente, las redes nacionales de Canadá y de Estados Unidos de América empezaron a utilizar la misma banda. Hoy en día, esta banda está utilizada por otras múltiples redes del SMS -no sólo por Inmarsat en todo el mundo y Canadá/Estados Unidos de América/México en América del Norte, sino también por otras múltiples administraciones en América del Sur, Europa, Asia, Medio Oriente, Australia y Japón.

Como consecuencia de la utilización simultánea de, por ejemplo, la banda de 1,5/1,6 GHz del SMS por múltiples redes, ha de examinarse la forma de minimizar la interferencia mutua entre estas redes que comparten la misma banda de frecuencias del SMS. El Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) ha desempeñado un papel crucial en la creación de normas y procesos para mantener la interferencia dentro de límites tolerables entre redes del SMS que comparten una banda común de frecuencias. Por ejemplo, el número 9.11A del RR contiene los procedimientos para la coordinación y notificación de asignaciones de frecuencia a redes de satélite en ciertas bandas del SMS.

Muchos de estos principios de compartición que establece el RR se elaboraron previamente para redes del SFS -principalmente para las redes del SFS/OSG en los dos decenios anteriores del desarrollo de las redes mundiales del SFS. No obstante, cuando las bandas del SMS empezaron a utilizarse intensamente, fue necesario ampliar y aplicar principios similares -pero no idénticos- a las operaciones del SMS. La introducción de redes del SMS no OSG exigió también que la UIT revisase y actualizase los procedimientos de coordinación y notificación que se habían codificado anteriormente sólo para el tipo OSG de redes del SMS.

Uno de los temas clave que dificulta la compartición entre redes múltiples del SMS más que en el caso del SFS es el de la directividad de la antena asociada a las estaciones terrenas móviles (ETM) que es muy inferior a la de las estaciones terrenas tradicionales del SFS. La ganancia de la antena de la ETM no puede aproximarse a la de las estaciones terrenas fijas del SFS simplemente porque la apertura de la antena o el tamaño de la parábola de la ETM está muy limitada debido a su movilidad inherente -va situada en un barco, una aeronave, o incluso es para una persona. En consecuencia, la apertura del haz de la antena es también muy superior y ello limita la capacidad de una antena de la ETM para distinguir el satélite deseado o pretendido respecto a los satélites no deseados en tramos orbitales adyacentes de la OSG.

Así pues, mientras que es posible controlar la interferencia entre sistemas con separaciones orbitales del orden de 3° en las bandas inferiores del SFS, tales como la de 4/6 GHz, e incluso con dos grados en las bandas de 11/12 GHz del SFS, objetivos de interferencias similares en una banda del SMS tal como la de 1,5/1,6 GHz exigen típicamente separaciones orbitales de unos 40° o más. Muy a menudo, este único factor exige a las redes del SMS acudir a técnicas de segmentación de la banda de frecuencias más que al uso de la compartición de frecuencias cocanal.

No obstante, la utilización de haces puntuales de cobertura estrecha en la generación reciente de sistemas del SMS puede permitir un cierto nivel de reutilización de frecuencias cuando hay suficiente aislamiento entre los haces de las dos redes adyacentes (OSG) que funcionen en la misma porción de una banda del SMS. Las redes del SMS que no funcionan con cobertura común pueden también, en las condiciones adecuadas, reutilizar las mismas frecuencias.

En resumen, las redes del SMS pueden compartir frecuencias; es decir, transmitir y recibir por los mismos canales de frecuencia o por canales superpuestos, únicamente si la interferencia mutua puede mantenerse por debajo de un nivel especificado para lograr el objetivo de interferencia en el enlace ascendente y en el descendente.

Sólo hay un número limitado de mecanismos mediante los que una red de satélite del SMS puede discriminar señales interferentes que procedan de otra red de satélite del SMS, o aislarse de ellas suficientemente, para cumplir sus objetivos de interferencia:

- utilizando la *directividad* angular de las antenas de la *estación espacial* receptora y/o la transmisora;
- utilizando la *directividad* angular de las antenas de la *estación terrena* transmisora y/o la receptora;
- utilizando *polarizaciones opuestas* en los canales deseado e interferente;
- *entrelazando* o separando canales (en frecuencia) para evitar el funcionamiento cocanal.

La medida en que pueda utilizarse cada uno de estos cuatro mecanismos para lograr total o parcialmente el aislamiento o la discriminación entre sistemas necesarios depende del tamaño y del diseño de las antenas de estación terrena y espacial, de las posiciones orbitales (en la OSG u otras órbitas) y de la cobertura geográfica de las antenas de las estaciones espaciales de los dos sistemas, de la medida en que cada uno de los mecanismos pueda ya haberse utilizado para la reutilización de frecuencias en los sistemas individuales, del costo y de otros factores operacionales prácticos.

Los criterios para la compartición entre enlaces de servicio y/o enlaces de conexión del SMS se basan en los niveles máximos aceptables de interferencia en los canales del SMS – desarrollados en las Recomendaciones UIT-R adecuadas – y convenidos entre operadores del SMS cuando realizan conversaciones de coordinación entre sistemas.

2.3.2 Compartición de frecuencias entre redes del SMS y otros servicios

En ciertas bandas del SMS, otros servicios, tales como el servicio fijo tienen atribuciones sobre una base primaria con igualdad de derechos con el SMS. En estas bandas, se han elaborado criterios de compartición para permitir a los dos servicios la compartición, sin causarse niveles inaceptables de interferencia entre sí. Por ejemplo, la Sección II del Artículo 9 del RR da los umbrales de coordinación para la compartición entre emisiones del SMS (espacio-Tierra) o del enlace descendente y el servicio fijo terrenal con atribuciones en tramos de las bandas de 1-3 GHz del SMS, así como los límites estrictos (límites de la densidad de flujo de potencia) entre enlaces descendentes de conexión no OSG y el servicio fijo terrenal con funcionamiento en las mismas bandas de frecuencia (en 7 GHz y 15 GHz).

2.4 Otros tipos de SMS especializado – Con situación especial en el RR

2.4.1 Aplicaciones de socorro y seguridad/disposiciones especiales del RR

2.4.1.1 Socorro y seguridad en el SMSSM

El SMSSM es un sistema internacional desarrollado para salvar la vida de los marinos. Fue establecido por la Organización Marítima Internacional (OMI), institución especializada de las Naciones Unidas que se encarga de los temas marítimos. El sistema exige a ciertos tipos de barcos, independientemente de su ubicación, contar con la capacidad de transmitir una alerta de socorro a las autoridades costeras de búsqueda y salvamento, con gran probabilidad de que el mensaje sea recibido. En consecuencia, el SMSSM prevé la mejora de los medios de localizar a los supervivientes, ofreciendo a los marinos una información vital sobre seguridad marítima y alertando a otros navíos que se encuentren en las proximidades sobre la situación de socorro, de forma que puedan ayudar al salvamento.

Disposiciones reglamentarias especiales sobre el SMSSM del RR

En la banda de 1,5/1,6 GHz del SMS el RR otorga un estatuto especial y protección a las atribuciones del SMSSM, en virtud de ciertas notas relativas a la parte del SMMS de la banda 1,5/1,6 GHz del SMS. Específicamente, se aplica aquí la nota número 5.353A del RR:

«**5.353A** Cuando se aplican los procedimientos de la Sección II del Artículo 9 al servicio móvil por satélite en las bandas 1 530-1 544 MHz y 1 626,5-1 645,5 MHz, deberán satisfacerse en primer lugar las necesidades de espectro para comunicaciones de socorro, emergencia y seguridad del Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos (SMSSM). Las comunicaciones de socorro, emergencia y seguridad del servicio móvil marítimo por satélite tendrán acceso prioritario y disponibilidad inmediata frente a todas las demás comunicaciones móviles por satélite en la misma red. Los sistemas móviles por satélite no causarán interferencias inaceptables ni podrán reclamar protección contra las comunicaciones de socorro, emergencia y seguridad del SMSSM. Se tendrá en cuenta la prioridad de las comunicaciones relacionadas con la seguridad en los demás servicios móviles por satélite. (Se aplicarán las disposiciones de la Resolución **222 (CMR-2000)**.)»

El SMSSM representa un cambio significativo en la forma en que se efectúan las comunicaciones de seguridad marítima. Constituye un elemento del Convenio Internacional SOLAS que se adoptó por primera vez en 1914, y se considera en general como el más importante de todos los tratados internacionales relativo a la seguridad de los barcos mercantes. Las estipulaciones del Convenio SOLAS son obligatorias para todos los barcos de pasajeros y comerciales de 300 toneladas o más de registro bruto que efectúan travesías internacionales. Además, se reconoce que el SMSSM puede ser de gran ayuda para la mayoría de las embarcaciones, con independencia de su tamaño. Se recomienda por tanto a todos los barcos y grandes embarcaciones de recreo que vayan dotados con equipo SMSSM, aplicable a su zona marítima de funcionamiento.

El SMSSM se basa en la utilización combinada de las frecuencias radioeléctricas marítimas tradicionales (ondas hectométricas/decamétricas/métricas) así como de las comunicaciones del SMS que facilita Inmarsat (originalmente creada por la OMI en apoyo del SMSSM) y los servicios de alertas de emergencia y socorro y de localización que ofrece el sistema Cospas-Sarsat. El equipo que han de llevar los barcos varía conforme a la zona marítima en la que funcionan, tal como se indica en el Cuadro siguiente. Los barcos que navegan en alta mar tendrán que llevar más equipo de comunicaciones que los que permanecen al alcance de facilidades radioeléctricas específicas costeras.

<p>Zona A1 – Al alcance de las estaciones costeras de ondas métricas cuando se dispone de alerta de llamada selectiva digital (LSD) continua (unos 30-50 km).</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Equipo de ondas métricas – RLS por satélite (Cospas-Sarsat o Inmarsat) o de ondas métricas
<p>Zona A2 – Más allá de la zona A1, pero al alcance de las estaciones costeras de ondas hectométricas cuando se dispone de alerta LSD continua (unos 160 km).</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Equipo de ondas métricas y hectométricas – RLS por satélite (Cospas-Sarsat o Inmarsat)
<p>Zona A3 – Más allá de las dos primeras zonas, pero dentro de la cobertura de los satélites OSG de comunicación marítima (en la práctica, Inmarsat). Abarca la zona comprendida aproximadamente entre 70° N y 70° S.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Equipo de ondas métricas y hectométricas – RLS por satélite (Cospas-Sarsat o Inmarsat) – Equipo de ondas decamétricas o de satélite
<p>Zona A4 – Las zonas marítimas restantes. Lo más importante de éstas es la zona alrededor del Polo Norte (la zona alrededor del Polo Sur es principalmente tierra). Los satélites OSG situados por encima del Ecuador no pueden llegar tan lejos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Equipo de ondas métricas, hectométricas y decamétricas – RLS por satélite (Cospas-Sarsat o Inmarsat) o de ondas métricas

En las zonas en donde no hay instalaciones de llamada de seguridad costera en ondas métricas o hectométricas, en las latitudes comprendidas entre unos $\pm 70^\circ$, pueden utilizarse terminales Inmarsat-A, B o C para la alerta de socorro y para los requisitos de comunicaciones generales del SMSSM. Un barco en situación de socorro equipado con una estación terrena de barco (ETB) de este tipo podrá disponer con prioridad de un canal para la transmisión del mensaje de socorro. Además, los terminales Inmarsat-C pueden utilizarse para recibir las emisiones internacionales de «información de seguridad marítima» compuestas de alertas de socorro, información de búsqueda de salvamento, avisos de peligro en la navegación, predicciones meteorológicas y otras informaciones urgentes dirigidas a los barcos. Estos terminales se conectan a la interfaz de navegación del barco y pueden por tanto desechar datos de radiodifusión que caigan fuera de las zonas aplicables al barco.

Debe señalarse que pueden también utilizarse las comunicaciones radioeléctricas en ondas decamétricas para el SMSSM, especialmente en las regiones polares en las que no hay visibilidad de los satélites en OSG, aunque dichos enlaces resultan muy afectados por las variaciones de la propagación.

Las RLS por satélite ofrecen un método alternativo para el envío de alertas de socorro del SMSSM. Estos terminales se describen detalladamente en el § 4.2.3. En resumen, las RLS son dispositivos de comunicación de datos capaces de desempeñar un papel de alerta de socorro en una o más de las aplicaciones siguientes:

- activación manual desde el puente del barco;
- flotación y activación automática en el caso de hundimiento rápido de un barco;
- activación manual del terminal, ya sea en el punto de instalación o tras haber salido del barco en las embarcaciones de salvamento.

Puede incluirse también un transmisor auxiliar de recalada con la RLS para ayudar a la localización por las autoridades de búsqueda y salvamento.

2.4.1.2 Seguridad del SMS aeronáutico

Las comunicaciones aeronáuticas por satélite pueden desempeñar un papel importante en los sistemas de gestión del tráfico aéreo (ATM) garantizando que un avión llegue a su destino de forma segura y eficaz y ofreciendo servicios de alerta y de localización para las aeronaves que sufren accidentes.

Respecto a la función ATM, ésta debe realizar tres tareas básicas denominadas comunicaciones, navegación y vigilancia:

- comunicaciones es el intercambio de información vocal y de datos, tal como la de las autorizaciones o instrucciones de rutina entre los pilotos de la aeronave y los controladores del tráfico aéreo;
- navegación es el proceso de pasar a los pilotos información sobre la posición de la aeronave;
- vigilancia es el proceso de detectar la posición de la aeronave mediante el control del tráfico aéreo.

Hasta hace poco, los únicos medios de comunicación entre los pilotos y el control de tráfico aéreo eran los canales de voz en frecuencias radioeléctricas de ondas métricas y decamétricas. Las frecuencias de ondas métricas se utilizan en condiciones de «visibilidad directa», por ejemplo cuando una aeronave está en el espacio aéreo nacional. Mientras que las frecuencias de ondas decamétricas se utilizan para las comunicaciones «más allá del horizonte», por ejemplo, cuando la aeronave está en el espacio aéreo oceánico o en ciertas zonas aéreas continentales distantes.

Para obviar los efectos de la falta de fiabilidad de las comunicaciones radioeléctricas o de la indisponibilidad de la cobertura radar, los sistemas ATM mantenían la seguridad haciendo que las aeronaves estuvieran separadas entre sí por grandes distancias. Desafortunadamente, este método de funcionamiento era relativamente inflexible. Los pilotos no podían frecuentemente contactar de forma fiable con el control de tráfico aéreo para rodear formaciones atmosféricas adversas o aprovechar toda nueva información sobre las condiciones meteorológicas. El procedimiento se traducía por tanto en demoras de los aviones, explotación ineficaz y mayores costos de combustible -todo ello complicado a su vez por una demanda creciente del tráfico aéreo en las rutas de tráfico intenso.

A fin de superar los inconvenientes asociados a las comunicaciones radioeléctricas en ondas decamétricas y métricas, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), organismo especializado de las Naciones Unidas, fomentó el desarrollo de las comunicaciones por satélite con las aeronaves. El proceso condujo al desarrollo del SMAS en el que las estaciones terrenas móviles están situadas a bordo de aeronaves. Una aplicación importante del SMAS es la de las comunicaciones en «ruta», con la denominación SMA(R)S, que se refiere a la seguridad y regularidad de los vuelos, principalmente a lo largo de las rutas aéreas civiles nacionales o internacionales.

Se han desarrollado diversas aplicaciones del SMA(R)S en apoyo de las funciones de comunicación, navegación y supervisión de la gestión del tráfico aéreo (ATM/CNS). Estas aplicaciones exigen un gran nivel de disponibilidad, calidad e integridad, que se definen internacionalmente en las normas y prácticas recomendadas de la OACI (OACI-SARP) y regionalmente mediante normas tales como las normas de calidad operativa mínima de la Asociación de Telecomunicaciones Radioeléctricas (RTCA-MOPS).

Disposiciones reglamentarias especiales del SMA(R)S del RR

Específicamente, el SMA(R)S tiene una protección especial en la antigua parte relativa al SMAS de las atribuciones al SMS en la banda de 1,5/1,6 GHz mediante la nota número 5.357A del RR:

«**5.357A** Al aplicar los procedimientos de la Sección II del Artículo **9** al servicio móvil por satélite en las bandas 1 545-1 555 MHz y 1 646,5-1 656,5 MHz, deberán satisfacerse en primer lugar las necesidades de espectro del servicio móvil aeronáutico por satélite (R) para la transmisión de mensajes con prioridad 1 a 6 con arreglo al Artículo **44**. Las comunicaciones del servicio móvil aeronáutico por satélite (R) con prioridad 1 a 6 con arreglo al Artículo **44** tendrán acceso prioritario y disponibilidad inmediata, de ser necesario mediante precedencia, sobre todas las demás comunicaciones móviles por satélite en la misma red. Los sistemas móviles por satélite no causarán interferencias inaceptables ni podrán reclamar protección contra las comunicaciones del servicio móvil aeronáutico por satélite (R) con prioridad 1 a 6 con arreglo al Artículo **44**. Se tendrá en cuenta la prioridad de las comunicaciones relacionadas con la seguridad en los demás servicios móviles por satélite. (Se aplicarán las disposiciones de la Resolución **222 (CMR-2000)**.)»

Los tipos principales de aplicaciones del SMAS se refieren al control del tráfico aéreo y a las comunicaciones administrativas de las aerolíneas o a los servicios de pasajeros. Se resumen de la siguiente manera:

- en el control del tráfico aéreo, las comunicaciones aeronáuticas son las que utilizan los pilotos para mantenerse en contacto con el personal en tierra mediante comunicaciones de rutina, tales como peticiones, autorizaciones y avisos. Correspondientemente, los controladores utilizan las comunicaciones de datos aeronáuticos para supervisar y dirigir la posición de las aeronaves, incluso fuera del alcance normal del radar;
- en los servicios de pasajeros, las comunicaciones del SMS son las que utilizan los clientes que efectúan llamadas telefónicas o envían mensajes facsímil cuando están en vuelo. Se dispone también de diversos servicios de datos, que incluyen las compras sin impuestos, las reservas de vuelos y hoteles y alquiler de coches y la recepción de noticias del mundo y financieras en tiempo real.

Además de la función ATM, los sistemas de satélite ofrecen servicios importantes de alerta de socorro y localización. Ello se realiza equipando las aeronaves con balizas de socorro y emergencia (denominadas también, transmisores localizadores de siniestros o ELT) que puede detectar y localizar el sistema Cospas-Sarsat.

2.4.1.3 Funciones de radiodeterminación integral e integrada

Una forma de localizar la posición del equipo de estación terrena del SMS consiste en utilizar técnicas de goniometría en el satélite. Aunque mediante este método puede estimarse la posición de un terminal con una precisión de sólo unos pocos kilómetros, lo que es suficiente, por ejemplo, a efectos de facturación y seguimiento grueso de terminales, la técnica sólo existe para sistemas no OSG.

Para una determinación de la posición con mayor precisión (generalmente menor de 200 m) o para sistemas que tengan otros tipos de arquitectura del sistema de satélite (es decir, los sistemas OSG), debe asociarse una unidad de radiodeterminación al terminal de estación terrena, a fin de informar automáticamente sobre la posición del terminal. Ello se logra mediante la recepción de señales de radionavegación GPS, GLONASS o LORAN-C.

Hay dos tipos básicos de aplicaciones en las que es útil determinar la posición del terminal de estación terrena móvil: las diseñadas principalmente para fines de seguridad y las que tienen fines comerciales. No obstante, ambas aplicaciones tienen una funcionalidad similar en la que el terminal debe identificarse él mismo, informar de su posición y transmitir automáticamente la información de mensajería requerida.

– *Aplicaciones de seguridad*

Algunos tipos avanzados de RLS que se utilizan con satélites del SMS cuentan con una capacidad integral de radiodeterminación. Una aplicación importante de las RLS es la de utilización en los barcos cuando éstas constituyen uno de los medios principales de alerta de socorro y determinación de la posición en el SMSSM. Las RLS pueden funcionar en las bandas de 121,5 MHz, 406 MHz o 1,6 GHz. En el § 4.2.3 se describen con detalle las diferencias entre los diversos tipos de RLS.

Otra aplicación de seguridad que exige la capacidad integrada de radiodeterminación del SMS es la de utilización en los servicios aeronáuticos, formando parte del sistema de la OACI de comunicaciones, navegación y vigilancia/gestión del tráfico aéreo (CNS/ATM). Muchos terminales de estación terrena aeronáutica sirven para la vigilancia dependiente automática (ADS) que permite a los controladores aéreos seleccionar una aeronave para obtener información de la posición y de otro tipo.

2.5 Estaciones terrenas de enlace de conexión del SMS

2.5.1 Estaciones terrenas de enlace de conexión – Redes del SMS OSG

Las estaciones terrenas de enlace de conexión se utilizan para establecer las comunicaciones móviles por satélite con las redes terrenales, tales como la RTPC. Las estaciones terrenas de enlace de conexión que funcionan con satélites OSG tienen una estructura de seguimiento de antena más simple que las que funcionan con redes no OSG, debido a que el movimiento relativo de los satélites OSG es mucho menor. En consecuencia, pueden utilizarse antenas de estación terrena grandes (10-15 m de diámetro) de forma económica, mejorando los márgenes del enlace.

Además, sólo se necesita una antena de estación terrena de enlace de conexión (y una de repuesto como reserva) para tratar todas las llamadas procedentes de la zona de cobertura de un satélite OSG. Dicho esto, se añaden normalmente otras estaciones terrenas de enlace de conexión al sistema para obtener más seguridad y facilitar la presencia nacional de las operaciones en regiones distintas. Estas estaciones suelen estar explotadas por «proveedores de servicios» que interconectan tráfico con las redes terrenales locales y que también comercializan los servicios móviles en la región.

2.5.2 Estaciones terrenas de enlace de conexión – Redes del SMS no OSG

Las antenas de estaciones terrenas de enlace de conexión para sistemas no OSG suelen ser menores que las utilizadas para el funcionamiento OSG debido a que las pérdidas del trayecto hasta los satélites son menores y para poder efectuar un seguimiento más sencillo. Las frecuencias del enlace de conexión utilizadas normalmente por los sistemas «gran LEO» están en las bandas de 5/7 GHz o de 20/30 GHz. También hay frecuencias en la banda de 15 GHz.

El diseño y emplazamiento de las estaciones terrenas de enlace de conexión está relacionado con las características de la constelación de satélites. Por ejemplo, un satélite que tenga enlaces entre satélites para encaminar tráfico entre éstos necesitará un número menor de estaciones terrenas que las que hubiera requerido de otra manera, mientras que los sistemas que utilizan órbitas terrenas inferiores necesitarán más estaciones terrenas que los que utilizan órbitas terrenas de altura media. Además, la ubicación de los emplazamientos de enlace de conexión debe tener en cuenta la infraestructura nacional o regional existente de telecomunicaciones disponible.

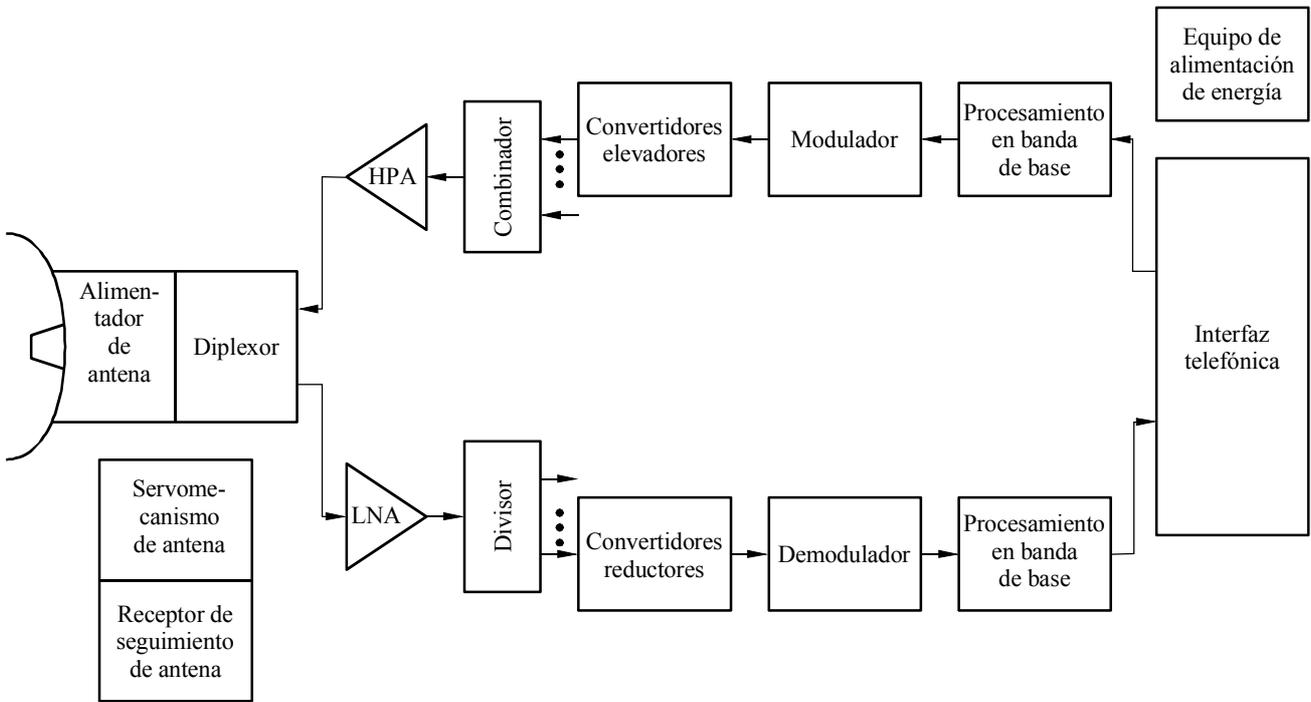
A modo de ilustración, en el sistema de satélites ICO hay 12 emplazamientos de estación terrena terrestre conectados a través de una red de fibra óptica mundial. El tráfico se encamina internamente a la central de cabecera de línea más próxima para llamar al destino, antes de encaminarlo a través de las redes terrenales públicas. En el sistema Globalstar, hay entre 30 y 40 emplazamientos de estación de cabecera previstos en todo el mundo, encaminando directamente el tráfico por las redes terrenales públicas en las centrales de cabecera.

El número de antenas de estación terrena de seguimiento instaladas en cada uno de los emplazamientos será distinto dependiendo del número de satélites que se siguen, del número de antenas en fila para los satélites siguientes que se hagan visibles, y del número de antenas utilizadas como repuesto. Generalmente, el número de antenas instaladas en un emplazamiento individual de enlace de conexión no OSG varía entre 2 y 6, aproximadamente.

Además de las estaciones terrenas de enlace de conexión, el funcionamiento de los satélites exige centros de telemando, teledirigida y control (TT&C) para seguir y controlar la constelación de satélites. En un sistema de satélite determinado hay al menos dos emplazamientos de este tipo que sirven como facilidades primarias y de repuesto. Se utilizan para las funciones de telemando de los satélites, tales como las necesarias para realizar maniobras orbitales, así como para verificar el estado del satélite y de sus subsistemas.

La Fig. 6 muestra un diagrama de bloques simplificado de una estación terrena típica de cabecera o de enlace de conexión, con sus cadenas de recepción y transmisión.

FIGURA 6
Diagrama de bloques simplificado de la estación terrena de enlace de conexión



HPA: Amplificador de gran potencia
LNA: Amplificador de baja potencia

MSS-06

2.6 Papel del SMS en las IMT-2000

2.6.1 Componente de satélite de las IMT-2000

Las IMT-2000 son sistemas móviles de tercera generación que darán acceso, por medio de enlaces radioeléctricos terrenales y/o de satélite a una amplia gama de servicios de telecomunicaciones apoyados en redes de telecomunicaciones fijas (por ejemplo, RTPC/RDSI/protocolo Internet (IP)) y a otros servicios específicos de los usuarios móviles. Se prevén diversos tipos de terminales móviles que enlazarán las redes terrenales y/o de satélite, pudiendo diseñarse los terminales para utilización móvil o fija.

La *componente de satélite* de las IMT-2000 complementará a la componente terrenal ofreciendo servicio de itinerancia internacional en zonas poco pobladas en las que las infraestructuras terrenales no son rentables debido a lo disperso de la población o a la demora del despliegue terrenal, e introduciendo a nivel mundial las IMT-2000. La cobertura ubicua de las IMT-2000 podrá por tanto obtenerse únicamente si se utiliza una combinación de interfaces radioeléctricas de satélite y terrenales.

La Recomendación UIT-R M.1455 enumera las características clave de las interfaces radioeléctricas para la componente de satélite de las IMT-2000. Tal como se indica en dicha Recomendación, se requerirán para las IMT-2000 diversas interfaces radioeléctricas de satélite, debido a limitaciones en el diseño y en el despliegue del sistema de satélite (para más detalles véase la Recomendación UIT-R M.1167). Las especificaciones detalladas de las interfaces radioeléctricas de satélite de las IMT-2000 se definen plenamente en la Recomendación UIT-R M.1457.

La Recomendación UIT-R M.818 considera también la componente de satélite de las IMT-2000, señalando que el funcionamiento del satélite en las IMT-2000 puede facilitar la extensión de los servicios de telecomunicación en los países en desarrollo.

Los terminales de usuario de satélite de las IMT-2000 ofrecerán uno o más modos de funcionamiento: un modo de satélite y posiblemente uno o más modos terrenales. Si se implementa un modo terrenal, los terminales podrán seleccionar modos de funcionamiento de satélite o terrenales automáticamente o mediante control del usuario.

La interfaz terminal de satélite/terminal terrenal (modo doble) realiza las funciones siguientes:

- aporta las capacidades de negociación del servicio portador en las redes terrenal y de satélite;
- sirve para la itinerancia entre las redes terrenales y de satélite;
- adapta la gestión e instalación del servicio a las Recomendaciones IMT-2000.

El traspaso entre componentes terrenales y de satélite no constituye un requisito de las IMT-2000. Corresponde al operador de la red determinar si desea realizar el traspaso entre la componente terrenal y la de satélite. Si no se aplica el traspaso, la itinerancia entre la componente terrenal y la de satélite puede ser meramente una función de conmutación, es decir, cuando un terminal de usuario pierde su conexión con una red terrenal, puede «buscar una red de satélite».

Aunque los satélites y los sistemas de satélite continuarán mostrando un comportamiento superior (por ejemplo, calidad y velocidades binarias superiores) y utilizarán antenas más pequeñas en los terminales, el mercado de satélites se mostrará a favor de los pequeños terminales y la movilidad, más que hacia las velocidades binarias elevadas. Con las limitaciones que imponen el balance del enlace y la anchura de banda de los sistemas de satélite, puede no resultar económico dar servicios de banda ancha desde un satélite a un terminal de mano. Esto significa que las capacidades de servicio de la componente de satélite de las IMT-2000 pueden no ser idénticas a las de la componente terrenal.

La componente de satélite de las IMT-2000 puede ser «autónoma» con función de inteligencia que pueda dar origen y terminación, así como facturar servicios para reinscribir y situar usuarios que se desplazan a otras redes o zonas de servicio, y mantener bancos de datos de usuarios. Como alternativa, la componente de satélite puede compartir la función de inteligencia con otras redes.

En el RR se identifican las bandas de frecuencia siguientes para la utilización, con carácter mundial, por el SMS y por las administraciones que deseen aplicar la componente de satélite de las IMT-2000 (véase el número 5.351A del RR): 1 525-1 544 MHz; 1 545-1 559 MHz; 1 610-1 626,5 MHz; 1 626,5-1 645,5 MHz; 1 646,5-1 660,5 MHz; 1 980-2 010 MHz; 2 170-2 200 MHz; 2 483,5-2 500 MHz; 2 500-2 520 MHz y 2 670-2 690 MHz.

La Resolución 225 (CMR-2000) da flexibilidad para la utilización a largo plazo de las bandas 2 500-2 520 MHz/2 670-2 690 MHz.

Véase que, además de la utilización de las bandas del SMS identificadas para la componente de satélite de las IMT-2000, las bandas del SFS pueden utilizarse para las IMT-2000 en el enlace de conexión y en otras conexiones de red.

2.7 Sistemas móviles mundiales de comunicaciones personales por satélite

Un Sistema móvil mundial de comunicaciones personales (GMPCS) por satélite se define como «todo sistema de satélite» (es decir, fijo, móvil, de banda ancha o de banda estrecha, mundial o regional, OSG o no OSG, existente o planificado) que dé servicios de telecomunicación directamente a los usuarios finales desde una constelación de satélites. Esta definición puede abarcar una amplia gama de configuraciones de satélite y de servicios correspondientes

Los GMPCS fueron el tema del Foro Mundial de Política de las Telecomunicaciones de 1996 (FMPT-96) que desarrolló cinco Opiniones las cuales han sido clave para el desarrollo de un Memorándum de Entendimiento (MoU), los acuerdos correspondientes y un marco reglamentario para la implementación de servicios.

Brevemente, las cinco Opiniones son:

Opinión 1: La función de los GMPCS en la mundialización de las telecomunicaciones.

Opinión 2: Visión común de los GMPCS y sus principios.

Opinión 3: Estudios esenciales que debe emprender la UIT para facilitar la introducción de los GMPCS.

Opinión 4: Elaboración de un Memorándum de Entendimiento para facilitar la libre circulación de los terminales de los GMPCS.

Opinión 5: Implementación de los GMPCS en los países en desarrollo.

Los signatarios del MoU (administraciones, operadores de sistema, fabricantes de terminales y otros), acordaron cooperar en temas relativos a la homologación, concesión de licencias y marcado de terminales, así como en acuerdos aduaneros y de acceso a datos de tráfico. El MoU indica que «los signatarios examinarán periódicamente los resultados y consecuencias de su cooperación según este *Memorándum de Entendimiento*. Cuando proceda, los signatarios considerarán la necesidad de mejorar su cooperación y formular propuestas adecuadas para modificar y actualizar los *Acuerdos*, y el alcance de este GMPCS-MoU». Se han previsto reuniones anuales para cumplir este objetivo.

Los estudios fundamentales realizados por la UIT para facilitar la introducción de los GMPCS se desglosan de la siguiente manera:

UIT-R

Compatibilidad.

UIT-T

Normas.

UIT-D

Asistencia a los países en desarrollo en la adopción de las medidas para la introducción de los GMPCS.

También, en la Opinión 5 del Foro Mundial de Política de las Telecomunicaciones, se invitaba al Director a establecer un Grupo de Expertos con las tareas siguientes:

- 1 preparación, de una relación de los factores que los países en desarrollo deben tener en cuenta en el proceso de introducción de los servicios GMPCS;
- 2 asesoramiento y asistencia a los países en desarrollo sobre las cuestiones técnicas y de reglamentación que plantea la introducción de los GMPCS sobre una base mundial o regional (sobre todo en relación con las tarifas y la interconectividad);
- 3 estudio de las repercusiones de política y socioeconómicas de los servicios GMPCS en los países en desarrollo;
- 4 preparación de un Informe a la próxima Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones basado en los estudios efectuados por el Grupo de Expertos y se insta además a los países en desarrollo a que comuniquen sus preocupaciones y necesidades a la BDT.

Con las Disposiciones se pretende ayudar a la autorización/concesión de licencias de servicios por operadores específicos de sistema, permitiendo el marcado de terminales aceptados específicos de sistema con una «marca UIT GMPCS-MoU», y alentar a las administraciones a permitir el movimiento sin restricciones de terminales «marcados» a través de sus fronteras nacionales. El Secretario General de la UIT es el conducto para la información, desarrollada en el contexto de los Acuerdos, que pasa entre administraciones, operadores de sistema, fabricantes de terminales y la UIT. El Consejo de la UIT, en mayo de 1998 y mediante su Resolución 1116, adoptó y estableció la autorización oficial a la UIT para desempeñar esta función y constituirse en depositario de los Acuerdos GMPCS, sobre una base de recuperación plena de los costos.

En su función de depositario, la UIT estableció una página en la Red, en diciembre de 1998, que contiene una lista de los signatarios GMPCS-MoU. Además, contiene información sobre implementaciones en sistemas específicos de los acuerdos y sobre terminales asociados con cada sistema objeto de aceptación y autorización para llevar la «marca UIT GMPCS-MoU», y respuestas de las administraciones respecto al movimiento sin restricciones de terminales específicos a través de sus fronteras nacionales. Además, en la página principal de la UIT figuran otros detalles respecto a la función de depositario de los acuerdos GMPCS-MoU y datos correspondientes que se obtienen seleccionando «Highlights» y a continuación el banco de datos GMPCS-MoU. Alternativamente, se llega al mismo sitio en <http://dmsprod.itu/gmpcs>.

CAPÍTULO 3

APLICACIONES TÍPICAS Y POTENCIALES DE LAS COMUNICACIONES DEL SMS

3.1 Aplicaciones generales del SMS marítimo, aeronáutico y terrestre

Hay una amplia variedad de aplicaciones del SMS para la provisión general de comunicaciones telefónicas y de datos a los usuarios de las comunidades marítima, aeronáutica y terrestre. Entre las aplicaciones cabe citar: servicios de alerta y localización en situaciones de emergencia, telefonía de marcación directa, transferencia de datos, facsímil, télex, correo electrónico (e-mail), transmisión audio de gran calidad y de vídeo comprimido (digital), imágenes estáticas y videoconferencia. Las velocidades de datos digitales que facilitan actualmente los distintos proveedores del SMS varían entre decenas de bits por segundo -convenientemente para los servicios de mensajería breve- a los 64 kbit/s- adecuada para múltiples aplicaciones de datos en alta velocidad. Se prevén velocidades binarias incluso mayores.

Los terminales de equipo del SMS presentan una amplia variedad de formas y tamaños. Pueden estar concebidos para las personas, el transporte a un emplazamiento o pueden ser fijos en un vehículo, un barco (o pequeña embarcación) o una aeronave. Pueden ir desde los pequeños terminales de radiobúsqueda o teléfonos de mano que se cuelgan a un cinturón, a los terminales muy grandes con antenas direccionales que requieren una plataforma estable de funcionamiento a fin de compensar el movimiento del barco en mar gruesa.

Los usuarios típicos de las aplicaciones del SMS son:

- Usuarios terrestres, tales como periodistas, ejecutivos en viaje, instituciones de ayuda en situaciones de desastre, funcionarios estatales, operadores de camiones o trenes, compañías de explotación minera y trabajadores desplazados a lugares distantes (por ejemplo en la construcción de proyectos hidráulicos o carreteras).
- Usuarios marítimos, tales como los operadores de barcos pesqueros, yates, barcos de carga, barcos de contenedores, plataformas de perforación, tanques petrolíferos, buques de gas natural licuado y barcos de crucero de pasajeros.
- Usuarios aeronáuticos, tales como operadores de líneas aéreas, aeronaves comerciales, aviación general y helicópteros.

3.2 Aplicaciones en los países en desarrollo

Un objetivo principal de las aplicaciones del SMS en los países en desarrollo es el de facilitar servicios de telecomunicaciones viables a las zonas del mundo que tienen poca densidad telefónica. Hay muchas aplicaciones del SMS que pueden ser beneficiosas para los países en desarrollo, desde los servicios de comunicación para las comunidades rurales, a las aplicaciones de especialista para sus industrias.

Muchas de estas aplicaciones pueden obtenerse mediante la RTPC o a través de las redes inalámbricas terrenales (bucle inalámbrico local o móvil celular), si están disponibles. No obstante, la extensión de estas redes terrenales a las zonas subatendidas, en ocasiones a través de terrenos difíciles, será probablemente onerosa en términos de requisitos de capital inicial importante y bajo rendimiento de la inversión. Además, dichas redes exigirán un tiempo considerable para su despliegue.

Las comunicaciones móviles por satélite ofrecen la posibilidad de superar las dificultades prácticas y logísticas asociadas a la instalación terrenal por línea o inalámbrica. Tienen la ventaja de ser de rápida disposición, exigir inversiones directas considerablemente inferiores para el usuario y gozar de tiempos rápidos de implantación. En muchos casos, son el único método realista para la prestación del servicio de telecomunicaciones en zonas distantes y rurales.

A continuación se examinan situaciones en las que las aplicaciones del SMS son adecuadas para los países en desarrollo:

Utilización en comunidades rurales

Se trata de pueblos o pequeñas ciudades ampliamente dispersas y distantes de los centros urbanos (y por ello, de las facilidades de telecomunicaciones terrenales más próximas). Las comunicaciones del SMS pueden tener una repercusión importante en las comunidades rurales. Además de satisfacer los objetivos de acceso universal, la disponibilidad de telecomunicaciones conduce invariablemente a un aumento del desarrollo social y económico en estas comunidades rurales.

Ejemplos de terminales adecuados para las comunidades rurales son el equipo portátil o semifijo alimentado por baterías que pueden cargarse mediante energía solar o generadores eléctricos.

Utilización en emplazamientos distantes

Son éstos los clasificados ampliamente como emplazamientos industriales en ubicaciones aisladas. Son lugares tales como minas, centros de construcción, centros turísticos o industrias tales como las forestales, agrícolas, petrolíferas, de gas o las plantas de extracción mineral. La disponibilidad de comunicaciones es fundamental para las facilidades administrativas, de seguridad y sanitarias del emplazamiento.

Los ejemplos de terminales adecuados para los emplazamientos distantes van desde el equipo de supervisión a distancia con baja velocidad binaria a los equipos de datos y telefónicos en alta velocidad.

Utilización gubernamental

Se trata de las comunicaciones con los servicios estatales distantes, tales como los de policía, escuelas, oficinas públicas de sanidad y seguridad, mantenimiento viario y guarda de fronteras.

Utilización para asistencia en casos de desastre y emergencias

Se trata de las instituciones de asistencia y ayuda a los trabajadores que utilizan comunicaciones del SMS con fines tales como la petición de los suministros fundamentales y el mantenimiento en contacto con sus sedes. Además, las comunicaciones del SMS se están utilizando cada vez más para la planificación de contingencias y preparativos de desastres, tales como los de coordinación de las unidades de policía y bomberos o para la supervisión a distancia de zonas de desastres potenciales, tales como las de terremotos y riadas.

Utilización en telemedicina

Permite a los médicos diagnosticar una enfermedad o examinar un paciente a larga distancia, sin los costos o riesgos del transporte.

Otros usuarios profesionales

Se trata de personas tales como los viajantes comerciales, periodistas, geólogos y otros que utilizan aplicaciones del SMS para satisfacer diversos requisitos de comunicación. Su utilización puede ir desde el envío de informes y trabajos sobre el terreno a las comunicaciones necesarias para el funcionamiento de una «oficina móvil».

Los ejemplos de terminales adecuados para los usuarios profesionales van desde los teléfonos de mano en modo doble recientemente disponibles (que permiten el acceso celular terrenal y al SMS) a los terminales de tipo computador portátil que integran capacidades de comunicación telefónica, facsímil y de datos.

3.3 Aplicaciones en estructuras de telecomunicaciones muy desarrolladas

No es únicamente en los países en desarrollo que las zonas distantes se encuentran actualmente sin conexiones de telecomunicaciones públicas. Siempre que las grandes distancias y el terreno difícil separa las comunidades rurales (con su pequeña base de usuarios potenciales) de los centros urbanos importantes, los costos pueden impedir la implementación y explotación de los servicios terrenales convencionales.

En este sentido, no hay mucha diferencia en las aplicaciones descritas anteriormente para los países en desarrollo, respecto a los tipos de aplicaciones adecuados para los países desarrollados. Los perfiles de usuarios típicos y la utilización son comunes en ambas situaciones.

3.4 «Pequeño LEO» típico SMS con funcionamiento en bandas por debajo de 1 GHz

Las atribuciones de frecuencia al SMS son generales y en algunos casos restringidas (por ejemplo, al SMTS). Este análisis de las aplicaciones de las comunicaciones es amplio y se aplica al SMS. Para los sistemas que pudieran funcionar con atribuciones de frecuencia no restringidas al SMTS, las aplicaciones identificadas no tienen que limitarse únicamente a las aplicaciones con base en tierra.

Las aplicaciones de las comunicaciones en el SMS que resultan más económicas son función de los datos requeridos, del tamaño y el costo del terminal, del costo general del sistema, de las comunicaciones en tiempo real o diferido y de otros factores diversos. En consecuencia, las distintas implementaciones del SMS pueden adaptarse mejor a las diferentes aplicaciones de comunicación. En los puntos siguientes se identifican aplicaciones de comunicación típicas y potenciales para el SMS no OSG por debajo de 1 GHz.

3.4.1 Aplicaciones de comunicaciones típicas y potenciales que ofrece el SMS no OSG no vocal por debajo de 1 GHz

Los sistemas del SMS no OSG con funcionamiento por debajo de 1 GHz son capaces de transmitir paquetes digitales de datos a velocidades reducidas (2,8 a 19,2 kbit/s). Las frecuencias inferiores (por debajo de 1 GHz) y la órbita terrenal baja permiten utilizar estaciones terrenas y satélites pequeños con baja energía y, como consecuencia de ello, con costos reducidos de implementación del sistema. Las redes se diseñan para poder dar cobertura a todo el mundo o la mayoría de él (algunos sistemas no incluyen la cobertura plena de las zonas polares). Por lo general, los sistemas del SMS por debajo de 1 GHz funcionan en un modo de tiempo casi real, cuando el mismo satélite cubre la estación de usuario y la estación de enlace de conexión. No obstante, los sistemas pueden también funcionar en el modo de almacenamiento y retransmisión, cuando las estaciones de usuario y de enlace de conexión no están en la misma huella en tierra del satélite, tal como en el caso de un usuario situado en una zona oceánica de alta mar. En este modo, los sistemas funcionan con un cierto retardo temporal que puede oscilar entre unos segundos y varias horas, dependiendo del siguiente paso del satélite sobre una estación de enlace de conexión.

En el Cuadro 4 se indican las aplicaciones identificadas para el SMS no OSG por debajo de 1 GHz. El Cuadro enumera y explica diversos tipos de aplicaciones de comunicación. Los sistemas del SMS no OSG por debajo de 1 GHz son adecuados para aplicaciones que exigen transmisiones intermitentes de pequeños paquetes de datos. Aunque técnicamente podría disponerse de todas las aplicaciones a lo largo de la zona de cobertura de la red, la demanda del mercado en cuanto a las distintas aplicaciones variará con las características geográficas de la zona local (urbana o rural, infraestructura de telecomunicaciones en desarrollo o muy desarrollado, y otros factores). Las zonas urbanas y rurales tienen necesidades diferentes de comunicaciones de datos y cuentan con distintas alternativas para obtener dichas comunicaciones. Los países con infraestructuras de telecomunicaciones muy desarrolladas pueden hacer que las redes existentes cursen una gran variedad de comunicaciones de datos. Estos países pueden también tener una mayor necesidad de interacciones hombre-máquina y máquina-máquina en cuanto a datos, lo que se traduce en una elevada demanda de aplicaciones que puedan ser menos necesarias en los países en desarrollo. El Cuadro 4 enumera también las perspectivas de la demanda de mercado en cuanto a aplicaciones en los países en desarrollo y muy desarrollados, y en las zonas urbanas y las rurales.

CUADRO 4

Aplicaciones de comunicaciones y proyecciones de la demanda del mercado para el SMS no OSG por debajo de 1 GHz utilizado en las zonas urbanas y rurales de los países con infraestructura de comunicaciones en desarrollo y desarrollada⁽¹⁾

Aplicaciones de comunicaciones		Proyecciones de la demanda del mercado ⁽¹⁾ H = elevada, M = media, L = reducida			
Tipo	Aplicaciones específicas	Infraestructura de comunicaciones en desarrollo		Infraestructura de comunicaciones desarrollada	
		Urbana	Rural	Urbana	Rural
Seguimiento de vehículos y gestión de flotas	Camiones y remolques, contenedores, equipo pesado, vagones de ferrocarril, barcos, aeronaves	H	H	H	H
Supervisión y control a distancia	Lectura de medidores, pozos petrolíferos y de gas, oleoductos, sistemas de irrigación, distribuidores automáticos	L	M	M	H
Mensajería y ubicación bidireccional	Correo electrónico, radiobúsqueda, supervisión de vehículos y mensajería, mensajería personal, mensajes comerciales	L	M	L	M
Servicios de emergencia	Supervisión, sistemas de seguridad, localización, despacho	M	M	L	M
Transacciones comerciales	Validaciones de tarjetas de crédito, procesamiento de datos de puntos de venta, control de existencias, servicios interactivos directos al hogar	L	L	M	H

⁽¹⁾ Todas las aplicaciones de las comunicaciones son técnicamente posibles en todas las áreas. Este Cuadro muestra las proyecciones de la demanda del mercado en cada área.

