

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 391**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/185** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.02.2014 PCT/EP2014/000391**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.08.2014 WO14124753**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2014 E 14713376 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.06.2018 EP 2957047**

54 Título: **Método para cambiar las comunicaciones de un terminal ubicado en una plataforma móvil de un primer a un segundo haz de antena de satélite**

30 Prioridad:

**13.02.2013 US 201361764040 P**

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

**02.10.2018**

73 Titular/es:

**OVERHORIZON AB (100.0%)  
P.O. Box 6069  
17106 Solna, SE**

72 Inventor/es:

**LEJNELL, KENNET;  
GEROW, JAMES y  
EKBERG, PÅL**

74 Agente/Representante:

**FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás**

ES 2 684 391 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

Método para cambiar las comunicaciones de un terminal ubicado en una plataforma móvil de un primer a un segundo haz de antena de satélite

5

**Antecedentes de la invención**

Muchas aerolíneas ofrecen a los pasajeros la posibilidad de conectarse a comunicaciones inalámbricas durante el vuelo, tal como usar un ordenador portátil personal o tableta para acceder a páginas web o servicios de correo electrónico. Estas comunicaciones inalámbricas pueden tener lugar mediante wifi y mediante un enlace de satélite a una antena de puerta de enlace terrestre.

10

En la comunicación que usa un terminal ubicado en una plataforma móvil (tal como una aeronave) que abarca grandes distancias, el uso de satélites convencionales que tienen cobertura de haz ancho puede proporcionar una conexión continua durante un periodo de tiempo extenso. Cuando se cambia de un satélite a otro, o para satélites de haces múltiples, de un haz de satélite a otro, la conexión puede perderse, y, normalmente, este periodo inactivo es del orden de minutos. Aunque pueden llevarse a cabo comunicaciones intercontinentales y continentales continuas con satélites de haz ancho con un número limitado de cambios de satélite, una desventaja de los haces anchos es que proporcionan una baja densidad de potencia baja y una baja sensibilidad ya que la energía se propaga/recibe desde una zona amplia, lo que hace imposible soportar velocidades de datos elevadas en la plataforma móvil que usa antenas pequeñas.

15

20

Generalmente, un satélite de haz de múltiples puntos tiene una densidad de potencia elevada y una sensibilidad elevada con una región de cobertura amplia, pero la cobertura amplia se define por un gran número de haces diferentes. Los haces colindantes deben usar diferentes condiciones de red tales como frecuencias y/o polarización con el fin de reducir la interferencia entre haces, y los haces individuales tendrán un tamaño de haz puntual pequeño. El tamaño de haz puntual pequeño provocará una necesidad frecuente de moverse de un haz a otro, y ya no resulta aceptable perder la comunicación durante tales cambios.

25

Aunque algunos de los cambios de haz pueden planificarse previamente antes del viaje, tal planificación previa puede ser muy complicada porque los retrasos en el vuelo, los cambios de itinerario y las condiciones climáticas pueden afectar la ruta de viaje planificada. Si el terminal móvil viaja al interior de los haces que no se planificaron previamente, se necesita una coordinación rápida con el operario de satélite para garantizar comunicaciones continuas. Como el operario de satélite no sabe en todo momento qué frecuencias pueden estar disponibles en cada haz, la planificación previa es, por tanto, compleja y muy ineficaz. El operario de satélite no quiere reservar frecuencias en haces particulares a menos que estas frecuencias se hayan pagado, eliminándolas de este modo del uso general y provocando un uso ineficaz del espectro, así como aumentando significativamente los costes de servicio. Si la planificación de ruta se lleva a cabo mucho antes del viaje real, la planificación previa de qué frecuencias de satélite usar se hace incluso más difícil y las comunicaciones se hacen incluso más costosas ya que tiempos de espera más largos pueden dar como resultado cambios adicionales, tanto en el entorno como en el satélite.

30

35

40

Ahora se describirán las características técnicas de una conexión de satélite cuando se mueve de un haz a otro con referencia a la figura 1. La figura 1 ilustra un usuario móvil ubicado en una aeronave que se comunica mediante un satélite a una antena de puerta de enlace terrestre (GW), y el usuario móvil abandonará una zona de cobertura (haz 1, que abarca Estados Unidos) y entrará en otra zona de cobertura (haz 2, que abarca Europa).

45

Cuando se conmuta del haz 1 al haz 2, en primer lugar el usuario normalmente perderá una conexión al haz 1 y entonces tendrá que reestablecer una conexión al haz 2. Esta reconexión puede ser un proceso bastante complicado, y la línea de comunicación se encontrará inactiva hasta que pueda establecerse la conexión al segundo haz. En un entorno de haces múltiples en el que el diámetro de haz en tierra es pequeño, este problema de reconexión aumenta ya que la plataforma móvil necesitará cambiar haces bastante a menudo, especialmente cuando se mueva rápidamente tal como durante el vuelo. Cuando la plataforma móvil entra en la región de solapado de haces en la que tendrá que gestionarse un conmutador de haz, el tiempo real que tarda en cambiarse de una conexión buena a una conexión perdida es pequeño.

50

55

Un parámetro importante para sistemas de haces múltiples es el aislamiento entre haces y, con el fin de conseguir un aislamiento elevado, es necesario definir el límite de cobertura más abajo en el lóbulo en comparación con el límite óptimo teórico de ganancia de cobertura. Este fenómeno se ilustra en la figura 2, que muestra un patrón de antena a modo de ejemplo para una antena reflectora parabólica. El límite de haces de múltiples puntos se define en 7 dB por debajo del pico de haz (línea horizontal superior). El contorno de ganancia superior 1 dB, con respecto al límite de ganancia de cobertura, se indica mediante la línea horizontal inferior y la distancia angular en el límite es de 0,05°, que en nadir es de aproximadamente 19 millas (31 km). Una aeronave que viaja a una velocidad de 530 mph (850 km/h) tarda un poco más de 2 minutos en recorrer esta distancia, y por tanto se necesita un cambio de haz oportuno.

