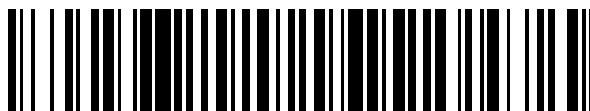


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 426 220**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/185** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2008 E 08784749 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2013 EP 2168257**

54 Título: **Sistemas y procedimientos para comunicaciones móviles por satélite**

30 Prioridad:

**17.07.2007 US 779228**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**22.10.2013**

73 Titular/es:

**OVERHORIZON (CYPRUS) PLC (100.0%)  
GRIVA DIGENI, 58 P.C. 1021  
NICOSIA, CY**

72 Inventor/es:

**WAHLBERG, PER y  
LEJNELL, KENNET**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 426 220 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sistemas y procedimientos para comunicaciones móviles por satélite.

## 5 CAMPO DE LA INVENCION

Esta invención se refiere a sistemas y procedimientos para comunicaciones por satélite.

## 10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 La demanda del mercado de servicios por satélite con comunicaciones de conectividad continua usando terminales sobre la marcha y móviles está aumentando rápidamente. Muchos segmentos de clientes están interesados en usar tecnologías de estándar abierto para garantizar dicha disponibilidad de conectividad a partir de dichos proveedores, de una manera similar a la implementada por la industria de los teléfonos móviles celulares mediante Sistema Global para Comunicaciones Móviles ("GSM"), por ejemplo. El documento WO 2007/000794 A1 describe un sistema para comunicación digital por satélite que comprende un satélite con una carga útil regenerativa más un ordenador de abordo adicional, en el que la implementación de carga útil regenerativa usa en particular el estándar DVB-RCS/DVB-S2. El sistema del documento WO 2007/000794 A1 describe una implementación de un sistema regenerativo específico y los bits y piezas del mismo, pero no comprende ningún medio para análisis de interferencia en el enlace ascendente. El documento WO 03/026328 describe una interfaz de carga útil acoplada a un sistema de eliminación de interfaz. Este tipo de sistema de satélite se caracteriza por una arquitectura de "tubería doblada" típica. Se ha reconocido que los satélites que tienen una arquitectura de tubería doblada son no "inteligentes", generalmente no entienden el contenido de los datos que portan. Sin embargo, los terminales actuales disponibles para aplicaciones sobre la marcha y móviles son caros, a menudo usan formas de onda de espectro ensanchado de fuente única patentadas, y vienen en formatos grandes, voluminosos y pesados que requieren vehículos más grandes para el transporte.

Es problemático usar antenas pequeñas para transmitir formas de onda de estándar abierto usando procedimientos de acceso al canal tales como acceso múltiple por división de frecuencia ("FDMA"), acceso múltiple por división de tiempo ("TDMA"), acceso múltiple por división de tiempo multifrecuencia ("MF-TDMA"), y todos los demás tipos de formas de onda de espectro no ensanchado. Las antenas pequeñas tienen lóbulos de antena anchos y, por lo tanto, transmiten potencia sobre una gran región angular, causando interferencia perjudicial a satélites adyacentes. Este problema de interferencias se ilustra en las **figuras 1 y 2**. Las **figuras 1 y 2** muestran el arco del satélite de una banda de frecuencia congestionada **100, 200** sobre el horizonte de la Tierra **102, 202**. El haz **104** de una antena de comunicación por satélite de tamaño estándar **106** a un satélite diana **108** transmite potencia sobre una región angular lo suficientemente pequeña para evitar causar interferencias a satélites adyacentes **110**. En contraste, dado que el haz **204** de una antena más pequeña **206** a un satélite diana **208** tiene una región angular más ancha, los satélites adyacentes **210** están sometidos a interferencias.

40 El procedimiento de facturación "pagar cuando se usa" (es decir, pagar por servicios solamente cuando se use realmente el servicio) para capacidad de servicio fijo por satélite ("FSS") y entornos móviles *ad hoc* a menudo obliga a los clientes a pagar por un mayor ancho de banda y una duración más larga de la que se desea o es necesaria. La estructura de facturación de pagar cuando se usa de un servicio móvil por satélite ("MSS") es cara debido a que MSS usa bandas de frecuencia más bajas, incluyendo banda L, con espectro accesible por satélite total limitado. Además, estos sistemas también presentan baja capacidad de rendimiento de ancho de banda.

Existe, por lo tanto, una demanda en aumento pero insatisfecha de una solución de servicio por satélite que permita terminales móviles y sobre la marcha con ciertas características.

## 50 RESUMEN DE LA INVENCION

Las realizaciones de sistemas y procedimientos según la presente invención abordan, al menos en parte, las necesidades descritas anteriormente proporcionando sistemas de comunicaciones por satélite fiables para terminales en movimiento, incluyendo aunque sin limitarse a terminales sobre la marcha y móviles (por ejemplo, terminales en pausa), y procedimientos para implementarlas, según diversos aspectos de la presente invención. Combinando antenas más pequeñas que tienen un área de apertura no mayor que el área de una apertura de antena con un diámetro menor de 50 cm, alto rendimiento de datos, formas de onda de estándar abierto, opciones de pago flexibles, detección y evitación de interferencias, y componentes de bajo coste, los servicios por satélite móviles y sobre la marcha pueden conseguir un estatus de total integración entre nuevos segmentos de consumidores.

Según un aspecto de la invención, un sistema de comunicaciones por satélite para terminales en movimiento, incluyendo aunque sin limitarse a terminales del usuario sobre la marcha y móviles, comprende: un satélite configurado para recibir una señal de enlace ascendente desde y transmitir una señal de enlace descendente a terminales en movimiento, comprendiendo el satélite una carga útil regenerativa, un ordenador de abordo y una interfaz de carga útil acoplada tanto a la carga útil regenerativa como al ordenador de abordo. En este sistema: el

sistema puede estar optimizado para un margen de enlace de 5 dB o menos; el rendimiento de datos de la señal de enlace ascendente y la señal de enlace descendente puede ser mayor del requerido para permitir comunicaciones por voz; el rendimiento de datos de la señal de enlace ascendente y la señal de enlace descendente puede estar entre 0,5 y 8,0 Mbps; el satélite puede ocupar uno de los grupos constituidos por (i) una órbita geoestacionaria, y (ii) una órbita geosíncrona; el satélite puede comprender además haces puntuales de transmisión y recepción orientables; el satélite puede comprender además haces de recepción de alta sensibilidad; la carga útil regenerativa puede estar configurada para usar formas de onda de estándar abierto, en la que el satélite puede comprender además una estación base de telefonía móvil de abordaje, en la que la estación base de telefonía móvil de abordaje puede estar acoplada a la carga útil regenerativa; la carga útil regenerativa puede comprender una estación base de telefonía móvil; la interfaz de carga útil puede estar acoplada a al menos uno del grupo constituido por (i) un sistema de eliminación de interferencias, (ii) equipo de comunicación de abordaje, (iii) sistemas sensores, y (iv) otro equipo de satélite; la interfaz de carga útil puede estar acoplada a un sistema de eliminación de interferencias configurado para detectar interferencia del satélite adyacente y generar un estado de interferencia, en el que el sistema de eliminación de interferencias puede estar configurado para transmitir el estado de interferencia a un centro de control del satélite, y/o en el que el sistema de eliminación de interferencias está configurado para transmitir el estado de interferencia a un centro de control del satélite solamente si el estado de interferencia indica que la señal de enlace ascendente está interfiriendo potencialmente con satélites adyacentes, y/o en el que el sistema de eliminación de interferencias realiza al menos uno del grupo constituido por (i) apagar el terminal del usuario, (ii) cambiar los parámetros de transmisión, (iii) cambiar la cobertura del haz, (iv) cambiar la frecuencia del tráfico de señalización afectado, y (v) mover el satélite a otra posición orbital, si el estado de interferencia indica que la señal de enlace ascendente está interfiriendo con satélites adyacentes.

