

DISEÑO DE SISTEMAS MÓVILES POR SATELITE QUE PROPORCIONAN
SERVICIOS AERONAUTICOS, TERRESTRES Y MARÍTIMOS
UTILIZANDO RECURSOS COMPARTIDOS

(Cuestión 82/8)

(1990)

1. Introducción

1.1 Los sistemas de radiocomunicaciones terrenales permiten establecer comunicaciones de diversos tipos entre unidades móviles y puntos fijos (normalmente una torre radioeléctrica). En algunos sistemas, el alcance de servicio viene fijado por la línea de visibilidad directa radioeléctrica a dicha torre fija. Estos tipos de sistemas terrenales presentan limitaciones importantes a la hora de cubrir zonas extensas o zonas marítimas, así como para lograr una cobertura económica en zonas de población dispersa o en zonas geográficas donde la demanda de comunicaciones sea escasa y en el establecimiento de servicios a escala mundial. La utilización de las técnicas de satélite puede solventar estos problemas.

1.2 Hay tres servicios que pueden ofrecerse mediante sistemas móviles por satélite: el servicio aeronáutico, el servicio terrestre y el servicio marítimo. Aunque estos servicios son distintos presentan aspectos comunes. Los sistemas móviles por satélite que suministran servicios a cada una de estas tres amplias categorías pueden ofrecer la posibilidad de mejorar la eficacia en la utilización del espectro radioeléctrico y de lograr una mayor economía en los servicios.

1.3 En este Informe se examinan las necesidades del usuario y las características de diseño de los sistemas móviles por satélite que proporcionan los servicios aeronáutico, terrestre y marítimo.

Se incluyen cinco anexos:

Anexo I: Visión global de los sistemas INMARSAT

Anexo II: Sistemas móviles por satélite nacionales propuestos en
 América del Norte

Anexo III: Esquema preliminar de condiciones técnicas para la
 compartición de transpondedores

Anexo IV: Sistema de control de red y señalización para el sistema móvil por satélite de América del Norte

Anexo V: Posible estructura de una futura Recomendación sobre conceptos de diseño para un sistema del servicio móvil por satélite.

2. Necesidades de los servicios

2.1 Servicios móviles aeronáuticos por satélite

2.1.1 En el Informe 1173 se examinan las necesidades de los servicios móviles aeronáuticos por satélite.

Dichas necesidades, en lo que respecta al servicio de tráfico aéreo (ATS) y al control operacional aeronáutico (AOC), son las siguientes:

- a) Debido a la naturaleza mundial de la aviación civil donde una misma aeronave puede situarse en cuestión de horas en distintas partes del mundo separadas por una gran distancia, se necesitan normas internacionales (técnicas y de explotación) para la seguridad aeronáutica y la regularidad de las comunicaciones en vuelo.
- b) Los parámetros y las prácticas de los sistemas de comunicaciones deben asegurar un nivel muy elevado de calidad, integridad, fiabilidad y disponibilidad. Los movimientos del tráfico aéreo internacional se llevan a cabo fundamentalmente sobre la base de técnicas de vuelo por instrumentos y están sometidos a un control en tierra. En consecuencia, es preciso mantener las comunicaciones día a día y minuto a minuto para asegurar que las aeronaves mantienen la adecuada separación entre ellas, logrando a la vez una operación regular y económica. Se precisa un acceso virtualmente inmediato, garantizando la inexistencia de errores en la interpretación de los mensajes puesto que puede que se disponga sólo de unos pocos segundos para evitar un accidente.
- c) Las elevadas exigencias indicadas en el apartado anterior ponen en evidencia la importancia esencial de proteger estos servicios contra la interferencia perjudicial, de acuerdo con lo dispuesto en el número 953 del Reglamento de Radiocomunicaciones.
- d) Las características de la larga vida de las comunicaciones aéreas y la naturaleza de los sistemas de comunicaciones aeronáuticas exigen la disponibilidad del espectro adecuado para implantar servicios a corto plazo y acomodar futuros planes a escala mundial que permitan un crecimiento evolutivo manteniendo a la vez, como mínimo, el elevado nivel de seguridad actual.

2.1.2 El servicio móvil aeronáutico por satélite presenta varias características peculiares que implican las siguientes necesidades:

- a) el tiempo para establecer una conexión debe ser extremadamente breve, no más de 2 a 5 segundos; ello se debe a la necesidad de garantizar la seguridad del vuelo;
- b) debe poderse transmitir elevados volúmenes de información de alta prioridad (ATS, AOC);

- c) la p.i.r.e. de las estaciones de aeronave de comunicaciones por satélite debe ser reducida; y
- d) existen limitaciones importantes con respecto al peso y dimensiones totales de las estaciones en la aeronave para las comunicaciones por satélite, etc.

2.1.3 Si las comunicaciones de ATS y de AOC estuvieran separadas en frecuencia de la correspondencia pública aeronáutica (comunicaciones administrativas aeronáuticas y comunicaciones de pasajeros) la aviación perdería la flexibilidad de explotación para situar todas las categorías de comunicaciones de los servicios móviles aeronáuticos por satélite (SMAS) en el mismo canal de radiofrecuencia. Mediante la disposición sobre el mismo canal de radiofrecuencia de ATS, AOC, AAC y comunicaciones de pasajeros se logra la flexibilidad de explotación y la economía en el equipo de usuario.

2.2 Necesidades del servicio móvil terrestre por satélite

Se están estudiando las necesidades del servicio móvil terrestre por satélite. Un resumen de las mismas aparece en el Informe 1183.

2.3 Necesidades del servicio móvil marítimo por satélite

En los Informes 920, 918 y 761, entre otros, se examinan las necesidades del servicio móvil marítimo por satélite.

2.4 Disposiciones especiales para los servicios de seguridad en los servicios móviles por satélite

El número 953 del artículo 9 del Reglamento de Radiocomunicaciones indica que deben tomarse medidas especiales para asegurar que todos los servicios de seguridad están protegidos contra la interferencia perjudicial. La OACI está examinando en la actualidad el Informe 927 para su aplicación al servicio móvil aeronáutico por satélite. Deben tenerse en cuenta también las disposiciones especiales para las comunicaciones de socorro y seguridad marítima y para los satélites del servicio móvil terrestre concernientes a la seguridad de la vida humana y de los bienes (véase el punto 4.2.5). Se necesitan más estudios para especificar las disposiciones de protección de los servicios de seguridad proporcionados por los sistemas móviles por satélite.

3. Escenarios de compartición de recursos

3.1 La compartición es el uso conjunto de uno o más recursos del sistema entre el servicio móvil aeronáutico por satélite (SMAS), el servicio móvil terrestre por satélite (SMTS) y el servicio móvil marítimo por satélite (SMMS). Existen tres posibilidades de compartición.

- a) Compartición del satélite y transpondedores separados. Un satélite puede incorporar numerosos transpondedores de los cuales un número apropiado puede dedicarse a cada servicio, haciendo uso de bandas de frecuencias atribuidas al servicio correspondiente. La explotación en dichas bandas de frecuencias debe ajustarse a los requisitos y normas del servicio pertinente.
- b) Compartición del satélite y compartición del transpondedor. Todo transpondedor puede dedicarse a más de un servicio. El espectro atribuido se divide entre los servicios mediante particiones eléctricas que pueden ser fijas o variables de forma dinámica. En este último caso, la posición de la partición, o particiones, debe gobernarse mediante un control central.



- c) Compartición del satélite del transpondedor y del espectro.
Cualquier canal de comunicaciones situado en el espectro atribuido se asignará dinámicamente a cualquiera de los servicios durante el periodo necesario para completar la transacción de un mensaje.

4. Consideraciones sobre el diseño del sistema

4.1 Consideraciones generales

4.1.1 Para garantizar el funcionamiento de los servicios de seguridad pertinentes y cumplir los requisitos técnicos y de explotación, a la hora de diseñar un sistema compartido, deben tenerse en cuenta en las posibilidades de compartición descritas anteriormente, las siguientes consideraciones de tipo general.

4.1.2 Servicio móvil aeronáutico por satélite

4.1.2.1 Los rigurosos requisitos de seguridad y regularidad de los vuelos exigen el establecimiento de normas y la disponibilidad de espectro suficiente para su aplicación y utilización, respectivamente, a escala mundial. Desde el punto de vista de la explotación sería deseable para las autoridades aeronáuticas disponer de una familia de satélites especializados. Sin embargo, consideraciones de tipo económico hacen inviable por el momento esta solución y por lo tanto es preciso considerar alguna forma de compartición.

4.1.2.2 El escenario de compartición correspondiente a la compartición de satélites con transpondedores separados requiere:

- a) que los satélites compartidos se encuentren situados adecuadamente para dar la cobertura aeronáutica y que los otros parámetros del sistema por satélite proporcionen las características del sistema deseadas; y
- b) tomar las medidas necesarias para que si un satélite se avería, los transpondedores aeronáuticos necesarios para establecer las comunicaciones de seguridad sean los últimos en dejar de funcionar.

4.1.2.3 El escenario de compartición correspondiente a la compartición de satélites y de transpondedores plantea varios problemas técnicos.

a) Partición fija

Si bien las unidades de los servicios móvil terrestre por satélite y móvil marítimo por satélite atendidas por el transpondedor compartido funcionan en una banda de frecuencias separada de la del servicio móvil aeronáutico por satélite (R), estas unidades móviles podrían interferir con las comunicaciones de este último servicio si no se diseñan y controlan de manera adecuada. En particular, si la potencia del transpondedor se comparte entre servicios pueden originarse efectos tales como intermodulación y supresión de pequeñas señales debidos al funcionamiento de las unidades del SMTS y el SMMS, efectos que aparecerían en la banda del SMAS (R). Por consiguiente, puede ser necesario que las unidades móviles del SMTS y del SMMS cumplan ciertas condiciones técnicas establecidas por la OACI a fin de

evitar que se cause interferencia perjudicial a las comunicaciones del SMAS (R). Esas condiciones técnicas influyen en el diseño, la certificación y la explotación de las unidades del SMTS y del SMMS. La OACI está trabajando en el establecimiento de las condiciones técnicas necesarias que se considera que deben cumplir las unidades móviles del SMTS y del SMMS para la compartición de transpondedores de satélite con el SMAS (R). En el Anexo III figuran unas consideraciones preliminares sobre condiciones técnicas para la compartición del transpondedor.

b) Partición variable

Los problemas técnicos que surgen con la partición variable revisten mayor importancia que los inherentes a la partición fija. En particular, el sistema móvil por satélite, incluidas las unidades móviles del SMTS y del SMMS, debe reunir las condiciones técnicas necesarias para garantizar el ajuste de la partición en tiempo real de tal forma que se proporcione el espectro necesario para el SMAS (R).

4.1.2.4 El caso de la compartición total de cualquier frecuencia en la banda compartida es el más complejo, debido a que el funcionamiento de las otras unidades móviles repartidas entre los canales del SMAS (R) constituye el mayor potencial de interferencia con las comunicaciones de este servicio. En el punto 4.2.5 se examina el tema del acceso prioritario.

4.1.3 Servicio móvil terrestre por satélite (SMTS)

4.1.3.1 La amplia gama de aplicaciones móviles terrestres requiere cierta protección de otros servicios compartidos con el fin de garantizar la calidad y la fiabilidad de las comunicaciones.

4.1.3.2 Posibilidades de compartición

a) Partición fija

El sistema móvil por satélite compartido debería operar a través de un transpondedor que opere en un modo lineal para minimizar los efectos de las pequeñas supresiones de señales y evitar que los productos de intermodulación aparezcan en otras bandas de frecuencia.

Debería establecerse un conjunto de condiciones técnicas mínimas para limitar la interferencia intrasistema, que pueda mantenerse dentro de límites aceptables.

b) Partición variable

La complejidad de la partición variable se hace aún mayor por la necesidad de interconectar, cuando procede, centros de control individuales con protocolos adecuados encargados de definir la prioridad para la atribución de anchura de banda. En este caso, los terminales móviles tienen que incluir características técnicas que garanticen el ajuste de la partición bajo el control de los centros de control.

La utilización totalmente compartida de la anchura de banda disponible implicaría una complejidad adicional en el protocolo que define la atribución de frecuencias para los diferentes servicios que comparten la misma anchura de banda.

4.1.4 Servicio móvil marítimo por satélite

Debe desarrollarse.

4.2 Consideraciones detalladas

4.2.1 Introducción

El diseño de sistemas móviles por satélite capaces de satisfacer las diversas necesidades de los usuarios de los servicios móviles por satélite presenta algunas dificultades. A este respecto deben satisfacerse las exigencias más estrictas de cada uno de los servicios. A continuación se relacionan las consideraciones de diseño más importantes referentes a los sistemas móviles por satélite. Estas consideraciones forman parte de la elaboración de un proyecto de Recomendación (véase el Anexo V).

4.2.2 Técnicas de acceso

Los diferentes requisitos de servicio pueden dictar la necesidad de esquemas de acceso múltiple separados. Los trabajos iniciales han indicado que el acceso múltiple por división de frecuencia o división de código pueden, por lo general, ser los esquemas más apropiados para el servicio móvil terrestre por satélite, al menos para los enlaces de retorno. Los grandes grupos de usuarios con requisitos de datos de pequeños ciclos de trabajo pueden dictar la necesidad de disponer de esquemas de acceso diferentes para voz y datos con el fin de mejorar la eficacia del espectro y la del sistema.

4.2.3 Asignación de canal

El acceso múltiple con asignación por demanda a los canales contribuye a una utilización eficaz del espectro. Para satisfacer las necesidades de muchos usuarios serán suficientes velocidades de datos reducidas y canales de anchura de banda limitada. Una separación estrecha entre canales aumentará el número de los disponibles en la banda atribuida. Un sistema de referencia común para controlar las frecuencias de recepción y transmisión de los móviles puede minimizar la anchura de las bandas de guarda entre los canales y puede servir como referencia para estimación del desplazamiento por efecto Doppler debido a la elevada velocidad del vehículo. Deben considerarse incrementos de la sintonía de 500 Hz o múltiples enteros de dicha cantidad.

En un entorno limitado en potencia, el control de una red del servicio móvil de dos o más satélites podría hacerse mediante un centro de control de red común a fin de mejorar la utilización del espectro, cuya eficacia, de no ser así, se vería afectada por problemas de interferencia debidos a la pequeña discriminación de un gran número de unidades móviles.

4.2.4 Disponibilidad/fiabilidad

La atención de la demanda más exigente en cuanto a disponibilidad del servicio es la que determina el nivel de fiabilidad que debe alcanzarse. No obstante, también deberían tenerse en cuenta los requisitos menos rigurosos

de otras aplicaciones, con el fin de no penalizar con costos excesivos la factibilidad del sistema por satélite global. Las comunicaciones relativas a la seguridad de vuelo exigen el más alto grado de disponibilidad del sistema de comunicaciones por satélite [véase el Informe 1173]. Para obtener un elevado nivel de disponibilidad pueden utilizarse métodos tales como redundancia, detección de la carga y su conmutación o reencaminamiento y desconexión de carga.