3.5 Tipos de servicios (telefonía, facsímil, datos y correo electrónico)

Los sistemas del SMS pueden ofrecer cobertura amplia y sin discontinuidad para los servicios móviles marítimo, aeronáutico y terrestre. Se dispone de una amplia variedad de servicios para comunicaciones telefónicas, facsímil y de datos. También existen terminales portátiles y de mano para aplicaciones de comunicaciones personales. Hay también una tendencia a aumentar la velocidad de la transmisión (velocidad binaria) para introducir los denominados servicios multimedia -principalmente utilizando datos en alta velocidad o la transmisión de datos por paquetes. También se han desarrollado aplicaciones de usuario para utilizar mejor el SMS.

3.5.1 Servicios básicos

Inmarsat inició sus operaciones en primer lugar para los servicios marítimos. Las ETB Inmarsat-A se realizaron principalmente para dar servicios de telefonía, facsímil, télex y datos -mediante la transmisión analógica MF en banda estrecha a los grandes barcos de travesías marítimas. Se realizó en primer lugar un sistema de transmisión digital con los terminales Inmarsat-B, facilitando servicios similares con una calidad muy elevada (BER reducida). Los terminales Inmarsat-C se desarrollaron para barcos y embarcaciones de tamaño menor, tales como los barcos de recreo, y con el fin de dar datos de tipo almacenamiento y retransmisión y transmisión de mensajes. También se han desarrollado los terminales Inmarsat-M para la transmisión digital mediante una pequeña estación terrena móvil de tipo maletín, que ofrece servicios de telefonía, facsímil y datos. Más tarde, se desarrolló un terminal portátil mucho más pequeño denominado terminal «mini-M», del tamaño de un computador portátil, para el sistema Inmarsat. La antena del equipo mini-M suele ir en el interior del aparato (como en la placa de un computador personal) del tamaño de un documento «A4».

3.5.2 Aplicaciones de usuario

3.5.2.1 Correo electrónico

La transmisión del correo electrónico tiene una gran compatibilidad con los servicios de transmisión de mensajes del SMS. Por ejemplo, el sistema Inmarsat-C es capaz de interconectar la transmisión de mensajes de tipo almacenamiento y retransmisión a través de enlaces de satélite con la red Internet terrenal en una estación terrena costera (ETC). En dicha estación, los mensajes Inmarsat-C se suelen transferir a un equipo cabecera que ofrece la funcionalidad de interfaz con los servicios de Internet terrenal. En este caso hay que prestar especial atención a la gestión de la información de facturación y de control de seguridad. Otro ejemplo es la transmisión del correo electrónico por los sistemas pequeño LEO. Las aplicaciones de transmisión de correo electrónico a un abonado de pequeño LEO o desde éste establecen el enlace de comunicaciones entre un abonado distante con terminal de mano o móvil e Internet. Por lo general, se trata de mensajes de texto directo, a diferencia de los mensajes con suplementos largos adjuntos, debido a la limitación de la anchura de banda en el SMS por debajo de 1 GHz.

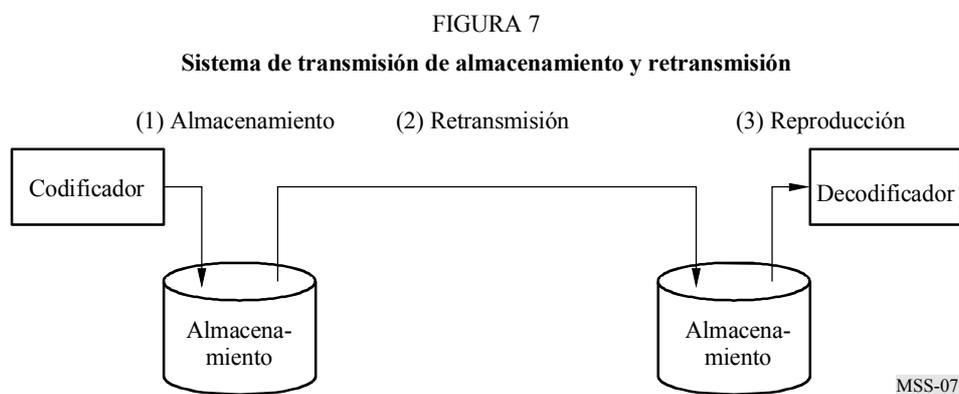
Si el satélite está a la vista de la estación terrena de cabecera (GES) en el momento en que se envía el mensaje, éste se retransmite de forma inmediata a la GES. En caso negativo, el satélite pasa al modo de almacenamiento y retransmisión y el mensaje se mantiene en el satélite hasta que éste se encuentre a la vista de una GES adecuada.

3.5.2.2 Transmisión de vídeo

a) *Sistemas de transmisión de vídeo en almacenamiento y retransmisión*

La retransmisión de vídeo en tiempo real exige un enlace digital con calidad de servicio (QoS) garantizada a velocidades binarias elevadas y, desafortunadamente, no siempre puede disponerse de un canal de este tipo. Una solución para ello es la compresión y la codificación vídeo, pero se necesita una velocidad de codificación de varios miles de Mbit/s para la transmisión de material de televisión de gran calidad que requiere post-procesamiento.

Otra solución es la transmisión de vídeo con almacenamiento y retransmisión. En este enfoque, los datos de vídeo codificados se almacenan primeramente en un medio de almacenamiento local. A continuación los datos almacenados se transmiten a un medio de almacenamiento distante. Por último, los datos de vídeo se decodifican y reproducen en un terminal extremo distante (véase la Fig. 7).



Así pues, en la transmisión de vídeo con almacenamiento y retransmisión, la calidad del vídeo codificado es independiente de la velocidad binaria de transmisión, con lo que se logra una transmisión vídeo con calidad elevada, por ejemplo mediante el sistema de satélite Inmarsat. El otro aspecto a señalar en el sistema de almacenamiento y retransmisión es que hay un compromiso entre el tiempo de transmisión y la velocidad de codificación (es decir la calidad del vídeo). Por tanto, es importante el equilibrio entre la velocidad de codificación y el enlace de comunicación disponible.

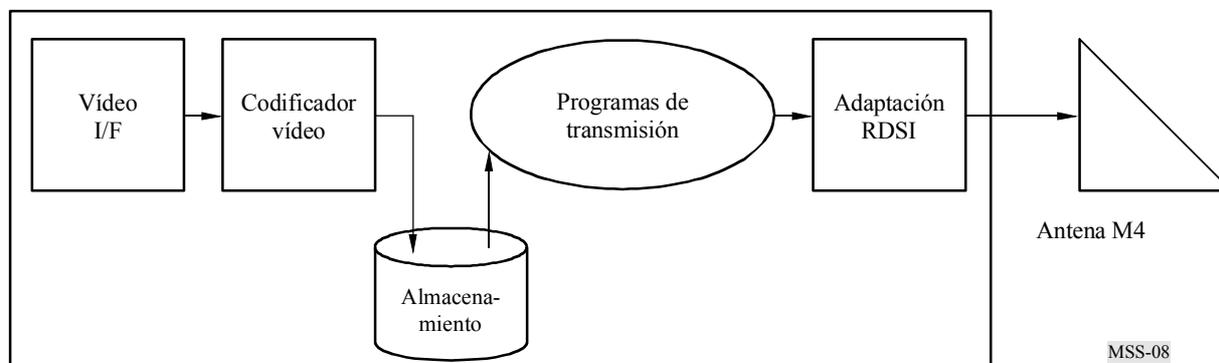
b) *Red de zona mundial de Inmarsat (anteriormente M4).*

La Red de zona mundial (GAN) es el servicio más reciente de Inmarsat para aplicaciones que exigen una anchura de banda superior. Ofrece 64 kbit/s a equipos terminales de datos con una interfaz RDSI. Así pues, el sistema de transmisión de vídeo con almacenamiento y retransmisión necesita un dispositivo adaptador terminal RDSI. El tamaño de la antena de la GAN Inmarsat es pequeño y transportable (5 × 20 × 20 cm) de forma que puede utilizarse para cobertura rápida de noticias desde emplazamientos de accidentes o ubicaciones específicas, combinado con un sistema de almacenamiento y retransmisión.

Como la velocidad binaria de transmisión es de 64 kbit/s, el método adecuado de codificación vídeo es el MPEG-4 (unos 10 kbit/s a 1 Mbit/s) o el MPEG-1 (1,5 Mbit/s). En el caso de codificación MPEG-1, el tiempo de transmisión de una escena de vídeo de 1 min es de 24 min.

La Fig. 8 muestra una configuración típica del transmisor de vídeo con almacenamiento y retransmisión.

FIGURA 8
Configuración del transmisor



En primer lugar, se introduce la señal de vídeo, se codifica y se almacena. A continuación los datos almacenados se transmiten utilizando programas de transmisión por un canal de satélite. Los dispositivos tendrán las especificaciones siguientes:

Vídeo I/F: Analógica compuesta y/o IEE 1394 (VD) I/F.

Codificador vídeo: MPEG-1 o MPEG-4.

Programas de transmisión: Fiables (es decir, sin errores) y deben poder interrumpir y reanudar la transmisión.

El receptor tiene casi la misma configuración que el transmisor excepto la antena. El receptor puede estar situado en una estación de la entidad de radiodifusión cuando la red de entrada es una RDSI (red de hilos).

CAPÍTULO 4

ASPECTOS TÉCNICOS DE LOS SISTEMAS DEL SMS

4.1 Arquitectura del sistema y control de la red

4.1.1 Panorámica de la arquitectura del sistema y del control de la red

En los sistemas del SMS OSG y no OSG se han desarrollado arquitecturas de sistema distintas para adaptarse a los distintos requisitos de usuario con un diseño óptimo y servicios específicos.

4.1.1.1 SMS OSG

Los sistemas del SMS OSG se han utilizado para servicios del SMS de cobertura mundial, regional y nacional. El sistema Inmarsat es un ejemplo típico de sistema mundial del SMS OSG. Hoy en día hay otros sistemas diversos ya en funcionamiento para servicios regionales y nacionales. Entre los ejemplos cabe citar el *Motient* (anteriormente *American Mobile Satellite Corporation - AMSC*), TMI (Canadá), *Thuraya*, *Optus* (anteriormente *Aussat*), etc. Hay diversos sistemas del SMS OSG previstos o a punto de lanzarse que darán servicios de telefonía y datos en baja velocidad del SMS directamente a terminales de mano.

Sistema mundial del SMS OSG

Inmarsat es una configuración típica de sistema mundial del SMS y actualmente utiliza cuatro satélites OSG para lograr una cobertura mundial. Cada satélite está dedicado al servicio de una región oceánica específica y se otorga un código de región oceánica para la identificación de la red de satélite –en forma equivalente a la de un indicativo de país en la RDSI.

En cada grupo oceánico, hay varias ETC para establecer el acceso a un satélite desde el teléfono en el suelo y otras redes de comunicaciones. La información de facturación también se gestiona en cada ETC. Además, una estación de coordinación de red (NCS) se encarga del control de la asignación de canales del satélite.

Los enlaces de satélite que conectan una ETC y el satélite son, tal como se explicó antes en este Manual, los denominados «enlaces de conexión», y en el caso de Inmarsat se utilizan para ellos las bandas de 6 GHz y de 4 GHz. Evidentemente, Inmarsat establece las conexiones entre el satélite y los terminales móviles, es decir, sus «enlaces de servicio» en las bandas del SMS de 1,6 GHz y 1,5 GHz.

La generación anterior de satélites Inmarsat empleaba los denominados «hemisféricos» con los que cada satélite iluminaba aproximadamente un cuarto o un tercio del planeta. La última generación de satélites Inmarsat, los Inmarsat-3, tiene hasta siete (7) haces puntuales para dar una potencia superior (p.i.r.e.) a zonas de cobertura oceánica y masas de tierra específicas. La carga útil del Inmarsat-3 incorpora bancos de filtros de onda acústica de superficie (SAW) para dividir por canales tramos del espectro de 1,6/1,5 GHz en segmentos más pequeños dirigidos a haces puntuales específicos o al haz mundial.

Sistemas del SMS no OSG («gran LEO»)

La arquitectura de los sistemas del SMS no OSG depende básicamente del diseño de su constelación: ya sean LEO o MEO, es decir el tipo de la órbita no OSG, la altitud y la inclinación seleccionadas. Los sistemas LEO del SMS, denominados así por su pequeña altitud, requerirán muchos más satélites para dar una cobertura mundial completa, debido al campo limitado de visión de cada uno de los satélites. Por ejemplo, el sistema IRIDIUM necesita 66 satélites y el Globalstar mantiene 48 satélites. Los sistemas MEO que funcionan en altitudes comprendidas entre las de los LEO y los GEO requieren un número menor de satélites; el sistema ICO puede dar cobertura mundial con unos 10-12 satélites. Todos los sistemas hasta la fecha emplean las bandas del SMS de 1-3 GHz.

SMS no OSG («pequeño LEO»)

Los sistemas no OSG del SMS que funcionan por debajo de 1 GHz, generalmente conocidos como no OSG-no vocales se conocen también como sistemas «pequeño LEO». Típicamente, un pequeño LEO es un sistema de comunicaciones bidireccionales de datos con conmutación de paquetes en zona amplia. Las comunicaciones entre las ETM y las GES se logran mediante una constelación de satélites LEO. Las estaciones de cabecera se conectan a circuitos de marcación, líneas privadas especializadas o Internet.

4.1.2 Planificación del tráfico

4.1.2.1 Planificación a largo plazo

Las previsiones del tráfico a largo plazo son indispensables para el diseño de nuevos sistemas del SMS y para la planificación del despliegue del sistema. Generalmente basta con la planificación del tráfico a largo plazo para estimar el volumen total de éste y su tasa de crecimiento. También es útil disponer de la distribución geográfica de las demandas estimadas del tráfico, así como de la estimación de estas demandas para cada uno de los distintos servicios.

En las previsiones del tráfico a largo plazo se han utilizado durante mucho tiempo para la RTPC los métodos de análisis de las series temporales estadísticas. Hay Recomendaciones UIT-T con métodos fiables para el análisis de dichas series temporales estadísticas (Recomendación UIT-T E.506).

Otros métodos eficaces de previsión del tráfico a largo plazo son los análisis econométricos que aprovechan la relación mutua entre las demandas del tráfico y los diversos indicadores de actividad económica.

Aunque estos métodos no están desarrollados para las aplicaciones de los sistemas del SMS, son suficientemente fiables para la planificación del tráfico a largo plazo de estos sistemas.

4.1.2.2 Planificación a corto plazo

a) *Distribución geográfica de las demandas de tráfico*

La estimación de la distribución de las demandas del tráfico por todo el mundo es indispensable para el diseño del sistema y la planificación de la explotación de las redes mundiales de comunicaciones móviles por satélite, en particular para los sistemas del SMS no OSG.

Como los terminales de barco y a bordo de aeronaves se distribuyen ampliamente a lo largo de las regiones oceánicas importantes, se considera generalmente que las demandas de tráfico de SMS de tipo portátil se concentran alrededor de zonas pobladas pero sin un buen servicio de la infraestructura existente de telecomunicaciones. Desde este punto de vista, una forma de estimar las demandas del tráfico es utilizar índices, incluyendo los del tamaño de la población y del número de líneas de acceso a central (que implica el desarrollo de la infraestructura de telecomunicaciones).

b) *Perfil del tráfico dependiendo de la hora local*

Otro factor importante a tener en cuenta para la planificación del tráfico a corto plazo es un perfil en 24 h de las corrientes de tráfico internacional que las redes mundiales tienen que cursar. Para los modelos del tráfico, los perfiles normalizados en 24 h de las corrientes internacionales del tráfico dan el volumen del tráfico horario en porcentaje del tráfico en las horas cargadas. Debe señalarse que los perfiles suelen variar dependiendo de los países de origen y destino, según los distintos casos de diferencia horaria entre ellos. Por motivos de simplicidad, un enfoque aproximado consistiría en tener en cuenta únicamente la hora local del país de origen y suponer un tráfico único de 24 h para todas las corrientes de tráfico, independientemente de la diferencia horaria entre dos países. Se calcula un porcentaje del volumen del tráfico horario sobre una base de la hora local a partir del perfil del tráfico y de la diferencia horaria con respecto a un determinado tiempo universal coordinado (UTC).

c) *Estimación del tráfico a corto plazo para la planificación del recurso de satélite*

Como resultado de la distribución geográfica del tráfico y del perfil diario de éste en cada hora local, se ve que el nivel de la demanda de tráfico no es uniforme a lo largo del mundo y que la intensidad de tráfico en cada zona varía con el tiempo. Ha sido posible representar el volumen de la demanda de tráfico mediante $D(X, Y, t)$, donde X e Y son coordenadas tales como la longitud y la latitud, y t representa el UTC. La demanda de tráfico puede expresarse en términos de Erlang, número de canales, velocidad de transmisión, etc. Es indispensable contar con bancos de datos indicadores de $D(X, Y, t)$ para la planificación de la explotación de los sistemas del SMS no OSG, tal como se representa en el § 4.1.2.3.

4.1.2.3 Ejemplo de sistema del SMS no OSG

Un satélite del SMS no OSG da cobertura generalmente a su zona de servicio mediante una serie de haces puntuales. La demanda total del tráfico, $T(t)$, en la zona de cobertura de cada haz puntual en el instante t , se estima mediante:

$$T(t) = \sum_{C \ni X, C \ni Y} D(X, Y, t)$$

$$C \ni X, C \ni Y$$

donde C representa la cobertura del haz puntual.

La cobertura de cada haz puntual se mueve constantemente debido al movimiento del satélite, y la intensidad del tráfico en cada zona de la Tierra varía con el tiempo. Por tanto, es fundamental evaluar exactamente la demanda total de tráfico para cada haz puntual en todo instante, sobre la base de la información del emplazamiento de la cobertura del haz puntual en cada instante del tiempo. En consecuencia, la demanda total de tráfico varía con el tiempo. Esta información es indispensable para el control de la atribución de la capacidad de transmisión a cada haz puntual, en la planificación de la explotación.

4.1.3 Métodos de asignación de canales

4.1.3.1 Acceso múltiple por asignación según demanda

Los sistemas del SMS funcionan con acceso múltiple por asignación según demanda (DAMA), a fin de compartir la capacidad limitada del satélite entre una serie de terminales móviles. El control de acceso aleatorio es la función esencial para lograr la utilización más eficaz de la capacidad del sistema. Los métodos generales de control de acceso aleatorio incluyen el ALOHA y el ALOHA a intervalos.

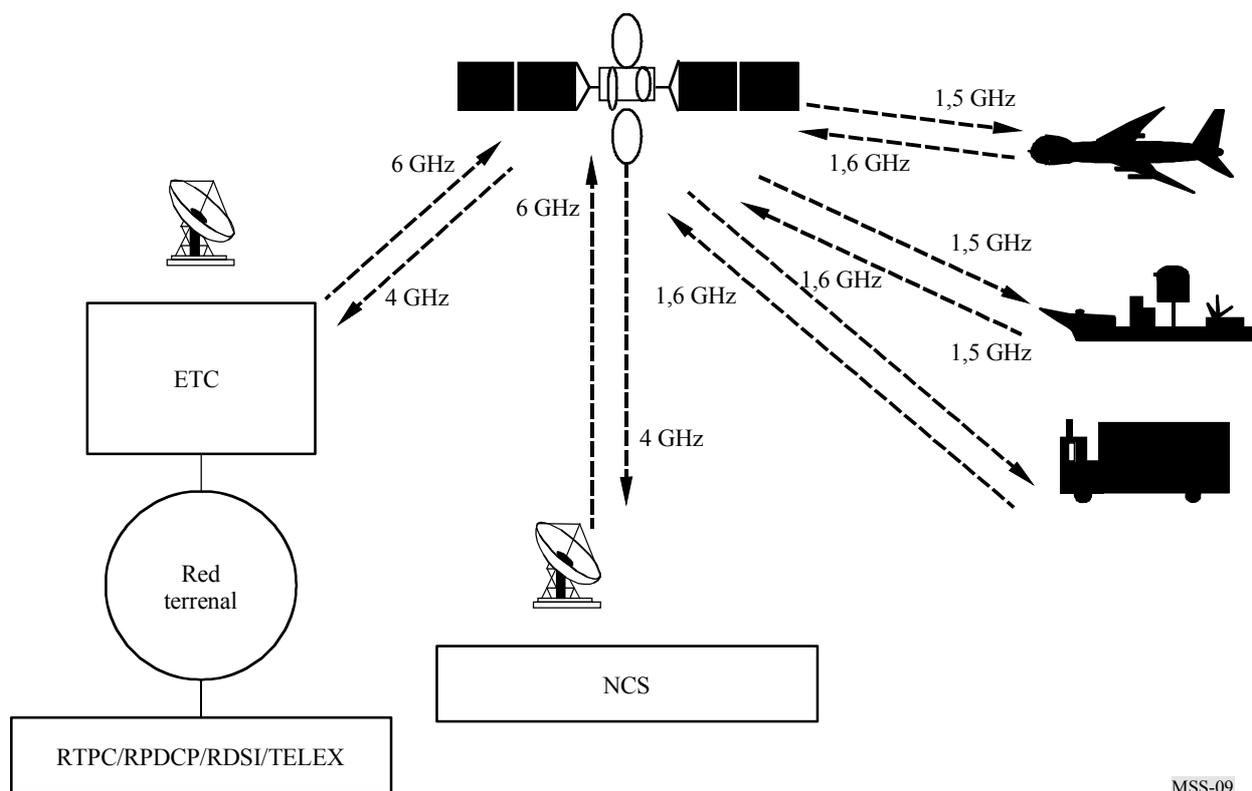
Por ejemplo, un terminal de barco del sistema Inmarsat envía una petición de circuito de satélite a una ETC mediante un canal de *petición* que funciona en el sistema ALOHA a intervalos. La transmisión del mensaje de petición es satisfactoria cuando no hay competición durante su transmisión. Cuando el mensaje de petición se recibe satisfactoriamente, la ETC envía un mensaje de petición de asignación de canal a la NCS y el mensaje de asignación de canal se devuelve mediante un canal de *asignación* desde la NCS.

Al igual que en el sistema GSM, un terminal móvil de una red de comunicaciones móviles por satélite basada en el GSM envía un mensaje de petición de canal utilizando un denominado canal de acceso aleatorio (RACH) basado en el sistema ALOHA a intervalos. La transmisión RACH resulta satisfactoria si no se produce una colisión de la transmisión del mensaje. Cuando se recibe el mensaje RACH se responde con un mensaje de atribución de canal mediante un canal de concesión de acceso (AGCH).

4.1.3.2 SMS OSG (estación de coordinación de red Inmarsat)

El sistema Inmarsat emplea una estación específica de control de la asignación de la demanda denominada estación de coordinación de la red (NCS) para un satélite en cada región oceánica. La NCS se encarga del control y la gestión de la capacidad del satélite y del control de la asignación de canales, sobre la base del DAMA. Debe señalarse que la ETC tiene capacidad de interconexión entre enlaces de satélite y redes terrenales, pero se basa en la NCS para el control de la asignación de canales. La Fig. 9 ilustra la configuración típica de la red Inmarsat.

FIGURA 9
Configuración de la red Inmarsat



MSS-09

En esta configuración de red, se aplica el procedimiento siguiente para el control de la asignación de canales.

a) *Llamada con origen en un móvil*

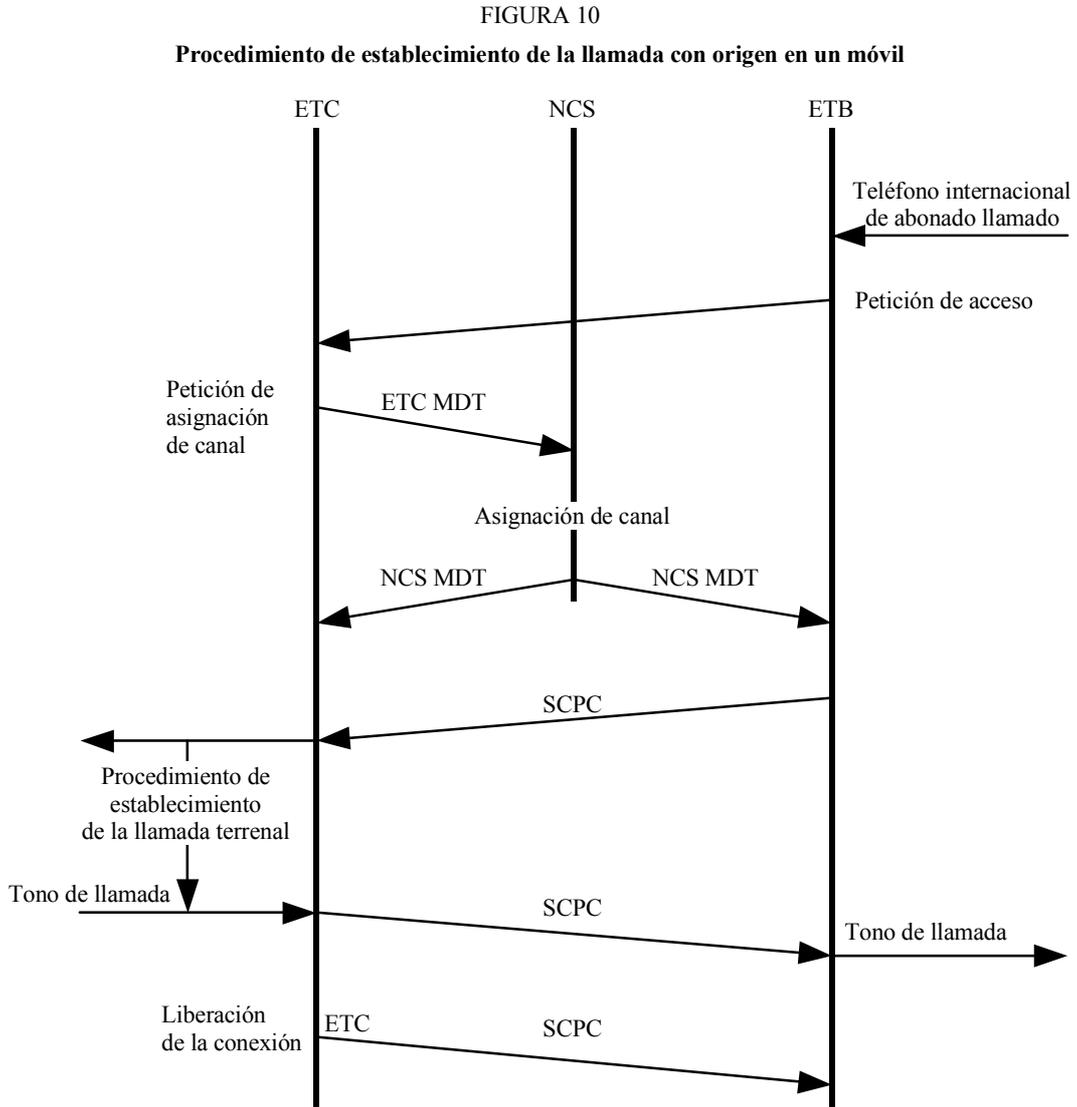
Paso 1: Una ETB envía un mensaje de petición mediante el canal de *petición* sobre la base de un acceso aleatorio. Si la transmisión del mensaje no es satisfactoria, se repite la transmisión del mensaje de *petición*.

Paso 2: Si el mensaje de *petición* se recibe correctamente en la ETC sin que haya competencia de otros mensajes, la ETC envía un mensaje de petición para asignación de canal a la NCS. La NCS busca un canal de satélite disponible entre la ETB peticionaria y la ETC de destino. Cuando encuentra un canal de satélite disponible, la NCS transmite un mensaje de *asignación* a la ETB y a la ETC de destino.

Paso 3: Cuando las ETB y ETC reciben el mensaje de asignación, se establece un enlace de satélite entre ellas.

Paso 4: Cuando se termina la llamada, la ETC lo notifica a la NCS que libera la atribución del enlace de satélite.

La Fig. 10 presenta esta secuencia de asignación del canal



Nota:

MDT: Portadora MDT
SCPC: Portadora SCPC

MSS-10

b) *Llamada con terminación en un móvil*

Paso 1: Cuando una ETC tiene una llamada entrante que procede de redes terrenales, pide a la NCS que envíe un mensaje de anuncio de llamada a la ETB llamada.

Paso 2: La NCS envía un mensaje de *anuncio de llamada* a todas las ETB de la región oceánica y espera la respuesta de la ETB llamada.

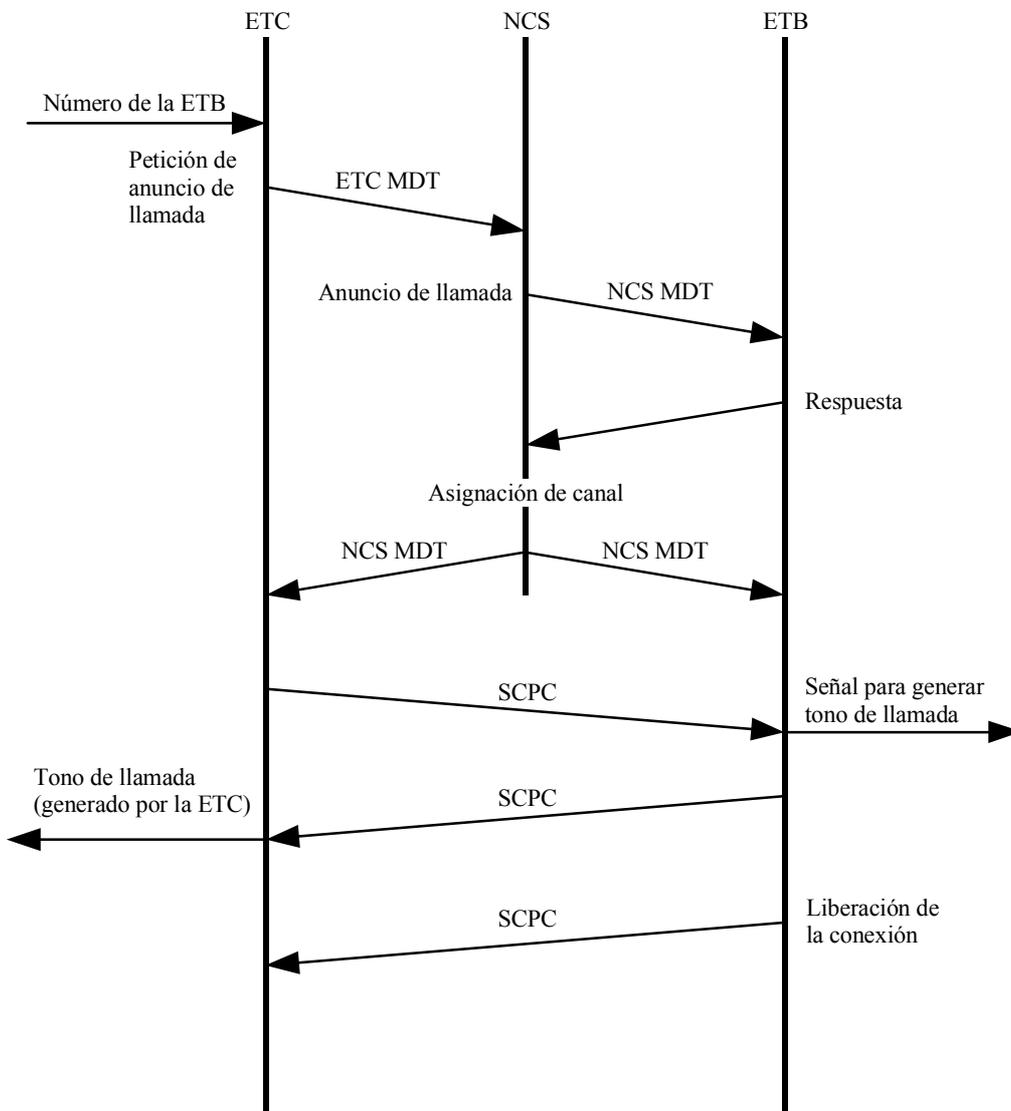
Paso 3: Tras recibir la respuesta de la ETB llamada, la NCS envía un mensaje de *asignación* a la ETC y a la ETB de destino.

Paso 4: Cuando la ETB y la ETC reciben un mensaje de *asignación*, se establece un enlace de satélite entre ellas.

Paso 5: Cuando se termina la llamada, la ETC lo notifica a la NCS que libera la atribución del enlace de satélite.

Esta secuencia de asignación de canal se ilustra en la Fig. 11.

FIGURA 11
Procedimiento de establecimiento de la llamada con terminación en un móvil



Nota:

MDT: Portadora MDT
SCPC: Portadora SCPC

4.1.3.3 Gestión del recurso de satélite en el SMS no OSG

Tal como se ha indicado en el § 4.1.2.3, el volumen de las demandas de tráfico que cada haz puntual tiene que aceptar dinámicamente varía conforme a la cobertura del haz de satélite y la hora local. El satélite tiene que prever capacidad suficiente para que cada haz puntual encamine las demandas de tráfico en cada instante. A este fin, es indispensable que los sistemas del SMS no OSG dispongan de una función de gestión para atribuir dinámicamente la anchura de banda requerida en cada haz puntual, a fin de poder encaminar adecuadamente las demandas de tráfico. La función de gestión del recurso de satélite ha de cumplir los requisitos siguientes:

- Dar a cada haz puntual una anchura de banda suficiente para encaminar las demandas de tráfico solicitadas.
- Asignar una frecuencia portadora a cada haz puntual de forma que puedan satisfacerse las condiciones de reutilización de frecuencia, a fin de garantizar los criterios requeridos para evitar una interferencia cocanal innecesaria.
- Facilitar a cada haz puntual la potencia del transpondedor de satélite necesaria para la transmisión en la anchura de banda atribuida.
- Reservar la capacidad suficiente para que una serie de haces puntuales puedan hacerse cargo de la transferencia de tráfico, a ser posible sin un cambio innecesario de la atribución de tramos de frecuencia y/o tiempo.

Sobre la base de estos requisitos, se ha de reservar adecuadamente la capacidad de transpondedor de satélite para cada haz puntual. La capacidad reservada de transpondedor de satélite es un grupo de canales a partir del cual las GES pueden hacer la asignación de canales para las llamadas entrantes y las transferencias.

4.1.3.4 Control de la asignación de canales en el SMS no OSG

Una GES de un sistema del SMS no OSG desempeña una función de control de la asignación de canales con una capacidad determinada de agrupación de canales de un transpondedor de satélite, para cada haz puntual. En esta capacidad de agrupación de canales, la GES se encarga del control de la asignación de canales para las peticiones de llamada. En el caso de que haya múltiples GES en la zona de cobertura del satélite, es preciso establecer un mecanismo para compartir la agrupación de canales de satélite disponible entre las GES.

Un sistema del SMS no OSG basado en la extensión de la tecnología GSM emplea generalmente el procedimiento siguiente de control de la asignación de canales.

a) *Llamada con origen en un móvil*

Paso 1: La GES transmite un mensaje BCCH (canal de radiodifusión) a un haz puntual responsable.

Paso 2: Un terminal móvil recibe un mensaje BCCH y establece el sincronismo y el control en la red.

Paso 3: Un terminal móvil transmite un mensaje de petición de canal mediante un RACH basado en la técnica ALOHA a intervalos.

Paso 4: Si la estación terrena de cabecera recibe satisfactoriamente el mensaje de petición sin ninguna competencia, dicha estación atribuye un canal de enlace de satélite mediante un AGCH en cuanto se dispone de un canal de satélite. De otra manera, el terminal móvil vuelve al Paso 3.

Paso 5: Sobre la base del mensaje AGCH, se establece un enlace de satélite entre el terminal móvil y la GES.

b) *Llamada con terminación en un móvil*

Paso 1: La GES transmite un mensaje BCCH a un haz puntual responsable.

Paso 2: Un terminal móvil recibe el mensaje BCCH y establece el sincronismo y el control en la red.

Paso 3: Cuando hay una llamada entrante procedente de la red terrenal, la GES transmite un mensaje de asignación de canal a un terminal móvil de destino mediante un AGCH, en cuanto se dispone de un canal de satélite.

Paso 4: Sobre la base del mensaje AGCH, se establece un enlace de satélite entre el terminal móvil y la GES.

4.1.3.5 Diversidad de satélite y traspaso

Los satélites del SMS no OSG se explotan en condiciones muy dinámicas, dado que los satélites y los terminales móviles se mueven continuamente. Debido al movimiento de los satélites, no siempre es fácil asegurar una visibilidad directa del satélite desde un terminal móvil, aun cuando este último no se mueva. En particular, suelen producirse bloqueos y ensombrecimientos en las zonas urbanas a causa de los edificios altos. En dicha situación, la diversidad de satélites es una contramedida fiable para mejorar la disponibilidad, manteniendo un enlace de satélite con dos satélites visibles. El control de asignación de canales tiene que realizar una función que apoye el establecimiento de enlaces de satélite con los dos visibles para el funcionamiento con diversidad de satélites.

Otra función de control importante es el traspaso, atribuyendo un enlace de satélite cuando cambia la cobertura de un terminal móvil de un haz puntual a otro o desde un satélite a otro. Este control suele apoyarse en el procedimiento siguiente.

Paso 1: Un terminal móvil supervisa en todo momento la intensidad de recepción de la señal del satélite. En caso de que la intensidad de la señal caiga por debajo del nivel umbral, el terminal móvil notifica a la estación de cabecera una petición de traspaso mediante un canal de señalización especializado.

Paso 2: Cuando la GES recibe la petición de traspaso, busca un nuevo canal de satélite disponible en un haz puntual adyacente que pueda encargarse del tráfico de traspaso. La estación de cabecera asigna el nuevo canal al terminal móvil que solicita el traspaso.

4.1.3.6 Asignación de canales y elusión de la interferencia

Sistema de asignación dinámica de la actividad del canal

Para los pequeños LEO, el proceso de asignación de canales es similar al descrito en el punto anterior para los gran LEO, excepto en que el proceso de asignación de canales se realiza en el propio satélite, más que en la GES. Ello es posible gracias al carácter relativamente breve de los mensajes que cursan los pequeños LEO, y es necesario debido a la interacción estrecha necesaria entre el sistema de asignación de canales y la ETM que funciona en una banda muy congestionada.

La banda 148-149,9 MHz utilizada por los sistemas pequeño LEO también es muy utilizada por los sistemas terrenales. Para encontrar canales utilizables, un sistema pequeño LEO debe explorar e identificar canales en esta banda que no estén activamente utilizados en ese instante en particular. ORBCOMM ha desarrollado un sistema de asignación dinámica de la actividad de canal (DCAAS) para identificar canales utilizables y asignarlos a transmisiones de ETM. Es una realización de la técnica tal vez más antigua para evitar la interferencia en las comunicaciones radioeléctricas. Se trata de «escuchar» antes de «transmitir» para asegurarse de que el canal está libre. La diferencia estriba aquí en que es el satélite el que escucha antes de permitir la transmisión a una ETM.

No se conoce una forma por la que un sistema AMDF pueda funcionar en la banda 148-149,9 MHz sin algún tipo de esquema tal como el DCAAS. Toda tentativa de recepción en un canal que esté utilizado activamente por un transmisor terrenal se traducirá en interferencia al satélite y en la pérdida de los datos del SMS.

El DCAAS consta de un receptor y de una unidad de procesamiento en cada uno de los satélites. El DCAAS explora la banda del enlace ascendente de la ETM para las transmisiones terrenales en intervalos de 2,5 kHz, identifica canales que no estén utilizados y los asigna para el enlace ascendente de la ETM. El objetivo es eludir la interferencia con los receptores terrenales, evitando las transmisiones de la ETM por canales móviles activos. En la Recomendación UIT-R M.1039 figuran detalles del DCAAS.

Señalización

En los sistemas del SMS (gran LEO o MEO OSG o no OSG) un enlace de satélite se establece generalmente sobre la base de un acceso aleatorio. La transmisión del mensaje de señalización (por ejemplo, una petición de establecimiento de una llamada con un número telefónico particular en tierra -enviada desde el terminal móvil a la central de cabecera o la asignación de la frecuencia para que el terminal efectúe una llamada -enviada desde la estación de cabecera al terminal móvil) se efectúa únicamente después de haber establecido el enlace de satélite. En general, la información de señalización se intercambia entre una ETM y una GES a través de un canal de señalización en la banda por el enlace de satélite establecido.

La señalización entre un abonado de pequeño LEO y el satélite también es fundamental para que pueda producirse un intercambio efectivo y eficaz de comunicaciones (de datos) entre los dos. La unidad de abonado debe también recibir del satélite información de temporización e información del canal disponible para garantizar que cuando un mensaje de datos se transmita será recibido en el satélite en el instante y con la frecuencia correctos, evitando la interferencia con otras señales del sistema. En el caso de sistemas pequeño LEO, la señalización es especialmente importante, debido a que las frecuencias de los canales de mensajes y de señalización del enlace ascendente cambian constantemente como resultado de la operación del sistema DCAAS.

4.2 Características generales de las ETM

El aspecto físico de las ETM puede variar considerablemente, dependiendo del carácter de los componentes del subsistema utilizados. El aspecto se asocia a factores tales como si el terminal está diseñado para funcionamiento en tierra, marítimo o aeronáutico, el tipo de comunicación requerida, la banda de frecuencias de funcionamiento, la arquitectura disponible del sistema de satélite y las características deseadas de la antena. La combinación de estos factores da lugar a una gran variedad de aspectos de las ETM.

No obstante, las características generales de las ETM son similares. Los componentes del subsistema principal de las ETM y sus funciones propias pueden clasificarse de la siguiente manera:

– *Subsistema de antena*

Incluye el tipo de antena utilizada, su montaje y la unidad de puntería de la antena. La elección de la antena más adecuada para una aplicación determinada puede variar desde una antena grande eléctricamente, tal como un reflector parabólico o un sistema en fase, una antena de ganancia mediana, tal como la helicoidal o una antena pequeña, tal como un dipolo de media onda.

La elección de la antena es el resultado de un compromiso entre los requisitos del sistema para la utilización eficaz de la capacidad del segmento espacial y los requisitos de usuario en cuanto a equipo compacto pequeño. Una antena de alta ganancia es preferible cuando se desea aumentar la p.i.r.e., la sensibilidad de recepción y el rechazo a la interferencia del terminal. No obstante, por otro lado, también se aumenta el costo y se reduce el carácter portátil del terminal. Una antena de ganancia reducida costará menos, tendrá una estructura más simple y no exigirá la puntería del haz. Pero en contrapartida, exigirá una mayor p.i.r.e del enlace descendente del satélite (que es uno de los parámetros más sensible al costo de un sistema del SMS) para cursar una velocidad de datos determinada y, dada su zona de cobertura omnidireccional, recibirá también más interferencia externa.

La selección del tipo de antena se ve también influida por la posible necesidad de seguimiento de los satélites del SMS. Ello no sólo depende de si el terminal está en movimiento cuando se utiliza, sino también de si los satélites que se siguen se mueven respecto al terminal. La interacción entre ambos tipos de movimiento puede dar lugar a requisitos de seguimiento complejos. Debido a ello, los terminales del SMS no OSG suelen utilizar únicamente antenas omnidireccionales.

Las ganancias de antena típicamente utilizadas en el SMS varían entre 0 dBi y 21 dBi (reflectores de 85 cm de diámetro). Asimismo, las relaciones ganancia/temperatura de ruido (G/T) de receptor varían típicamente entre $-26 \text{ dB(K}^{-1})$ y $-4 \text{ dB(K}^{-1})$.

En las comunicaciones bidireccionales, la antena suele ser común a las funciones de transmisión y de recepción. Se asignan generalmente frecuencias distintas a estas funciones (lo que se denomina división dúplex de frecuencia) empleando un diplexor para combinar las dos cadenas en el mismo alimentador de la antena. Como alternativa, puede utilizarse un esquema de dúplex por división en el tiempo en el que se asignan intervalos de tiempo distintos a los dos sentidos de la comunicación. Además, debido a los efectos intensos de despolarización presentes en las comunicaciones del SMS, no suele emplearse la discriminación de polarización en el enlace de comunicaciones entre el satélite y el terminal móvil.

– *Cadena de transmisión*

Comprende el trayecto de la señal transmitida e incluye los amplificadores de gran potencia, los filtros paso banda, los combinadores para cualquier funcionamiento multicanal, los convertidores elevadores, los moduladores de banda de base y los codificadores de señal fuente. También forman parte de la cadena de transmisión otros elementos tales como el control dinámico de potencia y los circuitos de activación vocal.

– *Cadena de recepción*

Comprende el trayecto de la señal recibida e incluye los amplificadores de bajo nivel de ruido, los filtros paso banda, los divisores multicanal, los convertidores reductores, los demoduladores y los decodificadores de señal fuente.

– *Subsistema de potencia*

La energía se obtiene normalmente de una batería o de una fuente de alimentación sin interrupciones que se recargan por la alimentación principal, encendedor de un vehículo, generador eléctrico o células solares. Las características y requisitos del sistema de energía variarán dependiendo de la aplicación. Por ejemplo, en las aplicaciones portátiles el fabricante del terminal hará un diseño de consumo reducido de energía y peso ligero. En las aplicaciones de seguridad, la inmunidad a la interrupción de la potencia o restitución de la energía principal serán más importantes.

– *Subsistema de control*

Incluye los controles diversos, el tratamiento de los datos, los protocolos y las funciones de procesamiento de la señal necesarias para el funcionamiento efectivo del terminal.

4.2.1 ETM en vehículos

Descripción general de las características funcionales

Los terminales del SMS pueden estar situados a bordo de vehículos, barcos y aeronaves. Como estos vehículos pueden estar en movimiento cuando se realiza la comunicación, hay algunas consideraciones adicionales a tener en cuenta en el diseño e instalación de los terminales.

La antena debe montarse libre de toda obstrucción hacia el vehículo, a fin de no reducir la intensidad de la señal. Si la antena es direccional (generalmente tiene una ganancia superior a 6 dBi) será también necesario incluir un mecanismo para el seguimiento automático del satélite del SMS. Ello puede realizarse girando mecánicamente una antena de haz fijo o utilizando haces orientables o conmutables electrónicamente en el caso de antenas de sistema en fase.

El propio terminal del SMS puede estar físicamente separado en dos partes: una unidad sellada externa que incluya el radomo que alberga la antena, la primera etapa de RF y posiblemente la unidad de seguimiento de la antena, y una unidad interna situada normalmente cerca del operador que alberga los otros componentes radioeléctricos. Los amplificadores de bajo nivel de ruido suelen estar situados lo más cerca posible del diplexor a fin de minimizar el ruido resultante de las pérdidas en las guías de alimentación.

ETB marítimas

Son terminales del SMS diseñados para instalación y funcionamiento a bordo de navíos. Ejemplos de dichos terminales son los que forman parte del SMSSM, diseñados para una gran disponibilidad y otros requisitos de seguridad.

Las comunicaciones por satélite en el entorno marítimo tienen características de propagación y requisitos de funcionamiento distintivos. Las comunicaciones marítimas son especialmente susceptibles a los efectos de la propagación multirrayecto debido a las reflexiones de la señal en la estructura del barco o en el mar. Los métodos empleados para contrarrestar este efecto incluyen la utilización de esquemas de modulación que acepten el desvanecimiento de la señal y la dispersión entre símbolos, y la incorporación de un margen de desvanecimiento significativo -utilizando el control dinámico de potencia- en el diseño del enlace de satélite. El margen de desvanecimiento requerido puede minimizarse utilizando el entrelazado de datos y los esquemas de codificación con corrección directa de errores.

Los terminales marítimos pueden clasificarse según tres tipos principales:

- Los que tienen ganancia de antena reducida (aproximadamente ≤ 6 dBi), típicos de los terminales Inmarsat Marítimo-C. Estos tipos de terminales se caracterizan por ser estaciones terrenas de barco muy compactas con un sistema de antena no estabilizado y no orientable.
- Los que tienen ganancia de antena elevada (aproximadamente ≥ 15 dBi) típicos de los terminales Inmarsat Marítimo-A y B. Estos tipos de terminales tienen que incorporar el seguimiento de los satélites del SMS para contrarrestar el movimiento de balanceo, cabeceo y guiñada de los navíos en que van montados. También deben ser capaces de apuntar correctamente a un satélite, incluso en condiciones de funcionamiento de mar gruesa.
- Los que tienen una antena de ganancia mediana (aproximadamente 6-15 dBi), típicos de los terminales Inmarsat Marítimo-M. Son versiones reducidas de los de antena de ganancia elevada. Un subconjunto de estos terminales se diseña para funcionar únicamente en zonas de cobertura de haz puntual de satélites OSG. Estos terminales suelen utilizar antenas con aperturas de haz amplias en el plano de elevación (vertical), de forma que sólo tengan que seguir al satélite en el plano acimutal (horizontal). Dichos terminales son adecuados para los barcos de recreo porque son más pequeños, más económicos y más sencillos que sus equivalentes con estabilización plena.