El sistema según el un aspecto anterior puede comprender, además, un terminal del usuario que comprende una antena configurada para enviar la señal de enlace ascendente al satélite. En este sistema: la antena del terminal del usuario puede comprender un área de apertura que tiene un diámetro menor de 50 cm; componentes de microondas pueden ser utilizados por el terminal del usuario; el terminal del usuario puede estar configurado para comunicaciones móviles; el terminal del usuario puede estar configurado para comunicaciones sobre la marcha; el terminal del usuario puede implementar un procedimiento de facturación de pagar por usar, en el que el procedimiento de facturación de pagar por usar puede ser un procedimiento implementado por un servicio fijo por satélite; el sistema puede comprender, además, un terminal diana que comprende una antena configurada para recibir la señal de enlace descendente del satélite, en el que la antena del terminal diana puede comprender un área de apertura que tiene un diámetro menor de 50 cm, y/o en el que componentes de microondas pueden ser utilizados por el terminal diana, y/o en el que el terminal diana puede estar configurado para comunicaciones móviles, y/o en el que el terminal diana puede estar configurado para comunicaciones sobre la marcha.

El sistema según el un aspecto anterior puede operar en frecuencias de banda Ku. En este sistema: las frecuencias de banda Ku pueden compartirse mediante comunicación por satélite y enlaces de microondas terrestres; las frecuencias de banda Ku pueden estar sustancialmente en el intervalo de 12,75 a 13,25 GHz para la señal de enlace ascendente; las frecuencias de banda Ku puede estar sustancialmente en el intervalo de 10,7 a 10,95, de 11,2 a 11,45 GHz para la señal de enlace descendente.

Según un segundo aspecto de la invención, un procedimiento de implementación de un sistema de comunicaciones por satélite para terminales en movimiento, incluyendo aunque sin limitarse a terminales sobre la marcha y móviles, puede comprender las etapas de: proporcionar un satélite configurado para recibir una señal de enlace ascendente desde y transmitir una señal de enlace descendente a terminales en movimiento, comprendiendo el satélite una carga útil regenerativa, un ordenador de abordaje y una interfaz de carga útil acoplada tanto a la carga útil regenerativa como al ordenador de abordaje. En este procedimiento: el procedimiento puede comprender, además, la etapa de activar un terminal del usuario que comprende una antena configurada para enviar la señal de enlace ascendente al satélite, en el que la antena del terminal del usuario puede comprender un área de apertura que tiene un diámetro menor de 50 cm, y/o en el que componentes de microondas son utilizados por el terminal del usuario, y/o en el que el procedimiento puede comprender, además, la etapa de configurar el terminal del usuario para comunicaciones móviles, y/o en el que el procedimiento puede comprender, además, la etapa de configurar el terminal del usuario para comunicaciones sobre la marcha, y/o en el que el terminal del usuario puede implementar un procedimiento de facturación de pagar por usar.

El procedimiento según el segundo aspecto anterior puede comprender, además, la etapa de activar un terminal diana que comprende una antena configurada para recibir la señal de enlace descendente del satélite. En este procedimiento: la antena del terminal diana puede comprender un área de apertura que tiene un diámetro menor de 50 cm; componentes de microondas pueden ser utilizados por el terminal diana; el procedimiento puede comprender, además, la etapa de configurar el terminal diana para comunicaciones móviles; el procedimiento puede comprender, además, la etapa de configurar el terminal diana para comunicaciones sobre la marcha.

En el procedimiento según el segundo aspecto anterior: el sistema puede estar configurado para operar en frecuencias de banda Ku, en el que las frecuencias de banda Ku pueden estar sustancialmente en el intervalo de 12,75 a 13,25 GHz para la señal de enlace ascendente, y/o en el que las frecuencias de banda Ku pueden ser compartidas por comunicación por satélite y enlaces de microondas terrestres, y/o en el que las frecuencias de

banda Ku pueden estar sustancialmente en el intervalo de 10,7 a 10,95, de 11,2 a 11,45 GHz para la señal de enlace descendente; el procedimiento puede comprender, además, la etapa de optimizar el sistema para un margen de enlace de 5 dB o menos; el procedimiento puede comprender, además, la etapa de configurar el rendimiento de datos de la señal de enlace ascendente y la señal de enlace descendente para que sea mayor del requerido para permitir comunicaciones por voz; el procedimiento puede comprender, además, la etapa de configurar el rendimiento de datos de la señal de enlace ascendente y la señal de enlace descendente para que esté entre 0,5 y 8,0 Mbps; el satélite puede comprender, además, haces puntuales de transmisión y recepción orientables; el satélite puede comprender, además, haces de recepción de alta sensibilidad, en el que el procedimiento de facturación de pagar por usar puede ser un procedimiento implementado por un servicio fijo por satélite; el procedimiento puede comprender, además, la etapa de configurar la carga útil regenerativa para usar formas de onda de estándar abierto, en el que el procedimiento puede comprender, además, instalar una estación base de telefonía móvil de abordo en el satélite, y/o el procedimiento puede comprender, además, la etapa de acoplar la estación base de telefonía móvil de abordo a la carga útil regenerativa; la carga útil regenerativa puede comprender una estación base de telefonía móvil; el procedimiento puede comprender, además, acoplar la interfaz de carga útil a al menos uno del grupo constituido por (i) un sistema de eliminación de interferencias, (ii) equipo de comunicación de abordo, (iii) un sistema sensor y (iv) otro equipo de satélite; el procedimiento puede comprender, además, acoplar la interfaz de carga útil a un sistema de eliminación de interferencias configurado para detectar interferencia de un satélite adyacente y generar un estado de interferencia, en el que el sistema de eliminación de interferencias puede estar configurado para transmitir el estado de interferencia a un centro de control del satélite, y/o en el que el sistema de eliminación de interferencias puede estar configurado para transmitir el estado de interferencia a un centro de control del satélite solamente si el estado de interferencia indica que la señal de enlace ascendente está interfiriendo potencialmente con satélites adyacentes, y/o en el que el procedimiento puede comprender, además, la etapa de configurar el sistema de eliminación de interferencias para realizar al menos uno del grupo constituido por (i) apagar el terminal del usuario, (ii) cambiar los parámetros de transmisión, (iii) cambiar la cobertura del haz, (iv) cambiar la frecuencia del tráfico de señalización afectado y (v) mover el satélite a otra posición orbital, si el estado de interferencia indica que la señal de enlace ascendente está interfiriendo con satélites adyacentes; la etapa de proporcionar un satélite puede comprender poner el satélite en órbita, en el que el satélite puede ser lanzado a uno de los grupos constituidos por (i) una órbita geoestacionaria y (ii) una órbita geosíncrona.