Para los satélites individuales, la disponibilidad se especifica normalmente en términos de la probabilidad de que una determinada parte de la capacidad del satélite se encuentra disponible al final de su vida útil. Un objetivo habitual es el de que al menos haya una probabilidad del 75% de que el 85% o más de la capacidad nominal se encuentre disponible al final de dicho periodo de vida útil. Para la restauración del servicio en caso de avería que no pueda solucionarse mediante la conmutación de las unidades redundantes o por la redistribución del tráfico a las partes del vehículo espacial no afectadas por dicha avería, se utiliza la capacidad de reserva de otros satélites. La experiencia ha demostrado que es muy raro que se produzcan averías absolutas, siendo la disponibilidad global del segmento espacial comercial superior al 0,9999. Aún no se han cuantificado los requisitos específicos de fiabilidad para los futuros sistemas.

Véase también el Informe 918.

4.2.5 Acceso prioritario

En el artículo 51 del Reglamento de Radiocomunicaciones se definen las prioridades para las comunicaciones del servicio móvil aeronáutico por satélite y en el artículo 61, las prioridades para las comunicaciones del servicio móvil marítimo por satélite. El Reglamento de Radiocomunicaciones no establece de manera específica un orden de prioridad de las comunicaciones para los servicios móviles terrestres por satélite, si bien deben atenderse con prioridad las comunicaciones de socorro, urgencia y seguridad. El tema de prioridades entre servicios debe ser tratado por una futura CAMR competente.

En las bandas compartidas, el servicio móvil aeronáutico por satélite (R) necesita acceso prioritario para las comunicaciones del servicio móvil por satélite, teniendo en cuenta otras comunicaciones relativas a la seguridad en este servicio móvil por satélite.

Para cumplir este requisito se precisa un mecanismo que establezca un acceso prioritario y preferente en el servicio móvil por satélite. Dicho tipo de acceso puede activarse mediante un solo centro de control si los móviles responden de manera inmediata a las señales de control emitidas desde este centro.

Cuando se utilicen por separado uno o más centros de control para las comunicaciones terrestres, aeronáuticas y marítimas, debe establecerse un protocolo de prioridades bien definido.

4.2.6 Capacidad del sistema

Debe desarrollarse.

4.2.7 Interfuncionamiento entre los sistemas móviles por satélite

Algunos terminales móviles se desplazan de manera habitual a través de zonas servidas por más de un sistema móvil por satélite. La aviación es una de las aplicaciones que exige disponibilidad inmediata del servicio, utilizando una sola estación terrena de aeronave, que atiende a todas las zonas servidas por los sistemas. El interfuncionamiento entre los sistemas móviles por satélite para la aviación viene asegurado por el cumplimiento de las normas elaboradas por el grupo SARPS de la OACI. (Standard and Recommended Practices, Prácticas normalizadas y recomendadas.)

Cuando se superponen las huellas de los haces de sistemas de satélite independientes, es preciso realizar una coordinación de frecuencias siempre que se utilicen bandas de frecuencias comunes.

En los sistemas donde las comunicaciones pueden programarse, el proceso de coordinación entre redes podría facilitarse si estos horarios de utilizaran como un instrumento para reducir la interferencia potencial entre las redes.

4.2.8 Interfuncionamiento con los sistemas terrenales

Debe desarrollarse.

4.2.9 Flexibilidad necesaria para acomodar diversas utilizaciones

Un sistema móvil por satélite puede prestar servicio en un momento dado a diferentes terminales móviles con diversas exigencias en cuanto a anchura de canal, potencia de señal, prioridades e interfaces de red. La combinación de las características de usuario cambiará de forma continua.

Las características del transpondedor del satélite y los medios de control del centro de explotación de la red deben permitir la asignación de la anchura de banda y potencia adecuadas a cada terminal móvil, de acuerdo con sus propias necesidades.

4.2.10 Necesidades del transpondedor de satélite

En un entorno de transpondedor compartido, los requisitos de flexibilidad pueden cumplirse de manera más adecuada con transpondedores de satélite a los que se ha atribuido la totalidad de la anchura de banda y tienen la suficiente linealidad para acomodar el gran número y la elevada diversidad de señales independientes de usuario sin producir excesiva interferencia por intermodulación. Podría necesitarse una gama de ganancias del transpondedor para acomodar la diversidad de usuarios móviles y los efectos de la interferencia entre redes. El control de la potencia del enlace ascendente en las unidades móviles también ayudaría a mejorar el comportamiento de los servicios en condiciones de transpondedor compartido. Esto sería esencial para cualquier compartición con el servicio de seguridad aeronáutica.

4.2.11 Consideraciones del enlace de conexión

Debe desarrollarse.

(Se necesita información para completar esta sección con el fin de identificar las ventajas y desventajas de la compartición de frecuencias, incluidas consideraciones de fiabilidad.)

4.2.12 Control del sistema

Los sistemas que comparten potencia y anchura de banda entre usuarios de los servicios aeronáutico, terrestre y marítimo, deben poseer la capacidad de establecer preferencia inmediata de anchura de banda y potencia en casos de alta prioridad. Para la asignación prioritaria de la capacidad del satélite, es esencial contar con un solo centro de control de todos los terminales móviles en la parte compartida del sistema. Dicho control debe realizarse mediante un centro de explotación de la red. El sistema debe tener además un centro de reserva físico en otro emplazamiento geográfico con acceso inmediato a todos los terminales que funcionan en la parte de la capacidad compartida a efectos de reasignar los canales de comunicaciones o, si es preciso, desconectar a usuarios de menor prioridad cuando se necesite la capacidad del satélite para utilizaciones de alta prioridad.

Este centro también tiene que tener la capacidad de controlar a distancia los terminales móviles averiados que podrían estar causando interferencia excesiva en el sistema.

4.2.13 Consideraciones sobre el terminal de usuario

Una característica útil que debe poseer el terminal es la de disponer de un canal de señalización incorporado de tal forma que reciba la señalización en todo instante.

4.2.14 Consideraciones sobre la estación terrena

Debe desarrollarse.

4.2.15 Necesidad de reutilización de la órbita y de satélites multihaz

Debe desarrollarse.

4.2.16 Efectos de la preferencia de los usuarios con prioridad

Se necesitan más estudios para determinar las consecuencias de los canales preferentes con menor prioridad, teniendo también en cuenta la posible utilización de sistemas de colas de espera para las prioridades más bajas.

4.3 Consideraciones económicas

4.3.1 El equipo de la aeronave ha sido diseñado para cumplir normas muy estrictas de calidad, integridad y fiabilidad, así como para funcionar en condiciones ambientales extremas, lo que implica unos costes unitarios relativamente elevados. En un sistema compartido, todos los terminales móviles deben cumplir todos los requisitos necesarios para asegurar que un servicio no degradará a otro.

4.3.2 Algunas normas y especificaciones que deben cumplir las estaciones terrenas de los servicios móvil marítimo y móvil terrestre no son tan exigentes como las referentes a las estaciones terrenas de aeronave. Por consiguiente, no está prevista la utilización común de equipos o de subconjuntos principales de los equipos por las estaciones terrenas móviles de los servicios aeronáuticos y no aeronáuticos, puesto que supondría una innecesaria elevación de los costes de las unidades de estos últimos servicios. Como consecuencia de ello, no es probable que la fabricación de estaciones terrenas móviles para el SMTS y el SMMS contribuya de manera sustancial a disminuir los costes de fabricación de las estaciones terrenas de aeronave sobre la base de economías de escala.

4.3.3 Los sistemas espaciales múltiples que prestan servicio en la misma zona geográfica o en zonas geográficas adyacentes pueden plantear problemas de coordinación de frecuencias. Probablemente la compartición del espectro agravará estos problemas y limitará la posibilidad de coordinación de estos servicios.

4.3.4 Cuando las necesidades combinadas de espectro de los servicios con compartición de espectro superan el espectro disponible, se presenta un problema. La atribución dinámica o permanente de espectro adicional a un servicio a expensas de otro puede presentar dificultades debido a las considerables inversiones financieras realizadas por el servicio perjudicado. Por consiguiente, puede ser necesario prever espectro adicional para todos los servicios móviles por satélite a fin de satisfacer las necesidades del futuro servicio móvil por satélite y en consecuencia deben establecerse disposiciones a largo plazo.

4.4 Métodos para utilizar eficazmente las bandas de frecuencias atribuidas a los servicios móviles por satélite

4.4.1 Deberían considerarse varios principios a fin de obtener una utilización eficaz de los recursos de espectro y órbita por parte de los servicios móviles por satélite. Debería considerarse la aplicación de los principios discutidos a continuación a los nuevos sistemas y, con el tiempo, a los sistemas existentes a medida que vayan reemplazándose (o renovándose) los satélites y las estaciones móviles terrenas, y a medida que se desarrollen nuevas capacidades y equipos:

- separación óptima entre canales en el entorno de compartición de frecuencias;
- reutilización de frecuencias por zona de servicio o separaciones angulares de satélite;
- métodos de modulación y codificación resistentes a la interferencia y que minimizan la anchura de banda consumida;
- asignación dinámica de canales para varios requisitos a partir de recursos de sistema comunes.

4.4.2 La separación mínima posible entre canales utilizada en el mismo haz de un satélite depende de factores tales como el error en la compensación Doppler, las inestabilidades de frecuencia y los incrementos de sintonización de los sintetizadores de frecuencia de las estaciones terrenas. El funcionamiento con esta separación mínima de canales puede ser menos eficaz que la utilización de separaciones ligeramente mayores en muchas circunstancias en las que la reutilización de frecuencia cocanal es imposible. En los sistemas que utilizan antenas de haces múltiples, el entrelazado de los canales asignados (es decir el desplazamiento en frecuencias) en diferentes haces podría aumentar el nivel de reutilización de frecuencia. Sin embargo, para algunos tipos de portadoras, la separación de canales puede tener que ser mayor que el valor mínimo con el fin de lograr una discriminación adecuada. De modo similar, el entrelazado de los canales utilizados en dos o más sistemas podría reducir la anchura de banda total necesitada por esos sistemas, comparada con la utilización de canales no superpuestos. Véase el Informe 1182.

4.4.3 Como se expresa en el Informe 1182, la separación geográfica de las zonas de servicio y la separación espacial de los satélites puede facilitar la compartición de frecuencias. Cuando se saca ventaja de estos principios mediante los diseños de las antenas de satélite y las antenas de las estaciones móviles

terrenas, el espectro que requieren los sistemas puede reducirse sustancialmente. El Informe 1182, también trata del principio de aumentar la eficacia de utilización del espectro al reutilizar frecuencias dentro del mismo sistema. Esto puede lograrse con satélites de haces múltiples, que también mejoran la compartición con otros sistemas, obteniéndose así mejoras en la eficacia de utilización del espectro.

4.4.4 Al distinguir de manera permanente e inflexible la anchura de banda que pueden utilizar algunos servicios móviles por satélite y otros no, puede reducir de manera significativa la eficacia de utilización del espectro. Esto es cierto incluso cuando los servicios que de otra manera estarían segregados requieren diferentes grados de servicio [Lunayach, 1982]. En el § 4.1.2.3 del presente Informe se cita un método para evitar esta ineficacia. De todas maneras, es esencial que los sistemas que incluyen recursos comunes se diseñen cuidadosamente para que cumplan todos los requisitos de funcionamiento.

5. Consideraciones sobre la explotación del sistema

5.1 Zonas de cobertura del servicio

Debe desarrollarse.

6. Conclusiones

6.1 Generalmente se acepta la idea de que alguna forma de compartición de los recursos del sistema de satélite por los servicios móviles por satélite podría implicar un ahorro global en los costes de implantación.

6.2 Considerando los casos de compartición indicados en el punto 3, es evidente que la complejidad del sistema aumenta a medida que lo hace el nivel de compartición, pero cualquier coste adicional de implantación consecuencia de esta complejidad, queda compensado por la eficacia global conseguida en la explotación. Sin embargo, también es evidente que algunas de las opciones de compartición del espectro exigirían un considerable trabajo de planificación, coordinación y validación para asegurar que se cumplen las elevadas exigencias en cuanto a fiabilidad, integridad y prioridad requeridas por el SMAS (R).

6.3 Se ha considerado que la compartición por los sistemas móviles por satélite podría hacer uso, al menos inicialmente, de una partición fija del espectro, lo que daría tiempo suficiente para seguir investigando, definir y validar las condiciones técnicas y de explotación bajo las cuales podría establecerse una compartición del espectro por partición variable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LUNAYACH, R.S. [Noviembre, 1982] - Analysis of a mobile radio communications system with two types of customers and priorities, Transactions on Communications, Volumen COM-30, N° 11, IEEE.

ANEXO I

Visión global de los sistemas INMARSAT

	NOMBRE DE SISTEMA INMARSAT						
	NORMA A	NORMA B	NORMA C	NORMA M		AERONAUTICO TELEFONICO DATOS	
SERVICIO	MM (LM)	MM (LM)	MM, LM	MM	LM	AM	AM
GANANCIA TIPICA DE ANTENA	20 dBi	20 dBi	1 dBi	14 dBi	12 dBi	12 dBi	0 dBi
EJEMPLO TIPICO DE ANTENA	PARAB.	PARAB.	HELIC.CUADR.	CORTA,RAD.REGR.	FORM.LIN.	FORM.EN FASE	HELIC.CUADR.
TAMAÑO TIPICO DE ANTENA	1 M DIAM.	1 m DIAM.	5 cm DIAM.	40 cm DIAM.	60x9 cm	50x50 cm	10x10 cm
FACTOR DE CALIDAD: (G/T)	-4 dB/K	-4 dB/K	-23 dB/K	-10 dB/K	-12 dB/K	-13 dB/K	-26 dB/K
P.I.R.E.	36 dBW	33 dBW	13 dBW	24 dBW	22 dBW	26 dBW	14 dBW
VELOCIDAD DE SEÑALIZACION, MOD. DE EMT	1200, MDPB	6000, MDPB	1200,MDPB	6000, MDPB	6000,MDPB	600,MDPBA	600,MDPBA
FEC, VELOCIDAD	NA	CONV, 1/2	CONV, 1/2	CONV, 1/2	CONV, 1/2	CONV, 1/2	CONV, 1/2
VELOCIDAD DE SEÑALIZACION, MOD. DE EMT	4800, MDPB	24000, MDPCD	1200 MDPB	3000, MDPB	3000,MDPB	600,MDPBA	600,MDPBA
FEC, VELOCIDAD	NA	CONV, 3/4	CONV, 1/2	CONV 1/2	CONV, 1/2	CONV, 1/2	CONV, 1/2
CODIFICACION DE LA VOZ	2:1 COMP	16 kb/s, CPA	NA	TBD (alrededor de 5 kb/s	9,6 kb/s RELP	NA	NA
VELOC. DE DATOS DE USUARIO	(4800 b/s)	9,6 kb/s	600 b/s	2400 b/s	2400 b/s	9,6 kb/s	300 b/s
VELOC. CANAL COM., MOD.	FM,12 kHz DEV	24 kb/s,MDPCD	1200 b/s,MDPB	8 kb/s,MDPCD	8kb/s,MDPCD	21 kb/s MDP4A	600,MDPBA
TIEMPO DE ENTRELAZADO	NA	NA	8,64 s	NA	NA	40 ms	0,67 s
C/N TIPICO	52 dBHz	49 dBHz	37 dBHz	43 dBHz	41 dBHz	48 dBHz	36 dBHz
SEPARACION ENTRE CANALES	50 kHz	20 kHz	5 kHz	10 kHz	10 kHz	17,5 kHz	2,5 kHz
COMIENZO DE OPERACIONES	1976	1992	1990	1992	1992	1990	1990

AM: Móvil aeronáutico.