Estaciones terrenas de aeronave (ETA)

Los terminales de aeronave, al igual que los terminales marítimos, tienen también requisitos estrictos de sistema en cuanto a calidad, disponibilidad e integridad de las comunicaciones. Los aspectos específicos de los terminales aeronáuticos son: necesidad de absorber grandes derivas Doppler y variaciones de temperatura, necesidad de diseño ergonómico de los componentes del subsistema de antena exterior, a fin de minimizar la resistencia atmosférica, y necesidad de que las unidades radioeléctricas internas sean compactas para encajar en los espacios asignados de la aeronave.

Los terminales estarán probablemente mucho más integrados con otros equipos electrónicos de la aeronave que en el caso de los terminales terrestres o marítimos. Además, ha surgido últimamente una categoría de terminales aeronáuticos concebidos para las llamadas de correspondencia pública únicamente y que no están certificados para las aplicaciones de seguridad aeronáutica o para la utilización con sistemas de gestión del tráfico aéreo. Dichos terminales, típicos del servicio Inmarsat Aero Mini-M son interesantes para las aeronaves ligeras pues son compactos, económicos de adquisición y el proceso de instalación y certificación es mucho más reducido en comparación con el de los terminales que cumplen requisitos de seguridad.

Los terminales del SMAS emplean generalmente uno de los tres tipos siguientes de antena:

- Los que tienen antena de ganancia elevada (ganancia mínima de 12 dBi), típicos del servicio Inmarsat Aero-H/H+. Como la antena es bidireccional ha de seguir al satélite.
- Los que tienen ganancia de antena mediana, típicos del servicio Inmarsat Aero-I. Están diseñados para explotar la potencia superior de los haces puntuales del satélite Inmarsat-3 y recibir los niveles de servicio Aero-H con terminales más pequeños y más económicos.
- Los que tienen ganancia inferior, típicos del servicio Inmarsat Aero-L. Suelen tener antenas de dipolo o hélice no orientables con ganancia casi omnidireccional.

ETM terrestres

En el entorno móvil terrestre, el enlace de comunicación entre el satélite y el terminal móvil está sujeto a degradaciones en forma de efectos de propagación multitrayecto debidos a la dispersión y las reflexiones de la señal y a los efectos de ensombrecimiento producidos por el bloqueo de la señal. Ello se traduce en desvanecimientos de la señal y en variaciones de fase de la portadora -cuya magnitud depende de si el terminal está estático o en movimiento, de la velocidad a la que se mueve y del entorno entre el terminal y el satélite. Es posible obtener un margen de enlace suficiente para compensar el desvanecimiento o permitir una cierta penetración en los edificios de la señal. No obstante, en las comunicaciones del SMS no resulta práctico establecer un margen suficiente para que pueda aún haber comunicaciones cuando la línea de visibilidad directa del enlace se bloquea por edificios o vegetación elevada.

En las aplicaciones de vehículos, la antena suele situarse en el techo y tiene típicamente una ganancia reducida o mediana (inferior a 15 dBi). En este último caso suele ser una antena de seguimiento motorizada de perfil reducido o una antena de varilla sin seguimiento de aproximadamente un metro de altura que tiene una cobertura omnidireccional en acimut y una cobertura fija en elevación (cobertura adecuada para las regiones templadas).

4.2.2 Estaciones terrenas personales

Las estaciones terrenas personales pueden dividirse en dos categorías: estaciones terrenas de mano y estaciones terrenas portátiles.

Estaciones terrenas de mano

Los terminales de mano del SMS son similares en tamaño y aspecto a los teléfonos celulares terrenales normales. De hecho, estos terminales suelen ser teléfonos en modo doble que tienen capacidad de funcionar con el satélite o con redes móviles terrenales. Cuando se efectúa una llamada, la conexión se efectúa en primer lugar por la red móvil terrenal local. Si, no obstante, el terminal está fuera de la zona de cobertura terrenal, la llamada se encamina por la red móvil de satélite. Este método de funcionamiento permite a los teléfonos del SMS completar la infraestructura móvil terrenal existente estableciendo una ampliación regional o mundial de su zona de cobertura. Un aspecto importante de estos terminales es que llevan asignado un número telefónico único que se utiliza para la recepción de la llamada por satélite o celular terrenal. Los terminales requerirán generalmente una visibilidad directa con el satélite (que puede ser un satélite OSG o no OSG). Por lo demás, su utilización será similar a la del funcionamiento celular terrenal.

Estaciones terrenas portátiles

Los terminales portátiles son autónomos y van en una unidad cuyo tamaño es aproximadamente el de un computador portátil. La antena suele ir incorporada en el flanco de la unidad y puede apuntarse manualmente al satélite OSG (procedimiento rápido y simple). Por lo general, hay un medidor de señal incorporado al terminal para facilitar el posicionamiento. Dichos terminales son ideales para aplicaciones de «oficina móvil» debido a la amplia gama de servicios de que disponen, que van desde la telefonía a la transferencia de datos en 64 kbit/s.

4.2.3 RLS de satélite

Las RLS por satélite se utilizan para notificar a las autoridades de salvamento las alertas de socorro en el caso de emergencias. Deben ser capaces de realizar dos funciones: la alerta inicial de socorro a las autoridades pertinentes y la determinación de la posición geográfica de la situación de socorro

con la precisión suficiente que permita la prestación de asistencia. Las RLS pueden instalarse en vehículos tales como aeroplanos y barcos o pueden ser de utilización personal. Además, la ley exige la instalación de RLS de «flotación libre» en todos los barcos a los que se aplica el Convenio de seguridad de la vida humana en el mar (SOLAS).

Se han desarrollado dos sistemas de RLS por satélite. El primero lo explota COSPAS-SARSAT, con una serie de balizas para la alerta de socorro y la determinación de la posición, incluyendo las del SMSSM. El otro es el que explota Inmarsat, que se centra en la prestación de la capacidad SMSSM para su utilización a bordo de navíos únicamente. Ambos servicios son de prestación gratuita por los operadores. Los dos sistemas se describen de la siguiente manera:

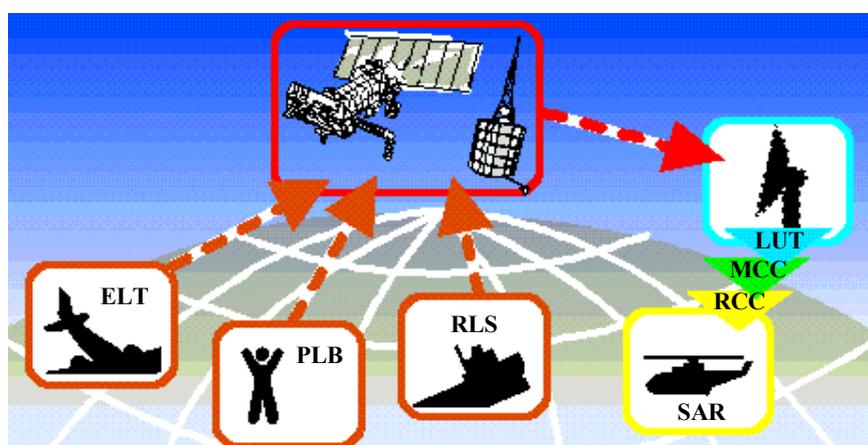
4.2.3.1 COSPAS-SARSAT

El COSPAS-SARSAT es un sistema de satélite para búsqueda y salvamento (SAR) que utiliza sensores a bordo de satélites y facilidades de procesamiento en tierra para detectar y localizar balizas de socorro y emergencia. El sistema consta de:

- cargas útiles SAR a bordo de satélites de órbita terrena baja (LEOSAR) y en órbita OSG (GEOSAR);
- balizas de socorro que transmiten en 121,5, 243 ó 406 MHz;
- estaciones de recepción de satélite en el suelo (denominadas terminales de usuarios locales (LUT)), situadas por todo el mundo; y
- una amplia red de telemando, control y comunicaciones para distribuir la información de alerta de socorro y los datos necesarios para la explotación del sistema.

En el diagrama siguiente (Fig. 12) se ofrece una panorámica general del sistema COSPAS-SARSAT. En el documento COSPAS-SARSAT «Introduction to the COSPAS-SARSAT System C/S G.003» que puede obtenerse gratuitamente en la dirección de Internet de COSPAS-SARSAT: <http://www.cospas-sarsat.org/>, figura una descripción más detallada del sistema.

FIGURA 12
Panorámica del sistema COSPAS-SARSAT



ELT: Transmisor localización de siniestros
PLB: Baliza de localizador personal
RCC: Centro de coordinación de salvamentos

Satélites

Los componentes espaciales del sistema COSPAS-SARSAT son instrumentos SAR a bordo de satélites en órbita polar de baja altitud (LEOSAR) y en órbita geoestacionaria (GEOSAR). La combinación de satélites de baja altitud y de órbita OSG ofrece una capacidad amplia de alerta de socorro y localización. Los satélites en órbita polar ofrecen una cobertura mundial, pero no continua, para la detección y determinación de la posición de las balizas de socorro, utilizando técnicas de localización Doppler. No obstante, la falta de continuidad de la cobertura introduce retardos en la alerta, pues el usuario debe «esperar» al paso del satélite para ver la baliza. Por otro lado, los satélites OSG ofrecen una detección rápida, aunque no dan cobertura de las regiones polares. Además, como los satélites OSG son estáticos respecto a la baliza, no pueden utilizarse técnicas de localización Doppler y por tanto, la información de localización sólo se obtiene si la baliza conoce y transmite su emplazamiento.

La constelación LEOSAR nominal es de 2 satélites Sarsat y 2 Cospas, aunque el segmento espacial suele incluir un número mayor de satélites. Los satélites Cospas llevan instrumentos capaces de detectar y localizar balizas de socorro y emergencia que transmiten en 121,5 y 406 MHz, y las cargas útiles Sarsat llevan instrumentos para detectar y localizar balizas en 121,5, 243 y 406 MHz. Las balizas que funcionan en 121,5 MHz y 243 MHz necesitan que el satélite tenga una visibilidad simultánea de la baliza y de la estación receptora del satélite para que el sistema produzca una alerta de socorro. En consecuencia, la cobertura geográfica de estas bandas de frecuencia viene dictada por el número y el emplazamiento de las estaciones receptoras de satélite. Todas las cargas útiles LEOSAR incluyen procesadores a bordo de búsqueda y salvamento y módulos de memoria para manejar las transmisiones de la baliza en 406 MHz. Se obtiene con ello una cobertura mundial almacenando los datos obtenidos del procesamiento a bordo de las señales de la baliza de 406 MHz en el módulo de memoria. El contenido del módulo de memoria se transmite continuamente por el enlace descendente del satélite. De esta manera, cada baliza de 406 MHz puede ser detectada por todas las estaciones terrenas de satélite que siguen a éste.

Las cargas útiles GEOSAR del COSPAS-SARSAT van instaladas en satélites meteorológicos y de comunicaciones múltiples. Estas cargas útiles incluyen las balizas de alerta casi instantánea de socorro en 406 MHz, pero no van equipadas con instrumentos para detectar las balizas en 121,5 ó 243 MHz. Como los satélites GEOSAR están fijos respecto a la Tierra, no hay efecto Doppler en la frecuencia recibida, y en consecuencia, no pueden utilizarse técnicas de localización Doppler. El sistema GEOSAR puede dar información de posición de la baliza cuando ésta adquiere dicha información a través de un dispositivo de navegación interno o externo y la codifica en la transmisión de la baliza.

Balizas de socorro

Los instrumentos espaciales del sistema COSPAS-SARSAT son compatibles con las balizas de socorro que transmiten en las frecuencias descritas anteriormente. Las balizas que funcionan en 406 MHz se diseñaron específicamente para la detección y localización por el sistema Cospas-Sarsat. Cuando se activan, transmiten un mensaje digital único de dicha baliza. Hay dos categorías principales de balizas en 406 MHz: las que transmiten datos de posición codificados adquiridos de los sistemas mundiales de navegación por satélite con identificación única (se denominan balizas de protocolo de localización) y las que transmiten únicamente la identificación única de la baliza (denominadas balizas de protocolo de usuario). En relación con las balizas de protocolo de usuario, el sistema COSPAS-SARSAT LEOSAR es capaz de determinar su localización utilizando técnicas de posicionamiento radioeléctrico Doppler, mientras que los sistemas GEOSAR pueden dar un

aviso de que la baliza se ha activado, pero sin información de localización. En relación con las balizas de protocolo de localización, ambos sistemas LEOSAR y GEOSAR dan información de localización. Las especificaciones eléctricas de las balizas de socorro en 406 MHz se indican con detalle en la Recomendación UIT-R M.633 titulada – Características de transmisión de un sistema de radiobalizas de localización de siniestros por satélite (RLS por satélite) que utiliza un sistema de satélites de órbita polar baja en la banda de 406 MHz.

Las balizas en 121,5 y 243 MHz son de una generación más antigua y no estaban diseñadas para la detección por satélite. En consecuencia, aunque son detectadas y procesadas por el sistema COSPAS-SARSAT, no reúnen todos los aspectos típicos de las balizas en 406 MHz. Por ejemplo, no transmiten un identificador único y su potencia de transmisión es significativamente inferior.

Estaciones receptoras de satélite

El sistema COSPAS-SARSAT incluye dos tipos genéricos de estaciones receptoras de satélite, las que interactúan con los satélites LEO (que se denominan terminales de usuario local LEOSAR o LEOLUT) y las que reciben y procesan señales de los satélites GEOSAR (denominadas GEOLUT). La función de las LUT es generar mensajes de alerta de socorro a partir del procesamiento de las señales del enlace descendente del satélite. Se puede mejorar la zona de cobertura local, la respuesta temporal y el nivel de redundancia que ofrece el sistema COSPAS-SARSAT, disponiendo las LEOLUT en múltiples emplazamientos distintos por todo el mundo.

Centros de control de misión

El sistema COSPAS-SARSAT incluye una red de centros de control de misión MCC interconectados a través de sistemas de comunicaciones redundantes. Las funciones principales de esta red son:

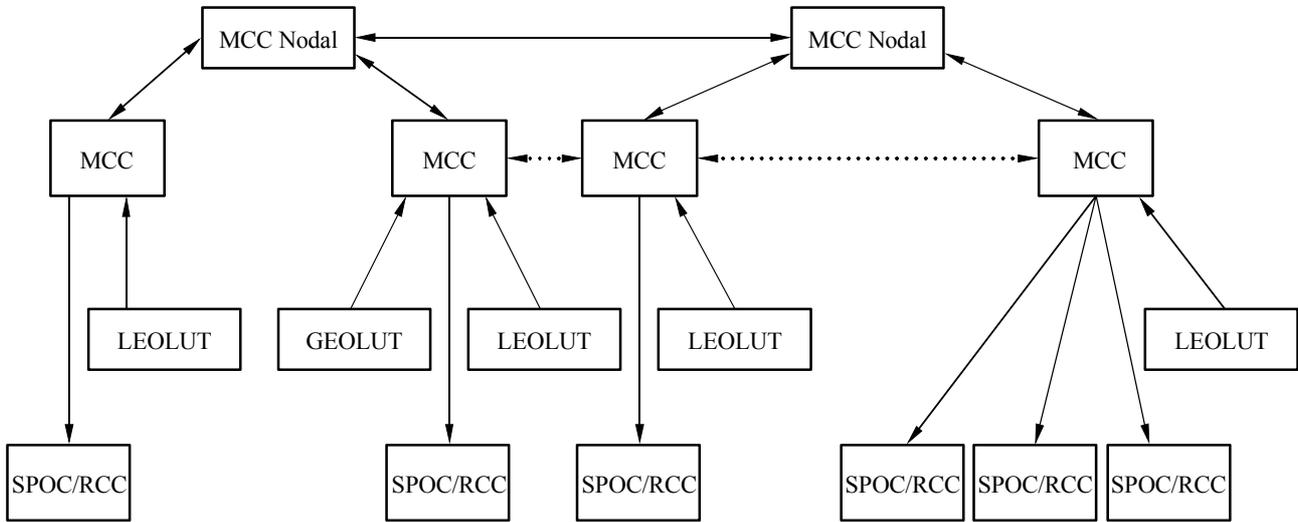
- recibir mensajes de alerta de socorro de las LUT y otros MCC y distribuirlos a las autoridades SAR responsables (denominadas puntos de búsqueda y salvamento de contacto o SPOC); y
- distribuir la información de situación del sistema necesaria para el funcionamiento eficaz de éste.

A fin de efectuar una distribución oportuna y fiable de la información de alerta y localización a las autoridades adecuadas de búsqueda y salvamento, el sistema COSPAS-SARSAT ha adoptado una infraestructura de telemando, control y comunicaciones basada en una jerarquía de MCC nodales, MCC, LUT y SPOC. Esta estructura que se representa en el diagrama siguiente (Fig. 13), permite también a las administraciones establecer acuerdos bilaterales para encargar el intercambio entre los MCC de la información de alerta (como se indica mediante la línea de puntos).

Información adicional

En la dirección de Internet de COSPAS-SARSAT, <http://www.cospas-sarsat.org/>, figura información adicional sobre el sistema COSPAS-SARSAT, incluyendo las especificaciones técnicas y las descripciones de los componentes del sistema. Además, pueden formularse cuestiones a la Secretaría de COSPAS-SARSAT en la dirección siguiente de correo electrónico: cospas_sarsat@imso.org.

FIGURA 13
Infraestructura COSPAS-SARSAT



4.2.3.2 Inmarsat-E

Las transmisiones Tierra-espacio de las RLS Inmarsat-E funcionan en frecuencias próximas a 1,6 GHz, en un tramo de la banda limitado específicamente a las aplicaciones de socorro y seguridad. Las unidades incorporan un receptor integral de radionavegación que utiliza el sistema mundial de determinación de posición (GPS) para determinar la posición de la RLS con una precisión de 200 m. Cuando se activa una RLS, la información se transmite a través de uno o más satélites Inmarsat a dos estaciones terrenas Inmarsat en tierra (lo que da la redundancia), las cuales lanzan una alarma que se transmite automáticamente a las autoridades de salvamento.

Las RLS Inmarsat-E son terminales de flotación libre (similares a boyas) o terminales portátiles de mano. Los terminales flotantes son adecuados para los grandes navíos. A fin de aumentar la seguridad, muchas de estas RLS se instalan con pantallas en el puente que indican la situación y la posición que da RLS. Las RLS portátiles de mano son adecuadas para los yates, botes de salvamento y otros barcos pequeños. Las RLS pueden ser activadas manualmente por el usuario o en el caso de los terminales flotantes, activarse automáticamente al sumergirse. Como mínimo el mensaje contendrá la identidad del terminal y su posición en el instante de la alerta. Los miembros de la tripulación pueden optar por incluir información adicional, apretando el botón pertinente, sobre el carácter de la emergencia.

La ventaja principal de las RLS que funcionan con satélites OSG es que la alerta se detecta casi instantáneamente (normalmente antes de 2 min de la transmisión). Una vez activados, los terminales Inmarsat-E continuarán transmitiendo de una manera intermitente predeterminada durante al menos 48 h, a menos que se desactiven manualmente. Las alertas pueden detectarse en satélites Inmarsat cuando proceden de barcos situados aproximadamente entre latitudes de 70° N y

70° S. Otras características de la RLS de Inmarsat-E son una gran intensidad, destellos luminosos con ciclo de trabajo reducido y una función de prueba interna automática. Algunos de los modelos tienen también la opción de incluir una baliza de transpondedor radar de búsqueda y salvamento o balizas de recalada en 121,5 MHz que permiten a las autoridades de salvamento localizar el navío una vez situado en la zona de la posición transmitida.

4.2.4 ETM de utilización especial

Hay dos aplicaciones no tratadas específicamente hasta ahora. La primera es la de los terminales de radiobúsqueda y mensajería, y la segunda es la de las aplicaciones semifijas.

Los terminales de radiobúsqueda y mensajería se diseñan para recibir mensajes de paquetes poco frecuentes o de datos cortos. Teóricamente, los terminales acusan también por medio de un canal de retorno la recepción correcta de los datos. Los terminales son unidades pequeñas y ligeras, relativamente económicas y con antena omnidireccional. Algunos operadores de sistemas móviles han incorporado márgenes muy amplios (10 a más de 15 dB) en su diseño del enlace del sistema para facilitar una cierta capacidad incorporada y de recepción sin visibilidad directa.

Una variante de los terminales de radiobúsqueda es la de los diseñados para facilidades de mensajería bidireccional. Son especialmente útiles cuando se añaden a la información de posición. Esta categoría de terminales incluye sistemas que funcionan en las bandas de 12/14 GHz utilizando técnicas de espectro ensanchado (empleadas principalmente para no causar interferencia a otros servicios que comparten la banda) y que tienen una antena de seguimiento del satélite direccional.

Otro tipo de terminales móviles de utilización especial son los terminales semifijos, diseñados para utilización en zonas distantes. Estos terminales se presentan en diversas formas que incluyen las cabinas telefónicas tradicionales, el equipo para instalación en domicilios o las redes de zona local con concentración de enlaces.

4.3 Características generales del segmento espacial del SMS

El segmento espacial se compone de los satélites y de la carga útil de comunicaciones necesaria para conectar a los usuarios móviles a las estaciones terrenas de enlace de conexión o directamente a otros usuarios móviles. Los satélites pueden estar situados en órbitas OSG o no OSG. Estos últimos suelen situarse en órbitas circulares en altitudes muy inferiores a la de la OSG. La elección de las características orbitales es un factor importante en el diseño del enlace de satélite, pues afecta a una amplia gama de factores distintos, tales como el número de satélites de la constelación, las pérdidas del trayecto entre el satélite y los terminales de usuario y el tipo de estaciones terrenas de enlace de conexión requeridas.

Otras características del segmento espacial se refieren al diseño del sistema de comunicación. Por ejemplo, si los satélites demodulan la señal antes de la transmisión, si emplean enlaces entre satélites, el número y el tamaño de los haces de satélite y el tamaño de las células solares desplegadas (que afecta a la cantidad de energía eléctrica disponible). Además, a diferencia de las antenas utilizadas en el segmento terreno, en el segmento espacial se emplean normalmente antenas separadas para las funciones de transmisión y recepción, a fin de no aumentar la recepción de productos de intermodulación generados en el satélite.

4.3.1 Sistemas de satélite del SMS OSG (internacionales y nacionales)

Hay muchos sistemas del SMS OSG en funcionamiento o planificados. Se mencionan las redes de satélite ASC (AMSC), AUSSAT (OPTUS), CELSAT, EMARSAT (THURAYA), GARUDA (ACeS), INMARSAT, ITALSAT, MARAFON, MARECS /ARTEMIS (ESA), MEASAT, MORE, MSAT (TMI), MTSAT, N-STAR, SOLIDARIDAD, COSPAS-SARSAT GEOSAR y VOLNA.

La mayoría de los sistemas del SMS OSG explotan sus enlaces radioeléctricos para la comunicación entre los satélites y los terminales móviles (enlaces de servicio) en las bandas de 1,5/1,6 GHz del SMS, y para los enlaces de comunicación entre los satélites y las estaciones terrenas de cabecera (enlaces de conexión) en las bandas de 4/6 GHz del SFS o en las de 10-12/13-14 GHz y 20/30 GHz del SFS. Por ejemplo, las señales de las estaciones terrenas de enlace de conexión transmisoras (Tierra-espacio) en la banda de 6 ó 14 GHz se reciben en el satélite y se retransmiten (espacio-Tierra) en la banda de 1,5 GHz para su recepción por los terminales móviles. En el sentido de retorno, las señales de enlace ascendente de los terminales móviles en la banda de 1,6 GHz que se reciben en satélite y se retransmiten por el enlace descendente en la banda de 4 GHz o de 10-12 GHz, se reciben en las estaciones terrenas de enlace de conexión. Algunos sistemas del SMS OSG explotan también enlaces de servicio en 2,5/2,6 GHz y se han planificado otros en las bandas de 2 GHz del SMS.

Además, los sistemas de satélite pueden tener transpondedores entre enlaces de conexión que permiten retransmitir las señales recibidas en las frecuencias de enlace ascendente de conexión (por ejemplo, en 6 ó 14 GHz) directamente por las frecuencias del enlace descendente de conexión (por ejemplo, en 4 ó 10-12 GHz). Esta facilidad permite la interconexión interna administrativa en el sistema sin tener que utilizar un espectro valioso del enlace de servicio. De forma similar, los sistemas pueden tener transpondedores entre enlaces de servicio que permiten las comunicaciones de móvil a móvil con un solo salto y utilizarlas en aplicaciones especiales, tales como las de operaciones de búsqueda y salvamento.

Las antenas de satélite del SMS OSG pueden desplegarse como haz único «mundial» que dé cobertura a la totalidad de la superficie visible de la Tierra desde el satélite, o como transmisiones de haces puntuales múltiples, más estrechos, que concentran la energía en regiones particulares. Para la cobertura de haz mundial se utilizan normalmente antenas con una ganancia máxima, comprendida entre 0 dBi y unos 20 dBi. Para la cobertura con haces puntuales, las ganancias máximas que se obtienen están en parte relacionadas con los desarrollos tecnológicos disponibles en el momento del diseño, y con otras consideraciones económicas. Las ganancias varían entre unos 27 dBi para los sistemas con 5 ó 6 haces puntuales que dan cobertura con cada uno a una zona del tamaño de un continente, a unos 44 dBi para los sistemas de diseño más reciente del SMS que pueden tener cientos de haces puntuales. Los sistemas de haz puntual tienen generalmente características avanzadas, tales como la capacidad de desviar potencia del satélite entre los distintos haces puntuales o entre distintas combinaciones de haces puntuales y haz mundial. Además, algunos de los sistemas más recientes de haz puntual se han diseñado también para contar con la capacidad de conformar su cobertura una vez en órbita. Esto permite, por ejemplo, la posibilidad de contrarrestar el efecto en la zona de cobertura del haz puntual resultante del movimiento de los satélites OSG que funcionan con ángulos de inclinación elevados, o conformar la cobertura dependiendo del desarrollo del tráfico.

Debe señalarse que las redes actuales del SMS OSG tienden todas a llevar transpondedores transparentes o los denominados de «guíaondas acodado» que simplemente amplifica y retransmite las señales sin la demodulación y la regeneración de banda de base. Ello ofrece la máxima flexibilidad en cuanto al tipo de tráfico que puede cursarse con las restricciones de los filtros de distribución en canales y del espectro disponible coordinado.

4.3.1.1 Selección de emplazamientos orbitales

Los satélites OSG se sitúan aproximadamente a 36000 km por encima del Ecuador en donde quedan prácticamente estacionarios vistos desde la Tierra. La ventaja de la órbita OSG es que no se precisa, o apenas, el traspaso entre haces de satélite o entre satélites distintos. Además, la utilización de antenas direccionales en el terminal móvil es más fácil en los sistemas OSG que en los no OSG, mejorando con ello los márgenes del enlace y facilitando los servicios de velocidades binarias superiores.

Algunas de las demás ventajas de los satélites OSG son que los procedimientos operativos, diseño del sistema, coordinación de frecuencias y entorno reglamentario están bien establecidos. Además, sólo se requiere un número limitado de satélites OSG para lograr una zona de cobertura determinada, reduciendo con ello los costos de lanzamiento y del segmento terreno. Por ejemplo, un único satélite puede dar una cobertura regional y tres o cuatro satélites son suficientes para la cobertura mundial. Por otro lado, la cobertura puede conformarse para adaptarse a regiones particulares de la tierra, tales como las masas terrestres únicamente.

Los satélites OSG son tradicionalmente muy grandes (masa superior a los 2000 kg) y pueden tener una vida útil de diseño prolongada (15 años o más). Al final de su vida útil, se empujan a una órbita superior para liberar el espacio valioso y escaso de la OSG (emplazamientos de longitud orbital registrados en la UIT) en el plano ecuatorial.

4.3.2 Satélites no OSG

Los sistemas del SMS no OSG que están en funcionamiento o próximos a la fase operacional son: ICO, IRIDIUM, GLOBALSTAR, COSPAS-SARSAT LEOSAR y ORBCOM. Otros sistemas se están también diseñando y financiando.

Estos sistemas pueden clasificarse en lo que se denomina sistemas gran LEO, diseñados para servicios de telefonía y de datos, y los sistemas pequeño LEO, diseñados para servicios únicamente de mensajería. Los sistemas gran LEO explotan normalmente sus enlaces de servicio en las bandas de 1,6, 2,5 ó 2 GHz y los enlaces de conexión de las bandas de 5/7 GHz o de 20/30 GHz. Los sistemas pequeño LEO utilizan normalmente las bandas de 137-138 MHz, 148-150 MHz y 400 MHz para los enlaces de servicio y de conexión. Las velocidades de datos que ofrecen normalmente los sistemas no OSG varían entre 2,4 kbit/s y 9,6 kbit/s.

Las arquitecturas del sistema de satélite que adoptan las diversas redes de sistema no OSG son todas distintas. Están relacionadas con las aplicaciones que ofrecen, con las frecuencias disponibles para el enlace de conexión y el de servicio, los requisitos en cuanto a capacidad de tráfico y las decisiones del diseño de ingeniería adoptadas por el operador del sistema.

Por ejemplo, la filosofía de diseño de la red de satélite Iridium se basa en el procesamiento a bordo para modular y regenerar señales en los satélites, y en la capacidad de conmutar y encaminar las llamadas entre los distintos satélites por enlaces entre satélite. Esta capacidad exige tecnologías de satélite y desarrollo avanzados. En comparación, la red de satélite Globalstar se basa en transpondedores simples con cambio de frecuencia y en la utilización del acceso múltiple por división de código (AMDC). Ello se traduce en una arquitectura de satélite más simple con un procesamiento a bordo del satélite comparativamente más pequeño. No obstante, exige una mayor estructura en tierra y otras nuevas técnicas de diseño, tales como las derivadas de la necesidad de un control de potencia preciso en los aparatos de mano para reducir el volumen de la autointerferencia, y técnicas que faciliten la conmutación del haz y el traspaso de satélite.

Una ventaja inherente de la utilización de satélites no OSG es que, debido a su movimiento relativo respecto al usuario, pueden incorporar una capacidad inherente de determinación de la posición, utilizando técnicas de pseudoalineamiento -sin la necesidad de incorporar receptores de radionivelación tales como los GPS en sus terminales. No obstante, al utilizar dicho método inherente, no puede obtenerse la precisión del sistema GPS.

4.3.2.1 Selección de los parámetros de la constelación

Los satélites no OSG normalmente se sitúan en órbitas circulares en altitudes muy inferiores a las de los satélites OSG. Ello ofrece la ventaja de reducir las pérdidas del trayecto hasta el terminal móvil (que van desde 11 dB a más de 30 dB por debajo de las de los sistemas OSG), así como una reducción significativa del retardo temporal de la propagación.

Los satélites no OSG normalmente están situados en altitudes por encima de 200 km para evitar la resistencia atmosférica y no se sitúan en los cinturones de Van Allen que son zonas de elevada radiación natural, centradas aproximadamente alrededor de 3 200 km y 7 600 km por encima de la superficie de la Tierra. La elección de la órbita depende a partir de ahí de la zona de cobertura del satélite. Cuanto mayor sea la altitud mayor será la zona de cobertura. En consecuencia, se requiere menos satélites en una constelación para dar una cobertura mundial ininterrumpida, así como traspasos menos frecuentes entre haces, al ser menores las velocidades. No obstante, el emplazamiento de los satélites en altitudes superiores incrementa las pérdidas del trayecto y el retardo temporal hasta los terminales móviles, respecto a los de altitudes inferiores.

La elección del número de satélites de una constelación depende además del grado de superposición que se requiera entre las huellas en el suelo de los satélites. Una superposición grande se traduce en la probabilidad de que haya más satélites visibles para los terminales móviles (lo que puede utilizarse para la diversidad de trayecto y la redundancia de satélites) y en ángulos de elevación superiores al satélite. No obstante, una superposición grande exige situar más satélites en la órbita, lo que se traduce en mayores costos del sistema y mayor complejidad de la red. Otro factor que influye en la cobertura es el ángulo de inclinación al satélite (ángulo entre el plano ecuatorial de la Tierra y el plano o planos reales de las órbitas de los satélites). Cuanto mayor sea la inclinación, la cobertura, con ángulos de elevación elevados, se concentrará más en las latitudes superiores.

Los sistemas LEO del SMS, tales como el Iridium, Globalstar y Orbcom, tienen altitudes orbitales comprendidas aproximadamente entre 700 km y 1 400 km, y vidas útiles de diseño de unos siete años. Otros sistemas del SMS no OSG, tales como el ICO, han optado por órbitas MEO, basando la constelación en una altitud de unos 10 400 km, y han obtenido vidas de diseño de unos doce años.

4.4 Interfuncionamiento con las redes terrenales

Para conectar la red de satélite del SMS con la red terrenal, se requerirá un cierto nivel de interfuncionamiento o de componentes de interfaz instalados en la estación terrena de enlace de conexión o de cabecera (y en la red terrenal), dependiendo de la red terrenal particular con la que tiene que conectarse el sistema del SMS.

4.4.1 GES y su explotación y gestión

4.4.1.1 Generalidades

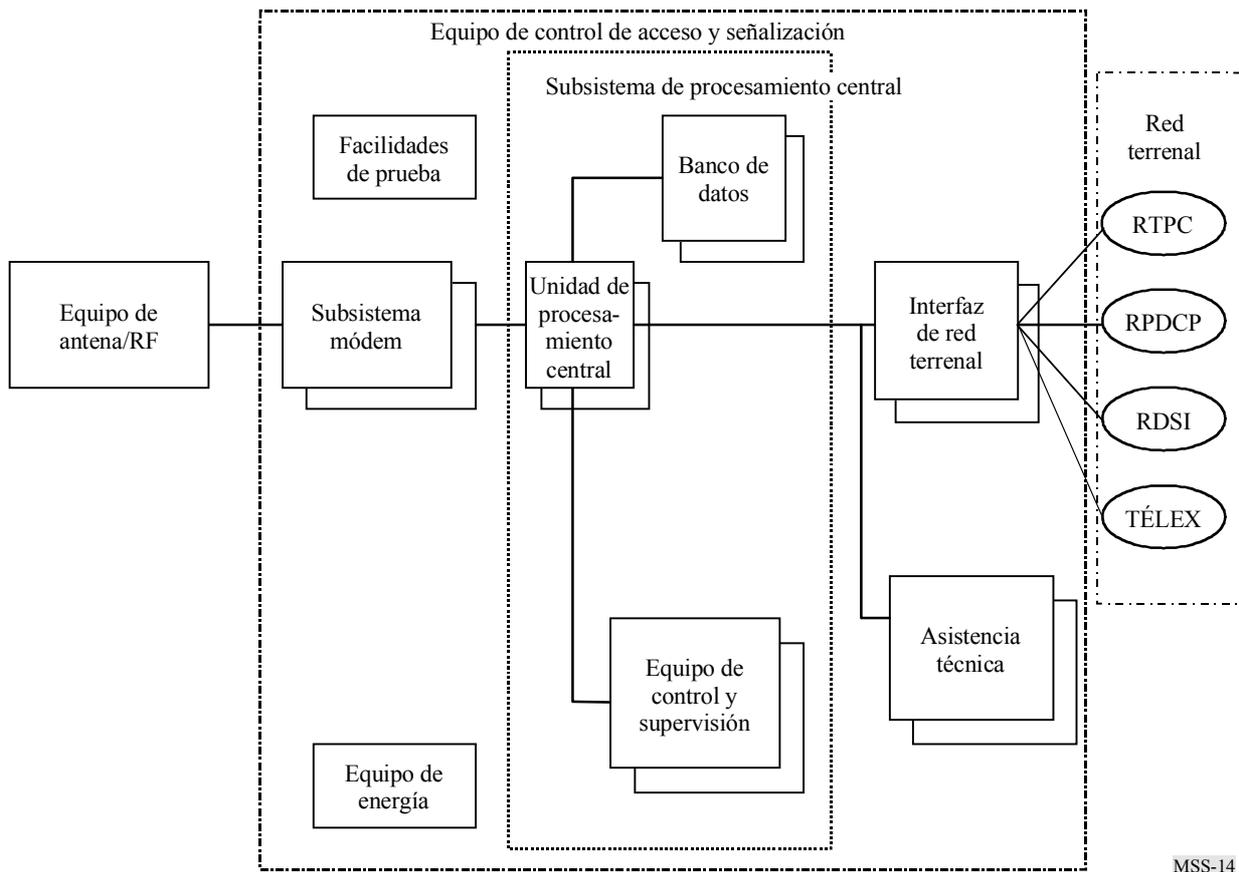
El equipo de GES suele constar de las siete categorías de funciones específicas siguientes:

- el sistema de antena (incluyendo los sistemas de seguimiento y servomecanismos);
- el equipo de banda ancha de RF (incluyendo los transmisores y los receptores de bajo nivel de ruido);
- el equipo de FI (incluyendo los moduladores, demoduladores y convertidores de frecuencia);

- el equipo de control de acceso y señalización (incluyendo el computador principal y el banco de datos);
- el equipo terminal (incluyendo el equipo de banda de base, de multiplexación y de enlace de microondas);
- el equipo y las facilidades de energía;
- el equipo de control y supervisión y las facilidades de prueba.

La Fig. 14 muestra una configuración típica de GES.

FIGURA 14
Configuración de estación terrena



Las operaciones y mantenimiento de la estación terrena exigirán el conocimiento y aptitudes especializados específicos del SMS.

4.4.1.2 Disposiciones de mantenimiento

4.4.1.2.1 Filosofía de mantenimiento y aprovisionamiento de repuestos

La responsabilidad principal del personal de mantenimiento en una estación terrena del SMS es la siguiente:

- reparación de las unidades averiadas;
- gestión del banco de datos;
- verificación y actualización del soporte lógico;
- mantenimiento periódico.

a) *Reparación de las unidades averiadas*

Para la reparación de una unidad averiada se han de seguir los pasos siguientes:

Paso 1: Diagnóstico sobre el terreno, ensayando y especificando los componentes averiados.

Paso 2: Sustitución de los componentes averiados.

Paso 3: Reparación de la unidad averiada.

En cada uno de los pasos anteriores pueden elegirse los enfoques de reparación entre el trabajo a cargo del fabricante o a cargo del personal de la estación terrena. Los enfoques adecuados de reparación pueden ser distintos dependiendo de la experiencia que se necesita y de los requisitos del equipo de prueba.

Los factores que afectarán a la elección del enfoque de reparación de un equipo particular son:

- fiabilidad;
- complejidad técnica y posibilidad de afectar al servicio;
- disponibilidad de personal con las aptitudes necesarias para emprender la reparación;
- tipo, número y costo de los repuestos;
- equipo de prueba y documentación necesarios.

b) *Gestión del banco de datos*

El personal de la estación terrena tiene que llevar diversas tablas en bancos de datos que forman parte del trabajo de mantenimiento. El personal de mantenimiento ha de gestionar dichos bancos de datos. Ejemplos de esas tablas son:

- la lista de terminales móviles;
- la lista de códigos de acceso especial;
- la tabla de códigos de país;
- la lista de usuarios registrados;
- el diario y los datos de facturación.

La lista de terminales móviles incluye diversas indicaciones del estado de cada terminal móvil, tales como los de ocupado/en reposo, estado de puesta en servicio, etc. Si el nuevo terminal está registrado en la red, el personal de la estación terrena debe introducir la información en el banco de datos.

En algunas redes, se utiliza la lista de códigos de acceso especial para el grupo de apoyo, el centro de coordinación de salvamento, etc. El código de acceso especial no se utiliza únicamente para el encaminamiento a números especiales, sino para el encaminamiento a servicios de valor añadido por la estación terrena.

La estación terrena tiene una tabla de códigos de país para el encaminamiento de las llamadas internacionales. El mantenimiento de la lista de usuarios registrados para el servicio especial corre a cargo de la estación terrena. Dicha estación terrena produce a menudo datos de diario/facturación.

c) *Verificación y actualización del soporte lógico*

Una estación terrena del SMS incluye el programa de soporte lógico en el equipo de control de acceso y señalización (ACSE) y/o en la unidad de canales, para la asignación y la señalización. Cuando se actualiza ese soporte lógico, el personal de la estación terrena tiene que trabajar en las pruebas y la actualización de dicho soporte lógico.

Si el nuevo soporte lógico no funciona adecuadamente, el servicio puede experimentar daños importantes. Con un pequeño sistema de eliminación de parásitos se pueden evitar dichos problemas.

d) *Mantenimiento periódico*

Los operadores de la estación terrena tienen que efectuar un mantenimiento y calibración periódicos del equipo, a fin de mantener en un buen nivel la calidad del servicio. El mantenimiento del computador principal para el equipo ACSE correrá a cargo del personal del fabricante, mientras que el personal de la estación terrena será capaz de mantener el equipo radioeléctrico, la interfaz terrenal, el equipo de pruebas y otros.

4.4.1.2.2 Equipo de prueba

En una estación terrena de satélite se requieren diversos tipos de equipo de prueba para el trabajo de mantenimiento. El proveedor de la red de telecomunicaciones por satélite (por ejemplo, Inmarsat, Iridium e ICO) publica normalmente un manual de operaciones para las estaciones terrenas de satélite. La gama y el tipo de equipos de prueba necesarios en una estación terrena de satélite se indicará en el manual.

Al considerar el aprovisionamiento de equipo de prueba distinto del recomendado, es importante tener en cuenta la necesidad de compatibilidad. Otros factores significativos son los de facilidad de operación y la facilidad para efectuar las reparaciones y calibraciones.

Se recomienda vivamente que el equipo de prueba para fines particulares esté normalizado en todas las estaciones terrenas de una administración.

Las facilidades para la reparación y calibración del equipo de prueba son fundamentales. Pueden obtenerse en talleres/laboratorios locales o regionales o mediante acuerdos con el fabricante del equipo de prueba o sus agentes.

4.4.1.2.3 Factores de calidad

Los operadores de estación terrena han de supervisar constantemente si la calidad total ha de mantenerse a un nivel adecuado.

Dado que los datos necesarios se registran de forma regular, se supervisan constantemente la idoneidad de la capacidad de la planta exterior y las disposiciones de mantenimiento; ello permite adoptar oportunamente las decisiones de gestión encaminadas a garantizar la eficacia adecuada de la estación.

4.4.1.3 Filosofía y disposiciones de explotación

4.4.1.3.1 Filosofía de explotación

La responsabilidad principal del personal de explotación en una estación terrena del SMS es la siguiente:

– *Tratamiento de la comunicación SMSSM*

Muchas estaciones terrenas del SMS tratan comunicaciones de socorro/urgencia/seguridad y deben estar conectadas a un centro de coordinación de salvamento. En algunas administraciones, el personal de explotación tendrá que supervisar dichas comunicaciones y reanudar la conexión si falla el encaminamiento automático.

– *Pruebas de puesta en servicio*

En algunos sistemas (por ejemplo, en el sistema Inmarsat-A), el personal de explotación tiene que apoyar las pruebas de puesta en servicio del terminal móvil. En dicho caso, se dispondrá de un programa de pruebas y se realizarán los ensayos con el usuario del terminal móvil.

– *Asistencia técnica*

El personal de explotación de las estaciones terrenas del SMS tendrá que prestar asistencia técnica al usuario final del terminal móvil. La conexión mediante un código de acceso especial es muy conveniente.

– *Bloqueo y desbloqueo*

En el caso de que el cliente no pague las comunicaciones, el personal de operaciones tendrá que realizar una función de bloqueo, si es necesario. Dicho personal tendrá que desbloquear las comunicaciones una vez corregida la situación anormal.

4.4.2 Conexiones con la red telefónica y de datos

Por lo general, como los protocolos de transmisión por satélite son únicos de la red del SMS o incluso de un tipo de terminal particular que requiera la interconexión, se precisa un dispositivo específico para la mediación entre el protocolo del satélite y el protocolo terrenal que forme parte del conjunto del equipo de la estación terrena.

a) *Conexión con la RTPC*

En los sistemas del SMS tales como Inmarsat, se adopta un protocolo de satélite y un módulo de códec vocal únicos para cada sistema (Inmarsat-A, B, M, Mini-M, Aero, etc.). En este sentido, las estaciones terrenas costeras de Inmarsat suelen contar con los dispositivos de interfaz para la red de satélite y para las redes terrenales adecuadas. Un subsistema conocido como «componente de interfaz del satélite» llevará entonces varios tipos de interfaz de satélite para telefonía, facsímil y datos, etc. El subsistema correspondiente conocido como «componente de interfaz terrenal» convertirá los datos al protocolo de señalización terrenal adecuado, por ejemplo, al sistema de señalización N°. 5 o al N°. 7.

b) ***Conexión con la RDSI***

Recientemente, se han mejorado algunos servicios de los sistemas del SMS para adaptarse a las necesidades del cliente en cuanto a transmisión de datos en gran velocidad, por ejemplo, para velocidades de información de hasta 64 kbits/s o incluso superiores. Cuando estos servicios de datos en alta velocidad se facilitan por el enlace de satélite, suele requerirse una interfaz RDSI terrenal en la estación terrena del sistema del SMS en cuestión. Un modelo típico para la conexión con la RDSI como red terrenal sería similar al de los subsistemas descritos anteriormente. No obstante, en este caso, el componente de la interfaz terrenal tendrá la función de tratamiento del protocolo de señalización RDSI. Como alternativa, si no hay un componente de interfaz terrenal, puede insertarse una unidad de interfuncionamiento (IWU) entre el componente de interfaz terrenal que está equipado para la RTPC y la red RDSI -a fin de convertir el protocolo RTPC en protocolo RDSI y viceversa.

c) ***Conexión con la RPDCP***

Si se adopta la RPDCP para el enlace terrenal, la estación terrena del sistema del SMS suele ensamblar los datos por paquetes recibidos de los terminales móviles. Cuando es así, la estación entrega los mensajes por la RPDCP con el formato requerido y viceversa. Una configuración típica de estación terrena será similar a la que se necesita para la conexión con la RTPC, pero en este caso, el procesamiento en la estación terrena entre el componente de interfaz de satélite y el componente de interfaz terrenal (un denominado «componente de procesamiento central») tendrá que tener una función que reagrupe los datos, y el componente de interfaz terrenal tendrá que llevar una unidad de conversión de protocolos para la X.25 o la X.75.

d) ***Conexión con Internet***

La transmisión por paquetes IP se ha convertido en una de las aplicaciones importantes en las redes recientes de comunicación. En algunos sistemas del SMS, la transmisión de paquetes IP ya está en servicio o se está desarrollando. Utilizando enlaces de comunicaciones móviles por satélite digitales de velocidad relativamente elevada, dichos sistemas del SMS ofrecen la capacidad de transmisión por paquetes IP, necesitándose generalmente alguna adaptación para encajar los paquetes IP en el formato de trama digital del enlace de satélite. También es posible compartir un enlace de satélite entre varias conexiones de trenes de paquetes IP dirigidos a destinos distintos. La unidad de interfaz de banda de base en la estación terrena de cabecera debe contar con dichas funciones de adaptación. Esta opción de interfaz permite la interconexión de enlaces de satélite con la red Internet terrenal a través de un encaminador en la GES.

4.4.3 Conexión con los sistemas móviles terrenales (por ejemplo, IMT-2000)

El diseño de las IMT-2000 reconoce que, logrando la compatibilidad, la uniformidad de funciones y el interfuncionamiento, puede considerarse que las componentes terrenal y de satélite son independientes entre sí en cuanto a los recursos operacionales y, de forma similar, son independientes de las redes fijas. Además, los sistemas de satélite IMT-2000 pueden diseñarse para crear extensiones de satélite de las redes terrenales, ampliando con ello la zona en la que una red con funcionalidad IMT-2000 puede prestar directamente servicio. En este momento, se han previsto probablemente tres escenarios distintos de despliegue de la componente de satélite de las IMT-2000. Se remite al lector a las explicaciones más detalladas sobre este particular en las Recomendaciones UIT-R, tales como la Recomendación UIT-R M.817 y los documentos de trabajo del Grupo de Trabajo 8F (GT-8F) de Radiocomunicaciones.