Según un tercer aspecto de la invención, un procedimiento de manejo de un sistema de comunicaciones por satélite para terminales en movimiento, incluyendo aunque sin limitarse a terminales sobre la marcha y móviles, comprende las etapas de: ajustar el sistema de comunicaciones por satélite de una primera banda de frecuencia a una segunda banda de frecuencia que está menos poblada que la primera banda de frecuencia; monitorizar en busca de interferencia hacia satélites adyacentes a partir de una señal de enlace ascendente procedente de un terminal del usuario; y remediar la interferencia si se detecta la interferencia a satélites adyacentes a partir de la señal de enlace ascendente. En este procedimiento: la monitorización puede realizarse de forma continua; la interferencia puede remediarse por medio de al menos uno del grupo constituido por (i) apagar el terminal del usuario. (ii) cambiar los parámetros de transmisión, (iii) cambiar la cobertura del haz, (iv) cambiar la frecuencia del tráfico de señalización afectado, y (v) mover el satélite a otra posición orbital; el procedimiento puede comprender, además, la etapa de transmitir información de interferencias a un centro de control; el procedimiento puede comprender, además, la etapa de transmitir información de interferencias a un centro de control solamente si la interferencia a satélites adyacentes a partir de la señal de enlace ascendente es al menos una de (i) indicada y (ii) detectada.

Según un cuarto aspecto de la invención, la interfaz de carga útil para su uso en un satélite comprende: un puerto de entrada para conectar a una aplicación de abordo del satélite; un procesador configurado para comunicar tanto con la aplicación de abordo del satélite como con una carga útil de abordo del satélite; y un puerto de salida para conectar a la carga útil de abordo del satélite, en el que la aplicación de abordo del satélite puede comprender al menos uno del grupo constituido por (i) un sistema de eliminación de interferencias, (ii) equipo de comunicación de abordo, (iii) un sistema sensor, y (iv) otro equipo de satélite.

Según un quinto aspecto de la invención, la interfaz de carga útil para su uso en un satélite comprende: un puerto de entrada para conectar a una aplicación de abordo del satélite; un primer procesador configurado para comunicar con la al menos una aplicación de abordo del satélite; un segundo procesador configurado para comunicar con una carga útil de abordo del satélite; y un puerto de salida para conectar a la carga útil de abordo del satélite, en el que la aplicación de abordo del satélite puede comprender al menos uno del grupo constituido por (i) un sistema de eliminación de interferencias, (ii) equipo de comunicación de abordo, (iii) un sistema sensor y (iv) otro equipo de satélite.

En una realización de un aspecto de la presente invención, los componentes y las funciones del sistema pueden incluir una o más de las siguientes características y ventajas: mecanismo para seleccionar una banda de frecuencia escasamente poblada; cobertura adaptativa (por ejemplo, mediante haces puntuales de transmisión y recepción orientables o procedimientos de formación de haces dinámicos más avanzados para producir haces de recepción de alta sensibilidad); un servicio móvil; antenas del terminal del usuario para rastrear activamente el satélite o satélites en el sistema; satélites pequeños (por ejemplo, 800 kg de masa de lanzamiento o menos) que están dedicados para este servicio (véase, por ejemplo, la solicitud de patente de Estados Unidos de asignación común y pendiente de tramitación número 11/623.799); y mecanismos para adaptar de forma continua la cobertura y/o cambiar la ubicación

orbital para evitar interferencias si nuevos satélites entran en la banda de frecuencia con separación angular mínima. Una ventaja potencial de dicha realización es que puede dar como resultado un servicio especializado que no está dirigido a un mercado de masas, sino que es un servicio de nicho con usuarios dedicados.

5 En otro de sus aspectos, sistemas y procedimientos según la presente invención pueden seleccionar de forma dinámica posiciones orbitales para minimizar la interferencia para cierta cobertura si se detecta dicha interferencia.

10 Los terminales del usuario y/o terminales diana pueden, en realizaciones de la presente invención, estar equipados con antenas que son lo suficientemente pequeñas para ser transportadas por una mayoría de aplicaciones sobre la marcha y móviles. Estas antenas pueden operar en frecuencias pobladas inferiores dentro de la banda Ku para facilitar alto rendimiento de datos mientras también mantienen una escala de longitud fundamental más pequeña para todos los componentes del sistema.

15 El equipo del sistema por satélite puede ser ventajosamente menos costoso debido a que una banda de frecuencia seleccionada también puede ser operada mediante enlaces de microondas terrestres, y gran parte del equipo existente actualmente utilizado para dichos enlaces puede modificarse para su uso en realizaciones de la invención.

20 Además, los procedimientos de facturación también pueden mejorarse según aspectos de la presente invención. Pueden adoptarse estructuras de facturación de pagar cuando se usa existentes de FSS a costes globales reducidos debido a que la banda Ku tiene mayor accesibilidad que las otras bandas de frecuencia usadas actualmente por FSS.

25 Los sistemas y procedimientos según la presente invención también pueden utilizar carga útil regenerativa en los satélites del sistema para mejorar el presupuesto de enlace. Esta característica junto con haces de recepción de alta sensibilidad puede reducir ventajosamente la interferencia perjudicial hacia satélites adyacentes.

La carga útil regenerativa también puede configurarse, según la presente invención, para adaptarse a formas de onda de estándar abierto, lo que mejora la tasa de disponibilidad de comunicaciones sobre la marcha y móviles.

30 Para monitorizar de forma continua en busca de interferencia potencial hacia satélites cercanos durante el funcionamiento, los sistemas y procedimientos según realizaciones de la invención también pueden implementar una interfaz de carga útil para conectar un sistema de eliminación de interferencias. El sistema de eliminación de interferencias, según realizaciones de la presente invención, monitoriza la afluencia de nuevos satélites y ajusta los parámetros en consecuencia cuando se detecta una interferencia.

35 En otro aspecto primario, sistemas y procedimientos según la presente invención utilizan o proporcionan al menos un satélite para recibir y transmitir señales en un sistema de comunicaciones por satélite para terminales en movimiento. En una realización particular, el satélite implementa una interfaz de carga útil para facilitar comunicaciones de carga útil con sistemas de abordaje tales como una carga útil regenerativa y un ordenador de abordaje.

40 La interfaz de carga útil, según una realización de un aspecto de la invención, puede comprender puertos de entrada para conectar a diversos sistemas de abordaje, y puertos de salida para conectar a la carga útil del satélite. La interfaz de carga útil puede estar configurada para comunicar tanto con los sistemas de abordaje como con la carga útil del satélite.

45 Según otra realización más de sistemas y procedimientos según la presente invención, un sistema de comunicaciones por satélite se mueve a una banda de frecuencia escasamente poblada y monitoriza en busca de interferencia hacia satélites adyacentes a partir de una señal de enlace ascendente procedente de un terminal del usuario a un satélite diana dentro del sistema de comunicaciones por satélite. Si se detecta dicha interferencia, el sistema puede remediar la interferencia a través de diversas realizaciones de la invención.

#### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

55 Diversos aspectos de los sistemas y procedimientos según la presente invención se describen en las figuras identificadas a continuación y en la siguiente descripción detallada.

60 La figura 1 muestra una antena de comunicaciones por satélite de tamaño estándar que evita interferencias a satélites adyacentes en una banda de frecuencia congestionada con un ser humano mostrado para sugerir la escala.

La figura 2 muestra una antena de comunicaciones por satélite pequeña causando interferencia a satélites adyacentes en una banda de frecuencia congestionada con un ser humano mostrado para sugerir la escala.

65 La figura 3 muestra una antena de comunicaciones por satélite pequeña evitando interferencia a satélites adyacentes en una banda de frecuencia escasamente poblada con un ser humano mostrado para sugerir la escala, según principios de la presente invención.

La figura 4 muestra la pérdida por absorción atmosférica (dB) en función de la frecuencia (GHz).