LM: Móvil terrestre.

MM: Móvil marítimo.

ANEXO II

Sistemas móviles por satélite nacionales propuestos en América del Norte1. Introducción

Canadá y Estados Unidos de América han reconocido hace tiempo la necesidad de disponer de servicios de comunicaciones móviles fiables para todas las zonas del continente y para diversas aplicaciones. La creciente demanda de los servicios de comunicaciones de voz y datos para terminales móviles y transportables, unida a la tendencia en la reducción de los costes de las tecnologías de comunicaciones por satélite, constituyen una sólida base para el desarrollo de un sistema operacional.

El conjunto de usuarios potenciales de un sistema de comunicaciones múltiple del servicio móvil por satélite, junto con la zona limitada que debe cubrirse (muy inferior a la cobertura global), permiten obtener una economía en el coste del servicio y una mejora en la capacidad funcional puesto que el sistema se estructura mediante antenas de satélite de elevada ganancia y antenas de usuario de baja ganancia.

Por consiguiente, Canadá y Estados Unidos de América han tomado la iniciativa de desarrollar sistemas del servicio móvil por satélite compatibles, a fin de dar servicio a los usuarios aeronáuticos, terrestres y marítimos, es decir, sistema de servicios combinado. El desarrollo de estos sistemas se está llevando a cabo por las firmas Telesat Mobile Incorporated (TMI) y American Mobile Satellite Consortium, Inc. (AMSC) de Canadá y Estados Unidos de América, respectivamente.

Las primeras realizaciones deberán atenerse a la demanda inicial esperada para los servicios móviles. La capacidad crecerá a medida que lo haga la demanda, en primer lugar colocando más satélites en órbita y posteriormente, con la próxima generación de satélites, que disponen de más haces para una mayor reutilización de la frecuencia y mayor potencia. Los sistemas tendrán una compatibilidad ascendente de tal forma que no sea necesario efectuar ningún cambio en los equipos de usuario cuando los nuevos satélites sean operativos.

La CAMR ORB-87 procedió a una reatribución de la banda 1,5/1,6 GHz para acomodar el servicio móvil terrestre por satélite además de los servicios móvil marítimo por satélite y móvil aeronáutico por satélite. La configuración de los sistemas básicos en América del Norte presentada a continuación presupone que se puede coordinar la cantidad de espectro suficiente en la banda 1,5/1,6 GHz en esta región, para establecer sistemas comercialmente viables en Canadá y Estados Unidos de América.

Canadá tiene la intención de adquirir un satélite para su explotación en 106,5°O de longitud y la AMSC pretende inicialmente comprar un satélite para explotación cerca de la posición 100°O y posteriormente añadir dos satélites en las longitudes aproximadas de 60°O y 130°O.

Las especificaciones de los segmentos espaciales para el Canadian Mobile Satellite System (MSAT) y el sistema de AMSC que se describen a continuación aún no han sido finalizadas y pueden estar sujetas a modificaciones.

2. Necesidades de usuario y capacidades del servicio por satélite

Hay una gran necesidad de mejorar e incrementar las capacidades de comunicación del servicio móvil terrestre por satélite. En Canadá y Estados Unidos de América se precisan comunicaciones móviles para cubrir los vacíos, a veces muy importantes, que dejan los servicios suministrados por los sistemas móviles terrenales. Esas necesidades comprenden el Norte de Canadá y las zonas de población dispersa asentada en el exterior de una franja de 200 a 300 km de anchura situada a lo largo de la frontera entre Canadá y Estados Unidos de América. Del mismo modo, muchas zonas de Estados Unidos no se encuentran dentro de la cobertura proporcionada por los sistemas móviles. En Canadá, por ejemplo, hay un contraste radical entre las comunicaciones fiables de voz, datos y video proporcionadas por los satélites ANIK a través de instalaciones fijas que enlazan el país y las comunicaciones radioeléctricas en la banda de ondas decamétricas cuya fiabilidad es escasa en condiciones de propagación adversas como las que suelen predominar en las partes central y septentrional de este país.

Es especialmente importante mejorar los servicios de comunicaciones móviles aeronáuticas en América del Norte y en las zonas marítimas adyacentes. Esta necesidad se refiere tanto a las comunicaciones de seguridad como al resto, y son similares a las definidas para el servicio móvil terrestre señaladas anteriormente. En especial, las mejoras en las comunicaciones de seguridad del servicio móvil aeronáutico pueden considerarse como realizaciones a corto y largo plazo. A corto plazo, el servicio por satélite puede mejorar de forma sustancial el servicio para todos los usuarios y aplicaciones en el espacio aéreo en los extensos territorios del interior del Canadá. En Estados Unidos de América, los servicios por satélite pueden cubrir el vacío de cobertura existente dejado por los actuales sistemas terrenales (por ejemplo, suministrando servicio a los helicópteros-ambulancia que se dirigen hacia los lugares donde se ha producido un accidente en carretera). A plazo más largo, como prevé el concepto del sistema establecido por el Comité especial del futuro sistema de la navegación aérea (FANS) de la OACI, se espera que las comunicaciones de seguridad del servicio móvil aeronáutico evolucionen hacia la utilización de los servicios por satélite para sustituir, más que para complementar, los dispositivos terrenales. Esta capacidad permitirá un ahorro sustancial en la actual infraestructura en tierra.

En los últimos años han llevado a cabo estudios de mercado Telesat, DOC, AMSC, NASA, Woods-Gordon, Telecom Canada, Bell Canada, Radio Common Carrier's Association y otras organizaciones, a fin de identificar qué tipos de servicios son necesarios y cuál es la dimensión del mercado en un sistema móvil por satélite que preste servicio a una zona de gran extensión. En la Figura 1 se indican algunas de las aplicaciones típicas deducidas de dichos estudios.

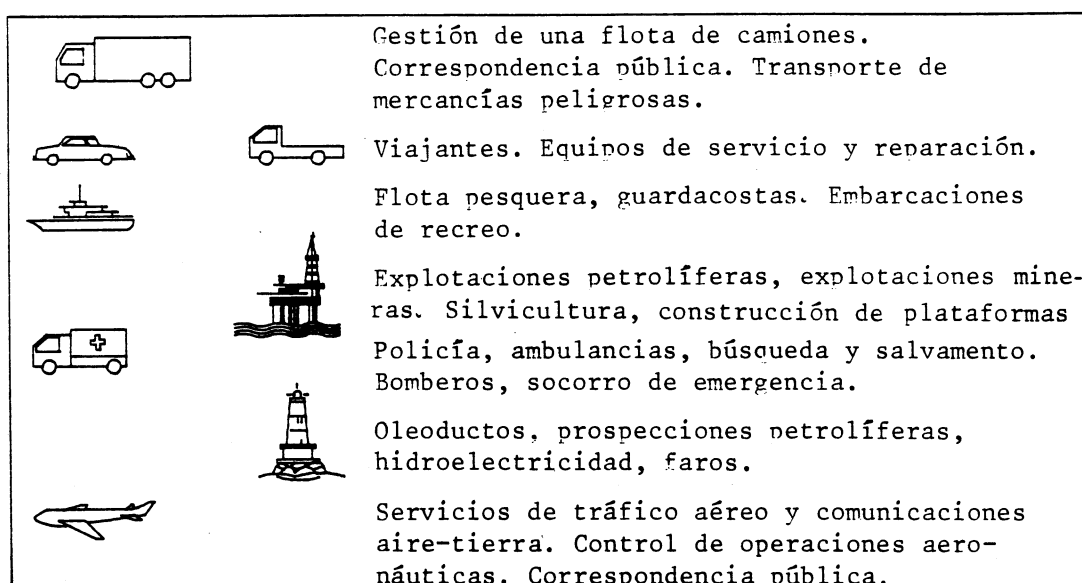
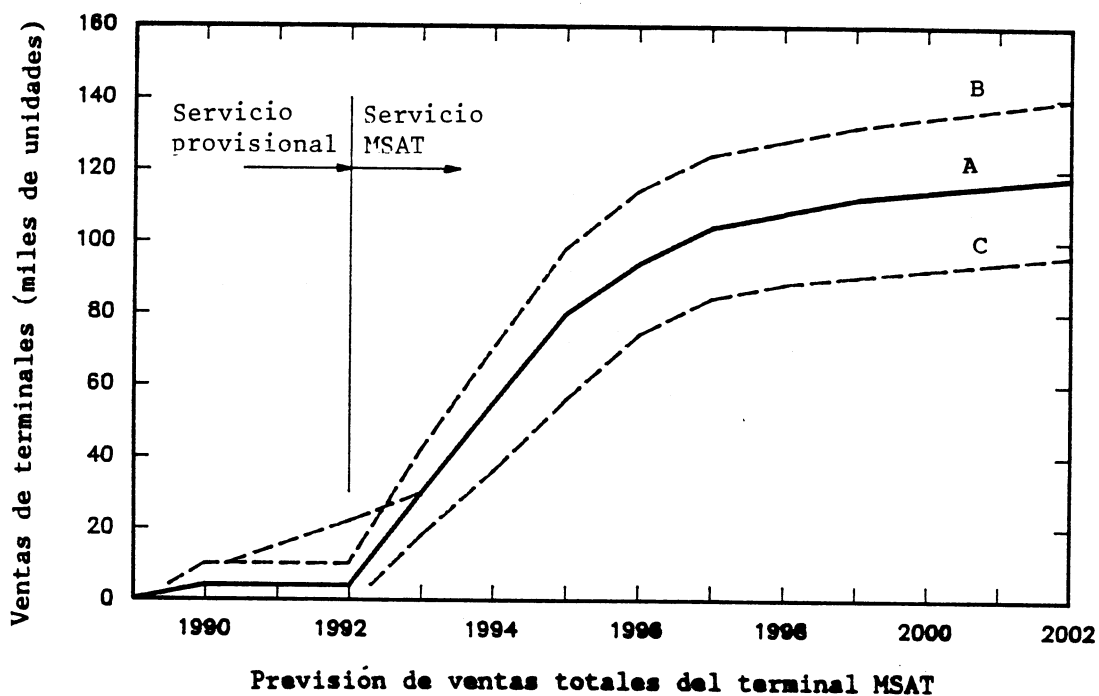
Dichas aplicaciones pueden satisfacerse mediante los siguientes servicios:

- 1) Servicio de Radiocomunicaciones Móviles (SRM) - que proporciona comunicaciones de voz entre un terminal móvil y una estación base o entre terminales móviles.
- 2) Servicio de Telefonía Móvil (STM) - servicio dúplex de comunicaciones de voz que proporciona acceso directo de los terminales móviles a la red telefónica pública con conmutación (RTPC) a través de estaciones de acceso en la banda de ondas centimétricas.

- 3) Servicio Móvil de Datos (SMD) - servicio que proporciona un trayecto de comunicaciones a fin de realizar la transferencia bidireccional de datos entre un terminal móvil y una estación central de datos. Los datos pueden ser cursados mediante conmutación de circuitos o de paquetes.
- 4) Servicio de Control y Adquisición de Datos (SCAD) - que proporciona los medios para la transferencia de la información obtenida en plataformas de toma de datos hacia estaciones de base y para la transmisión de mensajes de control en el sentido opuesto.
- 5) Servicio Aeronáutico - aunque este servicio lo puede proporcionar alguna de las categorías indicadas anteriormente, se considera lo suficientemente peculiar como para tratarlo por separado. Véase el Informe 1173 Entre las aplicaciones cabe citar:
 - Servicios de Tráfico Aéreo (STA) de conformidad con las especificaciones de la OACI,
 - Comunicaciones de Operaciones Aeronáuticas (COA), según las especificaciones de la OACI, y
 - Correspondencia Pública Aeronáutica (CPA) incluidas las Comunicaciones Administrativas Aeronáuticas (CAA).
- 6) Otros servicios, tales como el servicio de localización de la posición, la radiobúsqueda en zonas extensas y los servicios de comunicaciones transportables, se establecerán dependiendo de su demanda.

Existen varios factores que influyen en el desarrollo del mercado. En la Figura 2 se muestran las previsiones de crecimiento del mercado de Canadá en cuanto a ventas de terminales en el decenio de los 90. La previsión indica un rápido crecimiento del mercado durante un periodo que coincide con la vida de servicio de la primera generación del sistema MSAT. TMI y AMSC proporcionarán conjuntamente dos satélites, uno para utilización por parte de TMI y el otro para la explotación inicial por parte de AMSC. Cada satélite actuará como reserva del otro, en caso de avería completa de uno de ellos. Las fechas de lanzamiento de los satélites se ajustarán al ritmo de crecimiento del mercado. En ese caso, inicialmente la capacidad del primer satélite, cuyo titular puede ser Canadá o Estados Unidos de América, se compartiría por el otro socio. Pocos meses después se lanzó un segundo satélite perteneciente al otro socio, y ambos satélites cursarán el tráfico, proporcionándose entre sí protección mutua de reserva en órbita. En la medida en que aumenten las necesidades de Estados Unidos de América, AMSC prevé lanzar otros dos satélites para satisfacer el incremento de la demanda. Según vaya creciendo ésta, se implantará un sistema de segunda generación que permita una mayor reutilización de las frecuencias.

La anterior estrategia exige una absoluta compatibilidad entre los sistemas del servicio móvil por satélite de Canadá y Estados Unidos de América. Si bien la compatibilidad del servicio no quiere decir que deban utilizarse necesariamente vehículos espaciales idénticos, si se dispone inicialmente de dos satélites similares ello redundará evidentemente en ventajas de tipo económico, debido a la compartición de los costes no recurrentes del segmento espacial entre los dos organismos explotadores.

**FIGURA 1****Aplicaciones típicas****FIGURA 2****Previsión de ventas totales de terminales en Canadá**

Mensajes 68%
 Voz 29%
 Aeronáuticos 3%

A Estimación base
 B Límite superior
 C Límite inferior

2.1 Servicios con prioridad

Algunos servicios tales como los referentes a la seguridad de la vida humana y a la regularidad de los vuelos, en los servicios aeronáuticos, o al socorro y seguridad, en los servicios marítimos, exigen una mayor prioridad que otros servicios de comunicaciones. Como ejemplos pueden citarse los servicios de tráfico aéreo (STA) y el control operacional aeronáutico (COA). En el sistema debe disponerse de una capacidad específica para los Servicios Móviles Aeronáuticos por Satélite (R) que pueda utilizarse únicamente por los servicios de seguridad aeronáutica u otros servicios aeronáuticos que se ajusten a la estructura establecida por el Comité especial FANS de la OACI. Los sistemas AMSC y MSAT tendrán una "distribución dinámica variable". Es decir, la capacidad específica y la potencia reservada al SMAS (R) variará según las necesidades. Si se prevé que la cresta del tráfico de seguridad del SMAS (R) puede superar la capacidad asignada, debe disponerse de forma preferente y en tiempo real, de anchura de banda y de potencia adicionales. Se espera que la capacidad disponible en la primera generación y las generaciones siguientes del sistema sea capaz de absorber la carga de tráfico máxima del SMAS (R), de tal forma que los usuarios de menor prioridad no vean interrumpidas excesivamente sus comunicaciones.