4.5 Principios de ingeniería de sistema del SMS

4.5.1 Cobertura de la antena del sistema y diagramas de haz

El diseño de la antena del satélite es una de las áreas más especializadas de la tecnología de vehículos espaciales y constituye un aspecto muy importante de los subsistemas de carga útil en los satélites del SFS y del SMS, debido principalmente a las limitaciones del espectro disponible, el aumento de las necesidades de capacidad de los usuarios de los satélites y, evidentemente, la situación actual de congestión asociada a la órbita OSG. La tecnología avanzada de antenas puede permitir aumentar la reutilización de frecuencias por medio de la polarización ortogonal o la discriminación espacial entre haces. Aunque escapa del alcance de este Manual profundizar en la teoría del diseño de antenas de satélite, baste señalar ciertas características clave de las antenas de satélite que pueden afectar a la calidad en una red determinada del SMS, así como a la capacidad de reducir la vulnerabilidad de dicha red a la interferencia procedente de otros sistemas del SMS.

Las características más importantes de una antena de satélite son:

- el contorno de cobertura (configuración del haz);
- la forma del diagrama y los niveles de lóbulos laterales;
- la pureza de la polarización;
- la capacidad de tratamiento de la potencia;
- la capacidad de detección de RF (de haberla).

Cobertura

La zona de cobertura vista desde el satélite se define generalmente mediante contornos de igual ganancia o igual p.i.r.e. En los primeros satélites del SMS, así como en los satélites del SFS, las antenas de los satélites estaban constituidas por un reflector alimentado mediante bocinas de alimentación circulares, generalmente «bocinas mundiales», que están configuradas para iluminar la Tierra con un haz cónico aproximadamente igual al ángulo subtendido por la Tierra en el satélite (en la OSG), de unos $17,3^\circ$, generando con ello un haz llamado mundial.

No obstante, resulta claramente ineficaz iluminar zonas de la Tierra separadas de los clientes a los que se da servicio, por lo que los satélites recientes emplean antenas de haz conformado que radian dentro de los contornos de la zona de servicio y minimizan el desbordamiento de la energía de RF en zonas separadas de la de servicio. Cuando se emplean haces conformados en el lado de recepción del satélite (enlace ascendente), es posible reducir los requisitos de potencia del enlace ascendente en la estación terrena y con ello, el costo de dichas estaciones.

Forma del diagrama y nivel de lóbulos laterales

Aunque no se especifican en el RR, excepto para el caso de los satélites de radiodifusión directa, en el Apéndice 30 del RR, la utilización de niveles de lóbulos laterales de caída «rápida» reduce los niveles de interferencia causados a los enlaces descendentes de sistemas de satélite adyacentes y reduce la vulnerabilidad de un sistema determinado a la interferencia procedente de las estaciones terrenas de redes de satélite adyacentes.

Pureza de la polarización y reutilización de frecuencias

Las limitaciones del espectro disponible para el SMS, así como en las bandas del SFS utilizadas por los enlaces de conexión del SMS, y la congestión de la órbita OSG se traducen en una necesidad creciente de reutilización de frecuencias por medio de la discriminación de polarización. Dicha reutilización puede obtenerse normalmente sólo en los tramos del enlace de conexión de los sistemas del SMS, debido a que la pureza de la polarización no es la adecuada en las antenas de la estación terrena de comunicaciones móviles por satélite. Puede utilizarse la polarización circular ortogonal o la polarización lineal (vertical/horizontal). Puede obtenerse un aislamiento de polarización de unos 27 dB o más con un diseño preciso de las antenas de satélite del enlace de conexión.

Discriminación de haz (espacial)

Cuando las zonas de servicio pueden ser cubiertas por haces bien aislados como los distintos haces puntuales de los satélites Inmarsat-III, dos haces bien separados pueden utilizar las mismas bandas de frecuencia. Dos redes que coordinen su utilización de la misma banda de frecuencias del SMS pueden también funcionar en modo cocanal en un tramo de su gama de sintonía, si sus haces puntuales respectivos no se superponen y si dan cobertura a regiones de la Tierra que están bien separadas.

Capacidad de tratamiento de potencia

Las sucesivas generaciones de las redes SMS radian valores de p.i.r.e. cada vez mayores. Esta evolución introduce demandas crecientes en los diseños de los sistemas de alimentación por lo que se refiere al control térmico y a la supresión de productos de intermodulación.

Capacidad de detección de RF

Aunque atañe más a los sistemas nacionales del SFS, es posible, en los casos en que la apertura del haz de la antena del satélite sea pequeña, que un satélite del SMS emplee un sistema de detección de RF que siga a una baliza en tierra, utilizándola para corregir automáticamente toda desviación en la dirección del haz. Este sistema es análogo a los sistemas de seguimiento monopulso utilizados ocasionalmente en las antenas de estación terrena que emplean cuatro alimentadores de bocina para generar los diagramas suma y diferencia con los que dirigen el haz principal de la antena hacia una señal de baliza radiada por el satélite.

Antenas de radiación directa y/o sistemas de antena en fase

Los avances recientes de la tecnología han hecho posible construir antenas de sistema controlado en fase compuestas de un grupo de radiadores individuales o de alimentadores de bocina distribuidos (generalmente en un polígono bidimensional) de forma que iluminen un único sistema reflector, o pueden utilizarse en un modo de radiación directa, denominándose entonces antena de radiación directa (DRA). Este último diseño se emplea en el vehículo espacial ICO del SMS para generar 163 haces puntuales (con 127 elementos de alimentación). La excitación en amplitud y en fase de cada radiador de la DRA puede controlarse individualmente para constituir un haz radiado de prácticamente cualquier forma deseada, o la posición del haz en el espacio puede controlarse electrónicamente ajustando la fase de la excitación en los radiadores individuales. De esta manera, la exploración del haz se realiza manteniendo fijos físicamente el reflector de antena o el sistema de alimentación. También es posible reconfigurar el haz con una DRA. En este caso, la forma del haz puede modificarse generando un nuevo grupo de excitaciones en amplitud y fase. Dicho grupo de excitaciones puede fijarse para un periodo de tiempo y a continuación permanecer durante un periodo posterior, por ejemplo, a lo largo de distintos periodos de una órbita.

Importancia de la antena del satélite en la compartición y utilización de frecuencias entre sistemas

Sólo hay un número limitado de variantes para que una red de satélite del SMS pueda discriminar las señales interferentes cocanal o de canal adyacente procedentes de otra red de satélite, o aislarse de ellas, suficientemente, para lograr su objetivo de interferencia:

- utilizando la directividad de las antenas de *satélite* receptoras/transmisoras;
- utilizando la directividad de las antenas de estación terrena transmisoras/receptoras;
- utilizando polarizaciones opuestas en los canales deseado e interferente;
- entrelazando canales para evitar un funcionamiento plenamente cocanal.

La medida en que puedan utilizarse estos cuatro mecanismos para lograr la totalidad o parte del aislamiento entre sistemas necesario depende del tamaño de las antenas de estación terrena y de estación espacial, de las posiciones orbitales (es decir, en la OSG) y de la cobertura geográfica de los satélites en los dos sistemas, de la medida en que cada uno de los mecanismos pudiese ya emplearse para reutilizar frecuencias en las redes individuales del SMS y del costo y los factores operacionales.

4.5.2 Modulación de la portadora y técnicas de acceso múltiple

4.5.2.1 Modulación de la portadora

Las condiciones operacionales de los enlaces de satélite del servicio móvil incluyen diversas limitaciones y factores de degradación que son inherentes a los sistemas de dichos satélites. Las primeras generaciones de sistemas de satélite del servicio móvil utilizaron en primer lugar la modulación analógica para la transmisión telefónica. Posteriormente se desarrollaron los sistemas de transmisión digital para lograr una mejor calidad de la transmisión. La modulación digital se introdujo recientemente en combinación con los esquemas de corrección de errores. En este punto se ofrece una panorámica de las técnicas de modulación de la portadora y de codificación, prestando atención especial a las características operativas de los sistemas de satélite del servicio móvil.

4.5.2.1.1 Características de los enlaces de satélite del servicio móvil

En la transmisión por un enlace de satélite del servicio móvil intervienen diversos factores inherentes a los sistemas de dichos satélites. Las características típicas de los enlaces de satélite del servicio móvil incluyen los factores siguientes que se tendrán en cuenta al seleccionar los esquemas de modulación y codificación y el diseño del enlace.

a) Condiciones de propagación

Las ETM se explotarán en diversas condiciones de propagación de los sistemas de satélite del servicio móvil. En particular, en los sistemas de satélite de los servicios móviles marítimo y aeronáutico, los desvanecimientos por propagación multitrayecto debida a la reflexión de la superficie del mar son un factor típico en las condiciones de transmisión. La combinación de un trayecto directo de propagación y de un trayecto de reflexión múltiple se suele asociar a un modelo de «desvanecimiento de Nakagami-Rice» que es diferente del «desvanecimiento de Raleigh» de los sistemas móviles terrestres.

También debe tenerse en cuenta el error de puntería cuando se emplea una antena direccional para una ETM, en particular para los terminales a bordo de barcos o de aeronaves. También puede haber error de puntería en la explotación de una ETM portátil.

El efecto de ensombrecimiento es otro factor a tener en cuenta en la ETM terrestre. En el entorno de una estación de este tipo, no hay garantía de visibilidad directa hacia el satélite OSG o no OSG, debido al bloqueo de edificios o al ensombrecimiento de la vegetación. El bloqueo debido a edificios puede dar lugar a una interrupción breve de un enlace, mientras que el ensombrecimiento ligero debido a la vegetación puede dar lugar a desvanecimientos de atenuación considerable.

Teniendo en cuenta estos factores de degradación en la propagación, el diseño del sistema debe emplear esquemas de modulación y de codificación que sean suficientemente resistentes, y el diseño del enlace debe tener un margen suficiente de reserva para lograr la disponibilidad requerida.

b) *Limitación de potencia y no linealidad*

Las ETM tienen que funcionar con múltiples limitaciones. El tamaño de la antena suele ser pequeño para garantizar el funcionamiento en las condiciones móviles. Ello se traduce en una relación G/T reducida que repercute intensamente en el diseño del enlace. La potencia de transmisión de la estación terrena móvil está limitada, en particular en los terminales de mano, a fin de proteger a los usuarios de la radiación de RF y debido a limitaciones de la alimentación de energía de la batería.

Conviene aumentar la potencia de transmisión del satélite a fin de superar la G/T reducida de las ETM. La utilización de antenas de satélite de haz puntual o de grandes antenas desplegadas contribuirá a aumentar la p.i.r.e. del satélite. Con una alimentación de energía en el satélite limitada, cabe esperar lograr una potencia de salida superior con un amplificador de gran potencia. La falta de linealidad se presenta entonces como problema cuando dichos amplificadores de gran potencia funcionan con una pequeña reducción de la potencia de salida, próxima a la saturación. La intermodulación debida a la no linealidad es uno de los factores de degradación predominantes en la amplificación habitual de las portadoras SCPC, con restricciones de limitación de potencia.

Debido a las condiciones mencionadas, el diseño del enlace de los sistemas de satélite del servicio móvil suele estar limitado en potencia. La utilización de las técnicas de corrección de errores es muy útil en dichas circunstancias. El ajuste de la frecuencia de la portadora también resulta eficaz para reducir el efecto de la no linealidad, de forma que los productos de intermodulación caigan en tramos de frecuencia no utilizados.

c) *Deriva Doppler*

La deriva Doppler es otro de los factores típicos de los sistemas de satélite del servicio móvil. En los sistemas de satélite del servicio móvil aeronáutico, el movimiento de la estación terrena a bordo de aeronave a gran velocidad da lugar a una deriva Doppler, incluso en un sistema de satélite OSG. En el caso de sistemas no OSG, la deriva Doppler es inevitable debido al movimiento de los satélites. El efecto de la deriva Doppler no suele ser despreciable en el funcionamiento estable de los demoduladores. En esos casos, el efecto de la deriva Doppler es tan grande que se necesita introducir el CAF (control automático de frecuencia) para abarcar una amplia gama de desviaciones de frecuencia.

4.5.2.1.2 Modulación analógica

La modulación analógica se utilizó por primera vez para las transmisiones vocales en la primera generación de sistemas de satélite del servicio móvil. La modulación de frecuencia (MF) ha sido el esquema más utilizado de modulación. En la transmisión de un canal vocal, la MF de banda estrecha era adecuada para la modulación de una sola portadora. Por ejemplo, el sistema INMARSAT Standard-A emplea la SCPC/MF para los servicios de telefonía. Combinándola con la transmisión MF en banda estrecha, se utilizó en ocasiones la compansión silábica para mejorar la relación S/N del circuito vocal de banda de base.

El Cuadro 5 muestra parámetros típicos de portadora SCPC/MF en un ejemplo de Inmarsat-A.

CUADRO 5

Ejemplos de parámetros de SCPC/MF

Frecuencia de banda de base	0,3-3,0 kHz
Desviación máxima de frecuencia	12 kHz
Separación de portadoras	25 kHz
Compansor silábico	2:1 (Rec. UIT-T G.162)
S/N de la banda de base	46 dB

NOTA – Parámetros de Inmarsat-A.

4.5.2.1.3 Modulación digital

Los sistemas de satélite del servicio móvil de la generación actual suelen emplear la modulación digital que es más provechosa en términos de eficacia de utilización de la banda de frecuencias y economía de potencia de transmisión. A pesar de los diversos factores de degradación de la transmisión mencionados, es posible utilizar esquemas de modulación digital en los sistemas de satélite del servicio móvil. La modulación por desplazamiento de fase (MDP) es el esquema más utilizado en dichos sistemas. La modulación por desplazamiento de fase binaria (MDP-2) se utiliza cuando un enlace de satélite del servicio móvil está sometido a una condición estricta de limitación de potencia. La MDP-4 se utiliza más frecuentemente y se considera más eficaz en el entorno de transmisión que implica condiciones de no linealidad y de limitación de anchura de banda. Los tipos de MDP-4 utilizados a menudo en los sistemas de satélite del servicio móvil incluyen la MDP-4 con desplazamiento de $\pi/4$ y la modulación por desplazamiento de fase en cuadratura descentrada (OQPSK). Esta última tiene una temporización de modulación diferente en los canales I y Q, de forma que la temporización de modulación lleva retrasos de medio símbolo entre sí. En la MDP-4 con desplazamiento de $\pi/4$, 2 bits de información corresponden a desplazamientos de fase de $\pm\pi/4$ o $\pm 3\pi/4$. Con estos esquemas de modulación se pueden evitar desplazamientos de fase de hasta π en todo instante de modulación. Es posible entonces reducir la fluctuación de envolvente, lo que es preferible en el entorno de transmisión mencionado.

El Cuadro 6 muestra ejemplos típicos de modulación digital con parámetros fundamentales.

CUADRO 6

Ejemplos de portadoras digitales

	Velocidad binaria	Ejemplo de sistema
MDP-2	1 200 bit/s 4 800 bit/s 1 200 bit/s	Inmarsat-A, portadora MDT Inmarsat-A, portadora AMDT Inmarsat-C
MDP-4	56/64 kbit/s 50 kbit/s 36 kbit/s	Inmarsat A-HSD Sistema A, Rec. UIT-R M.1184-1, Cuadro 4a Sistema F, Rec. UIT-R M.1184-1, Cuadro 4a
OQPSK	24 kbit/s 21 kbit/s 8 kbit/s	Inmarsat-B Inmarsat aeronáutico Inmarsat-M
MDP-4 con desplazamiento $\pi/4$	14 kbit/s	N-Star

4.5.2.1.4 Codificación para la corrección de errores

Generalmente no es fácil asegurar en los sistemas de satélite del servicio móvil una relación de potencias de portadora/ruido (C/N) suficientemente elevada en el diseño del enlace, debido a los diversos factores descritos más arriba. En dicha situación, la aplicación de códigos de corrección de errores es un medio muy eficaz para mejorar la calidad en términos de errores binarios en la transmisión digital.

Los códigos de corrección de errores utilizados más frecuentemente son los códigos convolucionales de velocidad 1/2 y 3/4. Como se añaden bits redundantes, la velocidad de transmisión aumenta en la codificación para corrección de errores. La codificación de velocidad 1/2 exige doblar la velocidad de transmisión porque se añade el mismo número de bits redundantes a la secuencia binaria de información original. El código convolucional de velocidad 1/2 produce una mejora de la calidad en cuanto a errores binarios superior a la del código de velocidad 3/4, aunque el código de velocidad 1/2 exige un aumento mayor de la velocidad de transmisión. Los códigos convolucionales perforados que se derivan de los códigos convolucionales convencionales son más eficaces. Un código convolucional perforado derivado de un código convolucional de velocidad 1/2 es capaz de lograr una corrección de errores igualmente eficaz con un aumento menor de la velocidad de transmisión que el código de velocidad 1/2.

La decodificación de Viterbi es la forma de decodificar los códigos convolucionales. La calidad de la decodificación de Viterbi puede aún mejorarse mediante la «decisión flexible» que utiliza una detección de múltiples niveles, en vez de la detección binaria (0 ó 1).

Estos códigos de corrección de errores son menos eficaces en el caso de errores en ráfagas. Un método eficaz para reducir la degradación debida a los errores en ráfagas es el entrelazado binario. Un entrelazador binario registra la secuencia binaria para distribuir la serie de errores en ráfagas a fin de que parezcan como errores aleatorios.

El Cuadro 7 resume ejemplos típicos de codificación para corrección de errores en sistemas de satélite del servicio móvil.

CUADRO 7

Ejemplos de códigos para corrección de errores

Código convolucional de velocidad 1/2	Inmarsat-B, canal de señalización Inmarsat-C Inmarsat aeronáutico
Código convolucional perforado de velocidad 3/4	Inmarsat-B, canal vocal

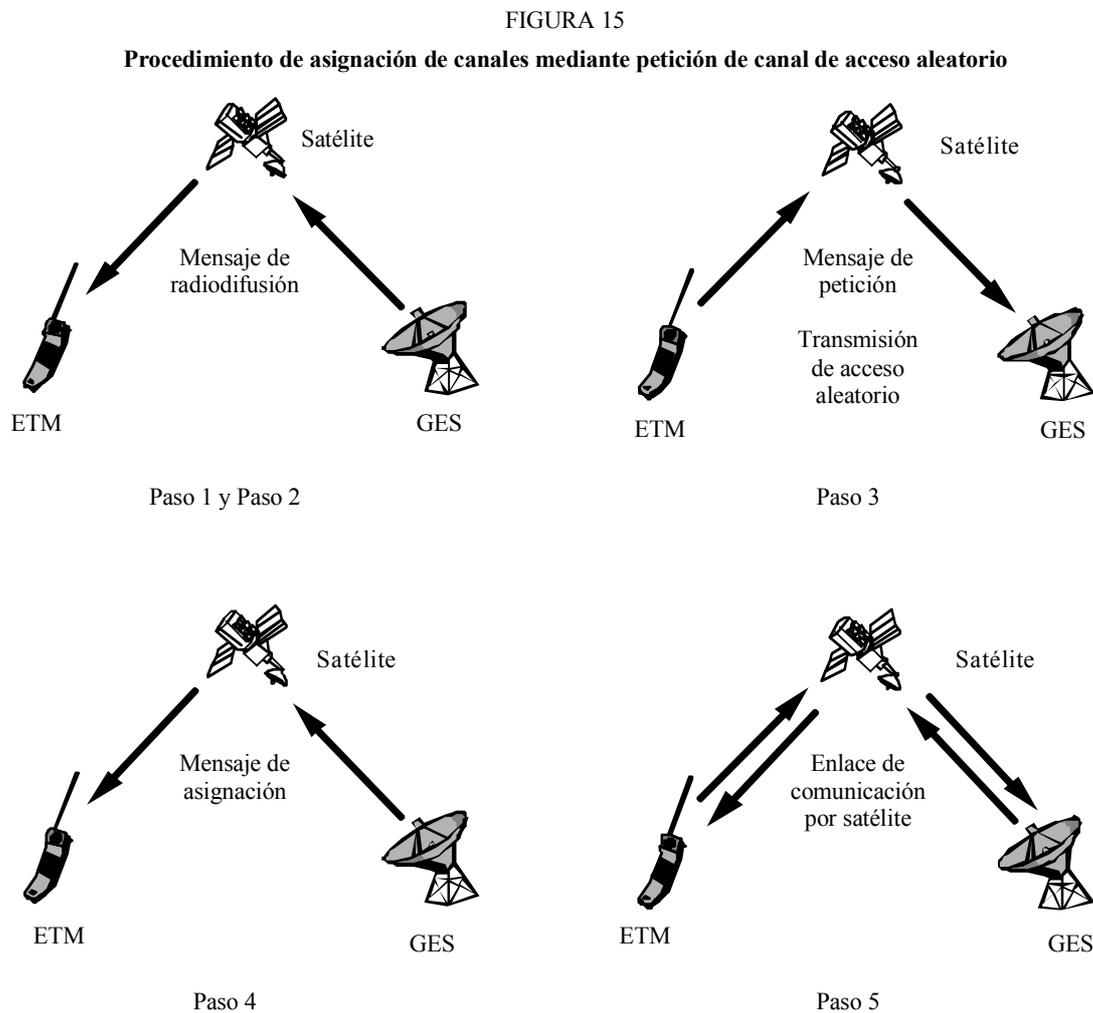
4.5.2.2 Esquemas de acceso múltiple

Los sistemas de satélite del servicio móvil suelen explotarse sobre una base de asignación por demanda, a fin de dar servicio a un gran número de estaciones terrenas móviles con una capacidad limitada de transpondedores de satélite. Se utilizan diversas técnicas de acceso múltiple para compartir el transpondedor del satélite entre una serie de estaciones terrenas móviles. Los métodos de acceso múltiple utilizados en los sistemas de satélite del servicio móvil son el acceso múltiple por división de frecuencia (AMDF), el acceso múltiple por división en el tiempo (AMDT) y el AMDC que dan cabida a múltiples enlaces de satélite hacia una serie de terminales móviles.

El acceso múltiple con asignación por demanda (DAMA) exige un mecanismo para interrogar a un canal de satélite e informar a la ETM solicitante sobre la asignación del canal. Para la petición del canal, las ETM envían un mensaje de petición sobre una base de acceso aleatorio. Se emplea a continuación un control del acceso aleatorio, tal como el ALOHA para solicitar la transmisión del mensaje.

4.5.2.2.1 Canales de acceso aleatorio para el acceso múltiple por asignación según demanda

Los sistemas de satélite del servicio móvil suelen dar cabida a un gran número de estaciones terrenas móviles que establecen un enlace de satélite sobre una base de petición. El procedimiento descrito en el § 4.1.3.4 muestra un concepto básico de control de la asignación del canal según la demanda que implica un funcionamiento del canal de petición por acceso aleatorio. La Fig. 15 ilustra el concepto de este procedimiento.



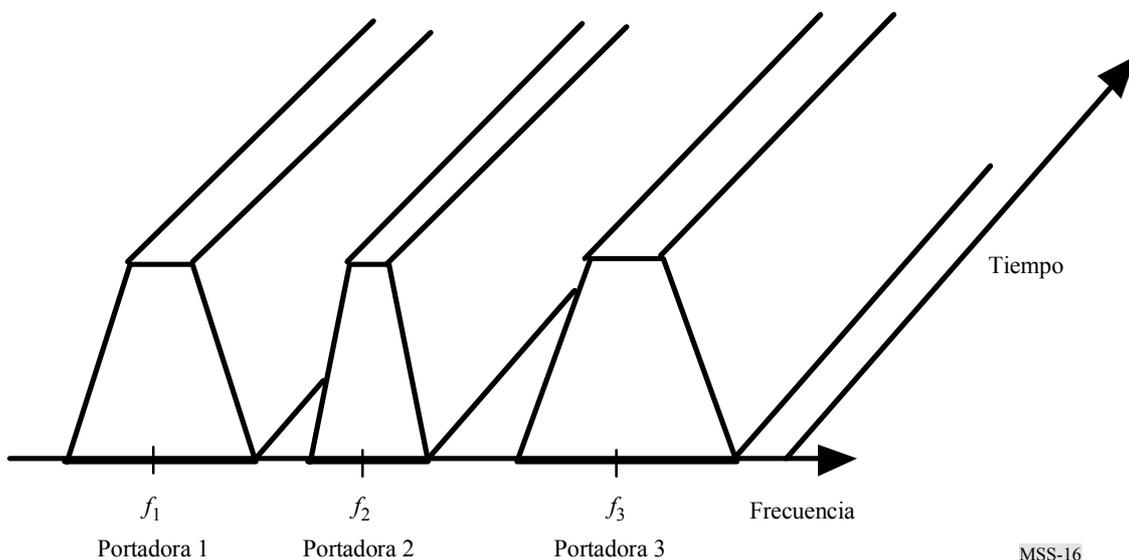
MSS-15

En el Paso 3, el mensaje de petición se envía mediante un esquema de acceso aleatorio al igual que el ALOHA puro o el ALOHA a intervalos. La transmisión por acceso aleatorio es satisfactoria si el mensaje se recibe sin competición. Si se produce colisión, la ETM retransmite de nuevo el mismo mensaje, tras un intervalo adecuado. Como la transmisión del mensaje de petición no suele ser frecuente, no se produce la condición tan a menudo -incluso mediante un acceso aleatorio desde una serie de terminales móviles.

4.5.2.2.2 Acceso múltiple por división de frecuencia

El Acceso múltiple por división de frecuencia (AMDF) es uno de los esquemas de acceso múltiple más utilizado en los sistemas de comunicación por satélite. Tal como se representa en la Fig. 16, la banda de frecuencias de un transpondedor de satélite se divide en una serie de intervalos de frecuencia, empleándose cada uno de ellos para asignar una portadora de transmisión a un enlace de satélite entre una estación terrena de cabecera y una ETM. El SCPC es un ejemplo de AMDF en el que cada portadora corresponde a un único canal de satélite.

FIGURA 16
AMDF



MSS-16

El AMDF permite utilizar pequeñas portadoras de velocidad de transmisión reducida que son adecuadas para las ETM con pequeña potencia de transmisión. Por otro lado, la amplificación común de portadoras múltiples puede dar lugar a intermodulación debida a la no linealidad cuando el transpondedor de satélite se explota en las proximidades de la saturación. En dicho caso, es necesario efectuar una asignación minuciosa de la frecuencia portadora para evitar que los productos de intermodulación caigan en las portadoras operativas.

En el caso del AMDF, es posible introducir un esquema de elusión de la interferencia como el DCAAS (Sistema de asignación dinámica de la actividad del canal). Cuando un sistema de satélite del servicio móvil funciona en una banda de frecuencia compartida con otro sistema como el de una red móvil terrenal, es necesario que el sistema de satélite del servicio móvil evite la utilización de un canal de frecuencia utilizado por la otra red. Supervisando el espectro de frecuencia, el sistema de satélite del servicio móvil investiga una serie de intervalos de frecuencia y asigna un canal de frecuencia que no esté utilizado por la otra red.

En el Cuadro 8 se indican ejemplos de sistemas AMDF.

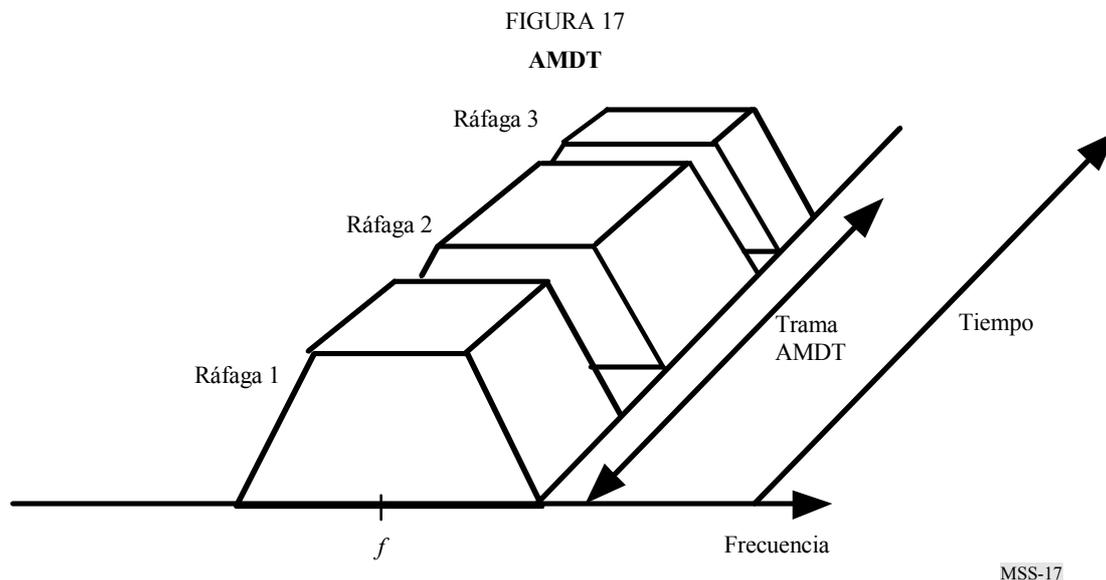
CUADRO 8

Ejemplos de sistemas AMDF – Sistemas OSG Inmarsat – (Rec. UIT-R M.1184)

Norma	A	B	M	Aeronáutico
Velocidad de datos del canal	No aplicable (Analógico)	24 kbit/s	8 kbit/s	21 kbit/s
Modulación	MF	OQPSK	OQPSK	OQPSK
Separación de canales	50 kHz (real 25 kHz)	20 kHz	10 kHz	17,5 kHz

4.5.2.2.3 Acceso múltiple por división en el tiempo

El Acceso múltiple por división en el tiempo (AMDT) es otro método habitual de acceso múltiple en los sistemas de transmisión digital. Tal como se indica en la Fig. 17, una trama de un periodo determinado se divide en múltiples intervalos de tiempo para que una portadora con capacidad suficiente dé cabida a múltiples canales de satélites. Cada intervalo temporal se utiliza para un canal de satélite entre una GES y una ETM.



En el AMDT es posible reducir el número de portadoras por transportador de satélite. El funcionamiento flexible es otra de las ventajas del AMDT porque la capacidad del canal de transmisión, por ejemplo, puede doblarse fácilmente utilizando dos intervalos de tiempo por trama. Por otro lado, la velocidad de transmisión de la portadora en el AMDT es superior, incluso para una ETM que necesite poca capacidad.

El AMDT es adecuado para el funcionamiento con transpondedor de satélite del tipo regenerativo y para el funcionamiento de enlaces entre satélites.

El Cuadro 9 da ejemplos de sistemas AMDT.

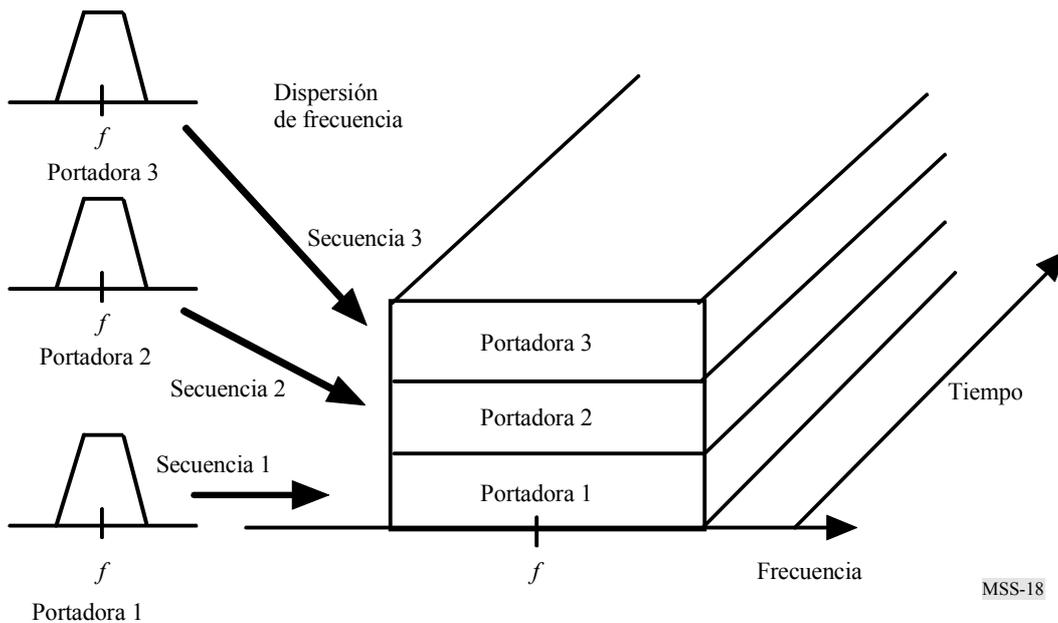
CUADRO 9
Ejemplos de sistemas AMDT – (Rec. UIT-R M.1184-1, Cuadro 4a)

Ejemplo de sistema	Sistema A	Sistema F
Modulación	MDP-4	MDP-4
Esquema dúplex	DDT	DDF
Velocidad binaria	50 kbit/s	36 kbit/s
Anchura de banda	31,5 kHz	25 kHz
Longitud de trama	90 ms	40 ms

4.5.2.2.4 Acceso múltiple por división de código

El Acceso múltiple por división de código (AMDC) es un nuevo esquema de acceso múltiple de los sistemas de satélite de servicio móvil. Tal como se representa en la Fig. 18, se aplica una secuencia de dispersión distinta a cada portadora digital para generar una portadora de anchura de banda superior y las portadoras de banda ancha generadas comparten la misma banda de frecuencia en un enlace de transmisión. La secuencia de dispersión se diseña de forma que cada portadora pueda estar separada por una redispersión, incluso después de la transmisión mezclada con otras portadoras. Todas las portadoras AMDC se generan mediante una secuencia de dispersión que difiere para cada una con arreglo a una propiedad ortogonal. Debido a dicha propiedad ortogonal, cada código de dispersión guarda correlación sólo con sí mismo. Una señal deseada puede por tanto separarse de otras portadoras utilizando su secuencia de dispersión original para la anti-dispersión.

FIGURA 18
AMDC



MSS-18

La transmisión con espectro de dispersión reduce la densidad espectral de potencia por portadora. El AMDC es también resistente a la interferencia de banda estrecha. Se considera también que la seguridad mejora con el AMDC.

El Cuadro 10 muestra un ejemplo de sistema AMDC.

CUADRO 10

Ejemplos de sistemas AMDC - (Rec. UIT-R M.1184-1, Cuadro 4a)

Ejemplo de sistema	Systeme A
Modulación	MDP-4
Esquema dúplex	DRF
Velocidad de segmentos	1,2288 (Mchip/s)
Anchura de banda de RF	1,2 MHz

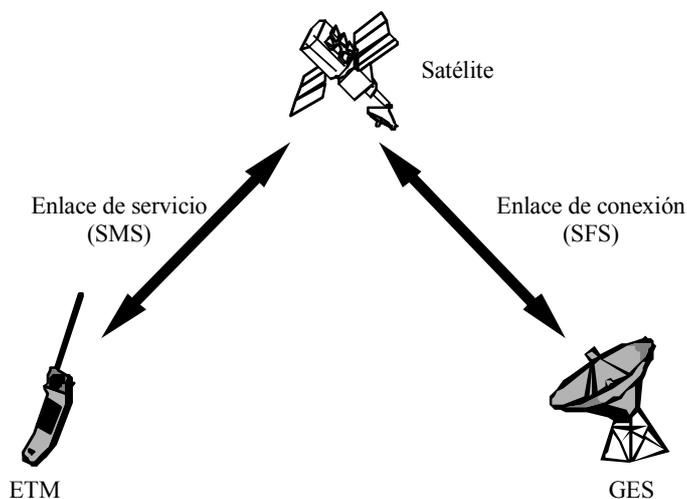
4.5.3 Diseño del enlace

El diseño del enlace de los sistemas de satélite del servicio móvil tiene que realizarse minuciosamente con arreglo a las diversas limitaciones mencionadas anteriormente. En este punto se describe el concepto básico de ingeniería del diseño del enlace, prestando atención particular a la configuración y a las condiciones operativas de los sistemas de satélite del servicio móvil.

4.5.3.1 Configuración de un enlace de satélite del servicio móvil

Un enlace de satélite de servicio móvil es una conexión entre una GES y una ETM a través de un satélite. Las Recomendaciones UIT-R M.546 y UIT-R M.827 dan un modelo de circuito ficticio de referencia para los enlaces de satélite del servicio móvil. Tal como se representa en la Fig. 19, la parte del enlace de satélite entre la estación terrena de cabecera y el satélite se denomina enlace de conexión. Tanto para los satélites OSG como para los no OSG, el enlace de conexión entra en la categoría del SFS porque la GES es una estación radioeléctrica fija. La otra parte del enlace de satélite entre éste y la ETM se denomina enlace de servicio. El enlace de servicio entra en la categoría del SMS porque la ETM es una estación radioeléctrica móvil.

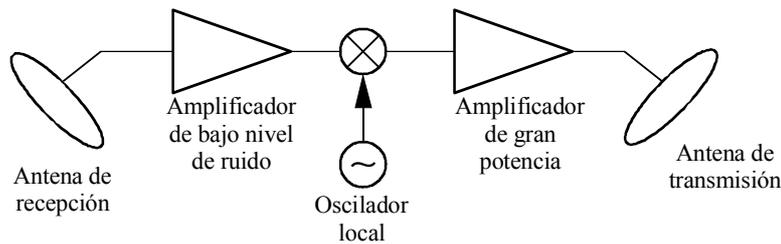
FIGURA 19
Modelo de referencia de un enlace de satélite del servicio móvil



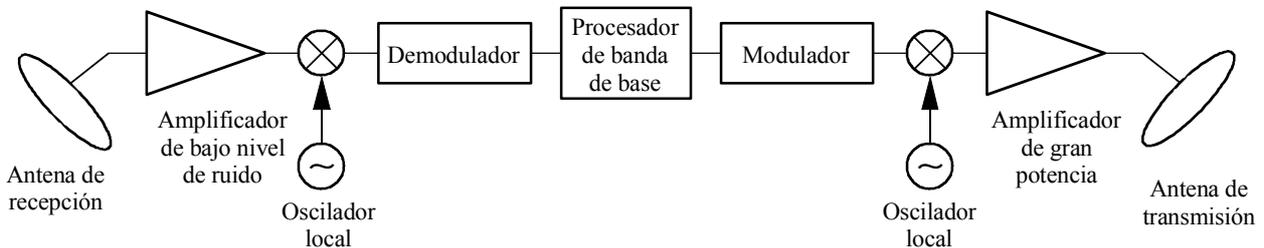
Hay dos tipos de enlaces de satélite del servicio móvil: un enlace con guías acodado y uno de tipo regenerativo. La Fig. 20 muestra la configuración de estos dos tipos. Un enlace con guías acodado es un enlace de satélite utilizado ampliamente en el que un transpondedor de satélite convierte simplemente la frecuencia radioeléctrica del enlace ascendente en una frecuencia radioeléctrica del enlace descendente con amplificador de potencia para este último. Por otro lado, el tipo regenerativo incorpora en el transpondedor a bordo del satélite la capacidad de demodulación/modulación. La señal del enlace ascendente recibida en el satélite se demodula y se realiza el procesamiento de la señal de banda de base en el satélite aplicando funciones flexibles, tales como las de conmutación y encaminamiento. La señal del enlace descendente se genera en un modulador a bordo tras el procesamiento de la señal de banda de base.

FIGURA 20

Configuración de un transpondedor de satélite



Tipo guías acodado



Tipo regenerativo

MSS-20

En los sistemas de tipo regenerativo, el diseño puede realizarse por separado para el enlace ascendente y el descendente, porque los factores de degradación del enlace están desacoplados entre el enlace ascendente y el descendente mediante la demodulación/modulación a bordo. Los sistemas de guías acodado exigen un diseño del enlace para la totalidad de éste que incluya el enlace ascendente y el descendente. La relación C/N para el enlace de satélite del servicio móvil del tipo guías acodado se obtiene a partir de las relaciones C/N de enlace ascendente y C/N de enlace descendente, de la siguiente manera:

$$(C/N)^{-1} = (C/N_{\uparrow})^{-1} + (C/N_{\downarrow})^{-1}$$

Los sistemas de satélite del servicio móvil avanzados incluyen enlaces entre satélites para establecer una conexión directa entre éstos. Por ejemplo, los enlaces entre satélite pueden establecer una conexión desde un satélite a otros cercanos de una constelación de satélites no OSG. Los enlaces entre satélite sirven para reducir el número de saltos de satélite cuando la cobertura de cada uno de ellos está limitada. Los enlaces entre satélites suelen implementarse con sistemas de satélite regenerativos, debido principalmente a la flexibilidad de la conexión a los enlaces entre satélites en el satélite.

4.5.3.2 Diseño del enlace para los sistemas de satélite del servicio móvil

a) *Restricciones del diseño del enlace del SMS*

El diseño del enlace en los sistemas de satélite del servicio móvil presenta diversas restricciones que son inherentes al SMS. Las condiciones indicadas a continuación representan limitaciones importantes en el diseño del enlace del SMS.

- La p.i.r.e. de la ETM está limitada.
- La relación G/T de la ETM es pequeña.
- Se necesita un gran margen para superar los diversos factores de degradación, tales como el error de puntería de la antena del terminal móvil, el desvanecimiento multitrayecto, el desvanecimiento debido a los ensombrecimientos livianos, etc.

En los satélites recientes se ha mejorado la p.i.r.e. y la G/T del satélite, aunque éstas aún imponen ciertas restricciones al diseño del enlace. Los productos de intermodulación pueden tener una repercusión en el diseño del enlace de algunos sistemas del SMS que emplean la amplificación común de múltiples portadoras mediante un transpondedor de satélite no lineal.

En general, la compartición de frecuencias cocanal con otros servicios no es habitual en las bandas de frecuencias de funcionamiento del SMS. En muchos casos, la interferencia cocanal no afecta al diseño del enlace del SMS. Por otro lado, el nivel de recepción de las ETM es tan reducido que se requiere una protección suficiente contra las emisiones fuera de banda de transmisores de gran potencia de otros servicios que funcionan en bandas adyacentes.

b) *Criterios para el diseño del enlace del SMS*

El diseño del enlace tiene que satisfacer diversos criterios de actuación para alcanzar la calidad de transmisión requerida con las diversas restricciones. En general, se fija en primer lugar el umbral de calidad de la transmisión. En la transmisión digital, se determina el umbral de la BER, por ejemplo, que sea de 1×10^{-2} . El objetivo de calidad se fija de forma que la BER del enlace sea mejor que el umbral, al menos durante un porcentaje de tiempo determinado, por ejemplo del 99%.

Dado un valor umbral de la BER, se obtiene en primer lugar el umbral de la relación C/N refiriéndose a la curva de la BER en función de la C/N de la técnica de modulación utilizada. Debe señalarse aquí que no se ha tenido en consideración la mejora por la corrección de errores. A fin de cumplir el objetivo de calidad, es necesario reservar un margen suficientemente grande contra los diversos factores de degradación, tales como el error de puntería de la antena y el desvanecimiento. Se precisan entonces ciertos datos estadísticos, tales como la distribución acumulada de los desvanecimientos. Haciendo referencia a dichos datos estadísticos, un diseñador de enlace puede obtener información tal que el nivel del desvanecimiento no sea superior a M dB durante el 99% del tiempo. A continuación, se determina fácilmente la C/N requerida en una condición operativa nominal, de la siguiente manera:

$$(C/N)_{nominal} = (C/N)_{umbral} + M \quad \text{dB}$$

De esta manera, una relación C/N obtenida para una condición operativa nominal puede garantizar un valor de la BER mejor que el valor umbral durante un porcentaje determinado de tiempo. Los objetivos de calidad y la metodología para obtener dichos objetivos se explican detalladamente en múltiples Recomendaciones, tales como las Recomendaciones UIT-R M.1181, UIT-R M.1037, UIT-R M.1229 y UIT-R M.1228.

La disponibilidad es otro criterio del diseño del enlace. Los enlaces de satélite del servicio móvil deben diseñarse de forma que estén disponibles durante un porcentaje de tiempo determinado. La definición de la disponibilidad figura en las Recomendaciones UIT-R M.828 y UIT-R M.1180.

En el caso de sistemas con guías acodadas, el enlace de servicio impone condiciones más severas al diseño del enlace que el enlace de conexión. En general se ha de reservar un margen superior para el enlace de servicio en el diseño del enlace total. También debe preverse un porcentaje de tiempo superior para la indisponibilidad del enlace de servicio.

4.5.3.3 Ejemplo de diseño del enlace directo

El enlace directo es un enlace de satélite que va entre la GES y la ETM a través del satélite.

Equipada con un gran amplificador de potencia y una gran antena, la estación terrena de cabecera suele tener una p.i.r.e. suficientemente grande. Por tanto, el enlace de conexión es generalmente estable, exceptuando los enlaces de conexión en 20/30 GHz que exigen un margen mayor para el desvanecimiento debido a la lluvia. La C/N del enlace ascendente en condiciones nominales $(C/N)_{\uparrow}$ se determina de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}(C/N)_{\uparrow} &= (C/N_{i-ésima})_{\uparrow} + M_{\uparrow} && \text{dB} \\ &= p.i.r.e. \text{ cabecera} - L_{\uparrow} + G/T_{sat} - 10 \log k - 10 \log B\end{aligned}$$

siendo:

$(C/N_{i-ésima})_{\uparrow}$: valor umbral de la C/N del enlace ascendente de conexión

M_{\uparrow} : margen del enlace ascendente para el enlace de conexión

$p.i.r.e. \text{ cabecera}$: p.i.r.e. de la GES

L_{\uparrow} : pérdidas de propagación del enlace ascendente en la frecuencia del enlace de conexión

G/T_{sat} : G/T del satélite para el enlace de conexión

k : constante de Boltzman

B : anchura de banda de la portadora.

Cuando se utiliza la densidad espectral de la potencia de ruido, N_0 , la relación de las densidades de potencia de la portadora al ruido para el valor umbral se obtiene de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}(C/N_{0i-ésima})_{\uparrow} &= (C/N_0)_{\uparrow} - M_{\uparrow} && \text{dB} \\ &= p.i.r.e. \text{ cabecera} - L_{\uparrow} + G/T_{sat} - 10 \log k - M_{\uparrow}\end{aligned}$$

El enlace descendente \downarrow suele ser más crítico debido al valor reducido de la G/T de la ETM. Se suele requerir un margen superior en el enlace de servicio para superar los diversos factores de degradación mencionados anteriormente. La C/N para el enlace descendente se determina de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}(C/N)_{\downarrow} &= (C/N_{i-ésima})_{\downarrow} + M_{\downarrow} && \text{dB} \\ &= p.i.r.e. \text{ sat} - L_{\downarrow} + G/T_{ETM} - 10 \log k - 10 \log B\end{aligned}$$

siendo:

$(C/N_{i-ésima})_{\downarrow}$: valor umbral de la C/N del enlace descendente de servicio

M_{\downarrow} : margen para el enlace de servicio descendente

$p.i.r.e. \text{ sat}$: p.i.r.e. del satélite

L_{\downarrow} : pérdidas de propagación del enlace descendente en la frecuencia del enlace de servicio

G/T_{ETM} : G/T de la estación terrena móvil.

Cuando se utiliza la densidad espectral de la potencia de ruido, N_0 , la relación de las densidades de potencia de la portadora al ruido para el valor umbral se obtiene de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} (C/N_{0i-ésima})_{\downarrow} &= (C/N_0)_{\downarrow} - M_{\downarrow} \quad \text{dB} \\ &= p.i.r.e.sat - L_{\downarrow} + G/T_{ETM} - 10 \log k - M_{\downarrow} \end{aligned}$$

La C/N_0 para todo el enlace directo al nivel umbral se obtiene ahora de la siguiente manera:

$$(C/N_{0i-ésima})^{-1} = (C/N_{0i-ésima})_{\uparrow}^{-1} + (C/N_{0i-ésima})_{\downarrow}^{-1}$$

En el caso de amplificación común de múltiples portadoras por un transpondedor de satélite no lineal, el cálculo de la C/N_0 al nivel umbral tiene que tomar en cuenta el ruido de intermodulación:

$$(C/N_{0i-ésima})^{-1} = (C/N_{0i-ésima})_{\uparrow}^{-1} + (C/IM_0)^{-1} + (C/N_{0i-ésima})_{\downarrow}^{-1}$$

siendo:

(C/IM_0) : relación de densidades de potencia de portadora a ruido de intermodulación.

El Cuadro 11 ofrece un ejemplo numérico.

CUADRO 11

Ejemplo de diseño del enlace directo

Frecuencia del enlace ascendente	6 GHz
<i>p.i.r.e.cabecera</i>	52,0 dBW
L_{\uparrow}	201,3 dB
G/T_{sat}	-17,0 dB/K
M_{\uparrow}	1,0 dB
$C/N_{0\uparrow}$	61,3 dB(Hz)
C/IM_0	60,0 dB(Hz)
Frecuencia del enlace descendente	1,5 GHz
<i>p.i.r.e.sat</i>	17,5 dBW
L_{\downarrow}	188,6 dB
G/T_{ETM}	-4,0 dB/K
M_{\downarrow}	5,0 dB
$C/N_{0\downarrow}$	48,5 dB(Hz)
C/N_0	48,0 dB(Hz)

4.5.3.4 Ejemplo de diseño del enlace de retorno

El enlace de retorno es un enlace de satélite que va desde la ETM a la estación terrena de cabecera a través del satélite.