La figura 5 muestra la atenuación por lluvia (dB) en función de la frecuencia (GHz)

La figura 6a muestra la dimensión de la guía de ondas en función de la frecuencia (GHz).

La figura 6b muestra un diámetro mínimo de antena requerido para operaciones libres de interferencias en un segmento de satélite con 2° de separación entre satélites cercanos en función de la frecuencia (GHz).

La figura 7 muestra atenuación por lluvia (dB) y longitud de onda (cm) en función de la frecuencia (GHz).

La figura 8 muestra una interfaz de carga útil con componentes relacionados en una realización de un aspecto de la presente invención.

La figura 9 muestra componentes básicos para medir niveles de interferencia hacia satélites cercanos en la señal de satélite de enlace ascendente.

La figura 10 muestra, en forma de diagrama de flujo, etapas asociadas con realizaciones según diversos aspectos de la presente invención.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA

Esta descripción, incluyendo las figuras, describe realizaciones que ilustran diversos aspectos de la presente invención. Estas realizaciones no pretenden limitar, y no limitan, el alcance de la invención a detalles particulares.

Las diversas entidades identificadas en las figuras y descritas en el presente documento pueden utilizar, cada una, uno o más procesadores informáticos, y los procesadores informáticos de cada entidad pueden estar configurados para comunicarse con los procesadores informáticos de una o más de las otras entidades para llevar a cabo los procedimientos de la presente invención.

Los sistemas y procedimientos según la presente invención abordan, al menos en parte, una solución a las desventajas de sistemas por satélite existentes que usan terminales sobre la marcha y móviles. Algunas características y ventajas asociadas con la presente invención pueden incluir: antenas más pequeñas (por ejemplo, área de apertura con diámetro menor de 50 cm); comunicación de alta disponibilidad con altas velocidades de datos de transmisión y recepción (por ejemplo, por encima de 0,5 Mbps); formas de onda de estándar abierto para garantizar la disponibilidad a partir de varios proveedores; pago por servicio solamente cuando se use el terminal; ninguna interferencia perjudicial a satélites adyacentes; y bajo coste.

Para posibilitar al menos algunas de las características y ventajas anteriores descritas anteriormente, tomadas en solitario o en combinaciones de algunas o todas de ellas, una solución potencial podría parecer ser usar bandas de mayor frecuencia lo que conduce a una disminución de la longitud de onda y a una disminución correspondiente de la escala de longitud fundamental para los componentes. Sin embargo, tal como se describe a continuación, actualmente no se cree que este enfoque proporcione una alternativa viable para servicios que requieren tanto velocidades de transferencia de datos elevadas como alta disponibilidad, como es típicamente el caso para los servicios sobre la marcha y móviles.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones ("ITU") ha asignado el espectro de radiofrecuencia disponible para diferentes usos y usuarios. Las principales bandas de frecuencia con más de 50 MHz de ancho de banda (nota: se requiere un ancho de banda por encima de aproximadamente 50 MHz para proporcionar ancho de banda elevado para múltiples usuarios dentro de la cobertura de cada haz puntual) reservado para comunicaciones por satélite son banda C, banda X (usuarios gubernamentales y militares), banda Ku y banda Ka. Por encima de la banda Ka, existen varias bandas de satélite más. Sin embargo, actualmente éstas no se consideran opciones viables porque padecen pérdidas por propagación y atenuación por lluvia aún más grandes que la banda Ka.

También es deseable que haya una buena disponibilidad de componentes de radiofrecuencia ("RF") en la banda de frecuencia seleccionada, y que estos componentes tengan un precio razonable. Se cree que ésta es otra razón que descarta frecuencias superiores a la banda Ka. Dado que las bandas de frecuencias superiores no se usan para comunicación comercial, sino principalmente para uso gubernamental e investigación, los componentes no están disponibles a bajo coste. Además, los componentes de la banda X son más caros como resultado de requisitos acentuados y volúmenes más bajos. Por lo tanto, la necesidad de alta disponibilidad de componentes de bajo coste limita las alternativas de banda a la banda C, la banda Ku y la banda Ka.

Aunque la interferencia potencial en satélites adyacentes podría reducirse usando frecuencias por encima de la banda Ku, los efectos atmosféricos y la atenuación por lluvia se vuelven problemáticos. Las **figuras 4 y 5** representan gráficamente la absorción y atenuación por lluvia correspondientes para frecuencias dadas para

conseguir el 99,9% de disponibilidad. Tal como se demuestra mediante estos gráficos, el margen de enlace típico requerido en la banda Ka (27-40 GHz) para conseguir el 99,9% de disponibilidad es mayor del 15 dB en un enlace ascendente de 30 GHz (es decir, aproximadamente 0,5 dB de absorción más aproximadamente 15 dB de atenuación por lluvia). Esto corresponde a un aumento de la potencia de salida en más de 30 veces en el enlace ascendente para mantener un enlace igual, y dichos márgenes no son viables para implementarlos en un terminal móvil. Como solución alternativa temporal, es posible aceptar una tasa de disponibilidad inferior o disminuir el ancho de banda en aproximadamente 30 veces (por ejemplo, de 512 kbps a aproximadamente 16 kbps) durante desvanecimientos por lluvia graves. Aunque esto podría ser aceptable para algunos servicios de Internet, no es aceptable para servicios sobre la marcha y móviles donde el servicio debe estar disponible con una alta probabilidad y con un rendimiento específico (por ejemplo, a 512 kbps es posible transmitir contenido de video en directo, pero no a 16 kbps). Por lo tanto, la banda Ka y frecuencias superiores son inadecuadas para este servicio.

Por otro lado, disminuir la frecuencia a, digamos, la banda C disminuirá la absorción atmosférica y la atenuación por lluvia, pero para generar el mismo rendimiento de datos, da como resultado guías de ondas, antenas y otros componentes más grandes debido a la longitud de onda aumentada. Este fenómeno general se demuestra gráficamente en las **figuras 6a y 6b**. Tal como se ilustra en la **figura 6a**, la dimensión de la guía de ondas aumenta exponencialmente a medida que disminuye la frecuencia para mantener el 99,9% de disponibilidad. La **figura 6b** demuestra que el diámetro mínimo de antena necesario para garantizar operaciones virtualmente libres de interferencias en un segmento de satélite con 2º de separación entre satélites cercanos también aumenta exponencialmente a medida que la frecuencia disminuye.

Para implementar un sistema de satélite con componentes bastante pequeños de bajo coste y alta disponibilidad, la banda Ku puede ser un buen compromiso. Sin embargo, la banda Ku estándar (enlace ascendente 14,0-14,5 GHz) está bastante congestionada y el uso de una antena más pequeña de aproximadamente 50 cm no es posible sin causar interferencia perjudicial hacia satélites adyacentes en la banda, tal como se ilustra en la **figura 2**. Por lo tanto, aunque la banda Ku puede preferirse debido a que representa un compromiso aceptable para los parámetros físicos, puede ser difícil de usar con antenas pequeñas debido a que la banda está generalmente congestionada con satélites existentes.

Los sistemas y procedimientos según la presente invención implementan terminales del usuario con antenas más pequeñas que serán transportadas en diversos vehículos, tanto grandes como compactos, o directamente sobre una persona, tal como en una mochila, para aplicaciones sobre la marcha y móviles. En una realización de la invención, estas antenas tienen un área de apertura con un diámetro menor de 50 cm.