3. Configuración del sistema

Los recursos del satélite (canales) se utilizan de manera más adecuada asignándolos por demanda. La capacidad de acceso por demanda se satisface mediante un sistema de acceso múltiple con asignación por demanda con prioridad (AMADP) que reside en el centro de control de la red (CCR). Numerosos terminales móviles pueden conectarse a otros terminales móviles, a estaciones base, a la RTPC o a las redes de datos (mediante una estación de acceso) proporcionando, consiguientemente, una red de comunicaciones flexible.

El CCR puede atribuir capacidad de circuito llamada por llamada para la voz y los datos por conmutación de circuitos. Puede atribuir un canal (o canales) para su utilización por los datos con conmutación de paquetes bajo control de la central de datos. Un terminal móvil habitualmente establece una llamada sobre un canal de señalización (canal de petición). El CCR utiliza un canal de señalización (canal de asignación o de control) para asignar a dicho terminal y a la estación terrena del enlace de conexión un canal de comunicaciones que se encuentre libre. Al finalizar la llamada, el terminal libera el canal de comunicación que pasa a estar libre para que el CCR le reasigne otra llamada. En el SMAS (R), la capacidad de frecuencia y potencia será atribuida a los elementos del sistema AMDP aeronáutico en distintas secciones, que serán utilizadas para los canales que cumplan las disposiciones del grupo SARPS de la OACI.

Los sistemas poseerán haces puntuales múltiples para aumentar la p.i.r.e. del satélite y permitir la reutilización de frecuencias, puesto que el espectro disponible es limitado.

Las comunicaciones dirigidas a los terminales móviles y procedentes de los mismos, harán uso de la banda 1,5/1,6 GHz, estando situados los enlaces ascendentes en la banda 1 626,5 - 1 660,5 MHz y los enlaces descendentes en la banda 1 530 - 1 559 MHz. La transmisión hacia y desde el centro de control de la red, los puntos de acceso y las estaciones base utilizarán enlaces ascendentes y descendentes en la banda de ondas centimétricas (en las proximidades de 13/11 GHz). Los trayectos de transmisión desde estas estaciones al satélite y desde el satélite a los terminales móviles se denominan enlaces de ida. Los trayectos de transmisión en sentido opuesto se denominan enlaces de retorno.

Los elementos principales del sistema son:

- 1) el segmento espacial, que comprende el satélite y el centro de control del satélite (CCS);
- 2) el segmento de tierra constituido por:
 - estaciones de acceso
 - estaciones base y estaciones centrales de datos
 - terminales móviles
- 3) el centro de control de red (CCR) que comprende:
 - el sistema de gestión de red (SGR)
 - el sistema de control del AMADP (SCA)
- 4) el sistema de control de AMADP aeronáutico;
- 5) un sistema de señalización para interconectar los elementos del sistema.

En la Figura 3 se representa la configuración del sistema.

4. Forma de proporcionar los servicios

Los operadores del sistema pueden constituirse como empresas de comunicación, siendo los propietarios y explotadores de los satélites y del CCR, que establece la prioridad en el acceso múltiple con asignación por demanda y en la adjudicación de la potencia del satélite y de los recursos del espectro, como se explica más adelante. Los usuarios finales pueden obtener servicio de los proveedores del servicio que pueden ser independientes desde el punto de vista institucional del explotador del sistema espacial.

Los sistemas por satélite tendrán una capacidad de distribución del espectro dinámica variable que permitirá flexibilidad en la asignación de espectro a los diferentes servicios. Esta capacidad posibilitará la asignación de espectro de manera exclusiva a los servicios de comunicaciones de seguridad aeronáutica. El CCR utilizado junto con un sistema AMADP aeronáutico (AV-AMADP) proporcionará prioridad y acceso preferente inmediato hasta la totalidad del espectro y potencia del sistema si en un instante determinado ello es necesario para los servicios de comunicaciones de seguridad aeronáutica.

El CCR actuará como el único punto central de conmutación y control para la asignación flexible del espectro y potencia disponibles en el vehículo espacial a la totalidad de usuarios. Como parte de sus funciones, el CCR asignará espectro y potencia a los servicios de comunicaciones de seguridad aeronáutica en respuesta a la solicitud procedente del AV-AMADP, que estará bajo el control de las autoridades aeronáuticas adecuadas.

Debe establecerse un método sistemático y evolutivo para la prestación de las comunicaciones de seguridad aeronáutica por satélite. El desarrollo y la aplicación de dicho método deben demostrar a la comunidad aeronáutica de manera irrefutable que la compartición del espectro no compromete ni la fiabilidad ni la integridad de las comunicaciones de seguridad aeronáutica. El sistema debe tener la suficiente capacidad de crecimiento como para satisfacer todas las necesidades futuras del SMAS (R).

Los servicios de tráfico aéreo (STA) que comprenden el control de tráfico aéreo y el control operacional aeronáutico (COA) son las únicas funciones de comunicaciones que conceden al SMAS (R) el derecho de prioridad y acceso preferente inmediato. Otras comunicaciones aeronáuticas, las Comunicaciones Administrativas Aeronáuticas y la Correspondencia Pública Aeronáutica, tienen la misma categoría que las comunicaciones no aeronáuticas similares. La capacidad de control de los CCR posibilitará el acceso prioritario para las comunicaciones de emergencia y seguridad no aeronáuticas.

Las comunicaciones distintas de los servicios de comunicación de seguridad aeronáutica se proporcionarán a los usuarios finales a través de una serie de disposiciones establecidas por el proveedor del servicio bajo el control de los CCR.

Un departamento gubernamental, una empresa pública o una gran compañía dedicada al transporte por carretera puede alquilar capacidad del satélite y crear su propia red de estaciones terrenas de enlaces de conexión para establecer directamente las llamadas y comunicaciones con sus vehículos. El funcionamiento de la red exigirá la conexión con los canales de control de los CCR para cumplir las exigencias de prioridad y acceso preferente de los servicios de comunicaciones de seguridad.

5. Requisitos de calidad del sistema

Para una utilización óptima del espectro, la mayoría de las comunicaciones deben establecerse utilizando un solo canal por portadora (SCPC) y acceso múltiple por distribución en frecuencia (AMDF) con una separación nominal entre canales de 5 kHz, inferior a la de 30 kHz adoptada para los sistemas celulares terrenales en la banda de 800 MHz. Estos 5 kHz de separación entre canales imponen una limitación a las posibles técnicas de codificación y modulación de la voz que pueden utilizarse en el MSAT. El método básico de modulación analógica de voz considerado es el de banda lateral única con compresión-expansión de amplitud (BLUCA) y la versión digital básica es la codificación de predicción lineal (LPC) a 4,8 kbit/s que utiliza modulación por codificación en rejilla (TCM) con MDP-8. Pueden utilizarse otras técnicas adecuadas de codificación y modulación tales como la LPC excitada por código (CELP) con modulación por desplazamiento mínimo diferencial (MDMD). En el Informe 1173 se examinan técnicas apropiadas para los usuarios aeronáuticos de conformidad con las especificaciones de la OACI.

La calidad de los canales de voz depende de la calidad intrínseca de los métodos de modulación utilizados, de las características de propagación de los enlaces, el ruido y la interferencia, de los límites prácticos de la potencia de RF del satélite por canal vocal así como del límite práctico de la relación G/T del terminal terreno que puede lograrse, en función de las dimensiones de la antena del vehículo. Los canales vocales del servicio de radiocomunicaciones móviles (SRM) se diseñan para funcionar con una relación portadora/densidad de ruido (C/No), sin desvanecimiento de 52,3 dB-Hz en la banda 1,5/1,6 GHz.

Para los usuarios de teléfonos móviles a los que debe proporcionarse una calidad subjetiva más elevada, la relación C/No debe ser de unos 55 dB-Hz. Para aplicaciones aeronáuticas y marítimas que no sufren efectos de sombra, los requisitos de C/No pueden reducirse aproximadamente en 3 dB.

En un terminal del SRM que utilice una antena móvil de 10 dBi de ganancia, estos requisitos de calidad del canal vocal suponen una p.i.r.e. del satélite de 32,3 dBW por canal vocal para BLUCA, como se indica en el cuadro I.

CUADRO I**Balances del enlace vocal BLUCA en 1.5/1.6 GHz y
en las bandas de ondas centimétricas**

PARAMETRO	UNIDAD	ENLACE DE IDA	ENLACE DE RETORNO
		Antena de 3,5 m en ondas centimétricas al móvil	Móvil a la antena de 3,5 m en ondas centimétricas
ENLACE ASCENDENTE			
Frecuencia	MHz	13 200	1 650
p.i.r.e. del enlace ascendente/ portadora activada por la voz	dBW	45,1	16,2
Pérdidas del trayecto	dB	206,8	188,7
G/T del satélite	dB/K	-3	2,8
Reducción de potencia de entrada (IPBO) total/Transp (potencia media)	dB	N/A	12
Relación necesaria entre la densidad de flujo y la portadora de voz	dBW/m²	-117,8	-146,7
Relación C/No térmico		63,9	58,9
Anchura de banda de ruido	kHz	3	3
Relación C/N térmico	dB	29,2	24,1
ENLACE DESCENDENTE			
Frecuencia	MHz	1 545	11 300
Relación necesaria entre la p.i.r.e. y la portadora activada por la voz	dBW	32,3	10,6
Reducción de potencia de salida (OPBO) total necesaria	dB	N/A	7
Pérdidas del trayecto	dB	188,1	205,4
Relación G/T en el terminal de recepción	dB/K	-17,5	25,9
Relación C/No térmico	dB-Hz	55,2	59,7
INTERFERENCIA (C/I)			
Intermodulación y dispersión de energía			
Enlace ascendente	dB	32	25
Enlace descendente	dB	22	25
Otras fuentes			
Enlace ascendente	dB	32	40
Enlace descendente	dB	40	29
Interferencia total	dB	21,2	21,1
Relación C/Io total	dB-Hz	55,9	55,9
Relación C/No + Io total sin desvanecimiento	dB-Hz	52,3	53,1

El sistema tendrá los siguientes modos de funcionamiento para comunicaciones de voz:

- 1) estación móvil del SRM a estación base en la banda de ondas centimétricas;
- 2) estación móvil del SRM a estación móvil en el mismo haz; y
- 3) estación móvil del SRM a estación móvil en un haz diferente.

Para los terminales del STM deben estar disponibles los mismos tipos de conexiones con la diferencia de que enlazarán con la estación de acceso en vez de con una estación base. Pueden definirse conexiones similares para las comunicaciones de datos con conmutación de circuitos, de mensajes y de paquetes.

En el modo normal de funcionamiento, las señales de los haces del enlace ascendente en la banda de 1,6 GHz convertirán sus frecuencias en el satélite para formar un haz de enlace descendente en ondas centimétricas.

De forma similar, a los canales del enlace ascendente en ondas centimétricas se les someterá a una conversión de frecuencia para establecer un enlace descendente en la banda de 1,5 GHz. Además, un segmento de estos canales de ondas centimétricas se interconectará para constituir un enlace directo en esta banda. Estos enlaces de ondas centimétricas se dedican fundamentalmente al intercambio de datos y señalización entre estaciones de acceso y para las comunicaciones del CCR. En la Figura 4 se ilustran los enlaces de conectividad de un sistema típico.

La capacidad de un sistema de la primera generación debe ser suficiente para dar servicio, durante el periodo de tráfico más intenso, al menos a 50.000 ó 60.000 usuarios vocales equivalentes. Suponiendo una activación por voz con un factor de actividad de 0,4 (es decir, un canal asignado transmitirá de forma activa únicamente durante el 40% del tiempo) y suponiendo además que el usuario medio genera un tráfico de 0,0106 erlang y el sistema está diseñado para un índice de congestión del 15%, 60.000 usuarios requieren estas condiciones de 570 a 580 canales para el tráfico de voz. Evidentemente, el tráfico no será homogéneo utilizándose diversos canales e índices de congestión.

Otro requisito necesario es la capacidad de afrontar un cierto grado de concentración de usuarios en algunas partes de Canadá y Estados Unidos, puesto que no es realista suponer una distribución uniforme a lo largo de todo el país. Es posible que no se conozca la distribución real hasta que haya transcurrido un cierto tiempo desde el inicio del servicio. Por consiguiente, el segmento espacial deberá tener la posibilidad de redistribuir la capacidad del sistema mediante el control desde tierra.

Con respecto a los requisitos de calidad de los canales vocales móviles terrestres, algunas pruebas llevadas a cabo han indicado que el valor de 52,3 dB-Hz puede degradarse hasta 45 dB-Hz antes de que el canal del SRM resulte inutilizable. Con el balance de ruido indicado, ello supone un margen en el enlace descendente de aproximadamente 10 dB. La degradación del nivel de la señal para terminales móviles que funcionan en la banda 1,5/1,6 GHz se debe principalmente a la propagación por trayectos múltiples y al bloqueo causado por obstáculos, por ejemplo árboles, no podrá disponerse de una caracterización

completa de dichas degradaciones hasta que haya transcurrido cierto tiempo desde el inicio del servicio. Por consiguiente, puede que el margen del enlace necesario para un determinado grado de servicio tenga que ser modificado después del lanzamiento del satélite para ajustarse a las características de bloqueo de una zona de servicio en particular. En consecuencia, el diseño del segmento espacial debe permitir el funcionamiento con grandes diferencias de nivel entre los canales activos.

6. Descripción del segmento espacial

El tamaño, la potencia y la configuración de los satélites MSAT/AMSC están determinados por los requisitos de calidad del sistema. Existen varias opciones de diseño y la decisión para la realización técnica debe dejarse en manos del adjudicatario final del vehículo espacial.

El vehículo espacial descrito en los párrafos siguientes constituye únicamente una de las configuraciones posibles; se ha elegido para que sirva como base de la capacidad del sistema. En este punto se realiza una breve descripción del diseño conceptual del satélite y se hace una estimación de la capacidad del sistema.

La cobertura de la zona de servicio de Canadá en la banda 1,5/1,6 GHz se efectúa mediante cuatro haces puntuales circulares con una ganancia en el borde de la zona de cobertura (EOC) de 33 dBi. El territorio continental de Estados Unidos (incluyendo Alaska) queda cubierto por una configuración de cinco haces. En la Figura 5 a) aparece la configuración de nueve haces resultante. Se deja abierta una opción para suministrar otros dos haces más que cubran el territorio de México si este país decide establecer un servicio conjunto con el satélite de Canadá o el de los Estados Unidos. Otras zonas a las que se puede proporcionar cobertura son las de Puerto Rico, Islas Vírgenes de Estados Unidos y Hawai.