Una restricción crucial del diseño del enlace ascendente es la p.i.r.e. limitada de la ETM. El diseño del enlace descendente es relativamente sencillo debido a que la G/T de la estación terrena de cabecera del enlace de conexión es elevada. De forma similar, la relación de densidades de potencia de la portadora al ruido a un nivel umbral se obtiene a partir del enlace ascendente y del descendente de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} (C/N_{0i-ésima})_{\uparrow} &= (C/N_0)_{\uparrow} - M_{\uparrow} && \text{dB} \\ &= p.i.r.e.ETM - L_{\uparrow} + G/T_{sat} - 10 \log k - M_{\uparrow} \\ (C/N_{0i-ésima})_{\downarrow} &= (C/N_0)_{\downarrow} - M_{\downarrow} && \text{dB} \\ &= p.i.r.e.sat - L_{\downarrow} + G/T_{cabecera} - 10 \log k - M_{\downarrow} \end{aligned}$$

La relación C/N_0 total del enlace de retorno, incluyendo el ruido de modulación viene dada por.

$$(C/N_{0i-ésima})^{-1} = (C/N_{0i-ésima})_{\uparrow}^{-1} + (C/IM_0)^{-1} + (C/N_{0i-ésima})_{\downarrow}^{-1}$$

El Cuadro 12 ofrece un ejemplo numérico.

CUADRO 12

Exemple de calcul d'une liaison retour

Frecuencia del enlace ascendente	1,6 GHz
$p.i.r.e.ETM$	30,0 dBW
L_{\uparrow}	190,3 dB
G/T_{sat}	-14,0 dB/K
M_{\uparrow}	5,0 dB
$C/N_{0\uparrow}$	49,3 dB(Hz)
C/IM_0	67,0 dB(Hz)
Frecuencia del enlace descendente	4 GHz
$p.i.r.e.sat$	-4,5 dBW
L_{\downarrow}	197,6 dB
$G/T_{cabecera}$	29,0 dB/K
M_{\downarrow}	1,0 dB
$C/N_{0\downarrow}$	54,5 dB(Hz)
C/N_0	48,1 dB(Hz)

Referencias Bibliográficas

SPIPKER Jr., J. J. [1977] *Digital Communications by Satellite*. Prentice-Hall.

Lista de siglas utilizadas habitualmente en relación con el SMS

ADS	Vigilancia dependiente automática
AGCH	Canal de concesión de acceso
AMDC	Acceso múltiple por división de código
AMDF	Acceso múltiple por división de frecuencia
AMDT	Acceso múltiple por división de tiempo
ATM	Sistema de gestión del tráfico aéreo
ATOP	Amplificador de tubo de ondas progresivas
BCCH	Canal de control común de difusión
BER	Proporción de bits erróneos
BOL	Comienzo de la vida útil
<i>C/N</i>	Relación de potencia entre portadora y ruido
CAF	Control automático de frecuencia
CAMR	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones
CMR	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones
CNS	Comunicaciones, navegación y vigilancia
DAMA	Acceso múltiple por asignación según demanda
DCAAS	Sistema de asignación dinámica de la actividad del canal
DDF	Dúplex por división de frecuencia
DDT	Dúplex por división de tiempo
DRA	Antena de radiación directa
DSC	Llamada selectiva digital
ELT	Transmisor de localización de siniestros
ESA	Agencia Espacial Europea
ETA	Estación terrena de la aeronave
ETB	Estación terrena de barco
ETC	Estación terrena costera
ETM	Estación terrena móvil
FCC	Comisión Federal de Comunicaciones (Estados Unidos de América)
FOV	Campo de visión
<i>G/T</i>	Relación entre ganancia y temperatura de ruido del receptor
GEO	Órbita geoestacionaria de la Tierra
GES	Estación terrena de cabecera
GLONASS	Sistema mundial de navegación por satélite
GMPCS	Sistema móvil mundial de comunicaciones personales
GPS	Sistema mundial de determinación de posición

GSM	Sistema global para comunicaciones móviles
HF	Alta frecuencia, ondas decamétricas
IMCO	Comité Consultivo Marítimo Intergubernamental
IMT-2000	Telecomunicaciones móviles internacionales-2000
Inmarsat	Sistema móvil aeronáutico por satélite Inmarsat
INTELSAT	Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite
IP	Protocolo Internet
LEO	Órbita terrestre baja
LES	Estación terrena terrestre
MDP-2	Modulación por desplazamiento de fase binaria
MDP-4	Modulación por desplazamiento de fase cuaternaria
MEO	Órbita terrestre media
MF	Frecuencia media, ondas hectométricas
MF	Modulación de frecuencia
MoU	Memorándum de entendimiento
NASA	Administración Nacional de la Aeronáutica y el Espacio
NCS	Estación de coordinación de red
NV	No vocal
OACI	Organización de la Aviación Civil Internacional
OMI	Organización Marítima Internacional
OQPSK	Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura descentrada
OSG	Órbita de los satélites geoestacionarios
PC	Computador personal
PIRE	Potencia isotrópica radiada equivalente
QoS	Calidad de servicio
RACH	Canal de acceso aleatorio
RDSI	Red digital de servicios integrados
RLS	Radiobaliza de localización de siniestros
RPDCP	Red pública de datos con conmutación de paquetes
RTCA-MOPS	Asociación de telecomunicaciones radioeléctricas normas mínimas de calidad operacional
RTPC	Red telefónica pública con conmutación
S/N	Relación señal/ruido
SAR	Búsqueda y salvamento
SARP	Normas y prácticas recomendadas
SAW	Onda acústica de superficie

SCPC	Un solo canal por portadora
SFS	Servicio fijo por satélite
SMAS	Servicio móvil aeronáutico por satélite
SMMS	Servicio móvil marítimo por satélite
SMS	Servicio móvil por satélite
SMSSM	Sistema mundial de socorro y seguridad marítimos
SMTS	Servicio móvil terrestre por satélite
SOLAS	Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar
UIF	Unidad de interfuncionamiento
UHF	Frecuencia ultraelevada, ondas decimétricas
TT&C	Telemando, teledirigida y control
VHF	Frecuencia muy elevada, ondas métricas

CAPÍTULO 5

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y OPERACIONALES DE ALGUNOS SISTEMAS DEL SMS ACTUALES Y PLANIFICADOS

En este Capítulo figuran las siguientes descripciones de sistemas del SMS:

5.1 MTSAT

5.2 Leo One

5.3 TMI

5.4 N-STAR

5.5 Globalstar

5.6 Inmarsat

5.7 Thuraya

5.8 FAISAT

5.9 New ICO

5.10 EMSAT

5.1 Sistema multifuncional de transporte por satélite (MTSAT)

5.1.1 Panorámica general

El Sistema MTSAT ofrece las prestaciones del SMAS y del sistema de aumento basado en satélite (SBAS) a los proveedores del servicio ATS y a los operadores de aeronaves de la Región Asia/Pacífico que implementan los sistemas CNS/ATM de la OACI para la Oficina de Aviación Civil Japonesa (JCAB).

El MTSAT tiene dos misiones, es decir, una misión meteorológica y una misión aeronáutica. La misión aeronáutica del MTSAT apoya cada uno de los elementos de los sistemas CNS/ATM de la OACI, es decir, la comunicación, la navegación y la vigilancia.

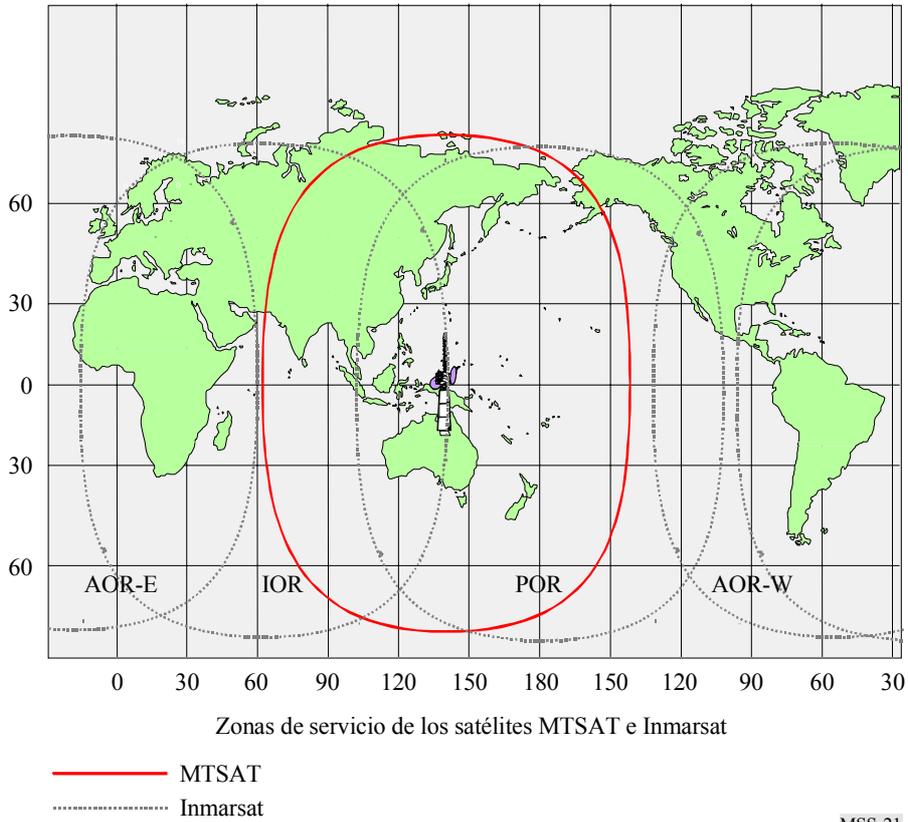
El MTSAT se ha diseñado para cumplir las SARP de la OACI y puede interfuncionar con el sistema actual de satélite. Dos satélites MTSAT darán cobertura al espacio aéreo de casi toda la Región Asia/Pacífico. El MTSAT ofrecerá una oportunidad a los proveedores ATS y operadores de aeronaves de la Región Asia/Pacífico y dispondrá de sistemas de comunicación, navegación y vigilancia muy fiables.

Para la prestación del servicio en forma continua, incluso en situaciones de desastres naturales, se han implantado dos centros de satélite aeronáutico en dos emplazamientos distintos en Japón, es decir, en Kobe (aproximadamente a 500 km al Oeste de Tokio) e Hitachi-ota (aproximadamente 100 km al Noreste de Tokio).

5.1.2 Arquitectura del sistema y características técnicas

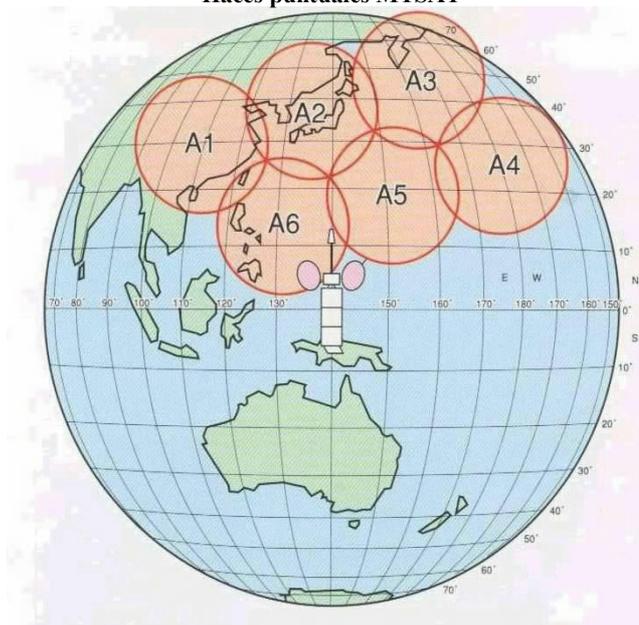
Las Figs. 21 y 22 muestran las zonas de servicio MTSAT de haz mundial y de los haces puntuales, respectivamente.

FIGURA 21
Haz mundial MTSAT



MSS-21

FIGURA 22
Haces puntuales MTSAT



MSS-22

Las características de la señal MTSAT se basan principalmente en el Anexo 10 (SARP) de la OACI y en la SDM Inmarsat, y se ajustan a las características de las Recomendaciones UIT-R. Las características de la señal MTSAT se resumen en el Cuadro 13.

CUADRO 13

Características de la señal MTSAT

Canal		Dirección	Utilización	Velocidad portadora	Modulación	Anchura de banda
P	Modo paquetes/MDT	Enlace directo	Transmisión continua de señalización y mensajes de la GES	600 bit/s	1/2 FEC MDP-2 A	5 kHz
				10,5 kbit/s	1/2 FEC MDP-4 A	10 kHz
R	Acceso aleatorio (ALOHA) a intervalos	Enlace de retorno	Señalización y mensajes	600 bit/s	1/2 FEC MDP-2 A	2,5 kHz
				10,5 kbit/s	1/2 FEC MDP-4 A	10 kHz
T	AMDT con reserva	Enlace de retorno	Mensaje largo	600 bit/s	1/2 FEC MDP-2 A	2,5 kHz
				10,5 kbit/s	1/2 FEC MDP-4 A	10 kHz
C	SCPC en modo circuitos	Enlace directo	Mensaje vocal	21 kbit/s	1/2 FEC MDP-2 A	17,5 kHz
		Enlace de retorno		8,4 kbit/s	1/2 FEC MDP-4 A	7,5 kHz

5.1.3 Segmento espacial MTSAT

El Cuadro 14 muestra los parámetros principales del segmento espacial MTSAT.

CUADRO 14

Segmento espacial MTSAT

Elemento	Descripción			
Órbita del satélite	135° E, 140° E, 145° E ± 0,1°			
Tipo de satélite	Control de actitud en 3 ejes			
Masa inicial en órbita	3,3 toneladas			
Masa en seco	1,4 toneladas			
Vida útil	Más de 10 años			
Enlace	Enlace de conexión		Enlace de servicio	
Banda	14/11 GHz	30/20 GHz	1,6/1,5 GHz	
Haz	4 puntuales	3 puntuales	Mundial	6 puntuales
p.i.r.e. total	27 dBW	27 dBW	40 dBW	43 dBW
G/T	-1 à -4 dB/K	-1 dB/K	-9 dB/K	-2 dB/K

5.1.4 Segmento terreno MTSAT

5.1.4.1 GES

El Cuadro 15 muestra los parámetros principales de las situaciones terrenas MTSAT.

CUADRO 15

Estaciones terrenas MTSAT

Estación terrena	Kobe e Hitachi-ota	
Banda de frecuencias	14/11 GHz	30/20 GHz
Tamaño de la antena	13 m	13 m
p.i.r.e. total	77,8 dBW	82,2 dBW
<i>G/T</i>	36,4 dB/K	38,7 dB/K

5.1.4.2 ETA

El Cuadro 16 resume las características de la estación terrena aeronáutica del sistema MTSAT que se basan en el Anexo 10 (SARP) de la OACI y en la SDM Módulo 2 de Inmarsat.

CUADRO 16

Características de la ETA MTSAT (resumen)

Tipo	Antena de baja ganancia	Antena de alta ganancia
<i>G/T</i>	Mejor de -26 dB/K	Mejor de -13 dB/K
p.i.r.e. máxima de la portadora ($P_{m\acute{a}x}$)	Más de 13,5 dBW	Más de 25,5 dBW
Gama de control de potencia	Pasos de 1 dB desde $P_{m\acute{a}x}$ a $P_{m\acute{a}x} - 15$ dB	Pasos de 1 dB desde $P_{m\acute{a}x}$ a $P_{m\acute{a}x} - 15$ dB
Características de la antena	No direccional	Orientable Apertura del haz = 45°

5.1.5 Servicio y aplicaciones

El sistema MTSAT ofrecerá comunicaciones directas controlador-piloto en modo vocal (SAT-voz) y de datos (comunicación de enlaces de datos controlador-piloto: CPDLC), información de aumento GPS y capacidades de vigilancia dependiente automática (ADS). El sistema MTSAT no sólo será capaz de cursar las comunicaciones oceánicas ATS en las zonas FIR japonesas, sino que también se ofrecerá a la comunidad de la aviación civil de la Región Asia/Pacífico como infraestructura de la aviación que facilitará la implementación de los sistemas CNS/ATM de la OACI.

El SMAS que presta el sistema MTSAT para las ETA puede interfuncionar con las redes Inmarsat.

5.1.5.1 Servicios móviles aeronáuticos por satélite

Las funciones de los Servicios móviles aeronáuticos por satélite (SMAS) del MTSAT consisten en la provisión de todas las comunicaciones aeronáuticas definidas por la OACI, es decir, las de ATS, de control de operaciones aeronáuticas (AOC), las comunicaciones administrativas aeronáuticas (AAC), y las comunicaciones aeronáuticas de los pasajeros (APC). Estos servicios de comunicaciones pueden estar a disposición de los proveedores ATS y operadores de aeronaves de la Región Asia/Pacífico acudiendo a los proveedores de servicio de enlace de datos. También es posible el acceso directo al MTSAT mediante la implantación de estaciones terrenas de tierra especializadas en algunos Estados.

5.1.5.2 Sistema de aumento basado en el satélite MTSAT

El sistema de aumento basado en satélite MTSAT (MSAS) es un sistema de aumento basado en satélite (SBAS) equivalente al WAAS de Estados Unidos de América y al EGNOS Europeo. El MSAS ofrece información de aumento GPS a las aeronaves para satisfacer los requisitos de calidad de la navegación, es decir, los requisitos de integridad, continuidad y disponibilidad que son fundamentales en la utilización del GPS para la explotación de aeronaves como medio único de navegación.

Los países de la Región Asia/Pacífico pueden implementar el SBAS utilizando el MTSAT, es decir, el MSAS. También será posible implementar en la Región Asia/Pacífico el SBAS mediante el sistema Inmarsat, por ejemplo, el WAAS, o el EGNOS. A fin de ofrecer a las aeronaves información de aumento GPS suficiente, el sistema MSAS y otros SBAS (WAAS, EGNOS) necesitarán una serie de estaciones de comprobación en Tierra (GMS). El número y la ubicación de las GMS necesarias para cada país dependerán de los requisitos para el nivel de los servicios de navegación y recepción del GPS.

La JCAB ha implantado estaciones de comprobación y alcance (MRS) del sistema MTSAT en Australia y Hawaii, así como cuatro estaciones GMS y dos estaciones de control central (MCS) en Japón. Gracias a ello, los países de la Región Asia/Pacífico pueden implementar el MSAS con un número inferior de GMS al de otros SBAS. Como la mayoría de la Región Asia/Pacífico quedará cubierta mediante dos MTSAT, la integridad y disponibilidad son superiores a las de otras SBAS de la Región.

Aunque cada SBAS (WAAS, EGNOS y MSAS) es independiente de los demás, para asegurar los servicios SBAS sin interrupción en el mundo, la JCAB ha estado participando en el Grupo de Trabajo sobre interoperabilidad técnica SBAS establecido con Estados Unidos de América, Europa y Canadá desde 1997. El MSAS se ha concebido para el interfuncionamiento con las WAAS de Estados Unidos de América y las EGNOS europeas a nivel de señal espacial. Así pues, pueden utilizarse sistemas electrónicos de navegación comunes para los tres sistemas SBAS.

5.2 Sistema Leo One

5.2.1 Panorámica general del sistema móvil por satélite Leo One

El sistema móvil por satélite Leo One se ha concebido como constelación de 48 satélites LEO que establecen comunicaciones inalámbricas de datos con bajo costo y gran calidad para las empresas, la industria, las administraciones y los consumidores de todo el mundo. El sistema ha previsto iniciar el servicio en 2002. La explotación del sistema Leo One proporcionará comunicaciones por paquetes con almacenamiento y retransmisión a baja velocidad binaria dando cobertura a todos los puntos comprendidos entre los Círculos Ártico y Antártico.

5.2.2 Arquitectura de sistema de la red Leo One

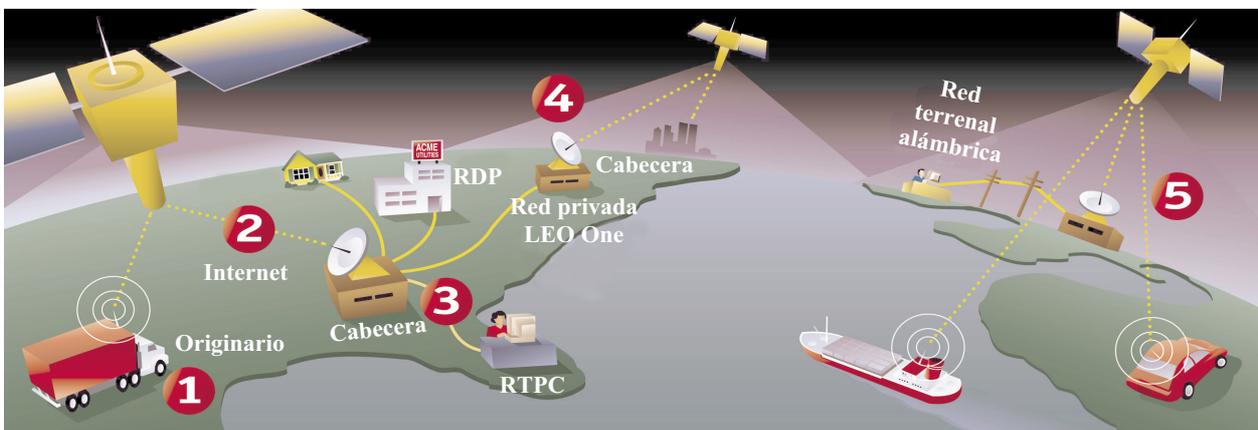
La red Leo One representada en la Fig. 23 funciona junto con las redes de datos terrenales y como extensión de ellas utilizando estaciones terrenas de cabecera que establecen la interconexión con la actual infraestructura terrenal. Los terminales de usuario ofrecen conexiones de datos por paquetes con los satélites y tienen capacidad de enviar y recibir datos digitales. En los enlaces ascendentes, los usuarios acceden a diversos canales de enlace ascendente y transmiten datos a los satélites a velocidades comprendidas entre 2,4 y 9,6 kbit/s. Los enlaces descendentes de satélite se distribuyen por toda la zona de cobertura del haz del satélite y cada usuario accede únicamente a los datos destinados a su terminal de usuario particular.

FIGURA 23

Red y funcionamiento del LEO One

Los mensajes se envían entre usuarios -personas o equipos- estando uno de ellos o ambos equipados con un terminal de servicio de satélite LEO One.

1. Un terminal de servicio de satélite envía un mensaje al satélite LEO One más próximo a la vista.
2. El satélite retransmite el mensaje a una cabecera para su evaluación y encaminamiento óptimo.
3. La estación de cabecera retransmite el mensaje a su destinatario a través de la ruta óptima -satélite, Internet, red de datos privada (RDP) o RTPC.
4. En algunos casos, la estación de cabecera receptora encaminará el mensaje a otra estación de cabecera y acto seguido a través de un trayecto de comunicaciones por satélite para su entrega.
5. Los usuarios conectados a la red terrenal alámbrica pueden también generar mensajes que se encaminan a una central de cabecera LEO One y se entregan a través del satélite LEO One a un terminal de servicio.



Los satélites funcionan en un modo de almacenamiento y retransmisión para recibir, almacenar y transmitir los datos según se necesite. La superposición de cobertura del haz en la superficie de la Tierra de las huellas de los satélites Leo One está concebida para establecer enlaces de comunicaciones en tiempo casi real entre los usuarios. Los satélites, junto con las situaciones terrenas de cabecera, controlan el acceso del terminal del usuario a la red. Las GES funcionan con el centro de gestión de la red que controla el funcionamiento de ésta, incluyendo el encaminamiento de paquetes, el seguimiento de los satélites y efemérides, la facturación y el banco de datos de abonados.

5.2.2.1 Parámetros orbitales del sistema Leo One

El Cuadro 17 muestra los parámetros orbitales de la constelación Leo One. La inclinación de 50° del plano orbital permite una cobertura desde el Círculo Ártico al Círculo Antártico.

CUADRO 17

Parámetros orbitales de la constelación Leo One

Parámetro orbital	Valor
Número de satélites	48
Altitud (km)	950
Inclinación (grados)	50
Planos orbitales	8
Satélites por plano	6
Ascensión recta del nodo ascendente (grados)	0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315

5.2.2.2 Segmento espacial (carga útil del satélite)

La red Leo One tiene enlaces entre el terminal de usuario y el satélite en 149 MHz y enlaces entre el satélite y el terminal de usuario en 137 MHz. Cada satélite se encarga de 15 canales de enlace ascendente de servicio y de un canal de enlace descendente de servicio. Además, se dispone en cada satélite de un canal alimentador de enlace ascendente de conexión de la central de cabecera y de un canal de enlace descendente de conexión de cabecera. La masa del satélite en el lanzamiento es de 165 kg y la potencia de cresta al final de la vida útil es de 550 W. Los satélites están diseñados para una vida útil de siete años.

5.2.2.3 Terminales móviles

Los terminales de usuario móvil Leo One utilizados por los abonados tienen los parámetros técnicos que se numeran en el Cuadro 18. Los terminales de usuario tienen un tamaño aproximado de 160 cm³, con una potencia de salida de 7 W y se alimentan mediante batería.

CUADRO 18

Terminales de usuario Leo One

Parámetro técnico	Valor
<i>Enlace ascendente de abonado</i>	
Banda (MHz)	148-150,05
Potencia del transmisor (W)	7
p.i.r.e. del transmisor (dBW)	8,5
Ganancia máxima de la antena del transmisor	0 dBi
Anchura de banda del canal (kHz)	15
Velocidad (kbit/s)	9,6/OQPSK
Polarización (onda de transmisión)	lineal
G/T (dB/K) del receptor del satélite	-22,9
Ganancia máxima de la antena de recepción	5,7 dBi
Diagrama de la antena de recepción	Isoflux
$C/(I+N)$ (dB)	5,5
<i>Enlace descendente de abonado</i>	
Banda (MHz)	137-138, 400,15-401
Potencia del transmisor (W)	17,5
p.i.r.e. del transmisor (dBW)	18,1
Ganancia máxima de la antena del transmisor	5,7 dBi
Anchura de banda del canal (kHz)	25 35
Velocidad (kbit/s)	24/OQPSK 9,6/MDP
Polarisation (onde émise)	dextrógira
G/T (dB/K) del receptor de abonado	-30,8
Ganancia máxima de la antena de recepción	0 dBi
$C/(I+N)$ (dB)	5,1

5.2.2.4 Estaciones terrenas de cabecera

Los terminales Leo One utilizados como estaciones terrenas de cabecera tienen los parámetros técnicos enumerados en el Cuadro 19.

CUADRO 19

Estaciones terrenas de cabecera Leo One

Parámetro técnico	Valor
<i>Enlace ascendente de cabecera</i>	
Banda (MHz)	148-150,05
Potencia del transmisor (W)	1,2
p.i.r.e. del transmisor (dBW)	17,8
Ganancia máxima de la antena del transmisor	18 dBi
Anchura de banda del canal (kHz)	50
Velocidad (kbit/s)	50/OQPSK
Polarización (onda de transmisión)	dextrógira
G/T (dB/K) del receptor del satélite	-22,9
Ganancia máxima de la antena de recepción	5,7 dBi
$C/(I+N)$ (dB)	8,5
<i>Enlace descendente de cabecera</i>	
Banda (MHz)	400,15-401
Potencia del transmisor (W)	15
p.i.r.e. del transmisor (dBW)	17,5
Ganancia máxima de la antena del transmisor	5,7 dBi
Anchura de banda del canal (kHz)	60
Velocidad (kbit/s)	50/OQPSK
Polarización (onda de transmisión)	dextrógira
G/T (dB/K) del receptor de cabecera	-9,9
Ganancia máxima de la antena de recepción	17 dBi
$C/(I+N)$ (dB)	8,5

5.2.3 Servicio y aplicaciones

Explotación de la red

Las estaciones terrenas de usuario establecen enlaces de datos con los satélites para la transmisión y recepción de mensajes inalámbricos de datos, tal como se representa en la Fig. 23. El mensaje originario va hasta el satélite más próximo a la vista en el que se conecta con la cabecera local para la validación y encaminamiento óptimo hasta el destinatario. Unas 20 GES están interconectadas a través de la red medular terrenal mundial Leo One. En el caso de que el destinatario sea móvil, el mensaje se encamina al satélite y se almacena brevemente (hasta que el receptor previsto está a la vista) antes de la entrega a la unidad transceptora del destinatario. Si es necesario, las estaciones terrenas de cabecera retransmiten los mensajes entre los satélites para obtener una entrega más rápida. Si el destinatario es un emplazamiento fijo, como en el caso de una compañía que efectúa el seguimiento de dispositivos a distancia a bordo de una flota de móviles, el mensaje se entrega al destinatario de despacho a través de la interconexión con la red medular terrenal Leo One. En este último ejemplo, el enlace final entre la red medular Leo One y los locales del cliente se efectúa a través de Internet, de una línea de marcación o de una conexión especializada. El número de satélites y las inclinaciones orbitales permiten que siempre haya al menos un satélite a la vista en latitudes de hasta 64°. Más allá, puede haber una breve espera. Cada satélite tiene una huella del haz en el suelo de unos 12 millones de km². El sistema puede establecer comunicaciones de datos en tiempo casi real con los usuarios a velocidades de datos comprendidas entre 2,4 y 9,6 kbit/s. Los Cuadros 20 y 21 ofrecen ejemplos de cálculos del enlace para las estaciones de usuario y terrenas de cabecera del sistema Leo One.

En funcionamiento, las aplicaciones inalámbricas de datos que ofrecen los proveedores locales de servicio incluirán aplicaciones sensibles en el tiempo y de datos intensivos, tales como las de seguimiento de vehículos, gestión de flota, verificación de facilidades, control a distancia, lectura de medidores, radiobúsqueda alfanumérica bidireccional, correo electrónico, mensajería y ubicación móviles para las industrias de transporte y fletes, adquisición de datos, seguridad, búsqueda y salvamento, datos meteorológicos y transacciones empresariales.

Costos estimados

El costo general del sistema instalado de la red Leo One está comprendido entre 500 y 600 millones de dólares de los Estados Unidos de América (USD). Tras varios años de funcionamiento del sistema, se estima que los costos del terminal de usuario sean inferiores a 100 USD. Los costos mensuales del servicio por la utilización del sistema y la transmisión de datos estarán comprendidos entre 1 y 50 USD por terminal de usuario, dependiendo del volumen de datos transmitido al usuario y desde éste.

5.2.4 Aspectos singulares del sistema del SMS Leo One

El número de satélites (48) y las órbitas muy inclinadas (50°) permiten las comunicaciones en tiempo casi real con todas las zonas de la Tierra comprendidas entre los círculos polares. La altitud baja del satélite (950 km) supone longitudes cortas del trayecto del transmisor a los satélites, lo que se traduce en pocas necesidades de potencia de transmisión para los terminales de usuario y los satélites. Con ello se reduce el costo total del sistema y el costo consecuente del servicio. Las velocidades de datos que van entre 2,4 y 9,6 kbit/s permiten efectuar ráfagas de datos por paquetes de corta duración (inferior a 500 ms).

5.2.5 Sitio en la red Leo One

<http://www.leoone.com/>.

CUADRO 20

Ejemplo de cálculos del enlace para las transmisiones entre la estación terrena de usuario y el satélite Leo One

	15° de elevación		90° de elevación	
	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente
Potencia de cresta de transmisión (W)	7	17,5	7	17,5
Ganancia de cresta de la antena de transmisión (dB)	0	5,7	0	-2
Pérdidas de puntería (dB)	0	0	0	0
p.i.r.e. (dBW)	8,5	18,1	8,5	10,4
Frecuencia (MHz)	149,0	137,0	149,0	137,0
Distancia oblicua (km)	2317	2317	950	950
Pérdidas de polarización (dB)	3	3	3	3
Pérdidas gaseosas (dB)	0,5	0,5	0,5	0,5
Pérdidas totales de transmisión (dB)	146,7	146,0	139,0	138,2
Ganancia de cresta de la antena de recepción (dB)	5,7	0	-2	0
Pérdidas de puntería (dB)	0	0	0	0
Pérdidas de alimentación (dB)	1	1	1	1
Factor de ruido del receptor (dB)	3	3	3	3
Temperatura de la antena (K)	288	760	288	760
Temperatura de ruido del receptor/alimentador (K)	438	438	438	438
Temperatura de ruido del sistema en la antena (K)	726	1198	726	1198
G/T (dB/K)	-22,9	-30,8	-30,6	-30,8
Velocidad de datos de ráfaga no codificada (kbit/s)	9,6	24	9,6	24
E_b/N_0 requerida (dB(Hz))	7,5	7,5	7,5	7,5
Pérdidas de implementación (dB)	2	2	2	2
C/N_0 requerida (dB(Hz))	49,3	53,3	49,3	53,3
Margen del enlace (dB)	18,1	16,7	18,2	16,7
Densidad de flujo máxima en 4 kHz (dB(W/m ²))	-	-125,2	-	-125,1

CUADRO 21

Ejemplo de cálculos del enlace para las transmisiones entre la estación terrena de cabecera y el satélite Leo One

	15° de elevación		90° de elevación	
	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente
p.i.r.e. (dBW)	38,8	12,7	38,8	5,0
Frecuencia (MHz)	150	400,5	150	400,5
Distancia oblicua (km)	2 317	2 317	950	950
Pérdidas de polarización (dB)	1	1	1	1
Pérdidas gaseosas (dB)	0,5	0,5	0,5	0,5
Pérdidas totales de transmisión (dB)	144,8	153,3	136,2	145,5
Ganancia de cresta de la antena de recepción (dB)	5,7	17	-2	17
Pérdidas de puntería (dB)	0	1	0	1
Pérdidas de alimentación (dB)	1	1	1	1
Factor de ruido del receptor (dB)	3	2	3	2
Temperatura de la antena (K)	288	200	290	200
Temperatura de ruido del receptor/alimentador (K)	438	289	438	359
Temperatura de ruido del sistema en la antena (K)	726	489	728	559
G/T (dB/K)	-22,9	-9,9	-30,6	-10,5
Velocidad de datos de ráfaga no codificada (kbit/s)	50	50	50	50
E_b/N_0 requerida (dB(Hz))	8,5	8,5	8,5	8,5
Pérdidas de implementación (dB)	2	2	2	2
C/N_0 requerida (dB(Hz))	57,5	57,5	57,5	57,5
Margen del enlace (dB)	42,2	20,6	42,2	20,1
Densidad de flujo máxima en 4 kHz (dB(W/m ²))	-	-133,8	-	-133,8

5.3 Sistema de comunicaciones móviles canadiense de TMI Communications

5.3.1 Introducción

TMI Communications es una empresa canadiense que ofrece soluciones avanzadas de red de comunicaciones móviles. Estas soluciones se realizan a través del satélite de comunicaciones móviles de TMI para clientes situados en América del Norte, la parte septentrional de América del Sur, América Central, el Caribe y Hawai hasta 250 millas mar adentro.

A principios de los años ochenta, el Gobierno canadiense comprendió que, aunque las zonas densamente pobladas de Canadá disponían de servicios de comunicaciones considerados entre los mejores del mundo, los servicios de comunicaciones con los miles de kilómetros de autopistas y en las amplias zonas escasamente pobladas del país eran bastante limitados. Los primeros estudios y experimentos del Departamento de Comunicaciones canadiense confirmaron la viabilidad de la comunicación con pequeños terminales portátiles a través de satélites, y se estableció un programa estatal de demostración para definir e implementar un programa móvil experimental canadiense. Basándose en los resultados positivos de los estudios de viabilidad comercial, el programa de demostración pasó en 1984 a ser un programa comercial de comunicaciones móviles por satélite, a cargo de Telesat Canada, operador canadiense nacional de comunicaciones por satélite.

TMI Communications se constituyó en 1988 con la misión de desarrollar, construir y explotar la primera red de comunicaciones móviles por satélite de Canadá. TMI Communications es propiedad de BCE Inc., una de las primeras compañías del mundo de telecomunicaciones y medios de comunicación y uno de los operadores mayores de telecomunicaciones de América del Norte.

TMI Communications y el operador de comunicaciones móviles por satélite de Estados Unidos de América, American Mobile Satellite Corporation (AMSC), actualmente Motient, firmaron un contrato con SPAR Aerospace Limited y Hughes Aircraft Co. para la adquisición conjunta de dos vehículos espaciales casi idénticos a fin de aprovechar la compartición de los costos no recurrentes del programa. TMI Communications y Motient han firmado también un acuerdo de cooperación conjunta que asegura, entre otras cosas, un apoyo mutuo en órbita entre los satélites de TMI Communications y los de Motient para protegerse contra fallos catastróficos de cualesquiera de los satélites.

En 1996, más de diez años después de su creación, TMI Communications había concluido su investigación y desarrollo, lanzado su primer satélite e iniciado la oferta de servicios de comunicaciones móviles a los clientes de Canadá.

Desde 1996, TMI Communications ha introducido con éxito una gama de servicios de comunicaciones móviles que incluyen la telefonía, los datos por marcación, el facsímil, las radiocomunicaciones de despacho y los servicios de datos por paquetes.

En el mandato de TMI Communications entraba la gestión de la construcción, las pruebas y el lanzamiento del satélite, la construcción del segmento terreno de la red, y la elección del fabricante del equipo móvil. TMI se ha asociado con los distribuidores, proveedores de servicio y revendedores de valor añadido para el desarrollo de soluciones innovadoras. Hay más información en el sitio <http://www.tmisolutions.com/>.

5.3.2 Descripción del sistema

El Sistema canadiense móvil por satélite (MSAT) da servicio a una gran población de usuarios que generalmente presenta una actividad de tráfico reducida e intermitente. Permite a los terminales móviles (MT) comunicarse con una estación terrena de enlace de conexión (FES) que da acceso a la RTPC o a las redes de datos públicas conmutadas.

Los elementos principales del sistema MSAT son el segmento espacial que incluye el satélite y el centro de control del satélite (SCC), y el segmento terreno que comprende el sistema de control de la red, las FES y los MT.

El sistema MSAT ofrece comunicaciones con conmutación de circuitos y con conmutación de paquetes. El sistema MSAT permite a los terminales móviles con conmutación de circuitos comunicarse con la estación de base FES para los servicios de red privada, a través de la FES de cabecera, con la RTPC o con los servicios de red de datos o con otros MT. Los terminales móviles con conmutación de paquetes se comunican mediante un centro de datos que funciona con protocolos de datos por paquetes, tales como el X.25.

El acceso del usuario al satélite está controlado por un centro de control de la red (NCC). La mayoría de los servicios de comunicación utilizan técnicas AMDF con una anchura de banda nominal del canal de 6 kHz. El NCC asigna frecuencias a los usuarios según el orden de llegada de primero en entrar primero en salir (FIFO). Un MT efectúa una llamada a través de un canal de señalización. El NCC atribuye un canal libre de comunicaciones al MT y a la FES por medio también de un canal de señalización. Al concluir la llamada, el canal se libera y queda disponible para la reasignación por el NCC a otra llamada.

La zona de servicio MSAT comprende una zona básica y otras zonas de servicio, accesibles desde una posición orbital geostacionaria de 106,5° de longitud Oeste. La zona de servicio básica con funcionamiento en banda L incluye Canadá, la parte continental de Estados Unidos de América y las aguas costeras hasta 200 millas náuticas de los límites territoriales. La zona básica de servicio con funcionamiento en banda Ku es la misma, excepto en que excluye las aguas costeras. Las otras zonas de servicio incluyen Puerto Rico, Alaska y Hawai.

Los satélites MSAT utilizan un total de seis haces puntuales en banda L para dar cobertura a la zona de servicio. Ello facilita la reutilización de frecuencias e incrementa la p.i.r.e. y la G/T del satélite.

En las comunicaciones de enlace directo entre la FES y el satélite se utilizan las bandas Ku de 13 a 13,15 y de 13,2 a 13,25 GHz, funcionando en cinco tramos con especialización de haz de 29 MHz de anchura que van por el enlace descendente desde el satélite al MT en una banda de 1 530 MHz a 1 559 MHz a través de los haces Este, Central, Mountain, Oeste y Alaska + Hawai/México + Puerto Rico, respectivamente. El aislamiento entre los haces Oeste y Este en banda L es suficientemente elevado para poder reutilizar el espectro de banda L en cada uno de ellos. La selección de un haz determinado de banda L para la transmisión del enlace directo se efectúa simplemente atribuyendo la transmisión FES-satélite en el tramo apropiado de 29 MHz del enlace ascendente en banda Ku.

Las comunicaciones de enlace inverso entre el MT y el satélite se efectúan en la banda L entre 1 631,5 y 1 660,5 MHz. El repetidor del enlace inverso del satélite convierte las frecuencias de estas transmisiones de haces de banda L elevándolas y las transmite por el enlace descendente a la FES en segmentos contiguos de 29 MHz de la banda Ku entre 10,75 y 10,95 GHz.

A fin de integrar los cambios en la distribución geográfica del mercado de MSAT durante la vida de servicio del sistema, se ha diseñado la carga útil para obtener una concentración de hasta el 50% de la potencia total de RF de transmisión en banda L en cualquier haz. Se prevé una flexibilidad similar respecto a la anchura de banda asignable. Cada banda de 29 MHz de los repetidores directo e inverso se equipa con ocho filtros pasobanda de onda acústica de superficie (SAW) que pueden conmutarse en un sentido u otro mediante instrucciones desde tierra, lo que da una flexibilidad plena para la atribución del espectro entre haces.

Los servicios de comunicaciones básicos con conmutación de circuitos son las de SCPC con una anchura de banda nominal de 6 kHz, utilizando AMDF. Los servicios de comunicaciones con conmutación de paquetes utilizan una combinación de canales MDT, Aloha a intervalos (SA) y AMDT, con una anchura de banda nominal de 6 kHz.

Pueden obtenerse detalles técnicos adicionales en las referencias [1, 2, 3].

5.3.3 Segmento espacial

El satélite MSAT emplea el módulo de servicio de Hughes Aircraft Co. (actualmente Boeing) HS601 que da soporte a un subsistema de comunicaciones en banda L/banda Ku de gran potencia, desarrollado por SPAR Aerospace Ltd. (actualmente EMS).

El subsistema de comunicación utiliza un repetidor directo de banda Ku a banda L que conecta los terminales terrenos de enlace de conexión a los terminales terrenos móviles, y el repetidor inverso de banda L a banda Ku establece la comunicación del terminal móvil a la estación terrena de enlace de conexión.

Los elementos principales de los repetidores son los receptores en banda L y en banda Ku, los convertidores elevadores/reductores que dan servicio cada uno a un haz de antena, los ATOP en banda Ku linealizados, los amplificadores de potencia de estado sólido (SSPA) en banda L con sus redes matriciales, y las antenas que incluyen dos grandes reflectores desplegados (5 m × 6 m) en banda L y sus elementos de alimentación, y la antena en banda Ku con reflector conformado que establece un haz único con polarización lineal cruzada en transmisión y recepción y que da cobertura a toda la zona de servicio.

La capacidad de potencia, peso de la carga útil y disipación térmica del módulo HS601 son los adecuados para la carga útil MSAT de gran potencia, y su sistema de control de actitud asegura la precisión de la puntería de las grandes antenas en banda L de diámetro flexible. El satélite MSAT se explota con arreglo a un contrato de la compañía subsidiaria de TMI, Telesat Canada. Su sistema de telemetría y control en 12/14 GHz que utiliza la encriptación de las instrucciones asegura la seguridad del satélite. El HS601 emplea un sistema de propulsión de doble carburante para las funciones de mantenimiento en posición, control de actitud y aumento del apogeo y perigeo. La determinación y el control de la actitud corre a cargo de un computador a bordo que controla la velocidad y posición del volante de inercia. El subsistema de potencia utiliza un bus único de 50 V con regulación eléctrica, dos grandes paneles solares de tres elementos con seguimiento del sol y una única batería de níquel-hidrógeno para el funcionamiento durante el eclipse. La carga de la batería es completamente automática. La disipación de las grandes cantidades de calor que generan los SSPA se efectúa mediante radiadores orientados al Norte y al Sur. El transporte de calor se facilita mediante conductos caloríficos.

El Cuadro 22 ilustra las características principales del sistema de satélite MSAT.

CUADRO 22

Parámetros principales del satélite MSAT

Tipo de vehículo espacial	HS601
Vida en servicio	10 años
Duración de la misión	12 años
Peso en el lanzamiento (Ariane 4)	2 514 kg
Potencia de los paneles solares (EOL)	3,15 kW
Potencia de la carga útil (EOL)	2,5 kW
Protección en eclipse	60% (potencia de RF)
p.i.r.e. en banda L (95% de la zona)	57,3 dB
Banda Ku	36 dBW
<i>G/T</i> en banda L (95% de la zona)	+2,7 dB/K
Banda Ku	-3,6 dB/K
Emplazamiento orbital (canadiense)	106,5° W

5.3.4 Segmento terreno

El segmento terreno del sistema MSAT consta del sistema de control de red, la estación terrena de enlace de conexión y los terminales móviles.

La NCS incluye el centro de operaciones de la red (NOC) que controla y gestiona todos los recursos de los segmentos espacial y terreno, el NCC que atribuye circuitos según la demanda al MT, y los elementos de la estación terrena de enlace de conexión y del terminal móvil asociados a los canales de señalización necesarios para efectuar las asignaciones de circuitos y otras funciones de control de la red.

El NOC registra todos los MT con sus atributos, dispone el acceso de los MT autorizados al sistema, graba la utilización del sistema a efectos de facturación y acumula registros de calidad de la red que ayudan a la planificación del sistema a largo plazo.

El NCC asigna canales a través de las facilidades de señalización, utilizando un sistema de acceso múltiple por asignación de demanda prioritaria. Cuando un MT efectúa una llamada a través de un canal de señalización, el NCC atribuye un canal de comunicaciones libre al MT y a la estación terrena de enlace de conexión, por medio también del canal de señalización. Al terminar la llamada, el canal se libera y queda disponible para que el NCC lo reasigne a otra llamada.

La estación terrena de enlace de conexión es un terminal fijo que emplea una antena de alta ganancia de 11,0 m. Realiza las funciones de transmisión/recepción en banda Ku para la señalización y las comunicaciones con el satélite. Como la absorción atmosférica en las frecuencias de la banda Ku puede variar considerablemente en función de las condiciones meteorológicas, se utiliza una baliza estable de banda Ku en el satélite para obtener un control automático del nivel de transmisión que mantenga una densidad de flujo en banda Ku casi constante en el satélite.

Para el MT, se ha adoptado una arquitectura modular compuesta de tres unidades básicas (interfaz exterior, transceptor y antena). Existe una amplia gama de unidades de interfaz para adaptarse a las diversas aplicaciones y opciones seleccionadas. El terminal básico interactúa con un simple teléfono de mano y ofrece únicamente servicio con conmutación de circuitos. Un terminal de alta gama ofrece servicio telefónico con conmutación de circuitos y de datos por conmutación de paquetes, conexión de computadores, teclado, asistente personal de datos, visualización de datos, facsímil, impresoras, etc.

Existen diversos diseños de antena para el MT, con ganancias que van desde 3 a 15 dBic. Esas ganancias se obtienen utilizando diversos tipos de antenas que van desde los simples dipolos cruzados inclinados a sistemas de microcintas orientables electrónicamente. Un reto importante fue el diseño de las antenas de gran calidad, costo reducido, fiables y estéticamente aceptables que pudieran seguir al satélite MSAT, independientemente del movimiento del vehículo.

5.3.5 Servicios de comunicaciones

5.3.5.1 Servicio telefónico con conmutación de circuitos

El servicio telefónico con conmutación de circuitos de TMI Communications permitirá la comunicación más allá de los límites de los servicios tradicionales telefónicos o inalámbricos. No sólo se puede hablar con otras personas a las que sería de otra manera imposible llegar, sino que se puede hacer económicamente.

El servicio telefónico con conmutación de circuitos ofrece a los usuarios móviles y fijos una gama de facilidades vocales digitales útiles, tales como:

- Retransmisión de la llamada (en condiciones de «ocupado», no respuesta o incondicionalmente).
- Prohibición de llamada
- Llamada en espera
- Comunicación pluripartita (llamada en tres vías).