Para implementar dichas antenas más pequeñas con alto rendimiento de datos (por ejemplo, para comunicaciones por voz o aproximadamente de 0,5 a 8 Mbps), pueden usarse frecuencia en la banda Ku (11-18 GHz). En la banda Ku, la longitud de onda es aproximadamente de 2 cm, lo que ajusta la escala de longitud fundamental de guías de ondas, antenas y otros componentes.

Para conseguir alta disponibilidad de enlace, una realización de un aspecto de la invención supera la atenuación por lluvia típica incorporando márgenes de enlace razonables (por ejemplo, hasta 5 dB). Con dichos márgenes de enlace, es posible conseguir disponibilidad de enlace al año del orden del 99,9%.

Una posible razón para operar en la banda Ku se resume en la **figura 7** donde la dimensión fundamental (la longitud de onda) **700** y la atenuación por lluvia típica **702** se muestran en función de la frecuencia para un enlace con el 99,9% de disponibilidad. La **figura 7** muestra las dos curvas **700, 702** que se cruzan en 12-13 GHz, lo que significa que si la frecuencia aumenta o disminuye, una de las curvas se moverá hacia arriba, es decir, lejos de un valor equitativamente favorable. Por lo tanto, la región de cruce indica donde es posible implementar márgenes de enlace razonables mientras se mantiene simultáneamente pequeño el tamaño de componentes estándar.

Además, la colocación de satélites **308** en órbita geoestacionaria u otro tipo de órbita geosíncrona usando una parte del espectro donde no hay o hay muy pocos satélites adyacentes **310** operando en las mismas partes del espectro **300** (+/- la región de interferencia del terminal típica) tal como se ilustra en la **figura 3** podría ser un factor clave para evitar interferencias causadas por el haz más ancho **304** de una antena más pequeña **306**. El uso de dicha banda de frecuencia y equipar al satélite **308** con haces puntuales de transmisión y recepción orientables además de sus capacidades de movimiento global, y una carga útil regenerativa (según sea necesario para cerrar en enlace con antenas pequeñas), puede ayudar a evitar interferencia de satélites adyacentes **302**.

Por lo tanto, una elección ventajosa de banda de frecuencia puede ser 12,75-13,25 GHz para enlace ascendente y 10,7-10,95 GHz, 11,2-11,45 GHz para el enlace descendente. La frecuencia (12,75-13,25 GHz) es usada por enlaces de microondas terrestres y, aunque disponible para comunicaciones por satélite, apenas se usa para ese propósito. Las razones por las que esta banda de frecuencia está relativamente subdesarrollada son parcialmente reglamentarias y parcialmente debidas al solapamiento con enlaces de microondas terrestres. El entorno normativo hace difícil lanzar un satélite en base comercial con un diseño de satélite y un modelo de negocio tradicional debido a que típicamente la base de clientes no será lo suficientemente grande para sostener un modelo de negocio sólido. Sin embargo, para un servicio de nicho con una pequeña plataforma satelitaria y cierta flexibilidad es posible operar

a nivel comercial en estas condiciones.

Dado que la banda de frecuencia también es manejada mediante enlaces de microondas terrestres, el equipo para este mercado se produce en grandes volúmenes (en comparación con las bandas solamente para comunicación por satélite), haciendo posible utilizar componentes de microondas de bajo coste. Por lo tanto, realizaciones de la invención permiten el diseño y la fabricación de terminales pequeñas de bajo coste que proporcionan un servicio con elevado ancho de banda, bajo coste y alta fiabilidad. Además, los tamaños de antena usados para los enlaces de microondas se comportan bien con un tamaño propuesto para el servicio por satélite (es decir, menos de 50 cm). En otra realización de la invención, estos componentes de enlace de microondas son reutilizados para enlaces de comunicación por satélite diseñando el sistema para que se adapte a este tipo de equipo. Al hacer esto, esta realización de la presente invención puede permitir, además, el desarrollo de terminales de comunicación por satélite pequeños y de bajo coste.

En otra realización de la invención, se adopta el procedimiento de facturación usado actualmente por FSS. Dado que esta realización usa la banda Ku en oposición a la banda L, que a la inversa tiene un espectro de satélite accesible total limitado, el coste típico para el mismo procedimiento de facturación no debe considerarse un impedimento.

Un componente importante de una realización de la presente invención es el uso de una carga útil regenerativa en los satélites del sistema. Una carga útil regenerativa puede mejorar el presupuesto de enlace, permitir la comunicación en malla entre terminales (es decir, conexión directa del terminal A al terminal B sin pasar a través de un centro de distribución con base en tierra), ahorrar ancho de banda debido a la trayectoria de comunicación directa entre terminales, y acortar el tiempo de retardo en el enlace que facilita la comunicación interactiva, incluyendo comunicación TCP-IP.

En otra realización de la invención, los terminales del usuario utilizan haces de recepción de alta sensibilidad junto con la carga útil regenerativa en los satélites del sistema para una reducción adicional de los niveles de interferencia hacia satélites cercanos.

En otra realización más de la invención, la carga útil regenerativa podría desarrollarse adicionalmente de modo que los terminales en tierra son compatibles con tecnología de teléfonos móviles de alta velocidad de datos, permitiendo el uso de formas de onda de estándar abierto y terminales que también usan tecnología de muy bajo coste y fácilmente disponible en el lado del modem y la banda base. Esto puede implementarse colocando una estación base de telefonía móvil en órbita a bordo de un satélite del sistema con adaptaciones al enlace del satélite, que puede incluir tiempos de retardo, escenarios de desvanecimiento típicos, y cancelación de eco. Esta carga útil también podría conectarse de forma cruzada a una parte de comunicaciones por satélite estándar de la carga útil (tal como una DVB-RCS o DVB/S2-RCS regenerativa), que permitiría al equipo comunicaciones por satélite típico interconectar con la estación base del teléfono móvil directamente en el satélite. Combinar estas características en un sistema de comunicaciones por satélite permitiría el diseño de un terminal de comunicaciones por satélite completo reutilizando productos estándar de la industria de la telefonía móvil y enlaces de microondas. Esto da como resultado una reducción del precio del terminal de comunicaciones por satélite en un factor de hasta 10 en comparación con los terminales de comunicaciones por satélite menos caros disponibles hoy (aproximadamente 2000 dólares estadounidenses para un terminal VSAT).

En referencia a la **figura 8**, otra realización de la invención implementa una interfaz de carga útil para facilitar la comunicación de carga útil con diversos sistemas de abordaje **800**. Según una realización, un dispositivo de interfaz **812** está conectado a una parte de la carga útil regenerativa **806**, tal como la plataforma regenerativa **806** que abarca la matriz de desmodulación **808**, el procesador de abordaje **816** y el modulador **826**. Esta interfaz de carga útil ("PLI") **812** también puede usarse para conectar diferentes aplicaciones **804**, **809**, **810**, **814** a la carga útil **806** para facilitar la transferencia de tipos de datos, en caso contrario incompatibles, a y desde la carga útil **806**. Por ejemplo, la PLI podría usarse para añadir y conectar una medición y analizador de interferencia **804**, diversos equipos de comunicación de abordaje **809**, o sistemas sensores **810** a la carga útil **806**. Adicionalmente, la PLI **812** podría, como interfaz general, adaptarse fácilmente para otro equipo **814** que puede necesitar conectarse a la carga útil del satélite **806**. Esto facilitaría una interconexión entre el satélite y otra información del equipo de abordaje **814** a transferir a través de la PLI **812** a la carga útil **806** y finalmente abajo hasta una estación receptora en tierra.