Para la cobertura de la zona de servicio combinada de Canadá y Estados Unidos, basta un solo haz de transmisión/recepción en ondas centimétricas, con una ganancia EOC de 25 dBi (Figura 5 b)).

Para incluir una amplia gama de usuarios con distintas necesidades, y por consiguiente con diferentes modulaciones, niveles de potencia... etc., el satélite debe contar con transpondedores lineales de banda ancha, es decir, no debe realizarse una canalización en el satélite. Como muchas administraciones y organizaciones internacionales desean utilizar el mismo espectro en la banda 1,5/1,6 GHz, no pueden darse garantías de que el sistema disponga de partes contiguas del espectro para satisfacer las necesidades. Lo más probable es que una vez realizada la coordinación con los otros usuarios de la banda, queden disponibles segmentos discontinuos del espectro a lo largo de dicha banda. Por consiguiente, debe haber suficiente flexibilidad para que cualquier parte del espectro de la banda pueda conmutarse a cualquier haz, lo que permitirá una asignación de la capacidad del sistema entre los cuatro haces de Canadá y los cinco haces de Estados Unidos en múltiplos de una unidad básica del espectro mediante una red de conmutación controlable desde tierra, como indica la Figura 6, en la que también puede observarse el diagrama de bloques funcional de la carga útil.

Las características principales del segmento espacial figuran en el Cuadro II.

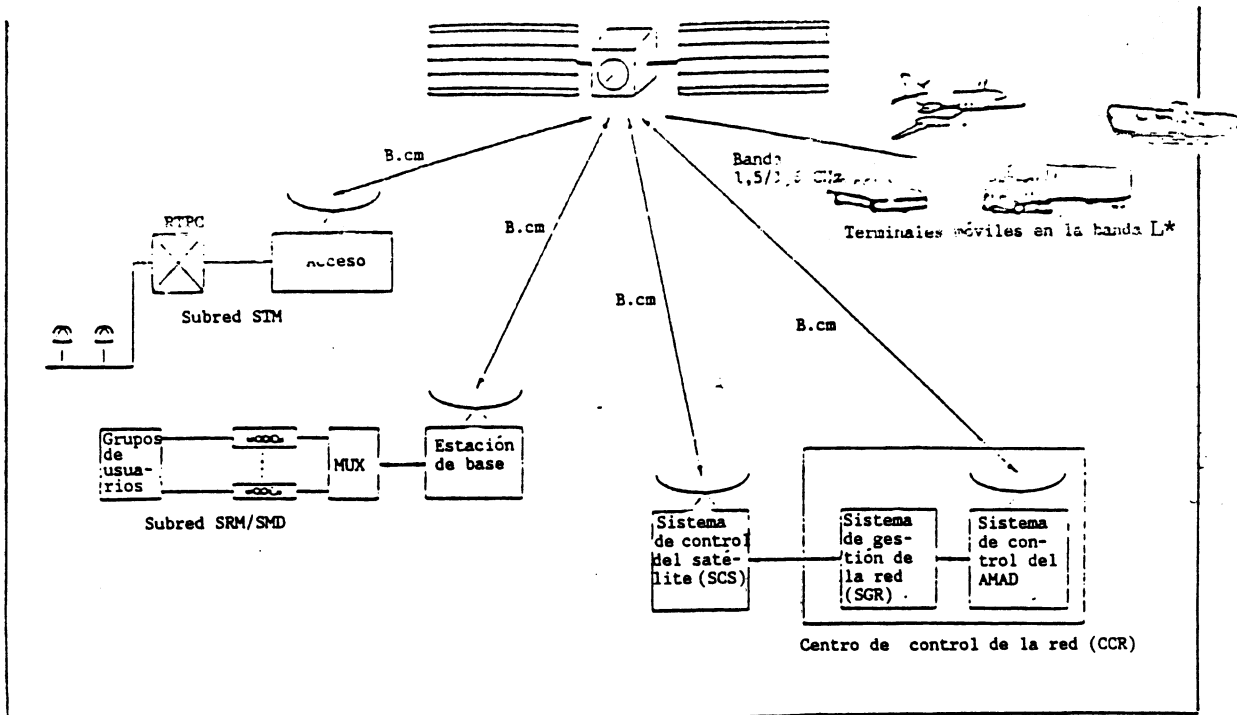


FIGURA 3

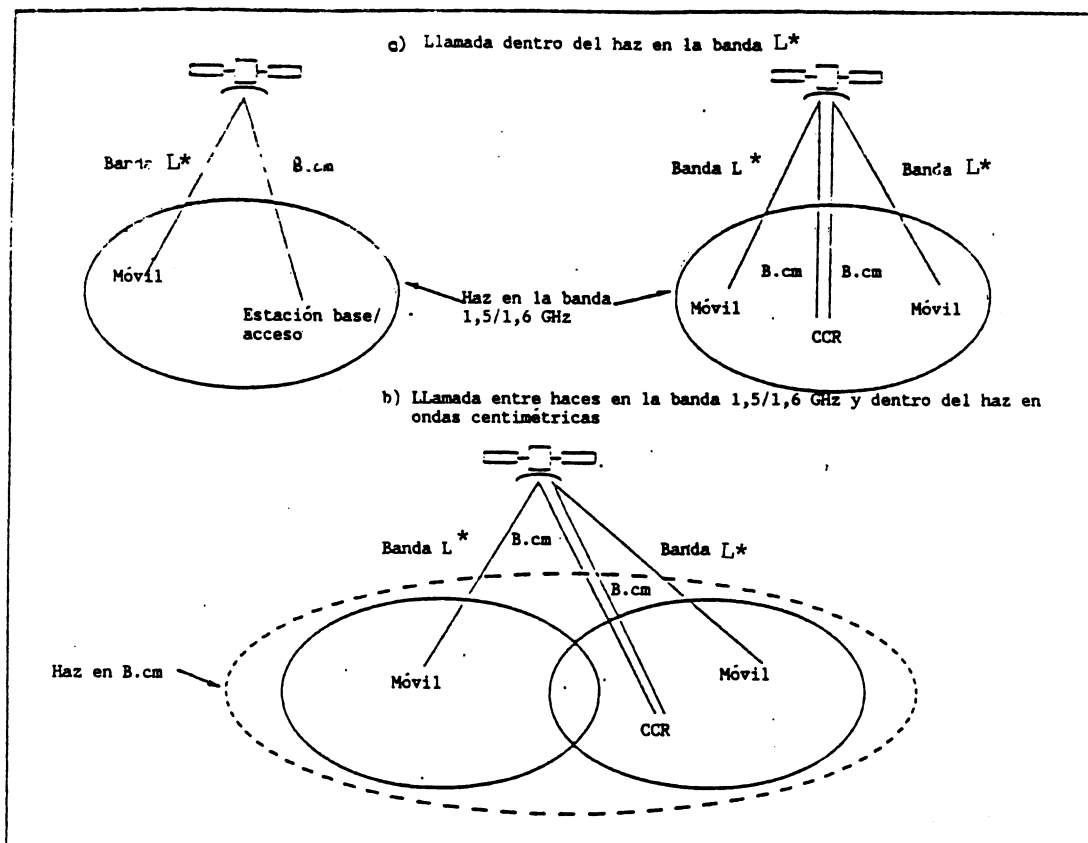
Configuración del sistema

FIGURA 4

Conectividades del enlace del sistema

* Banda 1,5/1,6 GHz.

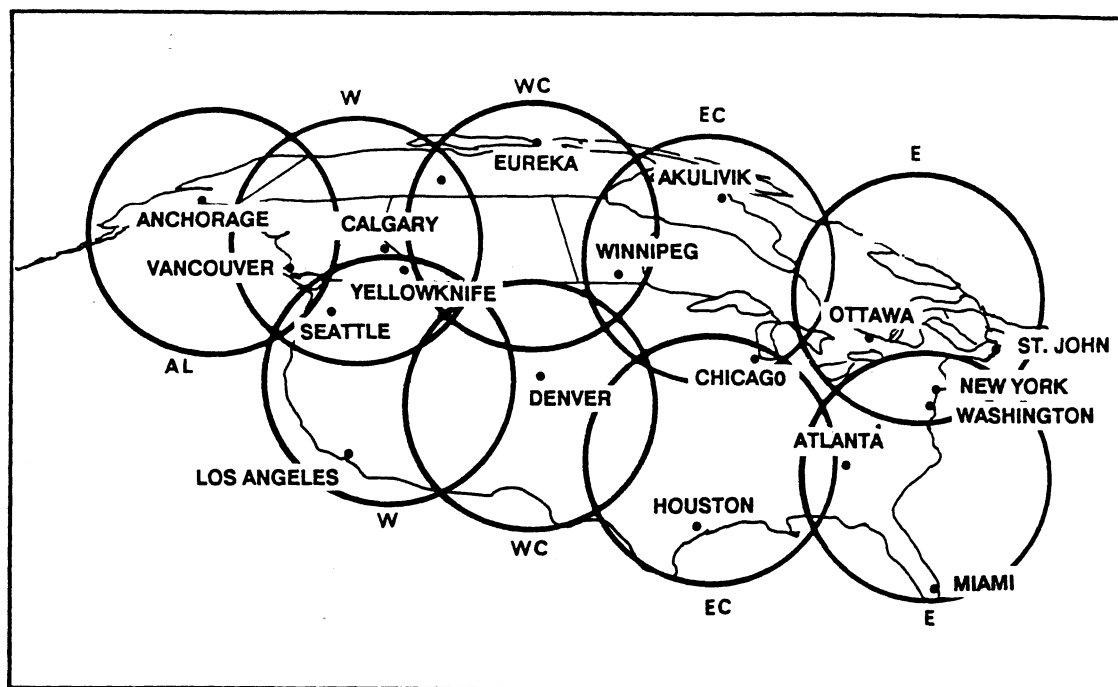


FIGURA 5a)

Cobertura mediante 9 haces en la banda 1.5/1.6 GHz

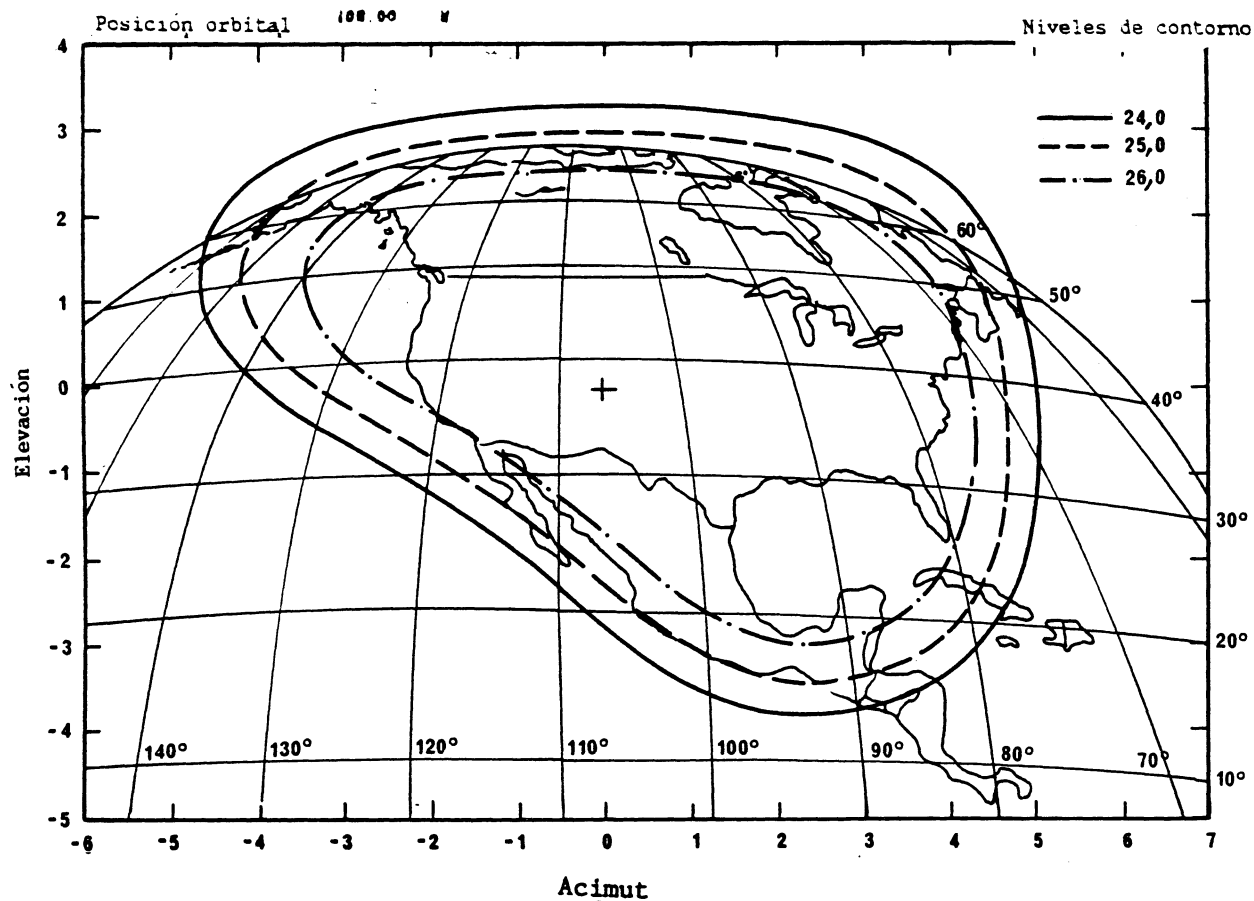
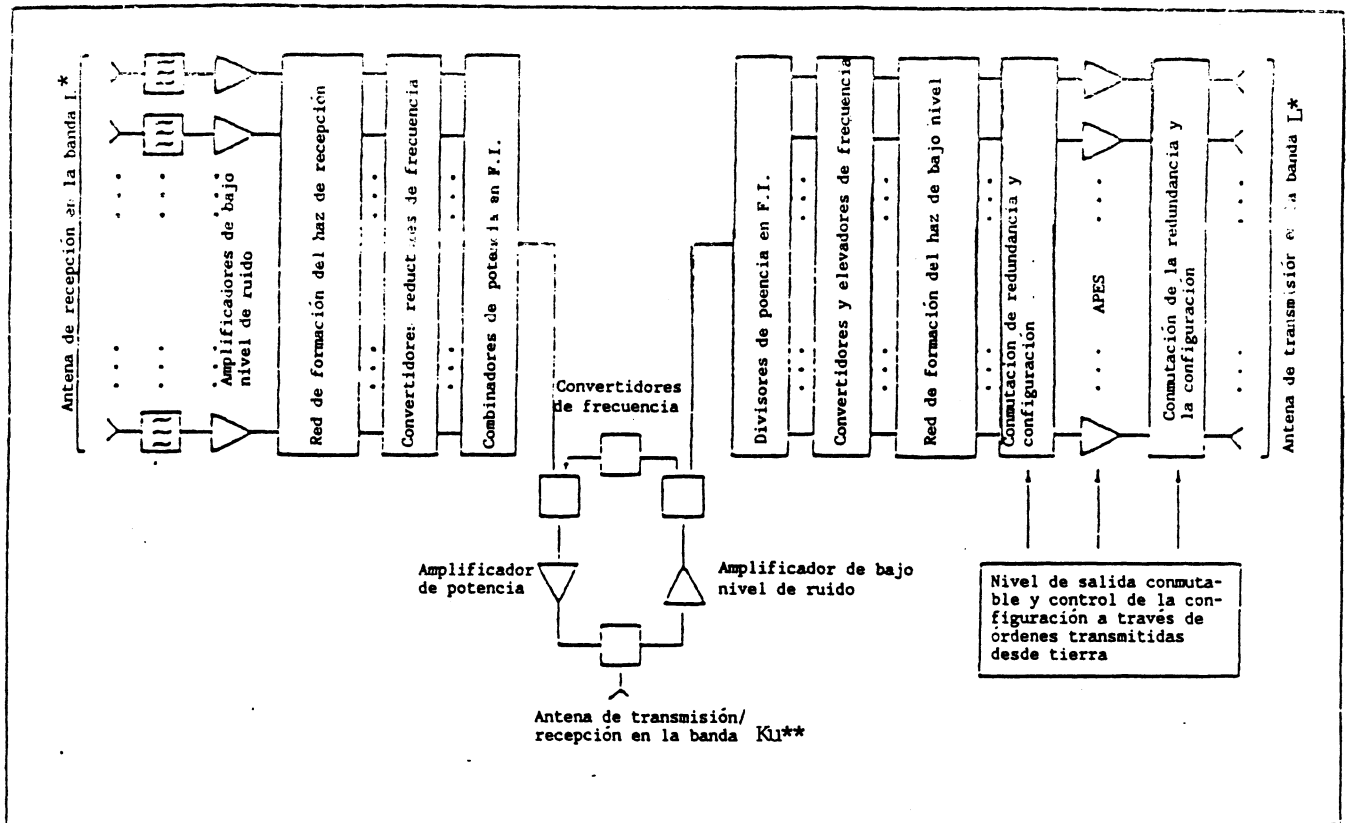


FIGURA 5b)

Diagrama de cobertura en ondas centimétricas



* Banda 1,5/1,6 GHz.