5.3.5.1.1 Servicio de datos con marcación

El servicio de datos con marcación de TMI Communications es ideal para aplicaciones tales como la de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) que transmite y recibe grandes volúmenes de información. El servicio puede utilizarse para aplicaciones de oficina fija y móvil, tales como la transferencia de ficheros, el correo electrónico, Internet y el acceso LAN.

Los datos con marcación establecen un circuito entre el remitente y el receptor, en la misma forma que funciona la RTPC. El servicio de datos con marcación se suele tasar al minuto, con fracciones (por ejemplo, incremento de 30 s), o por segundo.

La red de TMI Communications conecta el MT a las redes telefónicas públicas y de datos, a las redes privadas o a otro MT, encaminando el tráfico por el satélite.

5.3.5.1.2 Servicio facsímil

El servicio facsímil de TMI Communications ofrece a los usuarios un sistema eficaz y sin errores de comunicación facsímil. Los usuarios pueden intercambiar mensajes facsímil con destinatarios y remitentes de todo el mundo a través de la RTPC. La característica singular del servicio de almacenamiento y retransmisión es que mejora la productividad de los trabajadores móviles de hoy en día.

La unidad física de interfaz facsímil conecta la entrada de datos (puerto serie) del MT con un aparato facsímil normalizado utilizando un cable de módem serie normal de 25 tomas. Un sistema de facsímil con almacenamiento y retransmisión permite enviar los mensajes sin saber la

disponibilidad o no del aparato facsímil de destino. Si el aparato de destino está ocupado, el servicio tratará de establecer de nuevo una conexión durante un número especificado de veces. Si continúa encontrándose con señales de ocupado, el servicio puede depositar el facsímil en el buzón facsímil del abonado de destino.

5.3.5.1.3 Servicio radioeléctrico de despacho

El servicio radioeléctrico de despacho de TMI Communications ofrece despacho vocal bidireccional o servicio de radiodifusión vocal unidireccional. Es una alternativa rentable para la instalación, mantenimiento y reubicación de sistemas de comunicaciones radioeléctricos basados en tierra.

El servicio radioeléctrico de despacho de red inalámbrica con sistema de botón pulsador se basa en el establecimiento de «grupos de conversación» – conjunto de usuarios que comparten un canal radioeléctrico común. Cada comunicador puede dar soporte hasta 15 grupos de conversación. Cada grupo de conversación puede incluir hasta 10000 miembros. Al establecer grupos de conversación, pueden predeterminarse niveles de prioridad, a fin de definir a quién se permitirá escuchar y hablar durante cada sesión.

Los usuarios tienen también la posibilidad de marcar el grupo de conversación desde la RTPC o marcar para salirse del grupo a la RTPC.

La red de TMI Communications actúa como una torre de radio, convirtiendo todo el continente en una célula única y transmitiendo señales a los abonados en tierra y recibíéndolas de ellos. El servicio radioeléctrico de despacho de TMI Communications puede también configurarse para dar una mayor seguridad a los abonados.

5.3.5.2 Servicios de datos por paquetes

La capacidad de transmitir datos vitales entre empresas es fundamental, ya sea para recopilar información de flotas de vehículos distantes y de existencias en movimiento, supervisar equipo de construcción a distancia o recoger información de facturación en vehículos de distribución.

Los servicios de datos por paquetes de TMI Communications efectúan transmisiones de datos rápidas y eficaces desde emplazamientos aislados o recursos móviles.

Los servicios especializados de datos por paquetes sirven para aplicaciones inalámbricas de datos tales como: gestión de flotas y cargas, verificación de tarjetas de crédito, correo electrónico, información sobre posición de vehículos, cálculo móvil y difusión de mensajes de datos.

Las transmisiones efectuadas mediante los servicios de datos por paquetes son extremadamente seguras. A fin de prevenir la utilización no autorizada o fraudulenta del servicio, cada comunicador debe inscribirse y obtener acceso a la red de TMI. El sistema ofrece también seguridad contra utilización fraudulenta mediante una clave de seguridad de acceso que es única para cada terminal móvil.

5.3.6 Referencias Bibliográficas

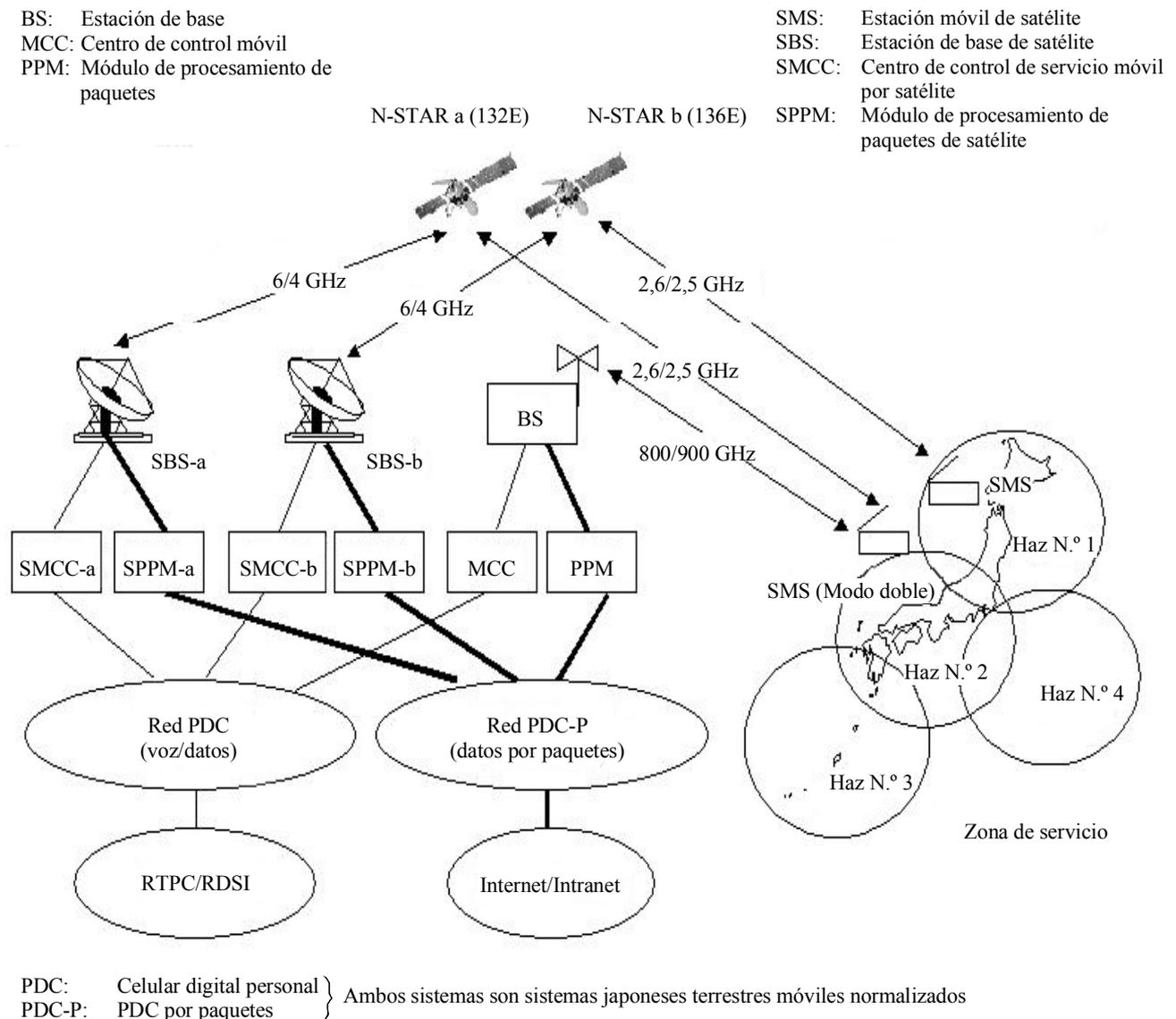
- [1] BERTENYI, E. [1992] The Canadian MSAT System. Proceedings of Satellite Symposia 1 & 2: Navigation & Mobile Communications, and Image Processing, GIS & Space-assisted Mapping, de la Conferencia «International Space Year», Munich, Alemania, 30 de marzo-4 de abril de 1992 (ESA ISY-2, julio de 1992).
- [2] BERTENYI, E. [1991] The North American MSAT System, Elsevier Space Communications 8, p. 295-302.
- [3] BERTENYI, E. y RAHMAN, F. [1992] The Mobile Satellite System of Telesat Mobile Inc. (IAF-92-0400), 43^o Congreso de la Federación Astronáutica Internacional, 28 de agosto-5 de septiembre de 1992, Washington, DC.

5.4 Sistemas de comunicaciones móviles por satélite N-STAR

5.4.1 Panorámica general

En Japón, se ha desarrollado un sistema nacional de comunicaciones móviles por satélite para ampliar en condiciones económicas la zona de los servicios móviles terrestres y marítimos. Este sistema emplea dos satélites OSG, N-STAR a y b, que se lanzaron en agosto de 1995 y febrero de 1996, respectivamente. Este sistema N-STAR ofrece desde marzo de 1996 [1] servicios de transmisión vocal en 4,8 kbit/s con conmutaciones de circuitos, facsímil y datos (servicio básico) para usuarios situados fuera de las zonas de servicio terrenales. Además de estos servicios, desde marzo de 2000 [2], [3] se ofrece un servicio de transmisión de datos con conmutación de paquetes (servicios de paquetes). Este nuevo servicio de paquetes es un servicio de datos asimétrico capaz de dar una velocidad máxima de transmisión de datos de 64 kbit/s en el enlace descendente. La Fig. 24 muestra la configuración del sistema N-STAR.

FIGURA 24
Configuración del sistema N-STAR



5.4.2 Arquitectura del sistema y características técnicas

5.4.2.1 Parámetros principales del sistema

Los parámetros principales del sistema se indican en el Cuadro 23.

CUADRO 23

Parámetros principales del sistema

Elemento	Servicio básico	Servicio por paquetes
Banda de frecuencias	Enlace de servicio: banda 2,6/2,5 GHz (2 660-2 690/2 505-2 535 MHz) Enlace de conexión: banda 6/4 GHz (6 345-6 425/4 120-4 200 MHz)	
Intervalo de frecuencia del canal	12,5 kHz	Enlace de retorno: 12,5 kHz Enlace directo: 150 kHz
Radio del haz	600 km	
Sistema de acceso	AMDF/SCPC	Enlace de retorno: AMDF Enlace directo: MDT
Velocidad binaria de transmisión	14 kbit/s	Enlace de retorno: 14 kbit/s Enlace directo: 156 kbit/s
Esquema de modulación/demodulación	MDP-4 con desplazamiento $\pi/4$ /detección coherente	
Método de corrección de errores	Codificación convolucional con decodificación de Viterbi	
Método de codificación vocal	5,6 kbit/s PSI-CELP	
Velocidad binaria de transmisión de datos	4,8 kbit/s	Enlace de retorno: 5,6 kbit/s Enlace directo: hasta 64 kbit/s

PSI-CELP: Predicción lineal excitada por código de innovación síncrono con el paso.

5.4.2.2 Satélite N-STAR

Los parámetros principales del satélite N-STAR se indican en el Cuadro 24.

CUADRO 24

Parámetros principales del satélite N-STAR

Elemento	Especificación	Observaciones
Emplazamiento orbital	N-STAR a: 132° de longitud Este N-STAR b: 136° de longitud Este	
Fecha de lanzamiento	N-STAR a: 29 de agosto de 1995 N-STAR b: 5 de febrero de 1996	
Control de altitud	Control en tres ejes	
Vida útil	Más de 10 años	
Masa inicial en órbita	Aproximadamente 2 toneladas	
Antena montada en el satélite	Tres reflectores de antena: – dos reflectores desplegados de 2,6 × 3,0 m – un reflector de 2,1 m	Para el SFS
Configuración del transpondedor	Multihaz Ka (30/20 GHz)	
	Monohaz Ka (30/20 GHz)	
	Ku (14/12 GHz)	
	C (6/4 GHz)	Enlace de conexión del SMS
	S (2,6/2,5 GHz)	Enlace de servicio del SMS

5.4.2.3 Terminales móviles

El sistema N-STAR se integra con los sistemas celulares terrenales, de forma que los abonados pueden acceder a ambos sistemas utilizando un terminal de modo doble. Los detalles se describen en un punto posterior.

Se han desarrollado tres tipos de terminales para el servicio básico: portátil, marítimo y de vehículo. El terminal de vehículo se utiliza como terminal en modo doble y el terminal marítimo se emplea exclusivamente para el sistema de satélite. Los terminales portátiles incorporan un modo doble y una utilización exclusiva para el sistema de satélite. El sistema N-STAR se integra con el sistema celular terrenal. En este caso, se utiliza un terminal de modo doble. El Cuadro 25 muestra las especificaciones principales del terminal móvil. El terminal para servicio de paquetes es casi el mismo que el terminal de tipo marítimo para el servicio básico. Las Figs. 25 y 26 describen el terminal del servicio de paquetes y el terminal de tipo portátil, respectivamente.

CUADRO 25

Especificaciones principales de los terminales móviles

	Paquetes	Tipo marítimo	Tipo vehículo	Tipo portable
Banda de frecuencias	Transmisión: 2 660-2 690 MHz Recepción: 2 505-2 535 MHz			
Potencia máxima de transmisión	2,0 W			
Ganancia de antena	10,0 dBi			
Tamaño del terminal	Diámetro de la unidad de antena: 30 cm Altura: 15 cm Peso: 5 kg Tamaño de la unidad terminal: 15,5 cm × 25 cm × 8,8 cm Peso: 4 kg	Diámetro de la unidad de antena: 30 cm Altura: 15 cm Peso: 5 kg Tamaño de la unidad terminal: 15,5 cm × 25 cm × 7 cm Peso: 3 kg	Diámetro de la unidad de antena: 30 cm × 34 cm Altura: 5,5 cm Peso: 3 kg Tamaño de la unidad terminal: 15,5 cm × 25 cm × 7 cm Peso: 3 kg	Tamaño de la antena y de la unidad terminal: 26 cm × 18,5 cm × 6 cm Peso: 2,7 kg (incluyendo el peso de la batería)

FIGURA 25

Terminal del servicio de paquetes



FIGURA 26

Terminal de tipo portátil (modo doble)



MSS-25

5.4.3 Servicios y aplicaciones

El sistema N-STAR ofrece dos tipos de servicio. Uno es el servicio con conmutación de circuitos (servicio básico) y el otro es el servicio con conmutación de paquetes (servicio de paquetes) a fin de lograr una calidad del canal elevada, se ha adoptado un esquema de corrección de errores en recepción sin canal de retorno (FEC) adecuado (codificación convolucional de velocidad 1/2 con decodificación de Viterbi) para ambos servicios. Así pues, aun cuando el terminal móvil esté en el extremo de la zona de servicio, la BER de los datos recibidos en el terminal móvil es inferior a 1×10^{-4} .

En el servicio básico, la velocidad de transmisión de información para los servicios de voz y de facsímil/datos es de 5,6 kbit/s y de 4,8 kbit/s, respectivamente. Para los servicios de facsímil/datos, a fin de obtener una transmisión sin errores, se ha adoptado un esquema avanzado de corrección automática de errores.

En el servicio de paquetes, se ha adoptado un esquema único de transmisión de datos asimétrica. Así pues, la velocidad de transmisión de información para el enlace directo y el enlace de retorno es como máximo de 64 kbit/s y de 5,6 kbit/s, respectivamente. Los detalles de esta característica singular se describen en el punto siguiente.

El sistema N-STAR se utiliza manualmente en el mar o en las regiones montañosas que no están cubiertas por servicios celulares terrenales. Así pues, el sistema puede desempeñar un papel vital en diversas operaciones de vigilancia y control y desempeñar también una función importante en la investigación académica y en la gestión de la seguridad. Por ejemplo, en el monte Hossho, en Kyushu, Japón, un volcán activo, se transmitían automáticamente imágenes desde una cámara situada cerca del cráter a un centro de investigación de volcanes, a unos 30 km, a través del terminal del sistema N-STAR. Ello permitió por ejemplo observar el volumen y el color de los humos volcánicos mediante imágenes estáticas, facilitando este sistema la recopilación y análisis de datos valiosos.

5.4.4 Características propias

5.4.4.1 Integración del sistema

El sistema N-STAR se integra con los sistemas celulares terrenales. A fin de aprovechar las ventajas de este sistema integrado, los abonados utilizan terminales de modo doble. El terminal de modo doble puede recibir señales del satélite y de las estaciones de base celulares terrenales simultáneamente o secuencialmente. Dentro de una zona de servicio celular, este terminal se conecta preferentemente al sistema terrenal. Fuera de la zona de servicio celular, el terminal se conecta automáticamente al sistema de satélite. Esta selección se realiza sobre la base de las condiciones de la señal recibida. No es necesario que los abonados sepan el sistema que están utilizando. La integración de los sistemas terrenal y móvil por satélite se establece para lograr un sistema de comunicaciones móviles más económico.

5.4.4.2 Fiabilidad del sistema

A fin de lograr una fiabilidad elevada, el sistema N-STAR se compone de dos satélites, dos SBS que reciben/transmiten señales radioeléctricas desde los satélites y a éstos y los centros SMCC que se ocupan del procesamiento de la llamada y de la interfaz con la RTPC/RDSI. Cada SBS es una estación de reserva respecto a la otra.

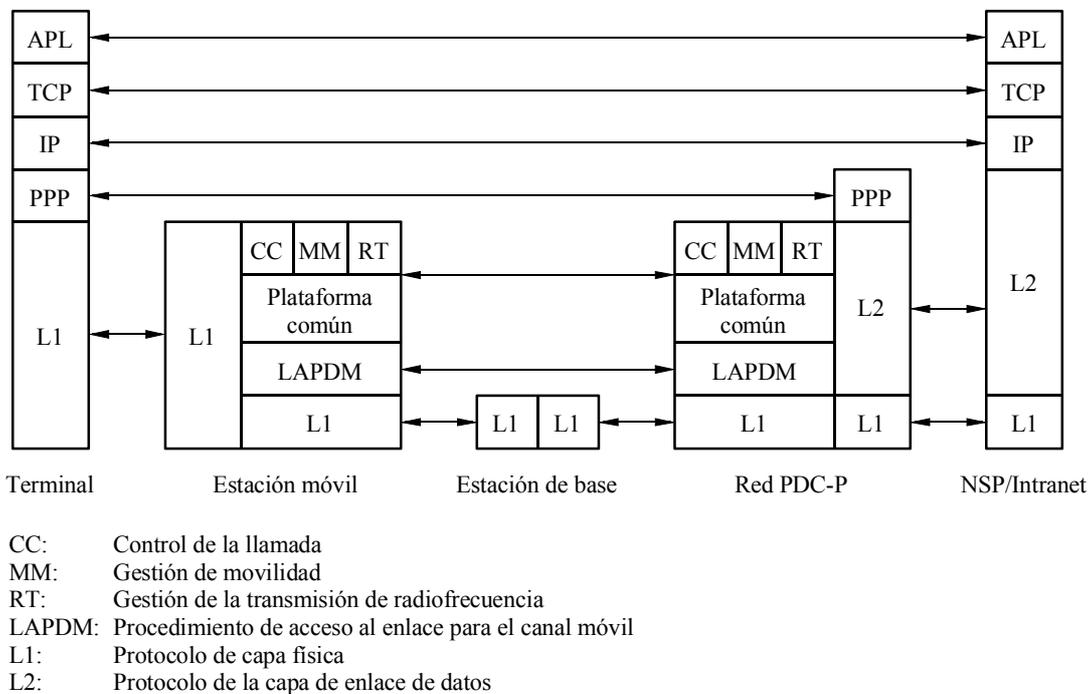
5.4.4.3 Servicio de paquetes asimétrico

El sistema de paquetes N-STAR se desarrolló a fin de ofrecer servicios Internet/Intranet a todos los usuarios que se encuentren fuera de la zona de servicio PDC-P.

En muchos servicios Internet/Intranet, predomina la carga del tráfico del enlace directo y la velocidad de datos del enlace de retorno no afecta considerablemente al caudal general. El aumento de la velocidad de datos del enlace de retorno supone un aumento de la potencia de emisión de las estaciones móviles, lo que se traduce en un terminal grande y pesado. Por otro lado, un sistema de comunicaciones por satélite puede aumentar la velocidad de datos del enlace directo de forma relativamente sencilla, asignando la potencia y la anchura de banda que corresponden a la capacidad del satélite. Considerando estos aspectos, este sistema de paquetes adopta un esquema de comunicación asimétrica con una velocidad de datos elevada de 64 kbit/s en el enlace directo y una velocidad de datos reducida de 5,6 kbit/s en los enlaces de retorno. Manteniendo la velocidad de datos del enlace de retorno igual a la del sistema actual se mantienen también iguales el tamaño de la estación móvil y el consumo de potencia.

La Fig. 25 muestra el terminal de paquetes y la Fig. 27 muestra las configuraciones de protocolo de este servicio.

FIGURA 27
Configuraciones de protocolo



MSS-27

5.4.5 Sitio en la red del proveedor

<http://www.nttdocomo.com/>.

5.4.6 Referencias Bibliográficas

- [1] FURUKAWA, K., NISHI, Y., KONDO, H., UEDA, T. y YASUDA, Y. [1996] N-STAR mobile communication system. Proc. of GLOBECOM'96, p. 390-395.
- [2] YAMASHITA, T., INOUE, M. y NISHI, Y. [mayo de 2001] Satellite mobile packet system characteristics and performance evaluation. Proc. of VTC Spring Conference, Rhodes, Grecia.
- [3] INOUE, M., YAMASHITA, T. y ONO, T. [octubre de 2001] N-STAR satellite mobile packet communications system. Presentado a IAF 2001, Toulouse, Francia.

5.5 Sistema móvil por satélite Globalstar

Comunicaciones por satélite – La próxima generación de servicios inalámbricos

Globalstar es el proveedor de la siguiente generación de servicios de comunicaciones móviles por satélite que dan comunicaciones telefónicas y de datos a zonas geográficas distantes y a clientes de todo el mundo, mediante una solución simple y rentable de sus necesidades de comunicaciones. El servicio se inició en enero de 2000 y se está implantando sistemáticamente por todo el mundo, de una región a otra.

Nuestro parque de clientes se compone principalmente de usuarios celulares que se desplazan por fuera de zonas de cobertura, personas que trabajan en zonas remotas en las que no existen sistemas terrenales, residentes de mercados con poco servicio que pueden utilizar los teléfonos fijos de Globalstar para satisfacer sus necesidades de telefonía básica, y viajeros internacionales que necesitan mantener contacto de forma constante.

Nuestros «mercados verticales» incluyen el sector marítimo y los fletes, las embarcaciones de recreo, el transporte y las flotas de camiones, los ferrocarriles; la aviación comercial y la aviación general; los recursos naturales – la prospección petrolífera y de gas, la industria maderera y de explotación forestal y los organismos estatales -nacionales y locales.

5.5.1 Descripción del sistema Globalstar

5.5.1.1 Componentes del sistema

El sistema Globalstar consta de tres componentes principales: la constelación de satélites, las centrales de cabecera y los teléfonos y módems de datos. Los enlaces de radiocomunicación se establecen a través del satélite entre el usuario y la central de cabecera en la que se realizan las conexiones con las redes terrenales existentes. Los enlaces de comunicación se establecen en tramos de las bandas de frecuencia atribuidas al SFS y al SMS.

Planes de frecuencia y polarización

Globalstar utiliza las atribuciones en banda C al SFS entre los satélites y las centrales de cabecera para sus enlaces de conexión. Las antenas del enlace de conexión con el satélite producen haces de cobertura de la Tierra. Las centrales de cabecera utilizan tres o cuatro antenas parabólicas que se programan para el seguimiento de los satélites. Se utiliza la polarización circular dextrógira (RHCP) y la polarización circular levógira (LHCP) para los enlaces de conexión. Las frecuencias del enlace de conexión y del enlace descendente se distribuyen entre 16 haces para el enlace descendente y el enlace ascendente del SMS, respectivamente. Las bandas de frecuencias específicas del enlace de conexión son:

- Enlace ascendente de conexión desde la central de cabecera al satélite: 5 091-5 250 MHz.
- Enlace descendente de conexión desde el satélite a la central de cabecera: 6 875-7 055 MHz.

Ambas antenas del satélite de banda S y de banda L tienen un diseño multihaz configurado para producir los 16 haces. Los haces del enlace de servicio emplean la LHCP con reutilización total de frecuencias. Las bandas de frecuencia del enlace de servicio específico para la mayoría de los países son:

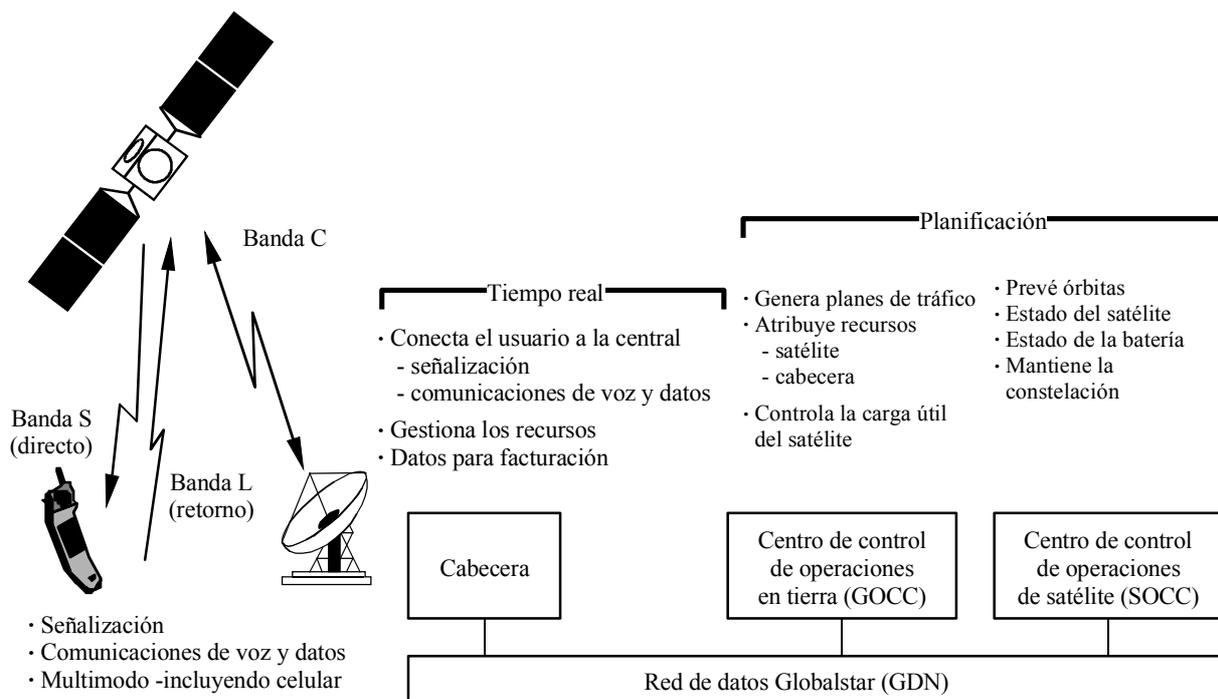
- Enlace de servicio ascendente desde el teléfono del usuario al satélite: 1 610-1 621,35 MHz.
- Enlace descendente de servicio desde el satélite al teléfono del usuario: 2 483,5-2 500 MHz.

5.5.1.2 Operaciones del sistema

Hay dos centros de control Globalstar (GCC) en San José y en El Dorado Hills, cerca de Sacramento, California. Cada uno de ellos es plenamente capaz de explotar la red en tierra y gestionar la constelación de satélites, y los dos están operativos 24 h al día. Los centros incluyen un Centro de control de operaciones en tierra (GOCC) y un Centro de control de operaciones del satélite (SOCC).

La Fig. 28 muestra el centro de control integrado. Las centrales de cabecera representadas en la Figura interactúan con el GOCC y el SOCC. Aunque no se representa en el diagrama, el GOCC interactúa también con la Oficina de Facturación Globalstar (GBO). El GOCC recopila datos de detalle de las llamadas de cada central de cabecera y los envía a la GBO, de forma que el proveedor del servicio puede preparar las facturas mensualmente.

FIGURA 28
Soporte del segmento en tierra para las comunicaciones



MSS-28

La red de datos Globalstar (GDN) mundial conecta el GOCC a todas las centrales de cabecera y conecta el SOCC a las seis centrales de cabecera que tienen equipo de teledirigida y control (T&C) del satélite.

Los satélites Globalstar cursan tráfico de abonado entre teléfonos Globalstar y módems de datos y centrales de cabecera Globalstar. Las centrales de cabecera interactúan a continuación con las redes telefónicas terrenales y con las redes celulares a través del centro de conmutación móvil de cabecera (MSC), situado en el país anfitrión.

5.5.1.3 Constelación de satélites

Las órbitas de los satélites se optimizan para lograr la disponibilidad máxima del enlace en la zona comprendida entre 70° de latitud Sur y 70° de latitud Norte. Es posible el servicio en latitudes superiores con una menor disponibilidad del enlace. El segmento espacial Globalstar consta de 48 satélites operativos en LEO de 1414 km y 4 unidades de repuesto en órbita situadas a una altitud inferior. Las órbitas bajas permiten utilizar teléfonos de usuario de baja potencia, similares a los teléfonos celulares. Los satélites se distribuyen en 8 planos orbitales, con 6 satélites por plano orbital, igualmente separados. Los satélites completan una órbita cada 114 min. Los teléfonos de usuario y los módems de datos en un emplazamiento particular sobre la superficie de la Tierra están iluminados por uno de los 16 haces de la antena del satélite que pasa sobre la Tierra. Típicamente, un abonado estará en comunicación con más de un satélite en todo momento. La Fig. 29 muestra una representación de la constelación de los satélites en órbita terrena baja y la Fig. 30 muestra un satélite.

FIGURA 29
Constelación de satélites

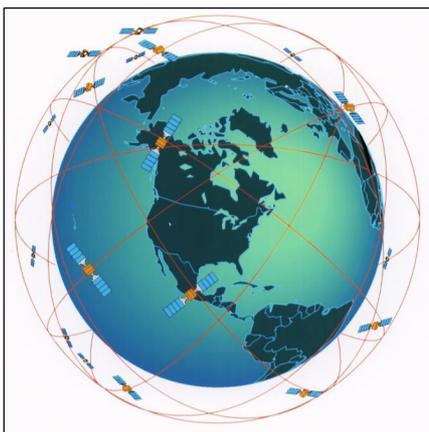


FIGURA 30
Satélite Globalstar



MSS-29

5.5.1.4 Centrales de cabecera

Las centrales de cabecera son parte integrante del segmento terreno Globalstar, el cual incluye también los centros de control de operaciones en tierra, los centros de control de operaciones de satélite y la red de datos Globalstar.

Cada central de cabecera que pertenece al proveedor del servicio del país en que está situada, el cual se encarga de su gestión, recibe transmisiones de los satélites en órbita, procesa las llamadas y las conmuta hacia la red en tierra adecuada. Una central de cabecera puede dar servicio a más de un país. Las centrales de cabecera constan de tres o cuatro antenas, equipo de procesamiento AMDC, un centro de conmutación móvil y equipo de gestión. Las centrales de cabecera ofrecen una integración continua con la telefonía regional y con las redes inalámbricas. Utilizan una interfaz normalizada T1/E1 con la actual RTPC y la red móvil terrestre pública (RMTP).

5.5.1.5 Centro de control de operaciones en tierra

El Centro de control de operaciones en tierra (GOCC), que consta principalmente de unidades de computador y grandes pantallas, se encarga de la planificación y la gestión de los recursos de comunicaciones de la constelación de satélites. El GOCC se coordina con el SOCC, que verifica el funcionamiento y el estado del resto de los subsistemas de los satélites.

Cada día, el GOCC genera las instrucciones para la carga útil del satélite con las que se establecen los parámetros de cada transpondedor de comunicaciones del satélite. El SOCC transmite estas instrucciones a cada satélite en nombre del GOCC. El GOCC genera también y envía a cada central de cabecera diariamente, horarios de seguimiento para cada antena y datos orbitales para que se puedan apuntar adecuadamente las antenas a los satélites asignados. También gestiona el volumen de tráfico que puede cursarse durante un paso, a fin de equilibrar la utilización de los recursos de satélite, tales como la potencia de transmisión. Además de las funciones de planificación y gestión de los recursos, el GOCC se encarga de las interrupciones que afectan al servicio en las centrales de cabecera y difunde esta información a otras centrales de cabecera en apoyo de los análisis de dificultades de itinerancia. El GOCC se encarga también de la verificación y el mantenimiento de la disponibilidad operativa de la red de datos Globalstar.

5.5.1.6 Centro de control de operaciones de satélite

Recepción de telemetria: Los satélites Globalstar transmiten continuamente datos de telemetria que contienen informaciones sobre la posición orbital y mediciones del estado actual del vehículo espacial. Las unidades de T&C que se sitúan en estaciones de cabecera determinadas están concebidas para funcionar automáticamente, con control a distancia desde el Centro de control de operaciones de satélite (SOCC). Los datos de telemetria enviados desde los satélites al equipo T&C se encaminan hacia el SOCC a través de la red de datos Globalstar. Una planificación previa asegura que cada satélite recibe nominalmente un contacto de telemetria una vez por órbita.

Transmisión de telemando: Las instrucciones se envían desde el SOCC a través de la red de datos Globalstar a unidades T&C específicas y a continuación se transmiten inmediatamente al satélite. Dependiendo de la instrucción, el satélite puede ejecutarla inmediatamente o almacenarla para una ejecución posterior. El SOCC se encarga de dirigir el mensaje de telemando a la unidad T&C adecuada en el momento preciso para la transmisión al satélite apropiado.

Operaciones del SOCC: La telemetria se encamina hacia las estaciones de trabajo del usuario asignado para verificar o controlar satélites específicos. En todo momento, todos los satélites en contacto se supervisan automáticamente mediante programas informáticos, seleccionando únicamente determinados satélites, los cuales supervisa directamente un miembro del equipo de operaciones de vuelo. Desde una única estación de trabajo se pueden supervisar hasta 6 satélites. Puede pedirse a un controlador de operaciones que supervise hasta 6 satélites específicos o se le pueden definir los criterios mediante los que el sistema puede determinar automáticamente los satélites que han de supervisarse. Por ejemplo, el controlador puede solicitar la observación de todos los satélites de los que se están recibiendo datos en tiempo real y en los que el programa de supervisión del subsistema de potencia detecta un posible problema.

5.5.2 Productos de telefonía

5.5.2.1 Teléfonos móviles Globalstar

Nuestros teléfonos funcionan en modo celular o por satélite, permitiendo el mantenimiento en contacto desde prácticamente todas partes. Los teléfonos móviles Globalstar, tal como se indica en la Fig. 31, están fabricados por:

- QUALCOMM (CDMA-800, AMPS-800, modos Globalstar),
- Ericsson (GSM-900, modos Globalstar), y
- Telit (GSM-900, modos Globalstar).

FIGURA 31
Teléfonos móviles Globalstar



5.5.2.2 Teléfonos fijos Globalstar

Los productos fijos ofrecen una solución innovadora para el establecimiento rápido y sencillo de comunicaciones en emplazamientos distantes y en zonas en las que los servicios tradicionales no son económicamente factibles. La antena Globalstar se monta en un emplazamiento exterior conveniente con una visión despejada del cielo y se conecta a teléfonos normalizados utilizando un cable normal. Se dispone de dos modelos de teléfono fijo:

- El Globalstar EF-200 – Diseñado para funcionar en países cuya norma de red inalámbrica es la GSM-900.
- El QUALCOMM GSP 2800/2900 – Diseñado para utilizar en países en los que se utilizan redes inalámbricas AMDC.

5.5.2.3 Aparatos para vehículo Globalstar

Los aparatos de vehículo ofrecen soluciones a los usuarios móviles e industrias, tales como las de transporte por carretera, petrolífera y servicios públicos, permitiendo a los profesionales mantener un contacto permanente fuera del alcance de toda red celular o terrenal. La antena del equipo de vehículo se fija en éste, realizándose en el interior la instalación de cables que van hasta un soporte en el que se fija el teléfono. El equipo de vehículo permite el funcionamiento en manos libres, lo que da la posibilidad de recibir o emitir llamadas con seguridad mientras que se conduce.

5.5.3 Productos de datos Globalstar

Para una descripción de los productos disponibles acúdase al proveedor del servicio Globalstar.

5.5.4 Servicios de datos Globalstar

Globalstar está introduciendo actualmente una serie de distintos servicios de datos inalámbricos, aportando una mayor funcionalidad y conveniencia a los clientes, dondequiera que vivan, trabajen o viajen. La arquitectura AMDC del sistema es particularmente idónea para las comunicaciones de datos, asegurando a los usuarios una gran calidad y conexiones de datos seguras para diversas aplicaciones comerciales y personales -en tierra, en el mar o en el aire- con velocidades similares a las que ofrecen actualmente los servicios celulares inalámbricos.

- **Conectividad Internet inalámbrica para computadores personales:** Con un cable de datos Globalstar de utilización sencilla, los usuarios pueden conectar rápidamente su computador personal a un teléfono Globalstar, al igual que si conectasen su computador personal en un enchufe telefónico (véase la Fig. 32) convencional. El computador marca Internet permitiendo al usuario enviar y recibir correos electrónicos y otros datos basados en Internet, utilizando mediante un programa informático explorador normal y de gestión del correo. Este servicio no sólo es útil para los viajeros que desean tener acceso a los datos cuando se desplazan, sino también para los usuarios de emplazamiento fijos distantes que no tienen otros medios de conectar sus computadores personales a la Red (véase la Fig. 33).

FIGURA 32

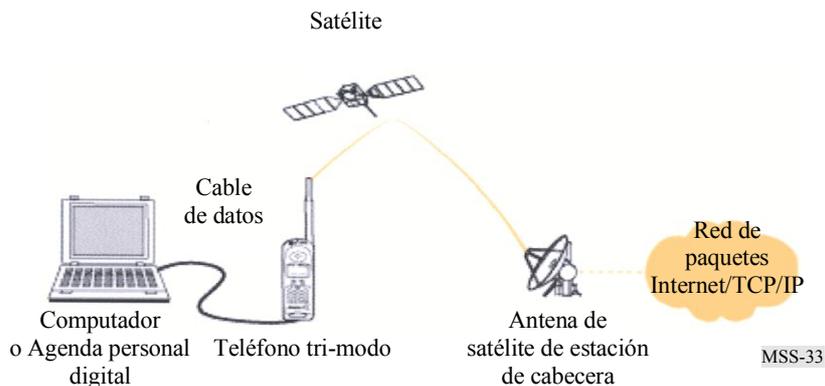
Cable de datos Globalstar



MSS-32

FIGURA 33

Conexión a Internet inalámbrica



MSS-33

- **Servicios de módem de datos SCADA (control de supervisión y adquisición de datos):** Los módems de datos Globalstar de diseño especial pueden enviar y recibir automáticamente datos desde emplazamientos distantes, permitiendo a los clientes supervisar y gestionar a distancia equipos e infraestructuras. Por ejemplo, los operadores de oleoductos pueden instalar módems Globalstar en diversos puntos a lo largo del oleoducto para verificar el caudal, la presión y la temperatura, y los directores de las compañías de fletes pueden seguir regularmente el emplazamiento de los contenedores y vehículos. Se puede enviar pequeñas ráfagas de datos y recibirse con un costo muy reducido, haciendo que estos sistemas sean mucho menos caros que los de verificación manual u otros sistemas basados en satélite.
Los servicios de datos Globalstar se ofrecen con protocolos de conmutación de circuitos o de conmutación de paquetes.
- **Datos con conmutación de circuitos (asíncronos):** Este servicio es similar al servicio Internet «de marcación» con los que se está más familiarizado para utilización personal. Se establece un circuito especializado, que fundamentalmente es el mismo que el de una conexión telefónica normalizada, y puede utilizarse para las funciones normales Internet (por ejemplo, correo electrónico, navegación por la web, etc.). Para acceder a Internet los usuarios marcan el número de un proveedor de servicio Internet (ISP) al igual que harían normalmente con una línea telefónica regular.
- **Datos con conmutación de paquetes:** Este servicio es más eficiente para la transferencia de datos, y es similar al utilizado en las conexiones DSL y de módem de cable. Los usuarios acceden a los datos Internet de la misma forma que en las conexiones con conmutación de circuitos y básicamente a las mismas velocidades de transferencia, si bien las conexiones con conmutación de paquetes no requieren una conexión de marcación ISP. En su lugar, el computador se conecta directamente a Internet a través del teléfono Globalstar.

Los datos con conmutación de circuitos se están instalando actualmente en toda la red Globalstar y se introducirán en mercados específicos a lo largo de 2001, empezando en el segundo trimestre. Los datos con conmutación de paquetes empezaron en Estados Unidos de América, Canadá y el Caribe a principios de 2001, y se introducirán en otros mercados determinados a lo largo de 2001 y 2002.

5.5.5 Velocidades de datos

La arquitectura del sistema Globalstar prevé normalmente transmisiones de 9,6 kbit/s, lo que es similar a las velocidades actualmente disponibles en la mayoría de las redes celulares, y es bastante adecuado para enviar información de recepción de textos, tales como el correo electrónico, los datos financieros, etc. La arquitectura AMDC Globalstar es también ampliable, de forma que pueden lograrse velocidades superiores utilizando circuitos múltiples, habiéndose ya registrado en sistemas prototipo velocidades de 200 kbit/s.

Globalstar está también explorando las formas de mejorar las velocidades de transferencia de datos, incluso por circuitos individuales. Entre las opciones que se están considerando se menciona la adopción de la tecnología HDR (velocidad de datos elevada) de Qualcomm que permitirá obtener velocidades 3-4 veces superiores a las actuales de transferencia.

5.5.6 Ventajas de Globalstar

El sistema de diseño inteligente de Globalstar se basa en la superposición de la cobertura del satélite, de forma que haya cuatro satélites disponibles desde cualquier emplazamiento para tratar una llamada. Esta «diversidad de trayecto» se traduce para los clientes en un número mayor de llamadas concluidas y en un número muy inferior de llamadas abandonadas.

La red de Globalstar de socios y proveedores de servicio a nivel mundial, permite a la compañía aprovechar las infraestructuras, conocimientos, tecnologías y relaciones existentes. La utilización de la tecnología AMDC (acceso múltiple por división de código) se traduce en una calidad de la voz y una seguridad superiores. La constelación de 48 satélites en LEO elimina el retardo de la voz.

Para más información véase: <http://www.globalstar.com/>.

5.6 Inmarsat

5.6.1 Panorámica general

Inmarsat fue el primer operador mundial de telecomunicaciones móviles por satélite. Se constituyó como organización intergubernamental enfocada a la comunidad marítima en 1979 con la misión de ofrecer comunicaciones por satélite para la gestión de barcos y las situaciones de socorro y seguridad. Inmarsat es actualmente una compañía limitada del Reino Unido que ofrece servicios de comunicaciones telefónicas, facsímil y de datos a los usuarios móviles marítimos terrestres y aeronáuticos. Actualmente (agosto de 2001) hay más de 210 000 terminales de usuario en el sistema Inmarsat.

5.6.2 Servicio y aplicaciones

Inmarsat ofrece una amplia gama de servicios distintos para atender a los requisitos de los usuarios móviles marítimos, aeronáuticos y terrestres:

Inmarsat-A

Inmarsat-A es el servicio original de Inmarsat y se basa en la tecnología analógica. Ofrece telefonía analógica de marcación directa, facsímil de Grupo 3, télex y servicios de datos que van desde 9,6 kbit/s a 64 kbit/s. También dispone de capacidades de comunicaciones de socorro.

Existen terminales para utilización en barcos y terminales transportables para utilización en tierra. Los terminales funcionan con los haces mundiales. Los terminales de barco pueden utilizarse para atender a los requisitos del SMSSM.

Inmarsat-B

Inmarsat B ofrece servicios similares a los de Inmarsat A, pero se basa en la tecnología digital, más eficaz en cuanto a anchura de banda. Inmarsat-B ofrece telefonía de gran calidad y de marcación directa, facsímil del Grupo 3, télex y datos mediante sus conexiones que van de 9,6 kbit/s a velocidades superiores de hasta 64 kbit/s y que pueden enlazar con la RDSI. Al igual que Inmarsat-A, los terminales funcionan con los haces mundiales y se dispone de versiones para usuarios marítimos y terrestres. Las terminales de barco pueden utilizarse para atender a los requisitos del SMSSM.

Inmarsat-C

Se trata de un servicio bidireccional de datos por paquetes mediante terminales ligeros de bajo costo, suficientemente pequeños para uso manual o para montar en cualquier barco, vehículo o aeronave. Cuentan con la aprobación de utilización en el SMSSM y son ideales para la distribución y recopilación de información de flotas de navíos o vehículos comerciales.

Inmarsat-D+

Se trata de un servicio de comunicaciones bidireccionales de datos con un equipo del tamaño de un reproductor personal de disco compacto. Funciona con una instalación integrada de GPS para el seguimiento, trazado, mensajería corta y SCADA. Las terminales pueden almacenar y presentar en imagen hasta 40 mensajes de hasta 128 caracteres cada uno. Los terminales pueden recibir mensajes de tono, numéricos o alfanuméricos.

Inmarsat-E

Se trata de un servicio mundial de alerta de socorro marítimo. Una RLS que mide entre 22 cm y 70 cm de alto y que pesa aproximadamente 1,2 kg envía la posición del barco y un mensaje automático a los centros de coordinación de rescate marítimo a los dos minutos de caer al agua. Una alerta de socorro se retransmite a un centro de coordinación de rescate marítimo de forma que puedan adoptarse las medidas adecuadas. Las terminales de barco pueden utilizarse para atender los requisitos del SMSSM.

Inmarsat Aero

Hay tres aplicaciones principales para los servicios aeronáuticos de Inmarsat:

- Servicios de pasajeros – Los servicios Inmarsat permiten a los pasajeros efectuar llamadas telefónicas y enviar mensajes facsímil durante el vuelo. También se ofrecen servicios de datos en modo paquetes de hasta 10,5 kbit/s y datos en modo circuitos hasta en 4,8 kbit/s.
- Control de tráfico aéreo – Las comunicaciones por satélite Inmarsat Aero desempeñan un papel importante en la implementación del concepto comunicaciones, CNS/ATM de la OACI para el control del tráfico en el espacio aéreo oceánico y lejano. El sistema Inmarsat servirá para las comunicaciones de voz y datos directas piloto/controlador y para la ADS. La ADS es la comunicación de información de posición y de intenciones obtenida de los propios sistemas de navegación de la aeronave. Se utiliza el enlace de datos Inmarsat Aero para las comunicaciones de rutina piloto/controlador, tales como las peticiones de autorización y los avisos. Las comunicaciones vocales se utilizan para la comunicación no rutinaria y las emergencias.
- Comunicaciones operativas y administrativas de líneas aéreas – La utilización de enlaces de datos por satélite para integrar las aeronaves en vuelo en los sistemas de información de línea aérea puede suponer un aumento significativo de la eficacia operacional y administrativa para las aerolíneas. Las aplicaciones incluyen el apoyo de las operaciones bimotor de largo alcance, la localización en vuelo de problemas técnicos y la mejora del tratamiento de las operaciones irregulares resultantes de la meteorología y de otros retardos.

En apoyo de estas aplicaciones, Inmarsat ofrece los servicios siguientes:

- Aero-L – Comunicaciones de datos en baja velocidad (600 bit/s) y en tiempo real, principalmente para el control del tránsito aéreo, y los fines operacionales y administrativos de las líneas aéreas.
- Aero-I – Permite a las aeronaves que vuelan dentro de la cobertura de haces puntuales recibir comunicaciones multicanal de voz, facsímil y datos en modo circuitos con terminales pequeños y económicos. Se ofrecen servicios de datos por paquetes prácticamente en todo el mundo con los haces mundiales.
- Aero-H y H+ – Da velocidades de canal de hasta 10,5 kbit/s en comunicaciones multicanal de voz, facsímil y datos en cualquier punto del haz mundial para aplicaciones de pasajeros, operativas, administrativas y de servicios de seguridad.
- Aero-C – Versión aeronáutica del sistema de datos en baja velocidad Inmarsat-C que permite el almacenamiento y retransmisión del texto de mensajes de datos -excepto las comunicaciones de seguridad del vuelo- que han de enviar y recibir las aeronaves con funcionamiento prácticamente en todas partes del mundo.
- Mini-M Aero – Ofrece un servicio monocal de voz, facsímil y datos para pequeños aviones de empresas y usuarios de la aviación general.