Una realización de la función de medición y analizador de interferencia **804** se ilustra en la **figura 9**. Si se produce una situación de interferencia, el sistema de satélite detectará y eliminará la interferencia usando el sistema de eliminación de interferencias implementado **900**. Este sistema **900** implica varias acciones posibles para evitar y eliminar la interferencia. Después de que la señal de enlace ascendente **902** es recibida por el receptor **904**, la señal es desmodulada **908** para recuperar mediciones paramétricas de enlace ascendente **910** que son transmitidas mediante la PLI **912** a un ordenador de abordaje **914**. Después de la desmodulación **908**, un procesador de abordaje **916** extrae información del terminal del usuario (no se muestra) **918** rastreando la frecuencia y la temporización de la interferencia y de manera similar transmite la información mediante la PLI **912** a un ordenador de abordaje **914**, que puede formar parte de una plataforma informática endurecida de espacio global **932**. Usando las mediciones paramétricas de enlace ascendente **910**, el ordenador de abordaje **914** usa el ancho de banda de la señal y la relación de señal con respecto a ruido ( $E_b/N_0$ ) **920** (que puede convertirse en una relación de portador con respecto a ruido,



C/N) para determinar si hay interferencia de un satélite adyacente. La identificación del terminal del usuario de origen **922** es recuperada por el ordenador de abordo **914** y empaquetada con un estado de interferencia **924**. el informe de estado de interferencia resultante **936** es transmitido a continuación de vuelta al componente de procesador de abordo **916** de la plataforma regenerativa **906** que abarca la matriz de desmodulación **908**, el procesador de abordo **916** y el modulador **926**, mediante una interfaz de salida **934**.

Según una realización de la invención, después de que la señal recibida es remodulada **926** y transmitida **928** mediante una señal de enlace descendente **930** a un terminal diana (no se muestra), la identificación del estado de interferencia y el terminal del usuario de origen **924** también es enviada a través de una señal de enlace descendente **930** a un centro de control del satélite independientemente de si se detecta o no interferencia. En otra realización, la identificación del estado de interferencia y el terminal del usuario de origen **924** es enviada solamente a un centro de control del satélite si se detecta interferencia.

Si el centro de control de la red recibe aviso de un terminal de origen interferente, el centro de control del satélite puede remediar la interferencia realizando una o más de las siguientes acciones: apagar el terminal o terminales interferentes; cambiar los parámetros de transmisión; cambiar la cobertura del haz en tierra; cambiar la frecuencia del tráfico afectado; o mover el satélite a una nueva posición orbital.

La implementación global de una realización de un procedimiento según la presente invención se ilustra en la **figura 10**. En primer lugar, los parámetros del sistema, incluyendo terminales del usuario con antenas pequeñas, disponibilidad de enlace elevada, velocidades de datos elevadas y componentes de bajo coste, se establecen **1000**. Tal como se ha explicado anteriormente, solamente se seleccionan las frecuencias de la banda Ku **1002** para una realización de la invención dado que el uso de la banda C **1004** requeriría antenas más grandes **1006**, la banda X **1008** no tiene componentes de bajo coste **1010**, y la banda Ka **1012** tiene baja disponibilidad de enlace **1014**. Si existe interferencia de un satélite adyacente **1016**, se usa un intervalo de banda de frecuencia particular dentro de la banda Ku, tal como 12,75-13,25 GHz, con menos satélites adyacentes para la señal de enlace ascendente **1026**. Después de que las operaciones han comenzado **1018**, el sistema sigue monitorizando en busca de interferencia de satélite **1020**, y si la detecta, el sistema de eliminación de interferencias **900**, **1022** remedia la interferencia mediante el procedimiento detallado anteriormente. En caso contrario, las operaciones continúan **1024**.

Otros objetos, ventajas y realizaciones de los diversos aspectos de la presente invención serán evidentes para los expertos en la materia de la invención y están dentro del alcance de la descripción y las figuras adjuntas. Por ejemplo, aunque sin limitación, podrían reorganizarse elementos estructurales o funcionales, o etapas del procedimiento reordenarse, de forma consistente con la presente invención. Análogamente, procesadores o bases de datos pueden comprender un único ejemplo o una pluralidad de dispositivos acoplados mediante una red, bus de datos u otra trayectoria de información. Análogamente, principios según la presente invención, y sistemas y procedimientos que los realizan, podrían aplicarse a otros ejemplos que, aunque no estén descritos específicamente en detalle en el presente documento, estarían sin embargo dentro del alcance de la presente invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de comunicaciones por satélite para terminales móviles, comprendiendo el sistema:
  - 5 un satélite configurado para recibir una señal de enlace ascendente de y transmitir una señal de enlace descendente a uno o más terminales móviles en una red de comunicaciones por satélite, **caracterizado porque** el uno o más terminales móviles comprenden una antena pequeña que tiene un área de apertura no mayor que el área de una apertura de antena con un diámetro menor de 50 cm, y en el que el satélite comprende
    - 10 una carga útil regenerativa **(806)**,  
un desmodulador para desmodular la señal de enlace ascendente recibida por el satélite,  
un ordenador de abordo **(914)**, y  
una interfaz de carga útil,
    - 15 en el que la interfaz de carga útil está acoplada a la carga útil regenerativa **(806)**, el ordenador de abordo **(914)** y un sistema de eliminación de interferencias de abordo **(900, 1022)** para permitir un análisis de interferencia de abordo de la señal de enlace ascendente después de que ha sido desmodulada.
  - 20 2. El sistema según la reivindicación 1, que comprende además un terminal del usuario que comprende una antena configurada para enviar la señal de enlace ascendente al satélite y/o un terminal diana que comprende una antena configurada para recibir la señal de enlace descendente procedente del satélite.
  - 25 3. El sistema según la reivindicación 2, en el que componentes de microondas son utilizados por el terminal del usuario y/o por el terminal diana.
  4. El sistema según la reivindicación 2, en el que el terminal del usuario y/o el terminal diana está configurado para comunicaciones móviles y/o para comunicaciones sobre la marcha.
  - 30 5. El sistema según la reivindicación 1, en el que la carga útil regenerativa está configurada para usar formas de onda de estándar abierto.
  6. El sistema según la reivindicación 5, en el que el satélite comprende además una estación base de telefonía móvil de abordo.
  - 35 7. El sistema según la reivindicación 1, en el que la carga útil regenerativa **(806)** comprende una estación base de telefonía móvil.
  8. El sistema según la reivindicación 1, en el que la interfaz de carga útil está acoplada a al menos uno del grupo constituido por (i) el equipo de comunicación de abordo, (ii) los sistemas sensores, y (iii) otro equipo de satélite.
  - 40 9. El sistema según la reivindicación 1, en el que el sistema de eliminación de interferencias **(900, 1022)** está configurado para detectar una interferencia de un satélite adyacente y generar un estado de interferencia.
  - 45 10. El sistema según la reivindicación 9, en el que el sistema de eliminación de interferencias **(900, 1022)** está configurado para transmitir el estado de interferencia a un centro de control del satélite solamente si el estado de interferencia indica que la señal de enlace ascendente está interfiriendo potencialmente con satélites adyacentes.
  - 50 11. El sistema según la reivindicación 9, en el que el sistema de eliminación de interferencias **(900, 1022)** realiza al menos uno del grupo constituido por (i) apagar el terminal del usuario, (ii) cambiar los parámetros de transmisión, (iii) cambiar la cobertura del haz, (iv) cambiar la frecuencia del tráfico de señalización afectado, y (v) mover el satélite a otra posición orbital, si el estado de interferencia indica que la señal de enlace ascendente está interfiriendo con satélites adyacentes.
  - 55 12. Un procedimiento de implementación de un sistema de comunicaciones por satélite para terminales móviles, que comprende las etapas de:
    - 60 proporcionar un satélite configurado para recibir una señal de enlace ascendente de y transmitir una señal de enlace descendente a uno o más terminales móviles en una red de comunicaciones por satélite, en el que los uno o más terminales móviles comprenden una antena pequeña que tiene un área de apertura no mayor que el área de apertura de la antena con un diámetro menor de aproximadamente 50 cm, comprendiendo el satélite:
      - 65 una carga útil regenerativa **(806)**,  
un desmodulador para desmodular la señal de enlace ascendente recibida por el satélite,  
un ordenador de abordo **(914)**, y