** Banda 11/14 GHz.

FIGURA 6

Diagrama de bloques funcional del transpondedor del satélite

CUADRO IICaracterísticas del segmento espacial

Ubicación orbital	Satélite de Canadá: 106,5° Oeste; Satélite de los Estados Unidos de América aproximadamente 60° Oeste, 100° Oeste, 130° Oeste
Clase de satélite	2.500 kg
Masa de la carga útil	350 kg
Potencia de la carga útil	2,5 kW
Bandas de frecuencias	Recepción: 1 626,5 - 1 660,5 MHz Transmisión: 1 530 - 1 559 MHz
Anchura de banda del transpondedor	29 MHz
Número de haces	4 de Canadá + 5 de Estados Unidos en la banda 1,5/1,6 GHz (+ 2 opcionales para México) 1 en ondas centimétricas para América del Norte
Polarización	Circular dextrógira en la banda 1,5/1,6 GHz lineal vertical en el receptor; lineal horizontal en el transmisor de ondas centimétricas
Tamaño de la antena	Dos reflectores de 4,9 m
G/T en el borde de la zona de cobertura	2,8 dB/K en 1,6 GHz -3 dB/K en ondas centimétricas
Protección contra eclipses	25% del tráfico de la hora cargada
Vida útil de servicio	10 años

La capacidad de canales del segmento espacial está limitada por el espectro y la potencia disponible en la carga útil. La mayor parte de la potencia de la carga útil se utilizará por los amplificadores de potencia de RF en 1,5 GHz. Suponiendo unas pérdidas a la salida de 2 dB, la p.i.r.e. de 32,3 dBW requerirá una potencia en RF de 1,35 W por canal activo, para una ganancia de antena EOC de 33 dBi. Sobre la base de estas cifras, el valor estimado de la capacidad de canales del sistema es de 860 canales telefónicos equivalentes asignables, aproximadamente.

Algunos emplazamientos en la zona de cobertura gozan de ángulos de elevación relativamente elevados y muy pocas, o ninguna, zonas de sombras. Para estas zonas de cobertura los requisitos de margen del enlace son menos exigentes y por consiguiente la p.i.r.e. de satélite necesaria por canal será inferior. Además, puede que en el futuro se desarrollen otros sistemas de modulación que exijan un valor de p.i.r.e. menor, lo que aumentaría la capacidad del satélite por encima de los 860 canales telefónicos equivalentes indicados anteriormente.

Se espera que las separaciones entre satélites sean las adecuadas para la radiodeterminación mediante mediciones de distancias desde los satélites. Como ejemplo de las posibilidades a este respecto, puede indicarse que General Electric (Briskin y otros, 1979) ha puesto a punto una técnica de medición de la distancia por codificación previa de tono que logra una exactitud en la determinación de los emplazamientos de 400 m aproximadamente en las latitudes de América del Norte con transmisiones digitales, en un cuarto de segundo con una velocidad de datos de 2,4 kbit/s. Puede obtenerse mayor precisión utilizando más anchura de banda o un tiempo de transmisión mayor para las latitudes de América del Norte.

7. Descripción del segmento terreno

Los principales componentes del segmento terreno son las estaciones de acceso, las estaciones de base, las estaciones de centro de datos y los terminales móviles.

7.1 Las estaciones de acceso en la zona con la RTPC para permitir el establecimiento de la comunicación entre usuarios y abonados de dicha red. El acceso admitirá transmisiones telefónicas y de datos. Para los servicios de datos en la RTPC, tales como Data-Route y Datapac, los puntos de acceso deben disponer de traductores de protocolo. Dichos puntos de acceso funcionarán en ondas centimétricas y estarán situados en los emplazamientos más adecuados de Canadá y Estados Unidos para asegurar la utilización óptima de las redes terrenales y de satélite.

7.2 Las estaciones de base se definen como centros de gestión o estaciones terrenas fijas privadas para su utilización por grupos de usuarios abonados al SRM o a otros servicios privados. Se supone que cada grupo de usuarios del SRM consta al menos de una estación de base y de cierto número de usuarios móviles. Se espera que hasta el 95% del tráfico del SRM se curse entre las estaciones de base y los terminales móviles.

La relación entre el número de usuarios móviles y de estaciones de base variará de forma sustancial entre las distintas agrupaciones de unidades móviles (el valor medio estimado de esta relación es de 250 a 1). Sin embargo, se supone que, por término medio, el tráfico total ofrecido al sistema procedente de todas las estaciones base es igual al procedente de todos los usuarios móviles, lo que afecta al número necesario de canales de señalización en la banda 1,5/1,6 GHz y en la banda de ondas centimétricas. La relación entre el tráfico de voz y de

datos procedente de las estaciones base y el que se origina en los terminales móviles es un parámetro crítico que tiene una influencia directa sobre la potencia necesaria a bordo del satélite.

Las estaciones base transmitirán hacia el satélite en la banda del enlace ascendente en ondas centimétricas y recibirán en la banda del enlace descendente en ondas centimétricas.

7.3 Terminales móviles

Los terminales radioeléctricos móviles están bajo control absoluto del CCR. Pueden funcionar en modo semidúplex o dúplex y tanto el transmisor como el receptor obedecerán a un diseño ágil de frecuencias. Los terminales funcionarán en la banda 1,5/1,6 GHz y dispondrán de un procesador del AMAD que les permitirá recibir y responder a las instrucciones procedentes del CCR cursadas a través de los canales de señalización. Para los terminales, una técnica de control muy conveniente consiste en tener el receptor del canal de señalización (RCS) separado del receptor del canal principal de comunicaciones, de tal forma que puedan recibir por el canal de señalización en todo instante (incluso cuando se esté transmitiendo), lo que supone ventajas tales como:

- la denegación de acceso a los terminales que no cumplan las especificaciones de calidad;
- una forma de controlar de manera continua a los terminales móviles: por ejemplo, para el establecimiento de preferencias o reasignación a canales abiertos;
- la obtención de la frecuencia a partir de una frecuencia de referencia común, y
- la disponibilidad de una señal continua para el seguimiento de la antena móvil y el control de potencia.

El equipo de usuario no deberá poder transmitir a menos que se encuentre enclavado en el canal de control. Una opción que puede ser necesaria para algunas clases de equipos de usuario es la de incorporar sensores que midan los parámetros principales del comportamiento y puedan ser leídos mediante una instrucción enviada por el CCR a través del canal de control.

El terminal de telefonía móvil funcionará de forma similar al terminal de radiocomunicaciones móvil, con la diferencia de que el interfaz con la RTPC se hará a través de una estación de acceso. El funcionamiento será en dúplex.

Se espera que un elevado porcentaje de terminales del sistema sean terminales de datos móviles. Dichos terminales se ofrecerán en configuraciones de diferentes capacidades según el tipo de servicios de datos ofrecidos, tales como terminales de datos interactivos bidireccionales, terminales de datos unidireccionales, unidades de radiobúsqueda, terminales de determinación de la posición..., etc.

8. Centro de Control de la Red

El Centro de Control de la Red constituirá la única estación de control para todas las funciones de explotación del sistema excepto las referentes a la seguridad aeronáutica. Estas funciones son:

Referencia de frecuencia del sistema

Asignación del canal de comunicaciones

Asignación prioritaria de canales

Apropiación de la anchura de banda necesaria para la reasignación por motivos de seguridad

Supervisión de las características de la red

Supervisión de las características del equipo de usuario

Desconexión de los equipos de usuario averiados

Grabación del tiempo, anchura de banda y potencia utilizados en cada llamada

Registro de llamadas y facturación.

Los dos elementos principales del Centro de Control de la Red son el sistema de gestión de la red (SGR) y el sistema de control del AMAD (SCA). En la Figura 7 se representa el diagrama de bloques del Centro de Control de la Red. A efectos de una mayor claridad se han omitido los interfaces del AMADP aeronáutico.

8.1 El sistema de gestión de la red será el responsable de la supervisión global, el mantenimiento y la planificación de los recursos a largo plazo del sistema. Comunicará directamente con el SCA y el AV-AMADP para recibir información referente a las estadísticas de tráfico y a las necesidades del SMAS (R). El SGR calculará la distribución entre los canales vocales, de datos y de señalización para optimizar el comportamiento y llevar a cabo la distribución necesaria por el sistema AMADP de seguridad aeronáutica. Además, será el responsable de la optimización de las tablas de encaminamiento utilizadas por el SCA para encaminar las llamadas STM a las estaciones de acceso adecuadas. Esta información será transmitida al SCA. El SGR reunirá igualmente la información sobre facturación procedente del SCA y los puntos de acceso. Esta información se recogerá de forma regular, durante las horas de poco tráfico, mediante los canales de señalización por ondas centimétricas. Entre las responsabilidades del SGR se encuentra también la de disuasión a usuarios no autorizados.

8.2 El Sistema de Control del AMAD coordina, controla y mantiene las actividades de los distintos componentes del segmento terreno, con especial hincapié en las actividades y acontecimientos a corto plazo. Los objetivos principales del SCA son los de lograr la máxima disponibilidad de canales para llevar a cabo estas funciones y, junto con el SGR, hacer el mejor uso de los recursos del sistema. Se precisa un sistema de señalización eficaz que utilice el número mínimo posible de canales, presentando a la vez una calidad aceptable, como por ejemplo el tiempo de establecimiento de la llamada. El SCA también transmitirá información sobre frecuencias y temporización a otras entidades de la red.



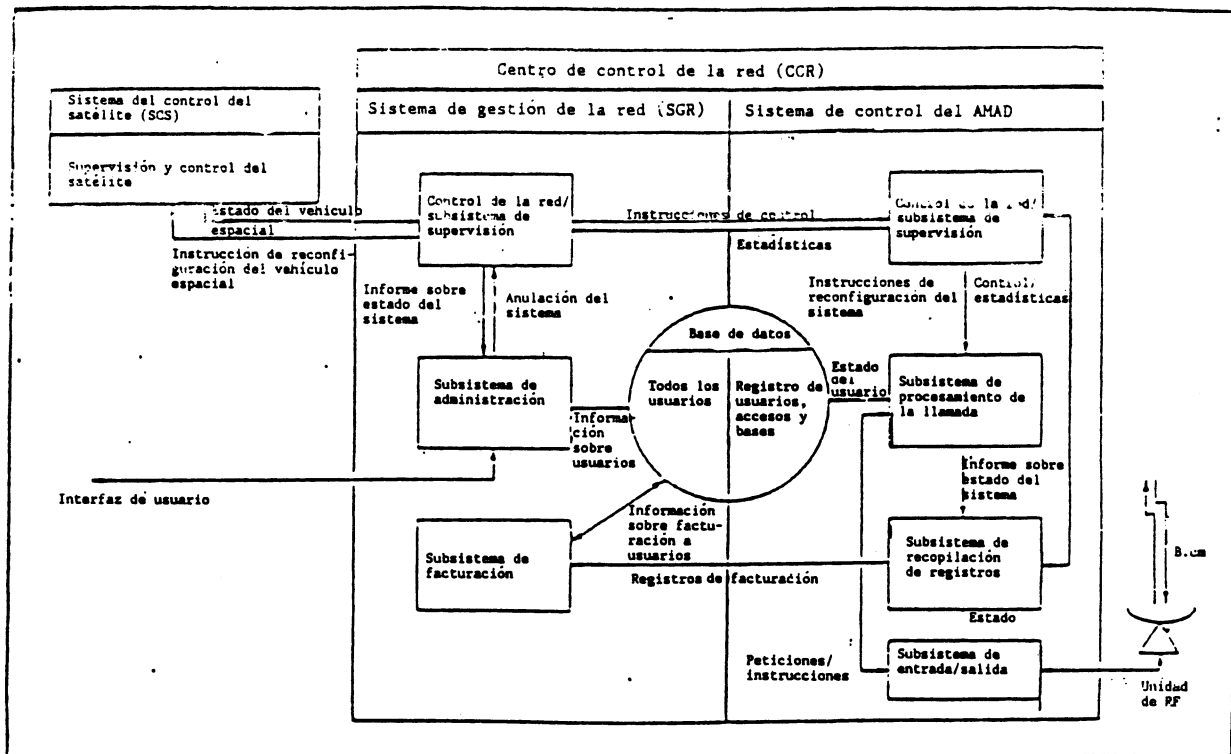


FIGURA 7

Diagrama de bloques del Centro de Control de la Red

El SCA de Canadá gestionará una red que consta, aproximadamente, de 80.000 a 120.000 usuarios en el punto de saturación del sistema de primera generación. Se conectará a todas las estaciones base, estaciones de acceso y terminales de usuario a través de enlaces de datos por conmutación de paquetes denominados "canales de señalización". El SCA de Estados Unidos deberá incluir un número mayor aún de usuarios y tendrá canales de señalización con funcionamiento similar.

Todas las funciones de control de comunicaciones asociadas con la red, tales como el procesamiento de la llamada, deben realizarse mediante un conjunto de computadores de elevada fiabilidad compatibles con los demás elementos de la red a fin de asegurar la máxima fiabilidad del sistema. Dicha fiabilidad y la integridad deben ser al menos del mismo grado que las exigidas por el SMAS (R).