Inmarsat Mini-M

Es actualmente el servicio más popular de Inmarsat que ofrece comunicaciones de voz, facsímil y datos en 2,4 kbit/s con teléfonos pequeños y rentables de apenas 2 kg de peso. El servicio se ofrece por los haces puntuales del satélite. Los terminales, así como las unidades portátiles pequeñas, pueden instalarse en vehículos, barcos de navegación costeras y teléfonos rurales.

Red de área mundial (GAN)

El servicio GAN ofrece telefonía y transmisión inalámbrica de datos en gran velocidad, a 64 kbit/s, mediante terminales conocidos como Unidad Satcom Móvil (MSU), del tamaño de un computador portátil. El GAN ofrece diversos servicios con conmutación de circuitos compatibles con la RDSI o un servicio de datos por paquetes. El servicio con conmutación de circuitos ofrece un enlace constante a 64 kbit/s que suele utilizarse para la transferencia de grandes ficheros de datos, la difusión de telefonía de calidad o la videoconferencia. El servicio móvil de datos por paquetes permite la utilización de servicios compatibles con Internet, tales como el de acceso LAN a distancia, correo electrónico y comercio electrónico. Los usuarios pagan conforme al volumen de datos enviados, más que al tiempo pasado en línea. También hay un terminal aeronáutico conocido como Swift64.

Red de área mundial de banda ancha (B-GAM)

Con la introducción de los satélites Inmarsat-4 en 2004, se obtendrá cobertura de haz puntual pequeño en la mayoría de las rutas terrestres y marítimas y aeronáuticas importantes. Los terminales, conocidos como terminales de comunicaciones multimedia personales (PMC) funcionarán con las antenas de satélite de alta ganancia que permiten la utilización de pequeños terminales y lograr velocidades binarias superiores. Serán posibles velocidades de hasta 432 kbit/s.

Navegación

Los satélites Inmarsat-3 llevan también cargas útiles de navegación concebidas para mejorar la precisión, disponibilidad e integridad de los sistemas GPS y GLONASS. Las cargas útiles transmiten al usuario en la misma frecuencia que el GPS. Los datos comunicados a los usuarios a través de las cargas útiles permitirán a la navegación por satélite cumplir los estrictos requisitos de fiabilidad, disponibilidad e integridad que establece el ATC y las autoridades marítimas. Los usuarios en tierra también podrán aprovechar las ventajas de las mejoras resultantes en la precisión de la determinación de la posición.

Los transpondedores de navegación Inmarsat-3 constituyen una parte integral del sistema WAAS y del Sistema EGNOS, que mejoran la disponibilidad, integridad y precisión de las señales primarias de navegación GPS y GLONASS en América del Norte y en Europa

5.6.3 Arquitectura del sistema

El sistema Inmarsat se basa en una serie de satélites situados en órbita OSG. Los enlaces de servicio funcionan en el espectro de banda L (1 525-1 559 MHz por pares con 1 626,5 -1 660,5 MHz). Los enlaces de conexión y de TT&C funcionan en el espectro de banda C (alrededor de 3,5 GHz y 6,4 GHz).

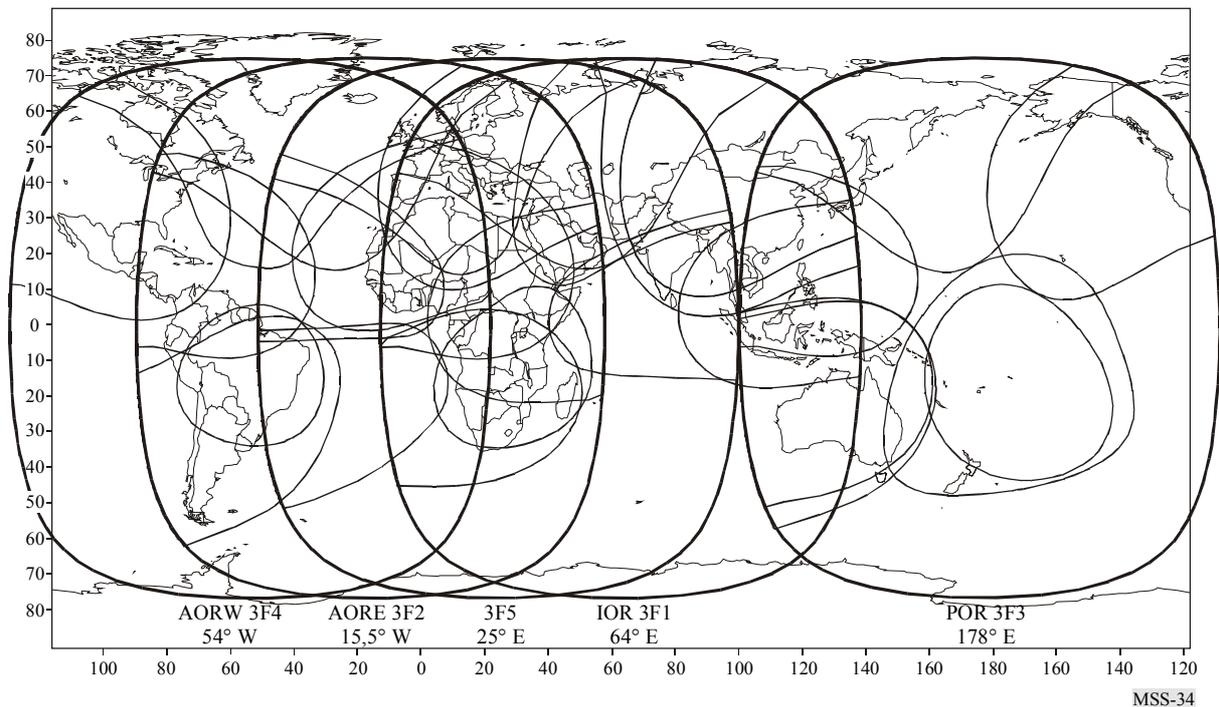
El tráfico de los terminales de usuario y hacia éstos pasa por las LES que establecen la conexión con las redes terrenales. Las NCS realizan las funciones asociadas al establecimiento, supervisión y terminación del tráfico con cada satélite. Inmarsat las explota centralmente y no cursan tráfico de cliente. Normalmente están situadas en el mismo emplazamiento que una LES y utilizan el sistema de RF y la antena de la LES. Los satélites se controlan desde el SCC en Londres, que interactúa con los satélites a través de cuatro estaciones de TT&C situadas en Italia, China, Canadá Occidental y Canadá Oriental. Hay una estación de reserva en Noruega.

5.6.3.1 Constelación

El sistema Inmarsat de satélites OSG se basa actualmente en el establecimiento de cuatro regiones oceánicas. A cada región oceánica da servicio uno de los satélites Inmarsat de la tercera serie, Inmarsat-3. La Fig. 34 muestra las huellas en el suelo del haz de los cuatro satélites Inmarsat-3 principales.

Región Oceánica	Posición orbital
Pacífico	178° E
Atlántico Occidental	54° W
Atlántico Oriental	15,5° W
Índico	64° E

FIGURA 34
Haces mundiales y puntuales de Inmarsat-3



5.6.3.2 Segmento espacial

Los cuatro satélites Inmarsat-3 explotan haces mundiales que en conjunto dan cobertura mundial desde los polos. Los satélites explotan también haces puntuales amplios que, utilizando antenas de satélite de alta ganancia, permiten el empleo de terminales de usuario más pequeños o dar servicios de velocidad binaria superior. Los haces puntuales abarcan la tierra, las rutas aeronáuticas importantes, las zonas costeras y las rutas marítimas principales.

También hay en funcionamiento un quinto satélite Inmarsat-3 y cuatro satélites Inmarsat-2 de la generación precedente. Están situados en cuatro emplazamientos clave para dar reserva instantánea, o se sitúan en otras posiciones orbitales para cursar tráfico adicional.

Inmarsat está desarrollando actualmente su cuarta generación de satélites, Inmarsat-4. Se lanzarán inicialmente dos satélites que se situarán en las regiones de los océanos Atlántico Occidental e Índico. Se mantendrá inicialmente un tercer satélite como reserva. Estos satélites prestarán los mismos servicios de haz mundial y de haz puntual amplio que los Inmarsat-3, pero darán también cobertura de haz puntual pequeño a la mayoría de las rutas terrestres, marítimas y aeronáuticas más importantes. Los pequeños haces puntuales permitirán la introducción de terminales móviles de banda ancha más pequeños.

Los Cuadros 26 a 28 describen las características técnicas.

CUADRO 26

Características generales del vehículo espacial

	Inmarsat-3	Inmarsat-2	Inmarsat-4
Periodo de lanzamiento	1996-1998	1990-1992	2003-2004
Masa de lanzamiento	2 066 kg	1 300 kg	6 000 kg
Potencia	2,8 kW (fin de vida)	1,2 kW (inicial)	12 kW (fin de vida)
p.i.r.e. en banda L	49 dBW	39 dBW	67 dBW (p.i.r.e. acumulada en haces puntuales estrechos)
Bus	Lockheed Martin Astro Space Series 4000	Matra/Bae Eurostar	Astrium's EUROSTAR 3000
Lanzadores	Atlas IIA, Proton, Ariane 4	Delta, Ariane 4	Ariane 5 y Atlas 5

CUADRO 27

Inmarsat-3 Características del sistema de comunicaciones

Repetidor	Sistema lineal multiportadora de estado sólido		
Opciones de enlace de servicio	C-L, L-C, C-C, L-L, y navegación		
Antenas	Separadas en transmisión y recepción para banda L y banda C. Antena única de navegación. Sistema reflectores desplegados de alimentación descentrada con sistema plano focal para cobertura congruente de transmisión/recepción en banda L mundial y de haz puntual. Bocinas en banda C y alimentador central en banda L para la cobertura mundial		
<i>G/T</i>	6,4 GHz mundial (C-C, C-L, y navegación) 1,6 GHz mundial (L-C y L-L) 1,6 GHz puntual	-13 dB/K -11,5 dB/K -5,5 dB/K	
p.i.r.e.	Banda L	49 dBW, conmutable entre los haces mundial y puntual en cualquier proporción de la p.i.r.e. total	
	Banda C		27 dBW
	Navegación		27,5 dBW

CUADRO 28

Características del subsistema de comunicaciones de Inmarsat-4

Repetidor	Repetidor de tubo acodado transparente con unidad de disposición de canales digitales que da 630 canales de 200 kHz en cada uno de los enlaces directo y de retorno, con un conformador de haz digital en banda L que permite la generación de distintos tipos de haces. La cobertura básica en banda L se basa en unos 200 haces puntuales estrechos (1,2° de apertura de haz a 3 dB), 19 haces puntuales (4,5° de apertura de haz a 3 dB) y un haz mundial. Todos los amplificadores de potencia son de estado sólido y utilizan linealizadores	
Opciones de enlace de servicio	C-L, L-C, C-C, L-L y navegación	
Antenas	Separadas de transmisión y recepción para banda C y antena única para banda L. La antena única en banda L con alimentador central para navegación da cobertura mundial. El reflector de transmisión/recepción en banda L desplegable con alimentador descentrado en sistema plano focal produce las coberturas mundial y de haz puntual. Las bocinas en banda C dan cobertura mundial Antena única de navegación.	
G/T	Banda L = 10 dB/K para haces puntuales estrechos = 0 dB/K para haces puntuales anchos = -10 dB/K para haz mundial Banda C = -11 dB/K	
p.i.r.e.	Banda L	67 dBW de p.i.r.e. combinada para haces puntuales estrechos. Puede compartirse continuamente con los haces estrechos amplios y con el haz mundial
	Banda C	31 dBW/polarización
	Navegación	28,5 dBW

5.6.3.3 Terminales móviles

El sistema Inmarsat sirve para una amplia gama de terminales, ofreciendo soluciones para múltiples necesidades de usuarios terrestres, aeronáuticos o marítimos. Los terminales no están fabricados por Inmarsat, sino por una serie de fabricantes diferentes. Para cada uno de los terminales enumerados en el Cuadro 29 hay por tanto una serie de modelos distintos disponibles para el usuario. Todos cumplen los requisitos genéricos y se adaptan a las normas de equipo adecuadas, pero puede haber diferencias en el diseño y en algunos de los aspectos de los terminales.

CUADRO 29

Tipos de terminal Inmarsat

Terminal	Ganancia de antena típica (dBi)	Voz	Velocidad de datos	Haz de funcionamiento
Inmarsat-A marítimo	22	✓	9,6-64 kbit/s	Mundial
Inmarsat-A transportable	22	✓	9,6-64 kbit/s	Mundial
Inmarsat-M portátil	14	✓	4 kbit/s	Mundial/puntual
Inmarsat-M marítimo	16	✓	4 kbit/s	Mundial/puntual
Inmarsat-M de vehículo	12	✓	4 kbit/s	Mundial/puntual
Inmarsat-M fijo	29	✓	4 kbit/s	Mundial/puntual
Inmarsat-B transportable	22	✓	64 kbit/s (RDSI)	Mundial/puntual
Inmarsat-B marítimo	22	✓	64 kbit/s (RDSI)	Mundial/puntual
Inmarsat-B fijo	29	✓	64 kbit/s (RDSI)	Mundial/puntual

CUADRO 29 (Fin)

Terminal	Ganancia de antena típica (dBi)	Voz	Velocidad de datos	Haz de funcionamiento
Inmarsat-mini M portátil	10-12	✓	2,4 kbit/s	Puntual
Inmarsat-mini M de vehículo	7-10	✓	2,4 kbit/s	Puntual
Inmarsat-mini M marítimo	7-10	✓	2,4 kbit/s	Puntual
Inmarsat-mini M rural	18	✓	2,4 kbit/s	Puntual
Inmarsat-mini M aero	6	✓	2,4 kbit/s	Puntual
Inmarsat-C marítimo	Omni-direccional	×	600 bit/s	Mundial
Inmarsat-C móvil terrestre	Omni-direccional	×	600 bit/s	Mundial
Inmarsat-D/D+	Omni-direccional	×	–	Mundial/puntual
Inmarsat-E marítimo	Omni-direccional	×	–	Mundial
Aero-H	12	✓	Facsímil G3 a 4,8 kbit/s Datos por paquetes a 10,5 kbit/s	Mundial
Aero-H+	12	✓	Facsímil G3 a 2,4 kbit/s Datos por paquetes a 10,5 kbit/s	Mundial/puntual
Aero-I	6	✓	600-4 800 bit/s	Mundial/puntual
Aero-L	Omni-direccional	×	600-1 200 bit/s Compatible con redes X.25	Mundial
Aero-C	Omni-direccional	×	600 bit/s	Mundial
Swift64	12	✓	Modo circuitos en 64 kbit/s (RDSI) y datos por paquetes	puntual
Unidad móvil satcom (GAN)	18	✓	Modo circuitos en 64 kbit/s (RDSI) y datos por paquetes	Puntual
PMC (B-GAN)	7,5 – 16,5	✓	72-432 kbit/s	Inmarsat-4 puntual pequeño

5.6.3.4 Estación terrena de cabecera

Hay dos tipos de estación terrena de cabecera que se describen a continuación:

Las LES se denominan en ocasiones ETC o estaciones terrenas en tierra en los entornos marítimo y aeronáutico, respectivamente. En 1998, había unas 40 LES distribuidas por todo el mundo, una al menos en cada continente. Las LES constituyen la interfaz entre las ETM (a través de los satélites) y la red terrenal. En ocasiones -pero no siempre- son propiedad independiente del signatario del país en que está situada la LES, que la explota. El signatario es la entidad nombrada por el gobierno del país para invertir y actuar en Inmarsat. Una LES puede tener hasta tres sistemas de antena en zonas en que estén visibles tres satélites operativos y a menudo hay acuerdos bilaterales con las LES de otras regiones para dar un servicio global en el sentido fijo-móvil.

Las NCS coordinan cada servicio a través de cada satélite. Inmarsat efectúa centralmente su explotación y no cursan tráfico de cliente. Suelen estar situadas en el mismo sitio que una LES y utilizan el sistema de RF y de antena de la LES. También hay redundancia de equipo y/o emplazamiento para asegurar una elevada disponibilidad de la red.

5.6.4 Sitio en la web

Para más información, véase: <http://www.inmarsat.com/>.

5.7 Descripción del sistema Thuraya

5.7.1 Introducción

La compañía de telecomunicaciones por satélite Thuraya (Thuraya) explota un sistema mundial de comunicaciones móviles personales por satélite (GMPCS) con carácter regional. El primer satélite de Thuraya se lanzó el 21 de octubre de 2000 y las operaciones comerciales se iniciaron a partir del segundo trimestre de 2001.

Thuraya ofrece comunicaciones avanzadas de voz, datos y facsímil mediante un aparato de mano en modo doble flexible. Thuraya está introduciendo diversos tipos de terminales de usuario final, tales como los terminales fijos, semifijos, de vehículos, cabinas telefónicas y terminales marítimos para adaptarse a todo tipo de aplicaciones y clientes.

Thuraya se constituyó en abril de 1997 en los Emiratos Árabes Unidos como sociedad anónima privada con personalidad jurídica propia. Los fundadores de la compañía de telecomunicaciones por satélite Thuraya son operadores de telecomunicaciones nacionales importantes, inversores financieros sólidos, un operador de satélite regional y un fabricante importante de satélites.

5.7.2 Panorámica técnica

5.7.2.1 Segmento espacial

El programa Thuraya consta de dos satélites OSG estabilizados entre tres ejes y equipados con múltiples cargas útiles de haz puntual de gran potencia para servicios móviles. Hay un satélite en órbita a 44° E y uno de repuesto en tierra. El segundo satélite se lanzará después del primero para dar más capacidad y como reserva.

El satélite transmite y recibe llamadas a través de una antena única de 40 pies (aproximadamente 12 m) de apertura y utiliza 250-300 haces puntuales para dar servicios telefónicos móviles compatibles con el sistema GSM. El procesamiento de la señal digital a bordo encamina las llamadas directamente desde una unidad de mano a otra o a la red terrenal. El sistema de satélite tiene hasta 13 750 canales dúplex simultáneos para los enlaces de comunicación siguientes: enlace estación de cabecera-móvil, enlace móvil-estación de cabecera y enlace móvil-móvil.

El sistema tiene flexibilidad para aceptar cambios en el tráfico del Thuraya por medio de una carga útil reprogramable en el satélite. Con ello se pueden introducir modificaciones en la zona de cobertura del satélite después del lanzamiento y optimizar las características en zonas geográficas en que haya una elevada demanda de tráfico. El procesador crea un gran número de haces puntuales que pueden reorientarse hacia donde sea necesario, incluso tras situar el satélite en órbita: desde grandes ciudades o zonas rurales a barcos en el mar.

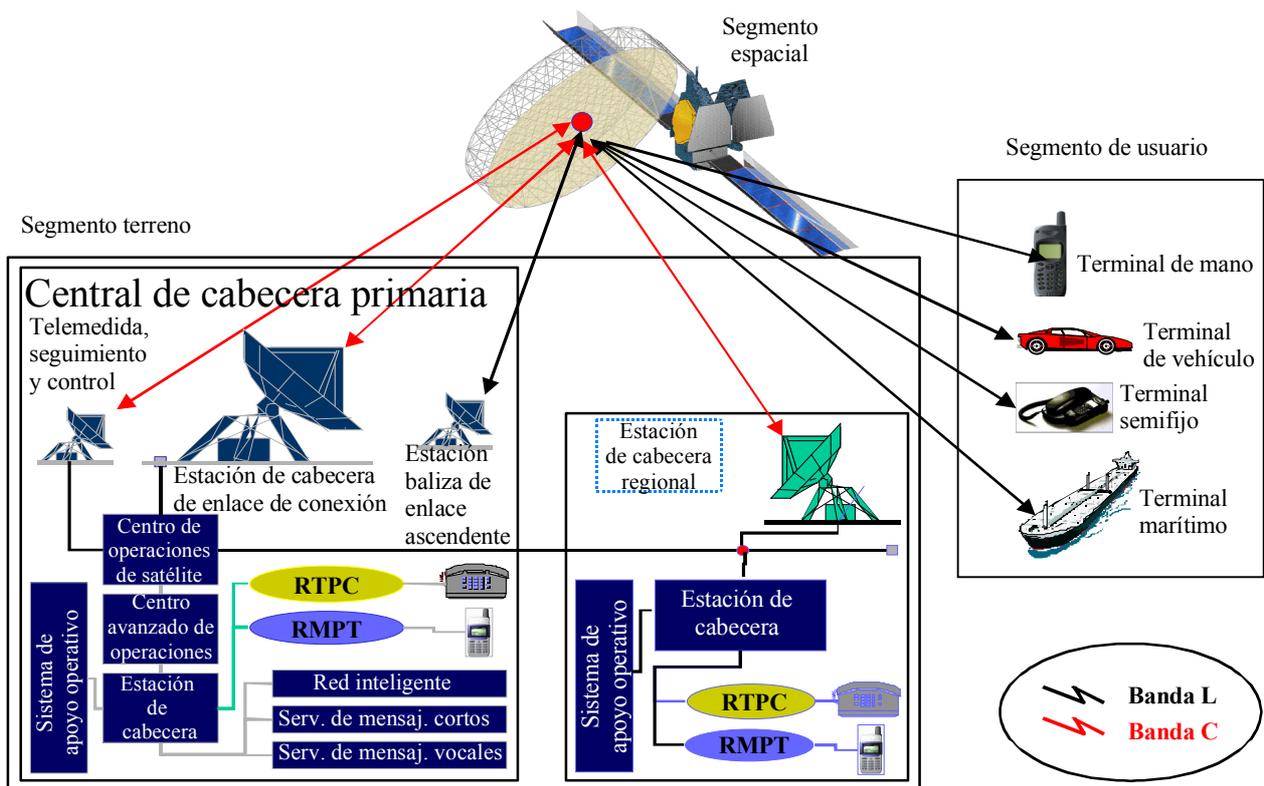
5.7.2.2 Segmento terreno

El segmento terreno consta de una estación de cabecera primaria situada en los Emiratos Árabes Unidos que lleva el control general de toda la red Thuraya. La estación de cabecera primaria consta de los elementos siguientes:

- El centro avanzado de operaciones que lleva la gestión central de los recursos compartidos de satélite y configura en consecuencia la carga útil de éste.
- El centro de operaciones de satélite que explota y mantiene el satélite en posición y con la orientación adecuada.

- Las estaciones de cabecera que dan acceso a la RTPC para el origen y terminación de las llamadas con los usuarios móviles y que da acceso a la red móvil terrestre pública (RMTP) y a la RDCP a través de la RTPC. También se establece la conexión directa de la señalización y de los enlaces troncales con la RMTP.
- El sistema de apoyo operativo (OSS) que realiza las funciones de atención y facturación centralizada al cliente y la personalización de tarjetas y gestión centralizada del sistema de conmutación de red (NSS).
- Los operadores regionales de estación de cabecera pueden ser propietarios de las centrales de cabeceras regionales y explotarlas. La interfaz con otras centrales de cabecera Thuraya se efectuará a través del satélite y de las redes terrenales pública fija y móvil.

FIGURA 35
Arquitectura del sistema Thuraya



5.7.3 Terminales de usuario Thuraya

Hay cinco tipos de terminales de usuario:

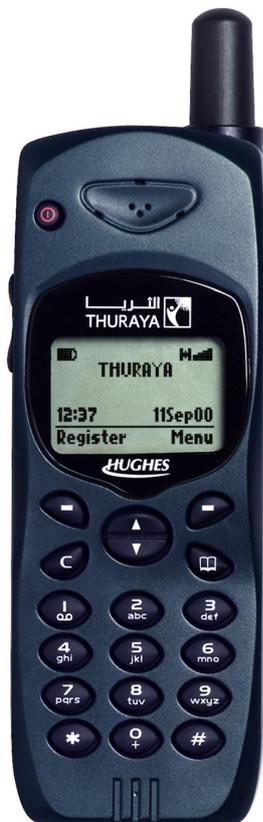
- 1 Terminales de mano
- 2 Terminales de pago previo
- 3 Terminales de vehículo
- 4 Unidad de conexión en hogar/oficina (SATEL)
- 5 Terminales marítimos (facultativo).

Los terminales de mano, de vehículo y marítimos tienen una opción de modo doble mientras que los terminales de conexión en hogar/oficina sólo tienen el modo satélite. El equipo terminal de modo doble utiliza una tarjeta única SIM para los modos de satélite y GSM.

5.7.3.1 Terminal de mano

Los terminales de mano están fabricados por Hughes Network Systems (Estados Unidos de América) y ASCOM (Suiza). Estos terminales pesan 220 gr y tienen una capacidad incorporada de recepción de señales del GPS para determinar la posición del usuario que se visualiza y el acceso a la red.

FIGURA 36
Terminales de usuario Thuraya



HNS 7100



SATEL



ASCOM 21

5.7.3.2 SATEL

Este producto permite la utilización del terminal de mano Thuraya en un entorno de interiores, tal como el hogar o la oficina. El SATEL complementará el terminal de mano Thuraya, ampliando sus operaciones y funcionalidad en el interior de edificios en los que la señal del satélite no es suficiente. La adaptación física del terminal de mano Thuraya con el SATEL es fácil y directa, encajando simplemente el terminal de mano en la cavidad al efecto del SATEL. Podrá disponerse de todos los servicios normales de satélite, tales como el de voz, facsímil y datos, así como de servicios suplementarios encajando el terminal de mano en el SATEL.

5.7.3.3 Adaptador de conexión para vehículos (VDA)

Es un módulo para la recarga de la unidad y el funcionamiento en el vehículo. La unidad VDA complementa al terminal de mano Thuraya ampliando sus operaciones y funcionalidades en los entornos móviles dinámicos. La adaptación física del terminal de mano Thuraya con la unidad VDA es fácil y directa encajando simplemente el terminal de mano en la cavidad al efecto de la unidad VDA.

5.7.4 Interfaz aérea Thuraya

El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI) y la Asociación de Industrias de Telecomunicaciones (TIA) han colaborado para desarrollar las especificaciones de la interfaz aérea del sistema de satélite Thuraya. Estas especificaciones se denominan Geo Mobile Radio-1 (GMR-1) y se derivan de la norma GSM. Este enfoque es doble pues permitirá disponer de servicios de telecomunicación a través de satélite sobre la base de una norma que incorpora la mayoría de los aspectos de la GSM.

La interfaz aérea GMR-1 se ha derivado de la norma GSM pero también incorpora ciertos aspectos adicionales e importantes que la optimizan para las peculiaridades inherentes a las comunicaciones por satélite. La norma GMR-1 también se aplica a los servicios GSM de fase 2, tales como el SMS, la difusión celular, etc.

5.7.5 Homologación

Los terminales Thuraya se ajustan a las especificaciones pertinentes de la UIT, el ETSI y el Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos (IEEE) respecto a la compatibilidad electromagnética, a la interferencia y a la seguridad de radiación.

5.7.5.1 Certificación MoU GMPCS de la UIT

Thuraya es también signatario del MoU GMPCS y como tal suscribe todas las condiciones y reglamentos de dicho Memorándum. Thuraya firmó el MoU GMPCS el 20 de mayo de 1998.

Thuraya y sus fabricantes de terminales de mano, Hughes Network Systems y Ascom, han cumplido todos los procedimientos pertinentes del MoU GMPCS de la UIT, así como las normas y especificaciones pertinentes. Como resultado de ello, la UIT ha autorizado a los fabricantes del terminal de mano Thuraya a pegar el distintivo MoU GMPCS de la UIT como signo de cumplimiento de las especificaciones adecuadas.

5.7.5.2 Autorización reglamentaria regional

Una serie de autorizaciones reglamentarias necesarias facilitan la introducción de los servicios Thuraya en Europa por las entidades subordinadas pertinentes de la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT) y especialmente del Comité Europeo para Asuntos de Reglamentación de las Telecomunicaciones (ECTRA) y del Comité Europeo de Radiocomunicaciones (ERC), respectivamente y tramitan y aprueban esas decisiones y Recomendaciones.

En una reunión del ERC celebrada en marzo de 2001 se aprobaron las dos Decisiones siguientes:

– **ERC/DEC/(01)24**

Decisión del ERC sobre circulación y utilización libre de los terminales móviles de usuario Thuraya en los países miembros de la CEPT.

– **ERC/DEC/(01)25**

Decisión del ERC sobre excepción de la licencia individual a los terminales móviles de usuario Thuraya en los países miembros de la CEPT.

En la reunión conjunta de ECTRA y ERC celebrada en julio de 2001 se aprobó la siguiente Recomendación de ECTRA.

– **ECTRA/REC(01)02**

Recomendación de ECTRA sobre cumplimiento principal de S-PCS en Europa con funcionamiento en las bandas 1 525-1 544/1 545-1 559 MHz y 1 626,5-1 645,5/1 646,5-1 660,5 MHz

5.7.6 Espectro de frecuencias

La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 1997 atribuyó con carácter genérico las bandas de frecuencia 1 525-1 559 MHz y 1 626,5-1 660,5 MHz al SMS. Thuraya entra en el marco de coordinación de frecuencias del Memorandum de Entendimiento de la reunión multilateral (MLM MoU) sobre el SMS/OSG en banda L en las Regiones 1 y 3 y se le ha asignado espectro en la banda 1 525-1 559 MHz/1 626,5-1 660,5 MHz, en la primera reunión de revisión de operadores (ORM) del SMS/OSG en banda L para las Regiones 1 y 3. Este proceso de coordinación es un proceso multilateral que se ajusta a la reglamentación de la UIT y como tal tiene el reconocimiento de ésta participando en él todos los operadores de satélite OSG y de redes.

El sistema Thuraya utilizará las siguientes bandas de frecuencia para la prestación de sus servicios:

Enlaces de usuario	1 525-1 559 MHz (espacio-Tierra) 1 626,5-1 660,5 MHz (Tierra-espacio)
Enlaces de conexión	3 400-3 625 MHz (espacio-Tierra) 6 425-6 725 MHz (Tierra-espacio)

5.7.7 Servicios Thuraya

Servicios básicos

Teleservicios	– Telefonía – Servicios de emergencia – Facsímil grupo 3 – Difusión de haz SMS
Servicios portadores	– Servicios de datos asíncronos (2,4-9,6 kbit/s)

Servicios suplementarios

- Retransmisión, prohibición, espera, retención de llamada
- Presentación de la identificación de la línea llamante (PILLN)
- Aviso del importe de la comunicación
- Comunicación conferencia
- Servicio de grupo cerrado de usuarios

Servicios de valor añadido

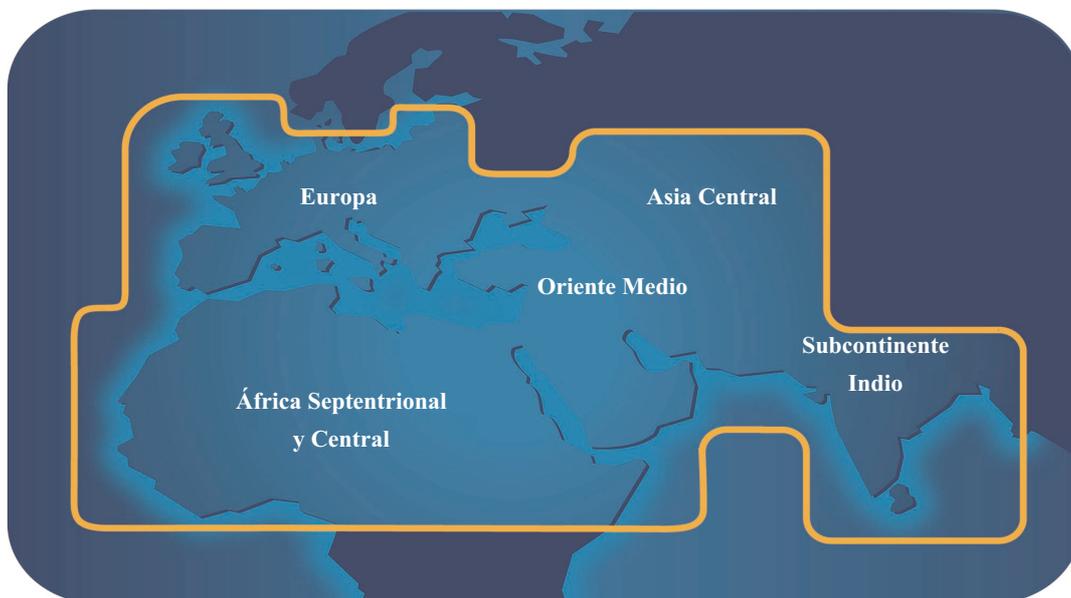
- Servicio de mensajes breves (SMS)
- Correo vocal
- Servicios con asistencia de operador
- Respuesta vocal interactiva (IVR)
- Servicios de pago previo
- Facturación rápida

5.7.8 Zona de cobertura

El sistema Thuraya dará cobertura aproximadamente a un quinto de la masa terrestre de la Tierra, abarcando a 99 países con una población total de unos 2,5 billones de personas y un producto nacional bruto (PNB) combinado de cerca de 3,1 trillones de dólares de los Estados Unidos de América. No obstante, esta zona contiene únicamente unos 130 millones de líneas de teléfono fijo (excluyendo Europa Occidental). Aunque algunos países de la zona de cobertura se encuentran entre los más desarrollados del mundo, muchos son economías en desarrollo que hacen frente a retos enormes para mejorar la accesibilidad y la calidad de las telecomunicaciones fijas y/o móviles.

Thuraya prevé también ampliar su zona de cobertura con su segundo satélite, para abarcar otra región.

FIGURA 37
Zona de cobertura Thuraya



MSS-37

5.7.9 Proveedores del servicio Thuraya

Thuraya ha nombrado una serie de proveedores del servicio en toda su zona de cobertura.

5.7.10 Acuerdos de itinerancia Thuraya

Thuraya ha firmado una serie de acuerdos de itinerancia con operadores GSM de distintos países en Asia, África, Europa y Australia.

5.7.11 Información de contacto

Correo-e: info@thuraya.com
Sitio en la web: www.thuraya.com
Tel. N°: +971 2 6422222
Fax N°: +971 2 6419797

5.8 Sistema inalámbrico mundial FAISAT™

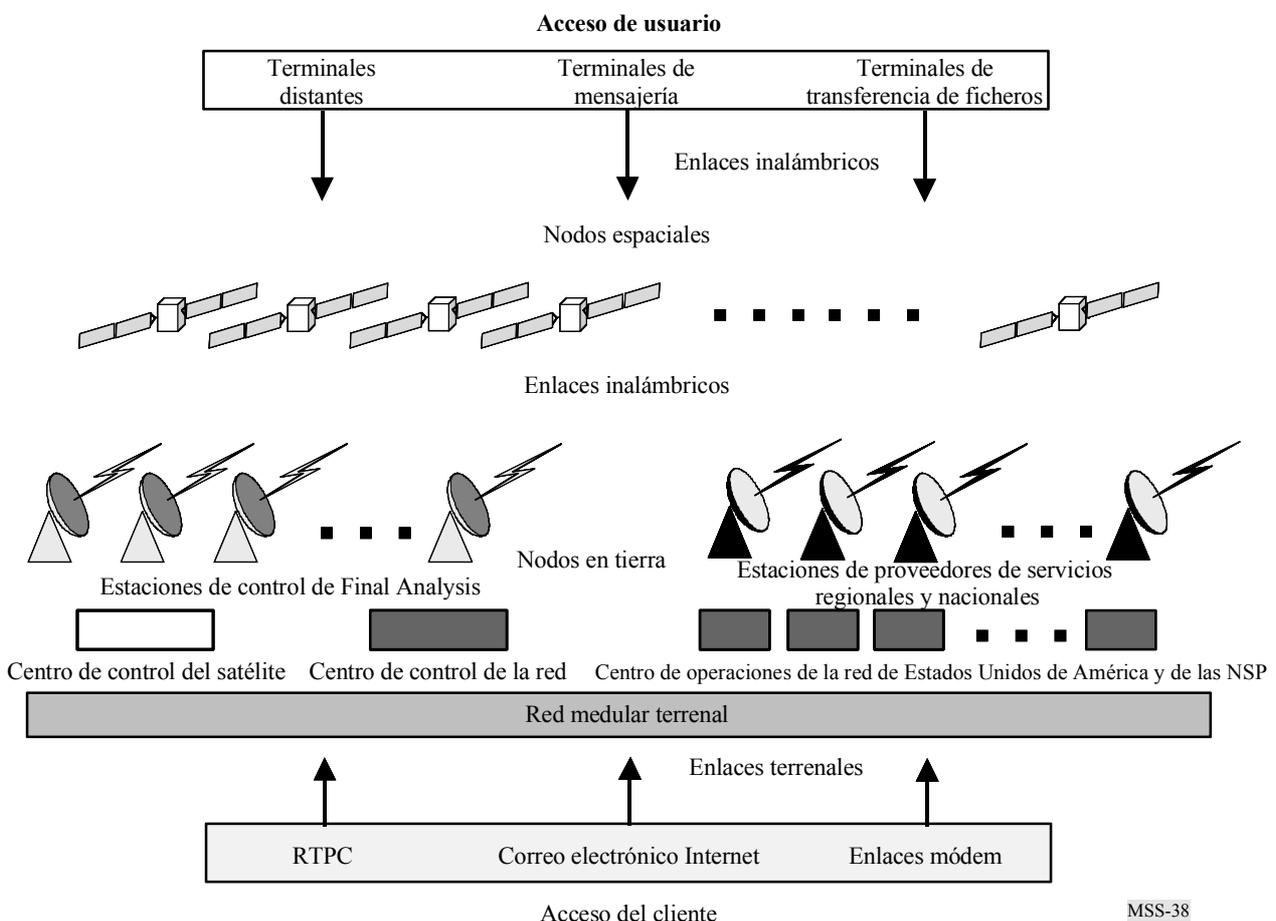
5.8.1 Introducción

Este punto ofrece una panorámica extensa del sistema inalámbrico mundial FAISAT™, sistema de ámbito mundial construido por Final Analysis que ofrecerá servicios inalámbricos móviles de datos y de conexión Internet para aplicaciones comerciales, gubernamentales y de consumidor. La construcción y desarrollo del satélite y de la infraestructura en el suelo corre a cargo de la compañía y de sus socios estratégicos e inversores, que incluyen a General Dynamics, Raytheon, L-3 Communications and Polyot de Rusia. El servicio comercial inicial comenzará en 2003 y se espera desplegar toda la constelación de satélites en 2004. Para más información, véase el sitio en la web de Final Analysis en <http://www.finalanalysis.com/>.

5.8.2 Panorámica del sistema

El sistema FAISAT es una red mundial de datos por paquetes. La constelación de satélites situados en LEO crea unos nodos de red en el espacio para el acceso inalámbrico del usuario desde pequeños terminales. El segmento en tierra establece los nodos de red local para el acceso inalámbrico de usuario. Los satélites se conectan a los elementos en tierra de la red mediante enlaces de RF con las estaciones en el suelo (Fig. 38).

FIGURA 38
Red de paquetes mundial FAISAT



FAISAT tiene dos diseños de constelación orbital:

- el diseño actual con licencia, y
- un diseño modificado que actualmente está revisando la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) (Estados Unidos de América) para su aprobación. FACS ha obtenido también una licencia de la FCC para desplegar un sistema no OSG no vocal «pequeño LEO» consistente en una constelación de 26 satélites operativos y 4 satélites de reserva en órbita. FACS ha solicitado también autorización para construir un sistema mejorado con una constelación de 32 satélites operativos y 6 de reserva. Los nuevos satélites aumentan la cobertura general, incluyendo la parte de superposición (redundancia). FACS ha propuesto también una inclinación orbital inferior con el fin de lograr un perfil de cobertura más adecuado a las regiones más pobladas de la Tierra.

Los nodos en tierra completan el diseño de la red FAISAT. Los nodos en tierra consisten en estaciones de RF en tierra (el enlace medular de la red espacio-tierra) y en centros de operaciones de red (los puntos de acceso alámbrico del usuario).

5.8.2.1 Concepto de la explotación

Estos servicios se ofrecen local, regional y mundialmente en tres modos de funcionamiento: tiempo real, tiempo casi real y almacenamiento y retransmisión. La mensajería de cada modo puede programarse y/o iniciarse por sucesos. Los servicios comerciales presentarán aspectos adicionales tales como los de otros sistemas de datos por paquetes, incluyendo la difusión de grupo, el tratamiento único de mensajes de alerta, las técnicas de garantía de fiabilidad, la itinerancia internacional sin desconexión y el acuse de recibo facultativo.

5.8.2.2 Plan de frecuencias

La FCC ha asignado a Final Analysis parte del espectro que había sido atribuido a los pequeños LEO por la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR) de la UIT. Además, continúan las gestiones encaminadas a obtener atribuciones adicionales para los sistemas móviles por satélite que funcionan por debajo de 1 GHz (pequeño LEO) en las bandas de ondas decimétricas y la banda L. Esta última es un tramo de espectro para los enlaces de conexión. En consecuencia, Final Analysis tiene ya espectro asignado y otro pendiente de asignación para su plan de frecuencias.

El Cuadro 30 representa el plan de frecuencias actual para el sistema de Final Analysis.

CUADRO 30

Plan de frecuencias de Final Analysis

Enlace	Canal (MHz)	Atribución de la UIT	Frecuencia central (MHz)
Enlace descendente (Enlaces de servicio o enlaces de conexión)	137,0-138,0	CAMR de 1992	Varias
Enlaces ascendentes de servicio	148,0-149,9	CAMR de 1992	Varias
Enlaces ascendentes de servicio	454-456	CMR de 1995 y CMR de 1997	Varias
Enlaces ascendentes de servicio	459-460	CMR de 1995	Varias
Enlace ascendente de conexión	150,0-150,05	CAMR de 1992	150,025
Enlace descendente (Enlaces de servicio o enlaces de conexión)	400,505-400,645	CAMR de 1992	400,5284 400,5750 400,6217

El diseño del satélite dará cabida a una amplia gama de frecuencias y tendrá la capacidad de atribuir dinámicamente canales con arreglo a las condiciones de licencia, en diferentes países y regiones del mundo.

Final Analysis tiene que compartir ciertas frecuencias con otros sistemas de satélite, incluyendo otros sistemas pequeños LEO y sistemas de meteorología internacional por satélite en las bandas mencionadas. La compartición de frecuencias con los sistemas fijos y móviles y con los otros pequeño LEO en las bandas del enlace ascendente se efectúa principalmente mediante un algoritmo de asignación dinámica de frecuencias a bordo del satélite basado en los canales temporalmente no utilizados. La compartición de frecuencias con los satélites de meteorología se efectúa mediante un control de la conmutación del transmisor y la frecuencia durante periodos en que se superponen las huellas en el suelo de los satélites.

5.8.2.3 Operaciones del satélite y del segmento terreno

Las operaciones del satélite se efectuarán a partir de un único SCC centralizado. El SCC supervisará la situación, la configuración y los parámetros de calidad y enviará instrucciones de control a cada estación. De esta manera, se controlan las estaciones en tierra en el contexto de las operaciones del satélite, y estos emplazamientos pueden funcionar desatendidos, excepto para el mantenimiento periódico preventivo y correctivo.

Las operaciones de la red implican la supervisión y control de toda la red mundial de extremo a extremo, incluyendo el NCC, el conjunto de Centros de operaciones de red (NOC), la carga útil de comunicaciones, las interfaces de terminal de usuario y la red medular terrenal. Se prevé un enfoque de operaciones distribuidas en dos niveles de red. El NCC es el nivel superior de la gestión de la red, efectuando la configuración de ésta, la supervisión y control del sistema y otras funciones de control de red.

El segundo nivel de las operaciones de red son los NOC. Dichos NOC efectúan la supervisión y control de la red en la zona de servicio local, incluyendo las operaciones internas del NOC y el tramo final del servicio de red hasta el consumidor y/o los centros de aplicación del revendedor de valor añadido (VAR). Los NOC son propiedad de los Proveedores nacionales de servicio (NSP) que los explotan.

5.8.2.4 Capacidad de mensajería

El sistema de Final Analysis está concebido específicamente para las comunicaciones de tipo ráfagas de datos por paquetes. Las ráfagas cortas (menos de 450 ms) procedentes de los terminales de usuario transmitirán mensajes de usuario en forma de paquetes de datos. Los paquetes de datos tienen un tamaño variable que va entre 10 ó 20 a aproximadamente 512 bytes. Pueden reunirse cadenas de paquetes para transmitir mensajes o ficheros más largos.

5.8.2.5 Aplicaciones comerciales

Final Analysis apunta a tres aplicaciones de servicio principales:

- mensajería inalámbrica
- servicios de adquisición de datos, supervisión y control
- gestión de activos.

Las **aplicaciones de correo electrónico inalámbrico** que tienen una gran demanda en el mercado, incluyen la mensajería empresarial y el acceso de información a distancia que permiten a los empleados que se desplazan intercambiar mensajes y acceder a sitios en la web previstos para los sistemas de comunicaciones móviles (extracción de información de Internet). En las categorías de servicios de empresa, las **aplicaciones de adquisición de datos** incluyen la gestión y control de inventarios, la lectura automatizada de medidores, la telemática en vehículos, los terminales de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) y el diagnóstico a distancia. Este grupo de aplicaciones abarca mediciones, supervisión y control a distancia de elementos de activo. Las **aplicaciones de gestión de activos** incluyen la gestión más eficaz de activos y personal móviles, y el control de robos.

5.8.3 Descripción de los elementos

5.8.3.1 Segmento espacial

El segmento espacial se compone de una constelación de satélites en LEO que da acceso inalámbrico de usuario a la red mundial de datos por paquetes. Los satélites responden a un diseño único producido en cantidad y se despliegan en una serie de lanzamientos. Los satélites son pequeños y redundantes selectivamente con una vida útil de diseño de 7 años.

La carga útil de comunicaciones consta de los equipos radioeléctricos y de las antenas de vuelo que establecen la capacidad de comunicaciones para las operaciones de mensajería de datos comerciales y para el control del satélite.

El equipo de radio tendrá múltiples canales de recepción y transmisión y grupos de módems con banda compartida. Los transmisores y receptores serán capaces de funcionar en las bandas de ondas métricas, decimétricas y banda L.

5.8.3.2 Segmento terreno FAISAT

El SCC ofrece la capacidad de controlar el segmento espacial. El SCC es un sistema de procesamiento distribuido con puestos de trabajo modulares y ampliables conectados a una LAN. Situado en la instalación principal de Final Analysis, el SCC interactúa con las estaciones en tierra distantes FAISAT y con el NCC para coordinar las operaciones del segmento espacial, en el contexto de la red general.

El NCC realiza la gestión general de la red, la conmutación entre regiones, el análisis del comportamiento del sistema, el apoyo a los NOC para el servicio al cliente, la planificación a nivel de constelación, la coordinación con el SCC y el apoyo logístico.

Las estaciones en tierra no están atendidas por personal y constan de antenas de seguimiento, equipo de RF (receptores, demoduladores, transmisores, módems, etc.) y el equipo de interfaz para las comunicaciones de RF con un conjunto completo de equipo de reserva. Las estaciones en tierra establecen el enlace de servicio, el enlace de conexión y las comunicaciones de TT&C y de RF en apoyo de las operaciones de telemando y control y de mensajería de datos comerciales de la red. Final Analysis será propietaria de sus propias estaciones en tierra de RF en Estados Unidos de América y en determinados emplazamientos en el extranjero.

La estructura medular terrenal es la red de enlaces que conectan las estaciones en tierra con el SCC, los NOC con el NCC y los NOC con sus estaciones en tierra.

5.8.3.3 Segmento terreno NSP

Los NSP adquieren, instalan y explotan estaciones en tierra adicionales de RF que aumentan y amplían los nodos en tierra de la red, más allá de los propios de Final Analysis. Las estaciones en tierra de los NSP son similares a las de Final Analysis. Establecen la conectividad del enlace de conexión desde el NOC local a los satélites para una entrega más fiable y rápida de los mensajes de datos.

Las estaciones en tierra de los NSP son estaciones no atendidas por personal que constan de una antena de seguimiento, equipo de RF, equipo de tratamiento de datos digitales e interfaces de red.