una interfaz de carga útil,  
en el que la interfaz de carga útil está acoplada a la carga útil regenerativa **(806)**, el ordenador de abordo **(914)** y un sistema de eliminación de interferencias de abordo **(900, 1022)** para permitir un análisis de interferencia de abordo de la señal de enlace ascendente después de que ha sido desmodulada.

5 13. Un procedimiento de manejo de un sistema de comunicaciones por satélite para terminales móviles, en el que el sistema de comunicaciones por satélite comprende:

10 un terminal del usuario móvil que comprende una antena pequeña que tiene un área de apertura no mayor que el área de una apertura de antena con un diámetro menor de 50 cm, y

15 uno o más satélites que tienen una carga útil regenerativa **(806)**, un desmodulador para desmodular una señal de enlace ascendente enviada por el terminal del usuario móvil y recibida por el satélite, un ordenador de abordo **(914)** y una interfaz de carga útil,

en el que la interfaz de carga útil está acoplada a la carga útil regenerativa **(806)**, el ordenador de abordo **(914)** y un sistema de eliminación de interferencias de abordo **(900, 1022)** para permitir un análisis de interferencia de abordo de la señal de enlace ascendente después de que ha sido desmodulada, y

20 comprendiendo el procedimiento las etapas de:

ajustar el sistema de comunicaciones por satélite de una primera banda de frecuencia a una segunda banda de frecuencia que está menos poblada que la primera banda de frecuencia;  
25 monitorizar en busca de interferencia hacia satélites adyacentes a partir de la señal de enlace ascendente; y  
remediar la interferencia si se detecta interferencia a satélites adyacentes a partir de la señal de enlace ascendente.

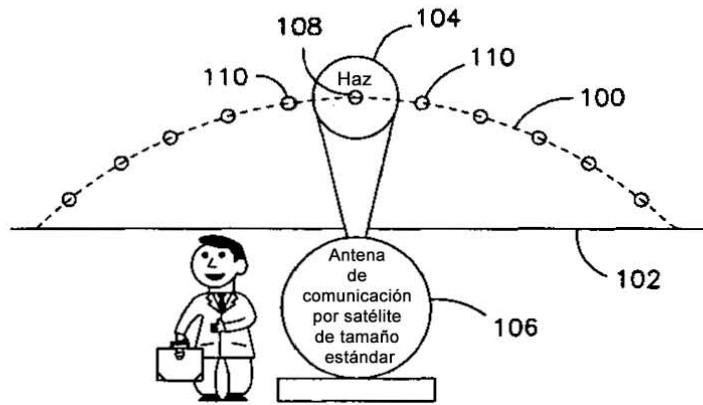
30 14. Una interfaz de carga útil para su uso en un satélite regenerativo, comprendiendo la interfaz de carga útil:

un puerto de entrada para conectar a una aplicación de abordo del satélite;

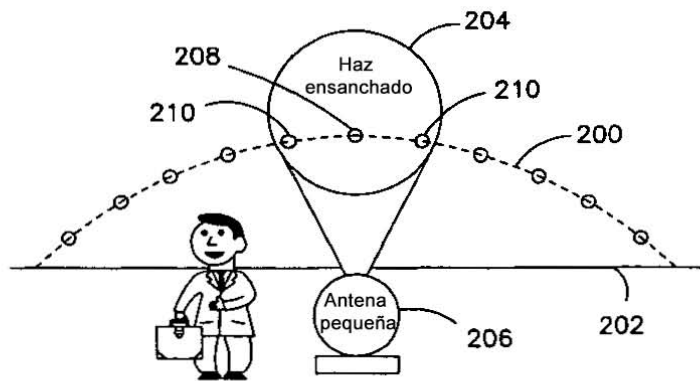
35 uno o dos procesadores configurados para comunicar tanto con la aplicación de abordo del satélite como con una carga útil regenerativa de abordo del satélite;

40 un puerto de salida para conectar a la carga útil de abordo del satélite, en el que la aplicación de abordo del satélite comprende al menos un sistema de eliminación de interferencias y el procesador está configurado para transmitir mediciones paramétricas de una señal de enlace ascendente recibida por y desmodulada abordo del satélite a partir de la carga útil regenerativa al sistema de eliminación de interferencias para un análisis de interferencia.

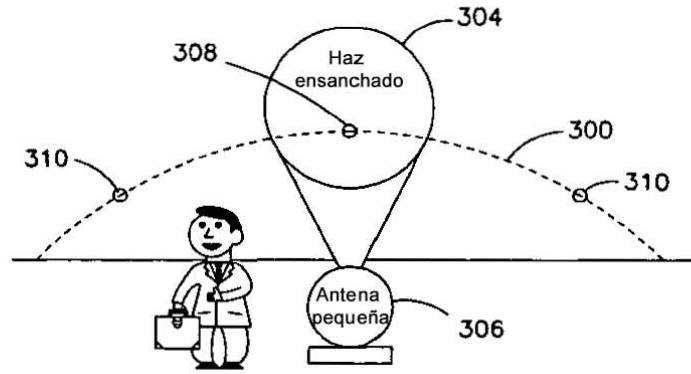
45 15. La interfaz de carga útil según la reivindicación 14, en la que la aplicación de abordo del satélite comprende, además, al menos uno del grupo constituido por (i) un equipo de comunicación de abordo, (ii) un sistema sensor, y (iii) otro equipo de satélite.