9. Elementos de tecnología clave

La obtención de los equipos y el programa de desarrollo del sistema representan un reto para los fabricantes de equipos así como para los diseñadores de sistemas. En el segmento espacial y el segmento de tierra se encuentran componentes que tienen una repercusión fundamental en la eficacia de costes del sistema y deben cumplir requisitos de funcionamiento muy estrictos. Las principales áreas de interés incluyen el desarrollo de un amplificador de potencia de estado sólido (APES) de RF en 1,5 GHz de buen rendimiento para el satélite; el diseño y cualificación de grandes antenas para el satélite (aproximadamente 5 m), el mantenimiento de la flexibilidad para satisfacer las necesidades aeronáuticas que no hayan sido completamente especificadas; y la realización con las adecuadas características de calidad de antenas de vehículo económicas y de elevada ganancia.

El APES debe ser capaz de funcionar con un elevado rendimiento de conversión de potencia de cc en potencia de RF y una intermodulación aceptable para una amplia gama de niveles de potencia de salida, cursando un número variable de canales activos. También tienen que presentar un elevado grado de fiabilidad a lo largo de una vida de servicio dilatada (más de 10 años), en un entorno de radiación adverso y sin un peso excesivo. En la industria se están llevando a cabo desarrollos sobre APES de alta potencia en 1,5 GHz. Los resultados de mediciones experimentales realizadas indican que puede obtenerse un rendimiento superior al 25% con una relación portadora/intermodulación de 22 dB, para niveles de potencia de RF de hasta 50 ó 60 vatios. Para rendimientos inferiores pueden obtenerse relaciones portadora/intermodulación más elevadas.

Las antenas de los vehículos espaciales de gran diámetro requieren mecanismos de despliegue perfeccionados puesto que las restricciones de la envoltura de la carga útil del vehículo de lanzamiento exigen reflectores plegados o desplegables si el diámetro del reflector es mayor de 3 m aproximadamente. La comprobación de las características de estas antenas sobre el terreno también presenta un problema puesto que las formas mecánicas en órbita son difíciles de reproducir exactamente en un entorno de 1 g de gravedad.

Varias empresas están diseñando antenas de vehículo espacial de dimensiones del orden de los 5 m. Aunque los mecanismos de despliegue normalmente son mucho más complejos que en el caso de reflectores sólidos y duraderos, la exactitud lograda en la forma de la superficie hace posible prever reflectores de gran rendimiento.

La utilización de reflectores de rejilla aumenta las posibilidades de intermodulación pasiva (PIM). La contaminación procedente de los propulsores del vehículo espacial puede contribuir a la aparición de este problema, fundamentalmente porque las elevadas ganancias del transpondedor de los satélites del servicio móvil (> 150 dB) y la separación entre las frecuencias de transmisión y recepción en la banda 1,5/1,6 GHz, hacen que el sistema sea sensible a este tipo de intermodulación. Para evitar el riesgo de la degradación de la calidad de funcionamiento debe establecerse la máxima separación entre los trayectos de transmisión y recepción y hacer amplio uso de las técnicas de reducción de PIM (conexiones soldadas en vez de conectores, no utilización de cables trenzados..., etc.).

La ganancia de antena de los terminales móviles tiene una influencia directa sobre uno de los parámetros del sistema más importante desde el punto de vista económico, la p.i.r.e. del enlace descendente. Por consiguiente es de especial importancia el diseño y la calificación de una antena de vehículo económica y de elevada ganancia, que sea aceptable por la comunidad de usuarios desde el punto de vista de los costes, el rendimiento y la estética.

Las antenas de vehículo de elevada ganancia deben orientarse de tal forma que apunten permanentemente hacia el satélite a medida que el vehículo cambia su dirección. El diseño de un mecanismo de puntería adecuado representa un reto considerable para el diseñador.

Existen diversas antenas móviles de elevada ganancia en la banda 1,5/1,6 GHz que se encuentran en diversas etapas de desarrollo. Se han construido formaciones de antenas de fase, orientación electrónica y ganancia superior a 10 dBi, pero aún debe realizarse un considerable trabajo de desarrollo antes de que estén disponibles comercialmente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRISKEN, A.F. y otros "Land Mobile Communications and Position Fixing Using Satellites" IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. VT-28, N° 3, agosto 1979.

ANEXO III

Esquema preliminar de condiciones técnicas para la compartición de transpondedoresEquipo móvil

- la potencia radiada y la densidad de potencia no deben superar bajo ninguna circunstancia los límites acordados;
- las transmisiones no serán posibles a menos que el receptor se encuentre enclavado en un canal de recepción a través del cual el equipo está sometido al control del sistema;
- procedimientos de aprobación aceptables en particular sobre:
 - a) diagrama de radiación de la antena;
 - b) estabilidad y control de frecuencia;
 - c) emisiones no deseadas;
 - d) funciones de control del acceso;
 - e) fiabilidad en el entorno de funcionamiento; y
 - f) control de la potencia.
- obligación de los usuarios de no modificar el equipo o utilizarlo con fines distintos de los establecidos y de mantenerlo dentro de la normas indicadas; y
- debe probarse cada instalación cuando entre a formar parte de la red del satélite.

Proveedor del satélite/proveedor del servicio

- registro de cada estación móvil y propietario/operador responsable;
- establecimiento de un método aceptable de supervisión del sistema;
- conexiones con el centro de control de tráfico aéreo (ATC): aceptación de las reglas de prioridad para la atribución de la potencia del satélite;
- procedimientos para la identificación de terminales "piratas";
- establecimiento de procedimientos de aprobación y verificación aceptables para todos los equipos que comparten transpondedores;
- garantía de la calidad del transpondedor en cuanto a:
 - a) ruido de fondo;
 - b) ganancia; y
 - c) relación portadora/intermodulación.

Declaración de la OACI sobre requisitos de calidadCriterios de interferencia

<u>Tipo de canal de RF</u>	<u>Relación portadora/interferencia total (mínima)</u>
P (600)	(Por determinar)
P (1 200)	(Por determinar)
R	(Por determinar)
T	(Por determinar)
C	(Por determinar)

Reglas para la atribución de la potencia del satélite

Quando se superen algunos de los siguientes tiempos de distribución de mensajes debe suministrarse el (X por ciento) de capacidad de potencia adicional.

<u>Prioridad del mensaje</u>	<u>Retardo medio</u>
15	(Debe determinarse)
14	(Debe determinarse)
13	(Debe determinarse)
.	.
.	.
.	.
2	(Debe determinarse)
1	(Debe determinarse)
0	(Debe determinarse)

Reglas de supervisión del sistema

- identificación de la presencia de una portadora con (X dB) de exceso de potencia.

ANEXO IV

Sistema de control de red y señalización para el sistema móvil
por satélite de América del Norte1. Introducción

A la hora de diseñar un sistema de señalización adecuado para el servicio móvil por satélite de América del Norte (MSS), la flexibilidad es un parámetro de gran importancia. A fin de satisfacer las demandas dispares de hasta de un millón de usuarios en el sistema inicial, éste debe ser fácilmente extensible y debe ser capaz también de incorporar nuevas tecnologías sin necesidad de tener que reconfigurar todo el sistema. Igual importancia tiene la posibilidad de reservar un derecho preferente sobre partes del espectro para su utilización en tiempo real por los servicios de seguridad aeronáutica y regularidad de vuelo. Otra característica fundamental en el diseño del sistema de señalización es la que debe ser resistente a las condiciones hostiles de multitrayecto y desvanecimiento que se presentan a veces. Como la señalización es un tráfico que no produce ingresos de tipo económico, el sistema debe ser lo suficientemente eficaz como para reducir esta tara. Por último, cabe decir que en el diseño del sistema las necesidades y expectativas de los usuarios finales juegan un papel crítico, especialmente en lo referente a tiempo de establecimiento de llamada y calidades de servicio.

El concepto de un sistema de señalización básico debe sustentar las categorías del servicio definidas en el Anexo II al presente Informe. El Servicio de Radiocomunicaciones Móviles (SRM) y el Servicio de Telefonía Móvil (STM) se basarán en conmutación de circuitos y el Servicio Móvil de Datos (SMD) se efectuará por conmutación de paquetes. Los servicios de voz podrán utilizar técnicas analógicas o digitales. Pueden adoptarse terminales móviles con un cierto margen de valores de G/T y p.i.r.e. Por consiguiente el sistema de señalización debe ser capaz de sustentar distintos tipos de modulación así como diferentes p.i.r.e. del terminal móvil sin consumir en exceso los limitados recursos del satélite.

La arquitectura global del sistema consiste en un Centro de Explotación de la Red centralizado (CER) y uno o más Centros de Control de la Red (CCR) (que hará las funciones de administración de la red, gestión de la red y control del Acceso Múltiple con Asignación por Demanda (AMAD)), numerosas estaciones de acceso y estaciones base (o estaciones terrenas del enlace de conexión, ETE) y Terminales Terrenos Móviles (TTM).

Los trabajos actuales en cuanto a las condiciones de propagación debe asegurar que el sistema de señalización, cuyo diseño se está realizando, cumple los requisitos para las distintas condiciones de propagación que puedan aparecer en América del Norte.

2. Control de la red MSAT

El CER tiene el control global de la asignación de todos los recursos del MSS. Este sistema puede comprender uno o más satélites. El CER ejerce el control sobre la asignación de la capacidad de un satélite en particular y esta asignación se llevará a cabo mediante un CCR asociado. El CCR tiene el control activo de todos los TTM y ETE de su red. El control mediante el CCR se efectuará utilizando las capacidades de señalización descritas en los siguientes puntos.

El CER establece el interfaz con todas las redes u organizaciones externas (por ejemplo, una red privada) que puedan alquilar anchura de banda y potencia de cualquier satélite sobre el que el CER tiene el control. También realizará el interfaz con los sistemas AMADP aeronáuticos (véase el § 8 del Anexo II), propiedad de un organismo explotador que proporcione el SMAS(R) a la comunidad aeronáutica. El CER mantendrá una base de datos que defina las bandas de frecuencia que han sido coordinadas para su utilización o reutilización por cualquier haz de un sistema multihaz. Los CCR asociados trabajarán con esas especificaciones.

De esta forma se proporciona una atribución dinámica del espectro a cualquier haz a fin de satisfacer las necesidades del servicio. El sistema tendrá también una distribución dinámica variable de canales entre los servicios, de acuerdo con sus necesidades; con ello, se ofrece una atribución preferente dinámica de canales en caso de aumento de la demanda de espectro para los servicios de seguridad aeronáuticos. Una vez reatribuido el espectro, los CCR reaccionan inmediatamente asignando canales dentro de cada haz, de acuerdo con la atribución revisada. Mediante la utilización de canales de señalización común, que deben recibir los TTM para funcionar, puede efectuarse siempre un control positivo de todos los TTM (necesario, por ejemplo, para controlar las fuentes potenciales de interferencia en caso de avería de los TTM) así como una asignación preferente en tiempo real de los canales de frecuencia.

El sistema debe diseñarse de forma que permita una distribución ordenada de frecuencias, teniendo la capacidad de modificar de forma dinámica las distribuciones en condiciones normales de funcionamiento y también en caso de emergencias. Si los organismos explotadores realizan una planificación adecuada del MSS y del SMAS(R) y se hacen las adecuadas previsiones de capacidad por parte de los explotadores del SMAS(R) a fin de estimar el aumento en la necesidad de espectro, el CCR podrá reservar canales para su utilización por parte del SMAS(R) y asegurarse de que estén disponibles cuando se necesiten. De esta forma, nunca tendrán que interrumpirse las comunicaciones de otros servicios, excepto en el caso de situaciones imprevistas de extrema emergencia.

3. Objetivos de comportamiento

La posibilidad de establecer conexiones entre un TTM y una estación terrena del enlace de conexión depende de las condiciones del trayecto de propagación. En el cuadro III figuran unos objetivos provisionales en cuanto a prioridades y tiempos de conexión del canal:

CUADRO III - Objetivos provisionales

Objetivos de comportamiento	Grado de enmascaramiento			
	Ninguno	Ligero	Moderado	Fuerte
Tiempo de conexión medio (en segundos)	2,0	3,0	4,0	5,0
Tiempo de conexión 90% (en segundos)	5,0	6,0	8,0	10,0

Un enmascaramiento ligero quiere decir que la zona de sombra en la distancia recorrida es inferior al 15%, un enmascaramiento moderado hace referencia a una zona de sombra entre el 15% y el 40% y en un enmascaramiento fuerte, dicho porcentaje es superior al 40%. El tiempo de conexión se mide desde

el instante en que la estación inicia una llamada hasta que el CCR acusa recibo de la asignación, tanto por parte de la ETE como del TTM. El tiempo de conexión no incluye el tiempo para el establecimiento de la conexión directa ETE-TTM. Debe elaborarse una definición más rigurosa de las estadísticas sobre el enmascaramiento, pero este tema cae fuera de los objetivos de este informe.

4. Configuración de canal

En la fig. 8 aparece la configuración del canal entre el Centro de Control de la Red (CCR), las estaciones terrenas del enlace de conexión (ETE, es decir, estaciones de acceso y estaciones base) y los Terminales Terrenos Móviles (TTM). La anchura de banda nominal del canal es de 5 kHz, aunque también son posibles otras anchuras de banda (en pasos de 2,5 kHz). Se han definido seis tipos distintos de canal:

- CCR-I Canal de señalización entre estaciones desde el CCR a una ETE.
- ETE-I Canal de señalización entre estaciones desde la estación terrena de enlace de conexión al CCR.
- CCR-T Canal de señalización de salida del CCR al TTM.
- TTM-R Canal de entrada con acceso aleatorio (Aloha ranurado) del TTM al CCR.
- ETE-C Canal de comunicaciones de salida desde una estación base o de acceso a un TTM.
- TTM-C Canal de comunicaciones de entrada desde un TTM a una ETE.

En el cuadro IV figuran las características de estos canales:

CUADRO IV - Características de los canales

Canal	Enlace	Características
CCR-I	Ondas centimétricas-ondas centimétricas	MDT, debe determinarse la velocidad de datos
ETE-I	Ondas centimétricas-ondas centimétricas	AMDT, debe determinarse la velocidad de datos
CCR-T	Ondas centimétricas - 1,5 GHz	MDT a 1 200 y 2 400 bit/s
TTM-R	1,6 GHz - Ondas centimétricas	Aloha ranurado a 1 200 y 2 400 bit/s
ETE-C	Ondas centimétricas - 1,5 GHz	Canal de comunicaciones seleccionable
TTM-C	1,6 GHz - Ondas centimétricas	Canal de comunicaciones seleccionable

5. Modulación y codificación

Aún no han sido determinados los parámetros de los canales de señalización entre estaciones (CCR-I y ETE-I). Los canales de comunicación (TTM-C y ETE-C) pueden realizar varias elecciones para suministrar voz, datos o ambos servicios. En otro punto del presente Informe se describe este asunto con mayor detalle.

Los canales TTM-R y CCR-T utilizarán el mismo tipo de modulación y codificación. Habrá dos posibles elecciones en cuanto a modulación y velocidades de datos (al menos en el sistema inicial), que acomoden los diversos valores de G/T y p.i.r.e. del TTM; estos TTM deben poder funcionar en condiciones de propagación muy distintas.