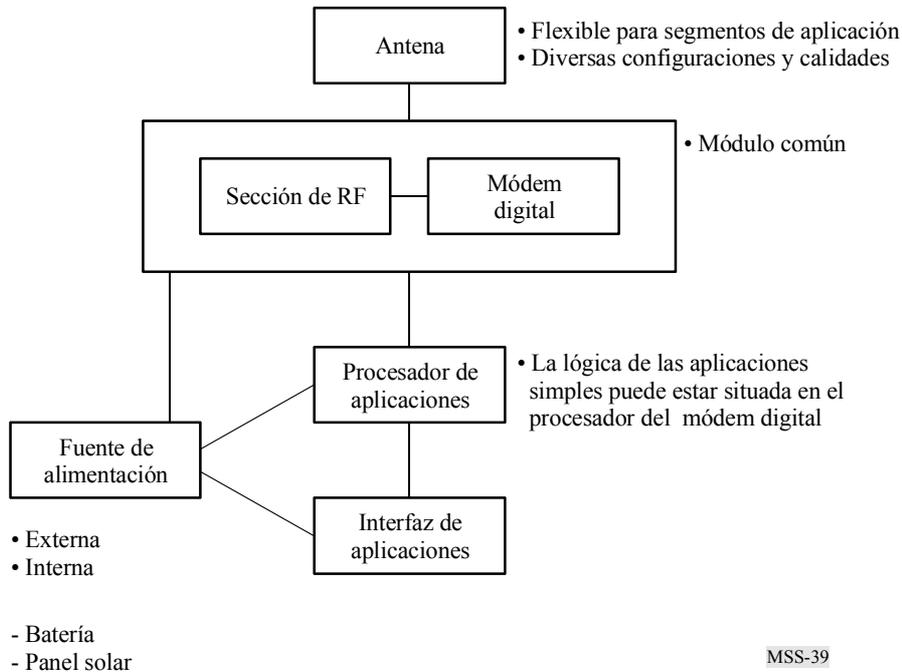
Los centros de operaciones de la red NSP ofrecen el complemento a la gestión de la red local, incluyendo el control, supervisión de calidad, procesamiento y encaminamiento de mensajes, archivo de datos, apoyo logístico, servicios de información de ventas, servicio directo al cliente y facturación al por mayor y al por menor.

5.8.3.4 Segmento de usuario

Los terminales de usuario se fabricarán con diversas formas, tamaños y variaciones, según requieran cada segmento del mercado y aplicación.

Los terminales de usuario tienen diversos elementos funcionales principales (Fig. 39). Hay un módulo central del terminal que es común a todos los segmentos del mercado y que ofrece la capacidad básica de comunicaciones inalámbricas con el satélite. Este módulo consta de una antena, una unidad de RF, una unidad de proceso y una unidad módem.

FIGURA 39
Diagrama de bloques del terminal de usuario



Los terminales se producirán en grandes cantidades y los venderán los NSP y VAR a los clientes/usuarios finales. Los terminales pueden configurarse con diversas opciones de antena que van desde la de parche a las de látigo o sombrero. Se alimentan de formas diversas, según las necesidades del mercado.

5.8.3.5 Segmento de lanzamiento

Final Analysis ha contratado los servicios de lanzamiento que ofrece el cohete Cosmos, fabricado por Polyot de Rusia. De los seis lanzamientos previstos, habrá cuatro lanzamientos de seis satélites en cada uno (configuración en 6 paquetes) a los cuatro planos de inclinación media y dos lanzamientos a los planos de inclinación elevada. Los dos últimos lanzamientos corresponden a oportunidades de satélite de acompañamiento a otro principal.

5.8.4 Resumen

La red mundial FAISAT producirá comunicaciones inalámbricas de datos y de servicios Internet para aplicaciones comerciales, gubernamentales y de consumidor. El sistema ofrecerá servicios móviles de datos y mensajería a mercados específicos, incluyendo la mensajería inalámbrica para el correo electrónico y otros servicios relacionados con Internet, gestión de activos móviles para aplicaciones de transporte y servicios de adquisición de datos, supervisión y control. Final Analysis prevé iniciar los lanzamientos en 2002 y desplegar plenamente la constelación en 2004. Con una tecnología de última generación, la red FAISAT facilitará servicios de mensajería de datos y de comunicaciones de datos a nivel mundial y específicamente en zonas en las que no podían obtenerse anteriormente dichos servicios.

5.9 Comunicaciones mundiales de New ICO

5.9.1 Introducción y objetivo

El objetivo principal de New ICO es perfeccionar la actual plataforma desarrollada por ICO a fin de ensamblar las redes mundiales, las capacidades de distribuciones y los sistemas de operaciones necesarios para ser un proveedor principal de servicios de datos y de voz mejorados a nivel mundial.

New ICO está en condiciones, con su capacidad empresarial y financiera, de prestar servicios en todo el mundo a través de la red New ICO. New ICO posee también la capacidad técnica necesaria y la experiencia empresarial para dar servicio a los mercados mundiales. La solidez financiera de New ICO queda patente por la robustez de sus principales accionistas, Craig O. McCaw; Clayton, Dubilier & Rice y William H. Gates III.

5.9.2 Características técnicas de la red New ICO (NIN)

Los aspectos principales del sistema New ICO se indican en la Fig. 40. La infraestructura de New ICO compuesta de los segmentos espacial y terreno constituye un medio para que los usuarios de New ICO se conecten entre sí o a los usuarios conectados a una red terrenal existente. Un usuario de New ICO (a pie, en un coche, en un avión, en casa, en la oficina o en un barco) inicia una sesión comunicándose directamente con uno de los satélites que componen el segmento espacial de New ICO. El satélite recibe la señal del usuario y la transmite a uno de los 12 nodos de acceso al satélite (SAN) que, junto con los enlaces de fibra óptica que los interconectan, constituye el segmento terreno denominado ICONET. En el SAN, la señal se demodula, se decodifica y se encamina hacia su destino final que puede ser otro terminal en New ICO o una red pública. Los mensajes a otros usuarios de la red New ICO se encaminan a través de un enlace de fibra óptica a un SAN en la zona de servicio del destinatario y a continuación a un satélite adecuado que la red transmite a Tierra. Los mensajes enviados a destinatarios que no están en la red New ICO se encaminan desde el SAN a una red pública. En sentido inverso, los mensajes procedentes de las redes públicas se encaminan a través de ICONET al satélite que da servicio al usuario New ICO. Además de cursar señales vocales y de datos generadas por los usuarios New ICO, el ICONET está también concebido para cursar tráfico vocal y de datos de terceros.

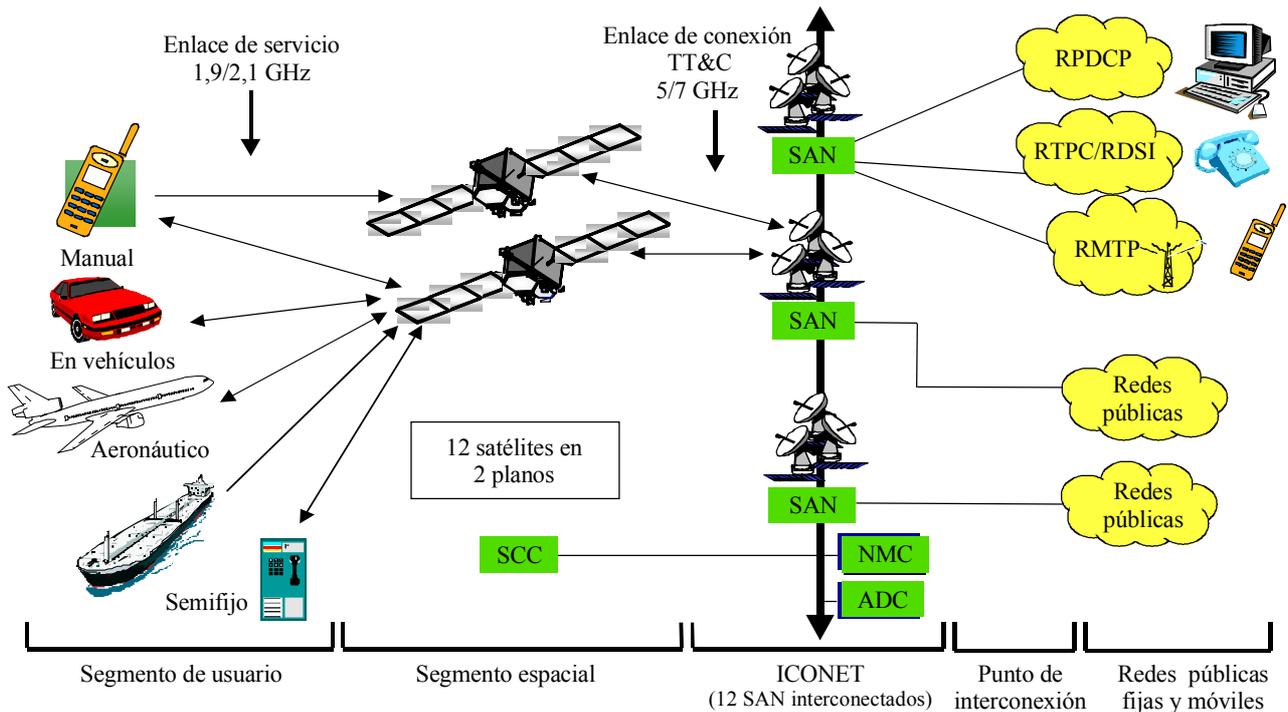
Aspectos fundamentales de la red New ICO (NIN):

- capacidad para una amplia gama de equipo de usuario;
- interfaz aéreo, protocolo de comunicación similar al empleado por los sistemas celulares, que permite al equipo de usuario comunicarse con la red. El interfaz aéreo, que se incorporará en el equipo de usuario y en las estaciones en tierra, se desarrollará para conectar algunos equipos de usuario a la red a través de los satélites, con velocidades de datos de hasta 144 kbit/s;
- constelación de 12 satélites en MEO, lo que permite lograr tasas de compleción de llamadas elevadas y cobertura mundial; y
- segmento terreno, denominado ICONET, compuesto de 12 estaciones terrenas SAN interconectadas mediante enlaces de gran capacidad.

El diseño de la red NIN se basa en la filosofía de minimizar la complejidad y maximizar la flexibilidad. Ello se ha logrado principalmente diseñando los satélites como unidades de «guía onda acodado» que convierte la frecuencia, amplifican y retransmiten las señales entre el segmento terreno ICONET y el equipo de usuario. La red NIN se apoya en su segmento terreno para realizar el procesamiento de la señal complejo que exige la demodulación y decodificación de la señal y para determinar la ruta óptima hasta su destino final. La conectividad a nivel mundial se logra

mediante los SAN que están interconectados por cables de fibra óptica y con grandes huellas de proyección del satélite en el suelo que dan una cobertura auténticamente mundial, incluyendo los océanos y los polos. La utilización de satélites que actúan como transpondedores de «guía onda acodado» y una red de SAN interconectados ofrece también la flexibilidad necesaria para aumentar la capacidad e introducir nuevos servicios sin modificar el segmento espacial.

FIGURA 40
Configuración del sistema New ICO



MSS-40

El diseño de la red NIN asegura una gran calidad de servicio mediante diversos elementos que incluyen:

- ángulos medios de elevación del satélite grandes, con lo que se reduce la posibilidad de que una obstrucción en el suelo bloquee una conexión;
- tasas elevadas de compleción de llamadas y tasas reducidas de llamadas abandonadas, como resultado de la gestión eficaz de la capacidad en todo momento;
- tiempos reducidos de establecimiento de la llamada de extremo a extremo y de latencia (demora de la señal); y
- calidad de la llamada comparable a la de los actuales servicios terrenales móviles inalámbricos.

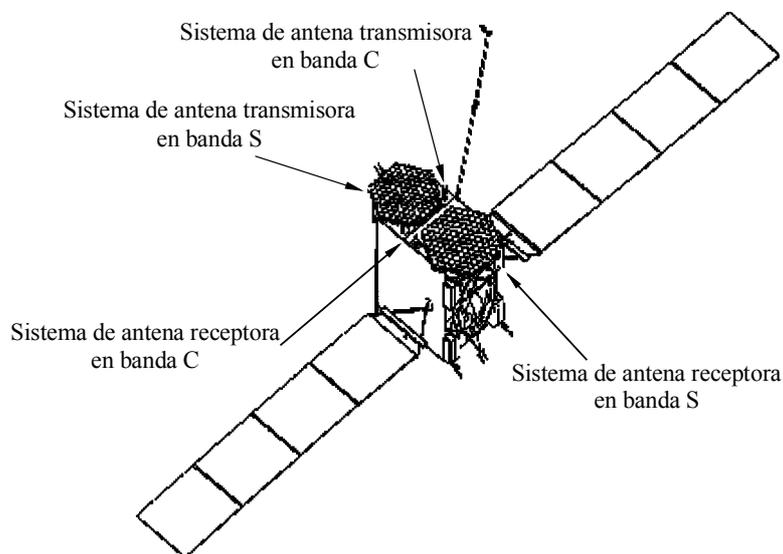
5.9.2.1 Segmento espacial

La constelación espacial contará de 12 satélites en MEO situado en dos planos. Cada plano orbital estará inclinado 45° respecto al Ecuador, con seis satélites en cada uno de ellos. Esta configuración minimiza la demanda en cuanto a costos y programación, especialmente por lo que se refiere al tiempo de construcción y sustitución del satélite. Cada satélite estará en una órbita de una altitud

aproximada de 6400 millas (10390 km) sobre la superficie de la Tierra y dará una vuelta a ésta aproximadamente una vez cada 6 h. Dada la altitud relativamente elevada de la constelación del satélite, cada uno de ellos proyectará una huella en el suelo significativamente mayor a lo de los satélites típicos de LEO. La proyección en el suelo de los satélites New ICO en MEO tendrá un diámetro de unas 9300 millas (14880 km), lo que abarca más del 30% de la superficie de la Tierra.

La Fig. 41 muestra un satélite típico New ICO. Las antenas de bandas C y de banda S se utilizan para comunicar con los SAN y los terminales de usuario, respectivamente. En el enlace directo (SAN a terminal de usuario), las señales procedentes del SAN se reciben con ambas polarizaciones a través de los haces mundiales de banda C, se convierten a una frecuencia intermedia y se transmiten a través de 490 filtros, formando cada uno de ellos un canal de 170 kHz. La salida de estos filtros se encamina a uno de los 163 haces puntuales de banda S para la transmisión al terminal de usuario.

FIGURA 41
Ilustración de un satélite New ICO



MSS-41

De forma similar, en el enlace de retorno (terminal de usuario a SAN), se reciben individualmente señales de 170 kHz del terminal de usuario a través de uno de los 163 haces puntuales de banda S, se convierten reduciendo la frecuencia, se digitalizan, se aplican a los amplificadores ATOP y se transmiten a los SAN a través de antenas de banda S que constituyen un haz mundial. Normalmente, cada satélite estará en contacto directo con dos, tres o cuatro SAN en todo momento. La atribución de los filtros a los haces se basa en la demanda de tráfico y en un esquema de reutilización de frecuencias de cuatro células. La tecnología de señalización redundante en una utilización eficaz del espectro de frecuencias atribuido.

Los satélites New ICO situados en MEO ofrecerán una disponibilidad del enlace superior a la de los sistemas de LEO competidores. Ello es debido, parcialmente, a un ángulo medio de elevación superior de los satélites, lo que minimiza la probabilidad de que la señal del usuario sea obstruida. Además, como resultado de su mayor altitud, los satélites New ICO se moverán por el cielo significativamente más despacio que los satélites de LEO. Ello se traducirá en un número menor de «traspasos» de un satélite a otro durante una llamada y se minimizará la posibilidad de llamadas abandonadas. Además, esta configuración de satélites reduce la complejidad y los costos de explotación del segmento espacial.

New ICO tiene un acuerdo de suministro para la construcción del segmento espacial con Hughes Space and Communications International, Inc. Según este acuerdo, Hughes construirá todos los satélites de New ICO y el equipo correspondiente de teledata, seguimiento y control. El contrato de satélite con Hughes, junto a los nuevos contratos de servicios de lanzamiento de New ICO y los costos del seguro de satélite constituyen fundamentalmente la totalidad de las inversiones de New ICO en el segmento espacial.

En colaboración con Hughes, New ICO desarrolló el diseño de la plataforma de satélite a partir de un modelo existente, la plataforma de satélite Hughes HS601. La vida de diseño de los satélites es de doce años, casi el doble de la vida media de un satélite típico de LEO. Un aspecto clave del diseño del satélite es que las antenas de transmisión y recepción del enlace de servicio están separadas. Esta separación de las antenas simplifica la fabricación de los satélites y minimiza la interferencia entre la transmisión y la recepción durante el funcionamiento. Con el fin de mejorar la recepción de las señales procedentes del equipo de usuario, las antenas del enlace de servicio tienen un diámetro superior a seis pies (183 cm). Los satélites llevan más potencia de cálculo que los computadores basados en el Pentium 600 III, incorporan antenas de transmisión y de recepción innovadoras que permiten un enlace directo con los usuarios y utilizan el denominado «procesador inteligente» que es capaz de modificar la configuración del haz para adaptarse a la utilización y emplear de forma más eficaz la anchura de banda disponible. Estas características otorgan a New ICO una flexibilidad sin precedentes para atender a las demandas cambiantes del mercado a nivel mundial.

Tras el lanzamiento, New ICO controlará las comunicaciones entre las estaciones en tierra y los satélites, desde los centros de control primarios y de reserva. New ICO efectuará la explotación en órbita y el control de los satélites a través del centro de control principal de satélites situado cerca de Londres. New ICO cuenta con el equipo necesario para las funciones de teledata, seguimiento y control en cinco estaciones en tierra, habiendo previsto una sexta tras el lanzamiento de los servicios comerciales. Estas estaciones en tierra efectuarán una supervisión casi continua de los satélites en órbita, permitiendo a New ICO controlar los satélites y responder rápidamente a toda anomalía que pueda producirse. Inicialmente, el centro de control de satélites se comunicará con las estaciones terrenas mediante una red de apoyo de datos especializada. Cuando se despliegue la red, New ICO integrará estas comunicaciones en la ICONET. New ICO ha instalado y está actualmente ensayando el centro primario de control de satélite en las instalaciones de Londres. Se ha completado también la instalación del equipo de teledata, seguimiento y control de las cinco estaciones en tierra, y se están realizando las pruebas.

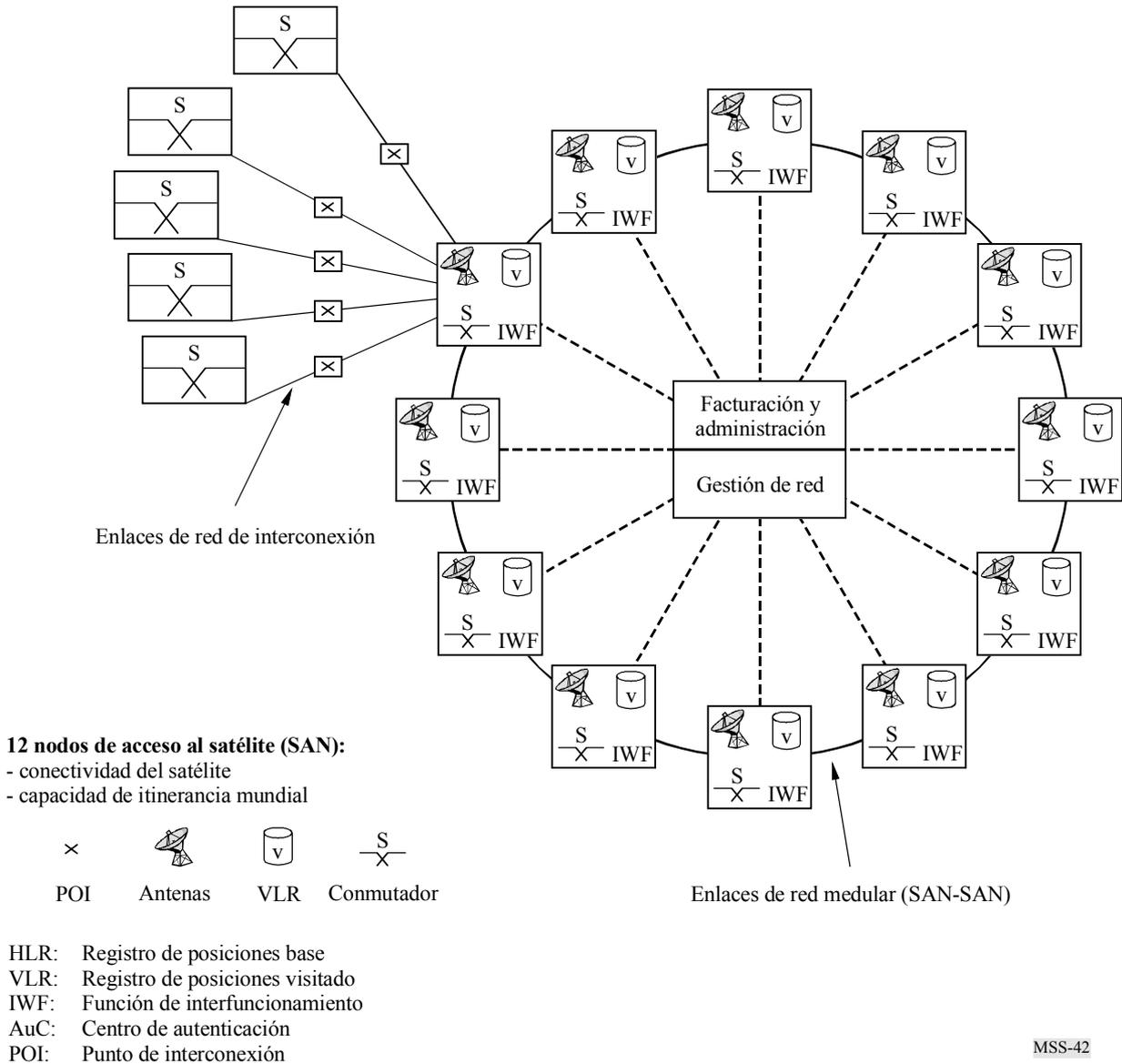
5.9.2.2 Segmento terreno

Los satélites enlazarán con una red en tierra (ICONET) que interconectará doce estaciones terrenas (a las que New ICO denomina nodos de acceso al satélite («SAN»)) situadas por todo el mundo (véase la Fig. 42). Cada SAN consta de estaciones terrenas con antenas múltiples para la comunicación con los satélites y el equipo de conmutación y los bancos de datos correspondientes. La ICONET y los SAN efectuarán la selección de los encaminamientos de tráfico para garantizar la calidad y disponibilidad del servicio a los usuarios del sistema. Los SAN serán la interfaz primaria entre los satélites y las redes públicas. También albergarán el equipo que encaminará las señales del satélite para la distribución a las redes públicas adecuadas. Cada SAN seguirá a los satélites que estén a la vista, dirigirá el tráfico de comunicaciones al satélite óptimo para obtener el enlace más sólido y, cuando proceda, ejecutará los trasposos entre satélites para mantener la comunicación sin interrupciones.

FIGURA 42
Red terrestre del sistema New ICO

Interconexión con otras redes

-Punto de interconexión (POI) entre
ICONET y las redes de interconexión (RTPC,
RMTP y RDCP)



5.9.2.3 ICONET

ICONET será una red de telecomunicaciones mundial compuesta de 12 estaciones terrenas y los centros de gestión de la red principal y de reserva, unidos entre sí fundamentalmente por cables redundantes de fibra óptica de gran capacidad.

Cada estación terrena establecerá una interfaz entre los satélites y las redes terrenales y gestionará el encaminamiento por la red New ICO. Cada estación terrena constará de cinco elementos principales:

- cinco antenas en tierra, con su equipo asociado para comunicar con los satélites;
- nodos de computación de paquetes y de circuitos para encaminar tráfico por ICONET e interconectar las redes fijas y móviles en tierra;

- registros de ayuda a la movilidad, las llamadas y la gestión del acceso al servicio;
- plataformas para servicios de valor añadido tales como los de voz, facsímil y mensajería de datos; y
- servicios generales radioeléctricos por paquetes o equipo GPRS que dirigirá el tráfico y efectuará el almacenamiento de datos, y apoyará una serie de servicios de protocolo Internet.

Cada estación en tierra seguirá los satélites situados en su campo de visión a través de las antenas en tierra y gestionará el encaminamiento del tráfico entre las antenas de tierra y el satélite, a fin de mantener comunicaciones sin interrupción. Además de gestionar la utilización de los enlaces radioeléctricos, New ICO dependerá de las estaciones en tierra, controladas por el centro de gestión de la red, para dirigir la atribución del espectro de frecuencias y los satélites de forma congruente con el tráfico y con los requisitos reglamentarios aplicables en el país en que esté situado el terminal de usuario. Todo el segmento terreno se explotará para obtener servicios de gran calidad y gestionar los costos de interconexión.

El sistema de conmutación de circuitos y de paquetes ICONET está diseñado sobre la base de las normas GSM e IP. Las centrales ICONET utilizarán bancos de datos informáticos, conocidos como registradores de red, para controlar el acceso del cliente a los servicios de telecomunicaciones. Estas centrales establecerán, encaminarán y darán terminación a las llamadas de la NIN y registrarán la utilización del servicio a efectos de facturación. New ICO ha preparado emplazamientos para 11 estaciones en tierra SAN y actualmente está preparando otra SAN en China.

Los registradores de red de cada estación terrena almacenan los detalles de los dispositivos de usuario final New ICO registrados en esa estación terrena SAN. Estos registradores permitirán a New ICO gestionar el acceso del cliente a los servicios y el encaminamiento del tráfico a los dispositivos de usuario final New ICO. Se utilizará soporte lógico de autenticación para verificar la identidad de los usuarios, con lo que se reducirán significativamente las posibilidades de utilización fraudulenta de la red New ICO. New ICO ya ha instalado y probado equipo de conmutación en 11 estaciones terrenas SAN, de las cuales 10 se han ensayado plenamente.

Las estaciones en tierra SAN interconectarán la red ICONET con las redes fijas y móviles en tierra del país anfitrión y, a través de las facilidades de conmutación de dicho país, a otros países. Las estaciones en tierra SAN pueden transferir llamadas a los sistemas fijos y móviles locales en tierra.

Las interconexiones entre ICONET y las redes locales en tierra fijas y móviles se efectuarán a través de enlaces de fibra óptica con capacidad para dos megabits por segundo o múltiplos de dos megabits por segundo. Estos enlaces de gran capacidad cursarán tráfico de usuario, tráfico de señalización y tráfico de administración de la red.

New ICO complementará los servicios de red en modo paquetes con encaminadores situados en las estaciones terrenas SAN, seleccionando puntos de cruce en las cabeceras Internet. Los centros de gestión de la red supervisarán y controlarán la actividad de ICONET. La arquitectura general de la red se ha diseñado de forma que puedan gestionarse múltiples funciones centralmente, y los centros de gestión de la red primarios y de reserva deben asegurar un alto nivel de disponibilidad.

5.9.2.4 Funciones de interfuncionamiento

Operaciones en modo circuitos: New ICO prevé utilizar la norma GSM como plataforma de tecnología de comunicaciones digitales. La norma GSM es actualmente la norma móvil digital principal y la utilización de esta plataforma permitirá a New ICO la prestación de servicios a todos los clientes cuya red local se base en este sistema, sin necesidad de desarrollos tecnológicos

adicionales. Además, New ICO está desarrollando las capacidades de servicio, denominadas funciones de interfuncionamiento, necesarias para permitir a los usuarios de la red New ICO desplazarse entre redes móviles que utilicen otras normas existentes, tales como, por ejemplo, la ANSI-41 (AMDT y AMDC).

Operaciones en modo paquetes e IP: New ICO puede dar los servicios de tipo GPRS y otros tipos de servicios IP, utilizando al máximo equipo disponible existente en las estaciones en tierra.

5.9.2.5 Integración de sistemas

Para poner la red New ICO en servicio, New ICO integrará plenamente el segmento espacial, el segmento terreno, ICONET, el equipo de usuario New ICO y los sistemas de apoyo de operaciones comerciales («BOSS»), interconectando redes fijas y móviles, así como los sistemas de los distribuidores. New ICO prevé efectuar estas actividades de integración según un contrato con diversos distribuidores de integración de sistemas, incluyendo los actuales suministradores, y según otros contratos relativos al desarrollo de la NIN.

5.9.2.6 Capacidad de la red

New ICO prevé que su red podrá dar soporte a más de 14 millones de abonados.

5.9.3 Descripción de los productos y servicios de New ICO

Tras el lanzamiento, New ICO prevé ofrecer a clientes individuales y empresas los diversos productos y servicios que se citan a continuación.

5.9.3.1 Servicio móvil con unidades de mano

Los servicios móviles con unidades de mano de New ICO permitirán a los clientes efectuar llamadas telefónicas en emplazamientos en los que de no ser así no podrían recibir las señales telefónicas móviles tradicionales, en los que las alternativas terrenales serían si no inadecuadas o en donde el número reducido de usuarios en una zona determinada conduce a una solución basada en los satélites. Tras el despliegue total, los clientes podrán acceder a este servicio utilizando un accesorio que pueda servir para adaptarse a un teléfono móvil normalizado para la comunicación por satélite, con la tecnología inalámbrica de corto alcance. New ICO prevé que este servicio móvil dirigido a unidades de mano servirá para la telefonía de gran calidad y otros servicios IMT-2000, tales como los servicios de mensajes breves, el correo vocal, la retransmisión de llamadas y las comunicaciones de datos con conmutación de circuitos y el acceso a Internet. New ICO espera que los posibles clientes accedan a la portabilidad de las unidades de mano y a los servicios inalámbricos de gran calidad con precios competitivos y muy atractivos respecto a los servicios alternativos.

5.9.3.2 Servicio instalado móvil

New ICO prestará servicios adaptados a las necesidades de los usuarios de las industrias de transporte por carretera, marítima, aviación y otras de tipo móvil. New ICO prevé que ciertos fabricantes diseñen y fabriquen equipo de usuario económico para camiones, barcos y aeronaves con lo que los clientes accederán a los servicios vocales y de datos con protocolo Internet durante los desplazamientos de sus flotas. Los beneficios para estos clientes incluirán la mejora de la eficacia operativa de las flotas, así como la disposición de diversos servicios para tripulaciones y pasajeros.

5.9.3.3 Servicio estacionario

New ICO ofrecerá servicio a clientes en zonas no suficientemente atendidas por las redes terrenales actuales. Este servicio se concebirá para funcionar mediante la instalación de una antena exterior montada en el domicilio u oficina de un cliente. La antena exterior se comunicará con un dispositivo interior del cliente por medios alámbricos o inalámbricos. New ICO prevé ofrecer servicios de datos y telefónicos en esta variante. Ejemplo de posibles usuarios son los emplazamientos de empresas distantes tales como plataformas de perforación petrolífera y minas, y usuarios residenciales en zonas aisladas que tienen que soportar grandes demoras para obtener los servicios tradicionales de comunicaciones terrenales o allí donde el servicio no existe.

5.9.3.4 Servicios de mensajería bidireccional

New ICO concebirá este servicio para dar mensajería bidireccional a cualquier punto del mundo. Los principales mercados a los que se apunta son las industrias de transporte, marítima y de aviación. Este servicio permitirá a los clientes de éstos y otros mercados intercambiar informes de posición e información de ubicación. El servicio de mensajería bidireccional sirve para la integración con los sistemas de comunicaciones actuales y planificados que ofrecen otros proveedores. Este servicio de mensajería bidireccional permitirá a los operadores de flota gestionar las actividades logísticas y operativas, efectuar un seguimiento de los vehículos para la actualización de las entregas, supervisar y programar el mantenimiento preventivo del equipo y evitar los robos y los fraudes. Se espera que la mensajería en tiempo real permita la interrogación de la posición en tiempo real, mientras que la mensajería en tiempo casi real permitirá a las unidades móviles ferroviarias y a otros vehículos informar sobre su posición con intervalos regulares. Tal como se prevé actualmente, este servicio de mensajería no impondrá límites a la longitud de los mensajes transmitidos.

5.9.3.5 Servicios IP móviles

La reconversión de la red New ICO en un sistema de datos por paquetes permitirá a New ICO ofrecer servicios de datos con protocolo Internet. New ICO ha pensado en estos servicios para los clientes cuyas necesidades de conectividad no se satisfacen con los servicios terrenales. Además de los servicios locales, New ICO está concibiendo su red para dar soporte a todo protocolo o aplicación Internet que pase por las redes terrenales actuales, por ejemplo, el correo electrónico y el acceso a la web.

Con la conectividad a nivel mundial y el acceso a Internet, New ICO permitirá a las empresas y a los clientes acceder a Internet desde cualquier parte del mundo con velocidades comparables a las que actualmente se dispone únicamente en las zonas urbanas desarrolladas. Se espera que la red NIN sea capaz inicialmente de dar servicios de datos bidireccionales por paquetes con velocidades de transmisión de hasta 56 kbit/s.

5.9.4 Temas de espectro de radiofrecuencia

5.9.4.1 Requisitos de espectro del sistema New ICO

Teniendo en cuenta las atribuciones de la UIT efectuadas en la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones de 1992 (CAMR-92) y en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 1995 (CMR-95), los satélites de New ICO se han concebido para explotar:

- enlaces de servicio en las bandas 1 980-2 015 MHz (enlace ascendente) y 2 170-2 200 MHz (enlace descendente)
- enlaces de conexión entre los SAN y los satélites en las bandas 5 150-5 250 MHz (enlace ascendente) y 6 975-7 075 MHz (enlace descendente).

Las estaciones terrenas SAN de New ICO utilizarán las frecuencias del enlace de conexión únicamente en los países en los que están situados los SAN (Brasil, Chile, México, Estados Unidos de América, Alemania, República Sudafricana, Emiratos Árabes Unidos, India, China, Indonesia, Corea y Australia).

Debido a las variaciones regionales de las atribuciones de frecuencia de la UIT al SMS, las frecuencias del enlace de servicio de New ICO disponibles para la asignación en las gamas de funcionamiento especificadas anteriormente son las siguientes:

<i>Enlace de servicio:</i>	<i>Tierra-espacio</i>	<i>Espacio-Tierra</i>
Región 1 de la UIT	1 980-2 010 MHz	2 170-2 200 MHz
Región 2 de la UIT	1 990-2 015 MHz	2 170-2 200 MHz
Región 3 de la UIT	1 980-2 010 MHz	2 170-2 200 MHz

La Región 1 comprende Europa, África, Oriente Medio y la Comunidad de Estados Independientes; la Región 2 comprende las Américas y la Región 3 comprende Asia, Australia y Oceanía.

Inicialmente, New ICO debía utilizar 15 MHz de cada una de las bandas del enlace Tierra-espacio (1995-2010 MHz) y del enlace espacio-Tierra (2 185-2 200 MHz) para cumplir los requisitos previstos de tráfico del sistema de satélite New ICO. Inicialmente, tal vez New ICO desee explotar el espectro adyacente a las bandas 1995-2010 MHz y 2 185-2 200 MHz para asegurar la compatibilidad de utilización entre diferentes países en la fase de arranque inicial de las operaciones.

Las frecuencias utilizadas por la red de satélites New ICO se están coordinando según las disposiciones de la Resolución 46 (Rev.CMR-97)/número 9.11A del RR. La UIT ha publicado la petición de coordinación del sistema New ICO como ICO-P en las Secciones especiales RES46/C/167 (Circular 2256/03.12.1996), RES46/C/167 MOD-1 (Circular 2291/19.08.1997) y RES46/C/167 MOD-2 (Circular 2301/28.10.1997).

5.9.5 Conclusión

New ICO pretende llegar a ser el proveedor principal de auténticos servicios mundiales telefónicos y de datos de gran calidad en cualquier punto de la Tierra. Con este fin, los elementos clave de la estrategia de New ICO son:

- prestación de servicios utilizando una red integrada de comunicaciones por paquetes compuesta de una constelación de satélites y de una infraestructura mundial de telecomunicaciones en tierra;
- prestación de servicios vocales y de datos en banda ancha con precios competitivos y con calidad igual o mejor a la de las redes inalámbricas terrenales actuales;
- potenciación de la NIN que seguirá mejorando a partir del lanzamiento del servicio, incluyendo un sistema de paquetes, para ofrecer una amplia gama de nuevos servicios inalámbricos de la próxima generación IMT-2000 y ampliación de los mercados; y
- establecimiento de una distribución eficaz utilizando los actuales canales de distribución y desarrollando nuevos canales de venta directa.

New ICO está empeñada en aportar los beneficios de su sistema, sus productos y servicios a los mercados mundiales.

5.10 Satélite europeo de comunicaciones móviles (EMSAT)

5.10.1 Panorámica general

El EMSAT es un sistema de comunicación por satélite establecido por el operador de comunicaciones por satélite italiano Telespazio y distribuido por EUTELSAT que funciona a través del satélite OSG ITALSAT F2 en comunicación con la estación en tierra de Lario (Norte de Italia) y con teléfonos distantes o móviles por satélite en la amplia zona de cobertura europea del satélite. El sistema da acceso a servicios digitales de telefonía, datos y facsímil, allí donde los sistemas precedentes de comunicaciones terrenales, tales como los de concentración de enlaces móviles o de telefonía celular, no dan cobertura.

Además, el sistema EMSAT ofrece otras opciones, tales como la mensajería breve (incluyendo la de emergencia), así como un sistema de determinación de la posición y de información GPS, como opción.

5.10.2 Arquitectura del sistema

El sistema EMSAT permite a los usuarios efectuar llamadas telefónicas, facsímil y de datos desde teléfonos móviles por satélite a través del satélite y de la estación terrena del sistema a la red telefónica RTPC (véase la Fig. 43).

El sistema EMSAT actual comprende los elementos principales siguientes:

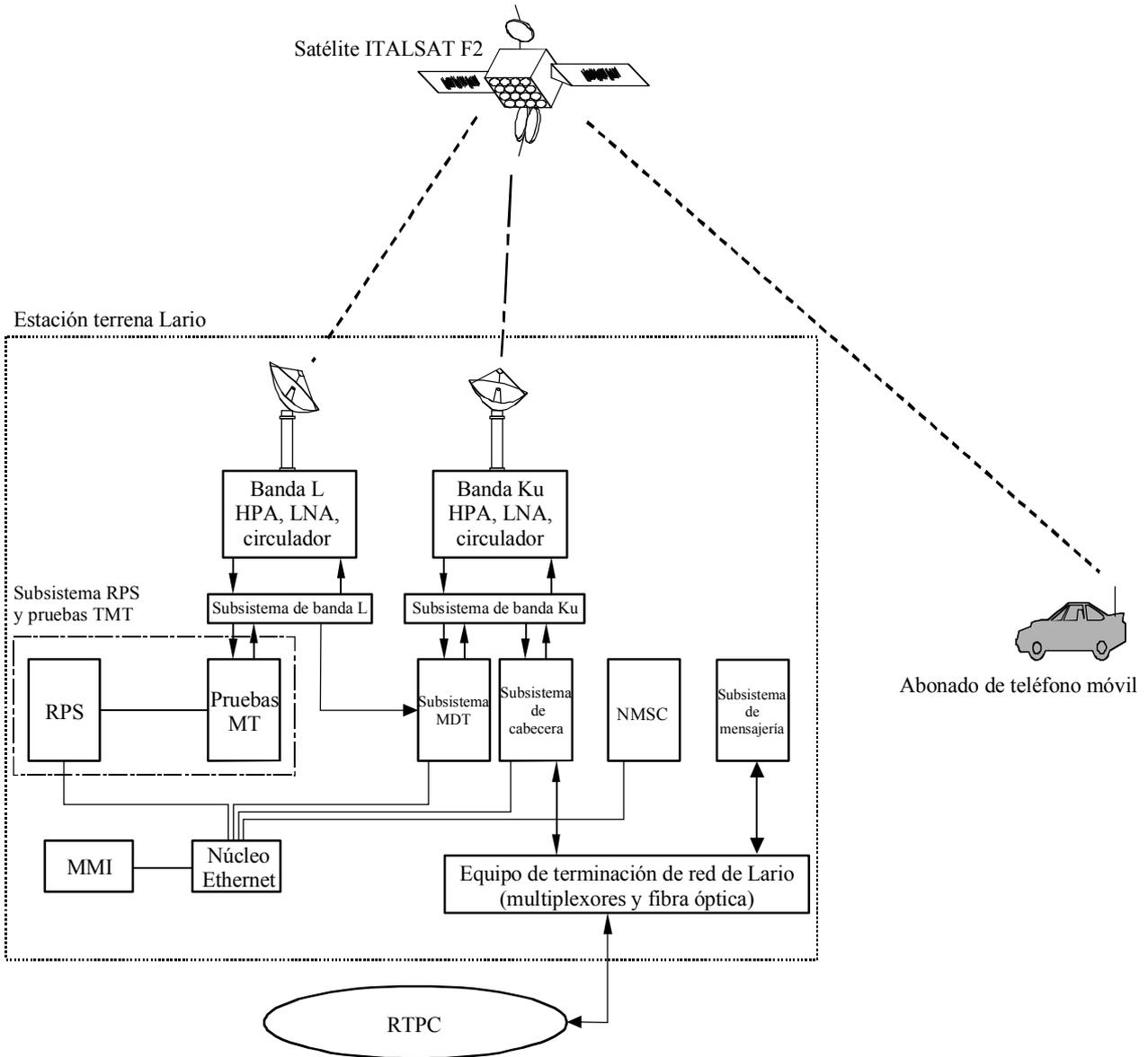
- segmento espacial;
- estación terrena;
- transceptores telefónicos móviles (teléfono móvil por satélite).

5.10.3 Segmento espacial

Las comunicaciones entre la estación terrena EMSAT y los teléfonos móviles por satélite se realizan a través del satélite OSG ITALSAT F2 lanzado en agosto de 1996 que lleva a bordo una carga útil EMS equipada con transpondedores para transformar las frecuencias de banda Ku, transmitidas por el segmento terreno a las frecuencias de banda L necesarias para el funcionamiento de la telefonía móvil por satélite. Las transmisiones procedentes del teléfono móvil por satélite se convierten a su vez de las frecuencias de la banda L a las de la banda Ku en el satélite y se envían a la estación en tierra (véase la Fig. 44).

FIGURA 43

Diagrama de bloques del sistema EMSAT

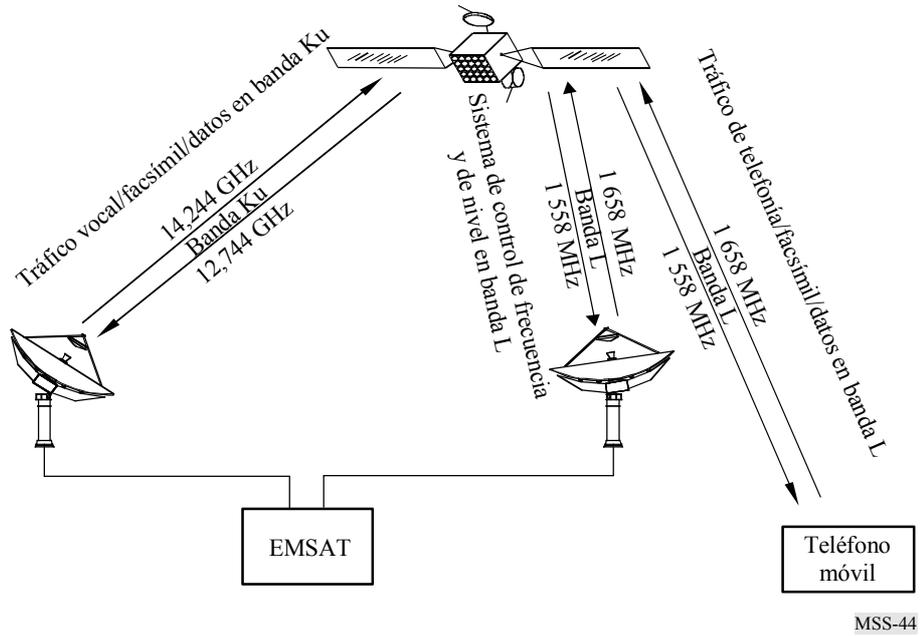


----- Banda L
———— Banda Ku

MT: Teléfono móvil
RPS: Procesador de supervisión a distancia
HPA: Amplificador de gran potencia
LNA: Amplificador de bajo nivel de ruido

NMSC: Computador del sistema de gestión de la red
MMI: Interfaces hombre-máquina

FIGURA 44
Comunicaciones del segmento espacial



Las frecuencias de funcionamiento de la carga útil EMS son las siguientes:

CUADRO 31

Frecuencias de funcionamiento de la carga útil EMS

	Banda		Gama de frecuencias (MHz)
Estación en tierra ⇔ Satélite	Banda Ku	Transmisión	14 236,0-14 240,0 14 246,0-14 250,0 14 241,0-14 245,0
		Recepción	12 736,0-12 740,0 12 746,0-12 750,0 12 741,0-12 745,0
Satélite ⇔ Teléfono móvil	Banda L	Transmisión	1 631,5-1 635,5 1 641,5-1 645,5 1 656,5-1 660,5
		Recepción	1 530,0-1 534,0 1 540,0-1 544,0 1 555,0-1 559,0

La reserva del segmento espacial se establecerá arrendando capacidad de uno de los satélites Inmarsat-3 que tenga la cobertura europea de haz puntual adecuada. Se reacondicionará adecuadamente una antena especializada de banda C de la estación terrena Lario para el restablecimiento del sistema EMSAT por el segmento espacial Inmarsat, en caso de fallo importante de la carga útil EMS o del satélite ITALSAT.

5.10.4 Estación en tierra

La estación en tierra EMSAT contiene los equipos y los programas necesarios para establecer las comunicaciones por satélite y la interconexión con la red telefónica RTPC.

La estación en tierra consta de un número de subsistemas dobles controlados por computadores redundantes. Los recursos se atribuyen y supervisan cuando se establece una llamada telefónica, de forma que en caso de fallo del sistema o subsistema, se activa automáticamente el equipo redundante, a fin de mantener la funcionalidad del sistema.

La estación en tierra se compone de los subsistemas básicos siguientes que efectúan tareas específicas en el establecimiento y control de los canales de comunicaciones:

- sistema de gestión de la red (NMS);
- grupo MDT;
- central de cabecera (unidades de canal);
- sistema de RF en banda Ku y banda L;
- referencia de 5 MHz;
- subsistema de mensajería;
- equipo de supervisión y control (RPS).

5.10.5 Terminales móviles

Los terminales se componen de dos o tres unidades, dependiendo del fabricante del terminal: transceptor al que se conecta la unidad de mano y la unidad de control de antena y la antena.

Las distintas antenas terminales disponibles para el sistema EMS son las siguientes:

- Mástil:* Látigo de 80 cm de largo y 2 cm de diámetro que da un diagrama omnidireccional en acimut y una ganancia conformada en elevación. La ganancia de antena es de 7,3 dBi. Puede montarse fácilmente en cualquier tipo de vehículo.
- Radomo:* Antena orientable de 20 cm × 25 cm × 16 cm, de 9 dBi de ganancia. Concebida para camiones.
- Perfil bajo:* Antena motorizada para aplicaciones en que se requiere una antena de pequeña altura. La ganancia es de 7,8 dBi.
- Fija plana:* Antena típica para las aplicaciones fijas portátiles. Tiene que apuntarse manualmente en acimut y elevación. La ganancia es de 14 dBi y permite una calidad de utilización óptima de la potencia del satélite.
- Marítima:* Para aplicaciones marítimas que requieren antenas estabilizadas, a fin de establecer comunicaciones continuas. La ganancia es de 16 dBi.

5.10.6 Aplicaciones

El sistema EMSAT se ha diseñado para una amplia gama de servicios y características a los que pueden acceder rápidamente diversos usuarios y organismos. La capacidad para desplegar y poner en marcha rápidamente un nuevo servicio telefónico, en unas pocas horas, significa que deben facilitarse comunicaciones prácticamente instantáneas a una multitud de usuarios, incluyendo los situados en las regiones más distantes.

La cobertura de comunicaciones en zona amplia y la capacidad de transporte del teléfono móvil por satélite permitirán el despliegue económico y rápido de servicios de comunicaciones en emplazamientos que de otra manera no serían económicos o prácticamente accesibles por las formas más convencionales de comunicaciones terrenales. Algunas aplicaciones típicas del sistema EMSAT son:

- **Autoridades estatales**
 - Autoridades de comunicación por carretera, electricidad y suministro de agua
 - Sanidad, departamentos forestales y parques nacionales
 - Agricultura e industrias primarias
 - Defensa
 - Guardacostas
 - **Comunicaciones de emergencia temporales**
 - **Servicios médicos**
 - **Servicios públicos**
 - Supervisión de zonas fluviales y de niveles de embalses o de flujo de acueductos
 - Supervisión y control del bombeo en oleoductos y de las funciones de estación compresora
 - Supervisión y control de válvulas reguladoras y de subestaciones de energía
 - **Minería y plataformas petrolíferas y de gas**
 - **Transporte ferroviario y por carretera**
 - Posición, velocidad y consumo de carburante
 - Temperaturas de refrigeración
 - **Estación fija**
-