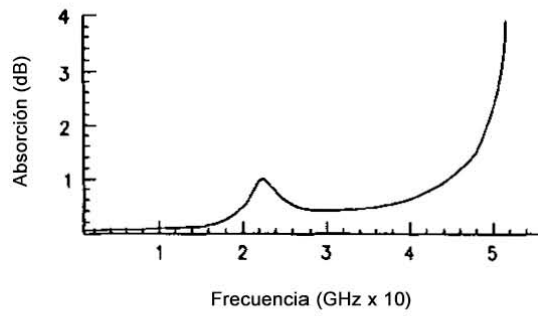
**FIG. 1**  
ESTADO DE LA TÉCNICA



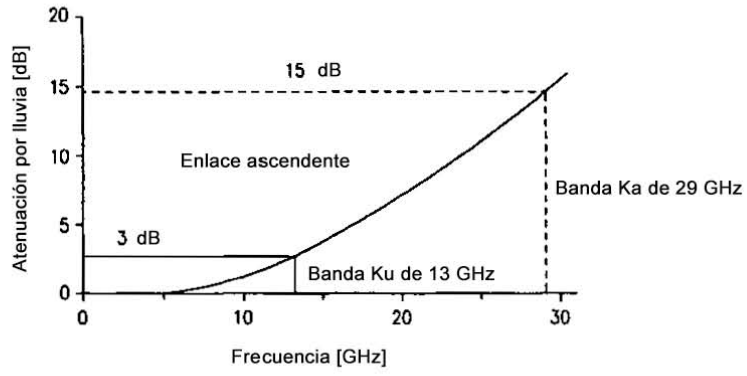
**FIG. 2**  
ESTADO DE LA TÉCNICA



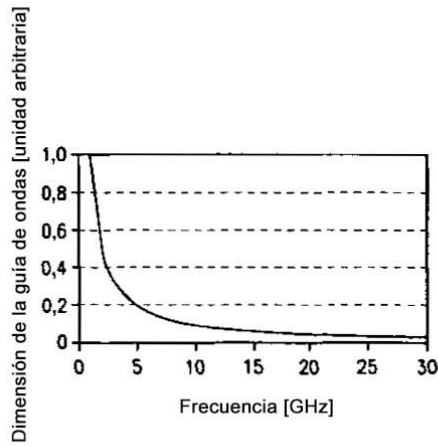
**FIG. 3**



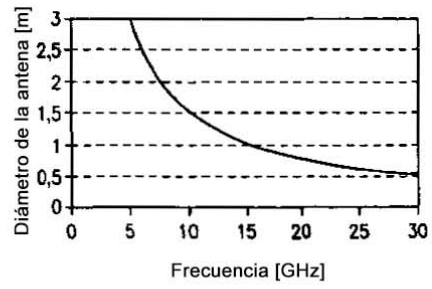
**FIG. 4**



**FIG. 5**



**FIG. 6a**



**FIG. 6b**

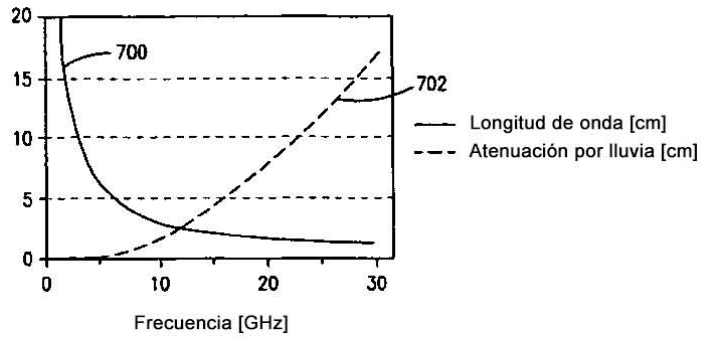


FIG. 7

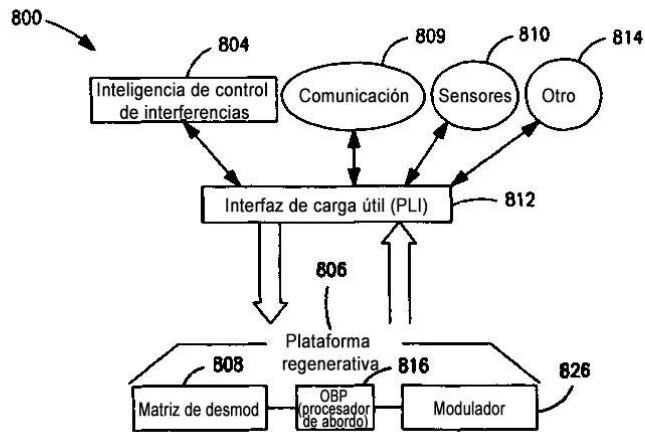


FIG. 8

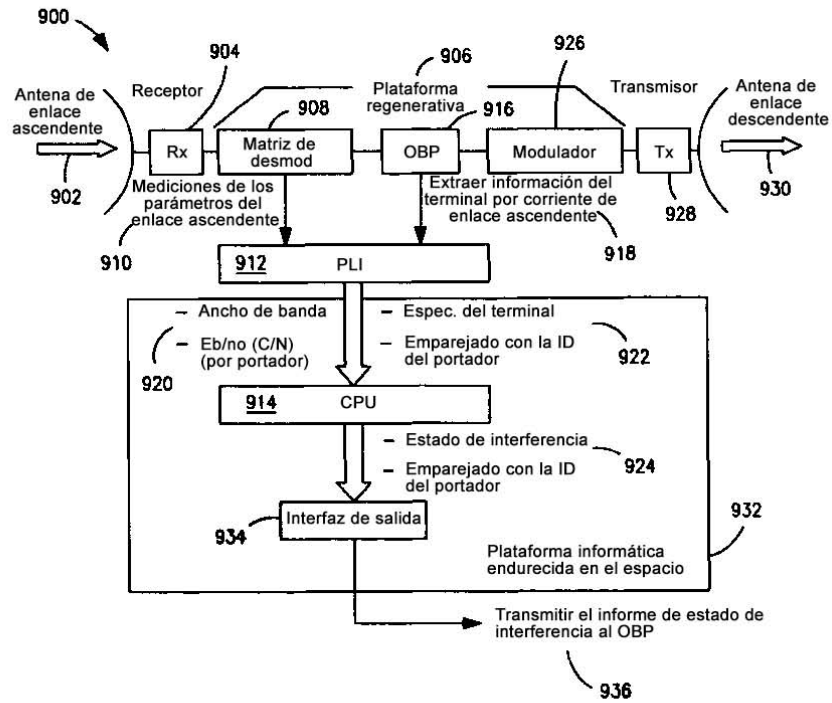


FIG. 9



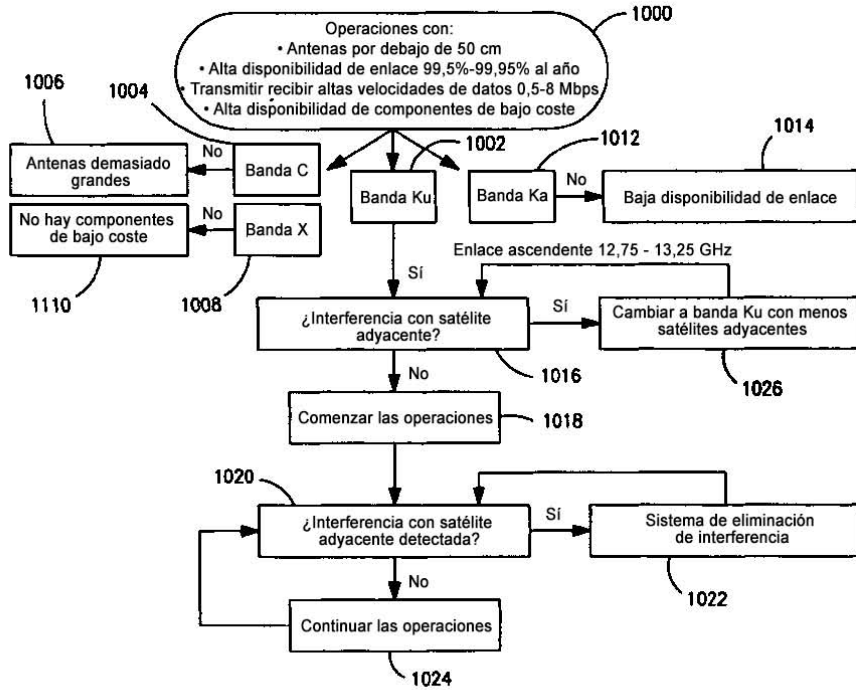


FIG. 10