El canal de menor velocidad debe transmitir a 2 400 símbolos utilizando MDPB aeronáutica MDPB-A y el canal de mayor velocidad debe transmitir a 4 800 símbolos utilizando MDPQ. Ambos funcionarán en un canal de 5 kHz con codificación convolucional de relación 1/2 (longitud límite 7) proporcionando flujos de información de 1 200 bit/s y 2 400 bit/s respectivamente. Se están considerando otras formas de codificación. En otro punto se describe la estructura de los canales CCR-T y TTM-R.

6. Estructura del canal de señalización

Para asegurar una transmisión de paquetes ordenada en los modos MDT, AMDT y Aloha ranurado es fundamental que todos los paquetes sean de la misma longitud. Por consiguiente el tamaño de la unidad de señalización común debe elegirse de tal forma que sea lo suficientemente grande como para ser capaz de manejar la mayoría de la información que debe enviarse sin necesidad de gastar los recursos del satélite utilizando un número excesivo de bits de relleno. La estructura de Unidad de Señalización (US) que ha desarrollado INMARSAT (véase el Informe 1173) cumple los requisitos necesarios en América del Norte. La US de 96 bits incluye un sistema VRC de 16 bits recomendado por el CCITT para la comprobación de errores.

6.1 Estructura de la unidad de señalización

El sistema de señalización está diseñado para transmitir una gran variedad de información sobre la red MSAT y las necesidades de usuario. Por ejemplo, los paquetes de señalización transportarán, entre otras informaciones, las siguientes: tipo de mensaje, ID único del TTM (fijado en la fábrica), si un usuario es canadiense o estadounidense, la prioridad y el grado de servicio solicitados, el tipo de modulación para STM y SRM, el ID de la estación de base, el ID de la parte llamada en la RTPC, y la anchura de banda y p.i.r.e. de satélite solicitadas.

La Fig. 9 muestra la estructura de un tipo de US para una petición de llamada STM. En este caso, puede tratar hasta 8 tipos de mensajes, un ID de 24 bits que admite 8 millones de abonados en Estados Unidos y el mismo número en Canadá, marcación de 10 dígitos de los abonados RTPC, hasta 8 niveles de prioridad y 8 tipos de modulación. Los tipos de modulación podrían incluir BLUCA, CELP de 8 kbit/s con MDP4, 16 ksímbolos/s (CELP de 8 kbit/s, codificación de relación 1/2) con TCM y CELP de 4,8 kbit/s con MDP4. Los 8 bits de reserva de la fig. 9 permiten agregar futuros servicios. Para los servicios con conmutación de circuitos, el TTM tendrá que originar paquetes US tales como establecimiento de comunicación/cese de comunicación, petición de llamada STM/SRM, diversos acuses de recibo, reenvío de llamada/anulación, retención de llamada/no retención, etc. El CCR originará paquetes US tales como indicador de llamada STM/SRM, diversos acuses de recibo, terminación/aborto de llamada, espera de llamada, etc.

Además de los servicios por conmutación de circuitos existe también el SMD con conmutación de paquetes, que aún no ha sido definido.

6.2 Estructura de la trama del canal CCR-T

La fig. 10 muestra una estructura de trama propuesta para el canal CCR-T. La longitud de la trama es de 0,5 segundos ó 1 segundo para los canales de 4.800 símbolos/segundo y 2.400 símbolos/segundo, respectivamente. Por consiguiente, cada trama tiene una longitud de 2.400 símbolos independientemente de la velocidad de datos. El encabezamiento de la trama y la palabra única se utilizan a efectos de sincronización y para identificar el número de canal y de trama. Cada trama contiene 12 US codificados con una relación 1/2 y entrelazado de bloque, y 12 símbolos de equilibrado.

Cada TTM efectúa una comprobación continua del canal CCR-T, aun cuando se hallen establecidas comunicaciones en los canales TTM-C y ETE-C, lo que permitirá suministrar servicios adicionales al TTM tales como espera y retención de llamada, y el establecimiento de cualquier preferencia en tiempo real necesaria. La comprobación del canal CCR-T hará posible también que el TTM siga al satélite con una antena directiva así como la utilización del canal para una referencia de frecuencia y de temporización.

6.3 Estructura del canal TTM-R y formato de ráfaga

En la fig. 11 aparece la estructura del canal TTM-R de entrada Aloha ranurado y el formato de ráfaga en el canal de 2.400 símbolos/s. El canal CCR-T se utiliza para proporcionar información sobre temporización, por consiguiente el canal TTM-R se divide en tramas de 2.400 símbolos cada una, teniendo 8 ranuras cada trama. También en este caso cada US de 96 bits se codifica con una relación 1/2 para proporcionar un paquete de 204 símbolos (incluidos los bits de equilibrado). En el CCR se utiliza una palabra única de 15 bits para compensación automática de la frecuencia y recuperación de la temporización de bit. Los 81 símbolos a 2.400 símbolos/s proporcionan un tiempo de guarda total para cada paquete de 35 ms, que debe ser suficiente dado el tamaño del haz MSAT. Para el canal TTM-R de 4.800 símbolos/s, debe proporcionarse el mismo tiempo de guarda, obteniéndose de esta forma un número de símbolos proporcionalmente mayor (no indicado en la figura).

El número y la separación de las retransmisiones realizadas sobre el canal TTM-R será variable y cambiará de acuerdo con la carga de tráfico. El CCR comunicará esta información a todas las unidades móviles situadas en una canal cuando inicien la comunicación y cuando la situación del tráfico varíe.

7. Canales TTM-C y ETE-C

Los canales de comunicaciones pueden ser cualquiera de los ocho tipos distintos para una llamada del STM a una estación de acceso o cualquiera de los 16 tipos para las comunicaciones de la base móvil del SRM. La razón por la que el número de tipos de modulación es mayor en el SRM es la de que debe preverse suficiente capacidad para los distintos tipos de transmisión de datos por conmutación de circuitos. También es posible que cada estación base tenga una elección distinta de los 16 tipos de llamada que vayan, por ejemplo, del CELP de 2,4 kbit/s, MDPB a MICDA de 32 kbit/s, TCM. Si bien no es probable que exista una gran variedad de opciones para la codificación de la señal vocal en la implantación inicial del MSAT, debe tenerse en cuenta que el sistema de señalización debe ser capaz de acomodar los nuevos servicios y tecnologías a medida que vayan desarrollándose sin tener que recurrir a efectuar modificaciones en toda la red.



También es posible que otros suministradores de servicios deseen distintas modulaciones para distinguir sus productos de los del resto y para satisfacer las necesidades de grupos de usuarios específicos.

8. Resumen

Actualmente se está diseñando un sistema de señalización a fin de satisfacer los requisitos especiales de un sistema móvil por satélite de América del Norte. El sistema debe ser no solamente flexible para incorporar las nuevas tecnologías sino también debe ser capaz de compartir con otros usuarios el espectro limitado disponible.

Se espera que el sistema de señalización aquí descrito sea lo suficientemente versátil como para satisfacer las necesidades muy distintas de los usuarios en América del Norte. El sistema debe ser capaz de evolucionar de una manera rápida sin que la utilización de antiguas tecnologías le deje anticuado y sin necesidad de tener que acudir a diseñar nuevamente la infraestructura completa.

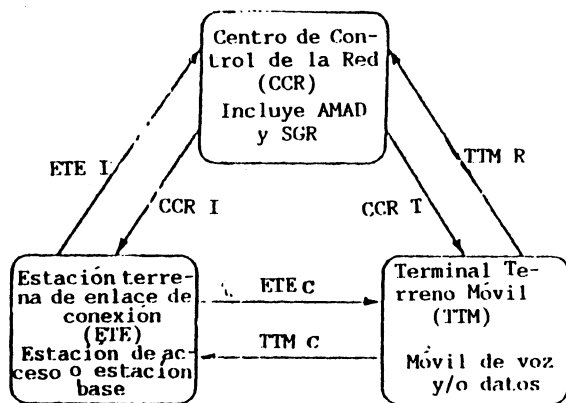


FIGURA 8

Configuración del canal de señalización MSAT

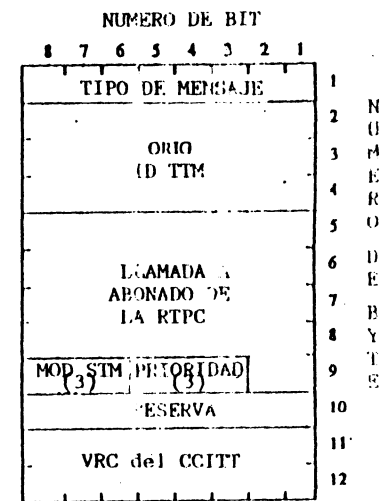


FIGURA 9

US de petición de llamada del SIM

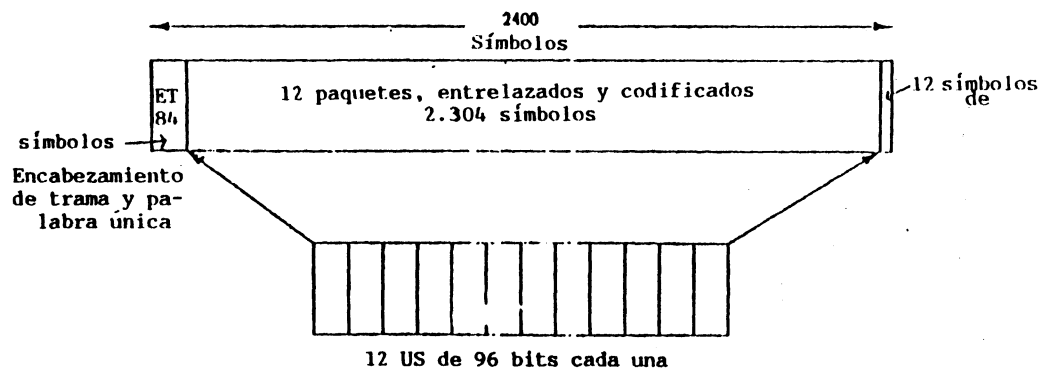


FIGURA 10

Formato del canal CCR-T

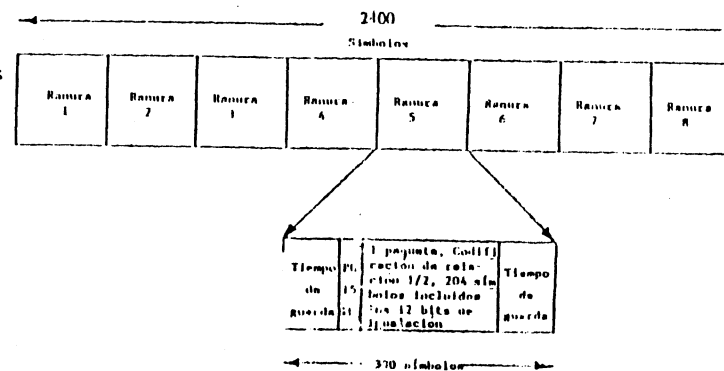


FIGURA 11

Formato de la ráfaga del canal TTM-R a 2400 símbolos

ANEXO V

Posible estructura de una futura Recomendación
sobre conceptos de diseño para un sistema
de servicio móvil por satélite

(Cuestión 82/8)

El CCIR,

CONSIDERANDO

- a) que se necesita una comunicación a larga distancia más fiable entre las actuales redes terrenales y estaciones terrenas móviles de los servicios móviles marítimo, aeronáutico y terrestre por satélite;
- b) que resultaría conveniente tener la posibilidad de conectividad entre estaciones terrenas móviles que utilizan los diversos servicios móviles por satélite;
- c) que en la actualidad, para poder contar con sistemas económicos, se está planificando la integración de los diversos servicios móviles por satélite para suministrar a todos los usuarios servicios similares y compartir de forma eficaz los recursos limitados en frecuencia;
- d) que a fin de promover el desarrollo de los servicios más eficientes y eficaces en todo el mundo, debería disponerse de directrices sobre conceptos de diseño de sistemas del servicio móvil por satélite;
- e) la Recomendación N° 405 de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1979) y las Recomendaciones N° 313(Rev. Mob-83) y N° 312(Rev. Mob-87),

RECOMIENDA:

- 1. Que las administraciones y los diseñadores de sistemas adopten conceptos sobre diseño de sistemas de los servicios móviles por satélite que funcionan en bandas situadas en torno a 1,5/1,6 GHz, de manera que puedan elaborarse normas para la interoperabilidad entre los equipos de usuario y cualquier sistema de comunicaciones móviles por satélite compatible.
- 2. Que deben incluirse las siguientes características de la red en los sistemas móviles por satélite que funcionan en las bandas 1,5/1,6 GHz:
 - 2.1 Cada satélite o grupo de satélites deberá ser fácilmente identificable para sus usuarios. También puede resultar necesaria la identificación de determinados haces de satélites de múltiples haces.

* Se pide al Director del CCIR que señale esta Recomendación a la atención de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), de la Organización Marítima Internacional (OMI) y del Director del CCITT.

2.2 Las anchuras de banda de canal asignadas y las técnicas de síntesis de frecuencias tendrán en cuenta el desplazamiento Doppler debido a las velocidades previstas de los vehículos con respecto al satélite. En los vehículos de alta velocidad, como por ejemplo las aeronaves, puede resultar necesaria una compensación de ese efecto Doppler.

2.3 Todas las señales emitidas por los satélites hacia estaciones terrenas móviles tendrán gran estabilidad y exactitud de frecuencia (la exactitud requiere estudios ulteriores).

2.4 Las estaciones terrenas móviles pueden utilizar las frecuencias de control y/o piloto emitidas por el satélite, como referencia para sintetizar las frecuencias requeridas por su equipo y/o calibrar la frecuencia que determina el equipo de la estación terrena móvil.

2.5 Las estaciones terrenas móviles deberán poder funcionar en una red con asignación dinámica de canales y anchuras de banda. Es importante una utilización eficaz de la potencia, y podría ser conveniente disponer de sistema de control de potencia.

2.6 La sintonización deberá poder efectuarse a intervalos [de 500 Hz o múltiplos enteros] a partir de [un punto de referencia convenido].

2.7 Debe elaborarse un protocolo normalizado para que las estaciones terrenas móviles puedan comunicar con la estación de control de la red de satélite; concretamente, este protocolo debe proporcionar un código reconocido internacionalmente como único medio de identificación de la estación terrena móvil.

2.8 Las estaciones terrenas móviles deberán poder seleccionar el satélite (o grupo de satélites) requerido y, en su caso, el tipo de servicio solicitado.

2.9 Las antenas de satélite en las bandas del servicio móvil por satélite deberán estar polarizadas circularmente.

2.10 En el diseño del sistema, deberá incluirse, en su caso, un método para identificar y dar tratamiento prioritario a las comunicaciones de socorro y seguridad conformes a los Artículos 51 y 61 del Reglamento de Radiocomunicaciones.

2.11 Los sistemas que deben interconectarse con redes públicas deberán cumplir las Recomendaciones del CCITT.