60

65

Para un haz de cobertura de puntos múltiples en el que el límite de cobertura se define en  $0,5^\circ$  (aproximadamente el tamaño de los puntos en el sistema Eutelsat Ka-Sat), la región en la que la ganancia cae 1 dB es de solamente 7 millas (11 km) y el tiempo correspondiente para que un aeroplano viaje esta distancia es de aproximadamente 46 segundos.

5 Por consiguiente, existe una necesidad no cubierta de cambio automático rápido de haces de satélite mediante terminales ubicados en plataformas móviles al tiempo que se mantienen comunicaciones continuas.

10 El documento WO 2004/073229 da a conocer un sistema para el cambio automático de una señal de comunicaciones de un terminal de un primer haz de satélite a un segundo haz de satélite. El terminal puede estar ubicado en una plataforma móvil.

### Breve descripción de la invención

15 La presente invención tiene por objeto abordar los problemas anteriores asociados con comunicaciones por satélite. Según la presente invención, se proporciona un sistema para el cambio automático de una señal de comunicaciones de un terminal ubicado en una plataforma móvil de un primer haz de satélite a un segundo haz de satélite. El sistema comprende componentes tales como un conmutador de enlace ascendente para la recepción de la señal de comunicaciones; un conmutador de enlace descendente para la transmisión de comunicaciones; e instrucciones informáticas para determinar el momento óptimo para la ejecución de cambio de haz.

20 El conmutador de enlace ascendente comprende elementos tales como una carga útil regenerativa que comprende al menos un desmodulador para extraer información recibida en los satélites, y un procesador a bordo para procesar datos; y una matriz de cambio y/o un canalizador para cambiar un canal de datos de enlace ascendente del primer haz de satélite al segundo haz de satélite.

25 El conmutador de enlace descendente comprende elementos tales como una carga útil regenerativa que comprende al menos un modulador para codificar una señal de datos para enviarla desde los satélites, y un procesador a bordo (OBP) para procesar datos; una matriz de cambio y/o un canalizador para cambiar un canal de datos de enlace descendente del primer haz de satélite al segundo haz de satélite; y al menos dos desmoduladores con una funcionalidad de cambio correspondiente en el terminal.

30 La matriz de cambio y/o el canalizador del conmutador de enlace ascendente están configurados para cambiar el canal de datos de enlace ascendente del primer haz al segundo haz en un circuito desmodulador de carga útil regenerativa habitual de manera sincronizada simultáneamente con un conmutador de frecuencia correspondiente en el enlace ascendente de terminal.

35 Otro aspecto de la presente invención se refiere a un método para usar el sistema anterior para cambiar una señal de comunicaciones de un terminal ubicado en una plataforma móvil de un primer haz de satélite a un segundo haz de satélite. El método comprende determinar un momento para la iniciación de un cambio de haz del primer haz de satélite al segundo haz de satélite; ejecutar un primer cambio de haz del primer haz de satélite al segundo haz de satélite; y ejecutar un segundo cambio de haz del primer haz de satélite al segundo haz de satélite, en el que los cambios de haz primero y segundo se realizan usando una matriz de cambio.

40 La invención también es capaz de manejar cambios de haz en cualquier orden. Por ejemplo, el primer cambio de haz puede ser un cambio de haz de enlace ascendente y el segundo cambio de haz puede ser un cambio de haz de enlace descendente. Alternativamente, el primer cambio de haz puede ser un cambio de haz de enlace descendente y el segundo cambio de haz puede ser un cambio de haz de enlace ascendente.

45 La invención puede determinar la calidad de conexión de un posible cambio de haz antes de completar el cambio de haz. Es decir, la invención examina la calidad de la conexión al segundo haz de satélite antes de un cambio de haz. Si la calidad de conexión es alta, (por ejemplo, si existen pocas posibilidades de una caída de la conexión tras el cambio al segundo haz), la invención se someterá al cambio de haz. Si la calidad de la conexión al segundo haz está por debajo de un umbral predeterminado, por ejemplo, debido al ruido, la invención no se someterá al cambio de haz y volverá al primer haz de satélite. De esta manera, la invención pretende mantener una conexión de alta calidad para minimizar cortes o interrupciones de cobertura.

Los primer y segundo haces pueden emitirse mediante el mismo satélite o mediante dos satélites independientes.

50 El conmutador de enlace descendente puede configurarse para comprender dos desmoduladores, en el que el primer desmodulador capta una señal de enlace descendente del primer haz y el segundo desmodulador capta una señal de enlace descendente del segundo haz.

55 Una aplicación de usuario en el terminal puede conectarse o bien al primer desmodulador o bien al segundo desmodulador, el que esté activo con respecto a la conexión de flujo de tráfico de aplicación, a través de un conmutador que puede controlarse mediante órdenes, un conmutador no manual conectado al software de control

que controla el hardware del conmutador. Una realización de este tipo permite un control fácil del procedimiento de cambio de haz.

5 Cada satélite puede estar equipado con un motor de software y una función de control conectados a procesadores a bordo y matrices de cambio y/o canalizadores respectivos. Similarmente, el terminal puede estar equipado con un motor de software y una función de control de terminal, y los motores de software y las funciones de control respectivos del sistema pueden sincronizarse entre sí y configurarse para generar y transmitir la orden de cambio para ejecutar el cambio de la señal de comunicaciones. Tales realizaciones permiten una sincronización eficaz de un cambio de haz.

10 En una realización, el sistema puede generar la orden de cambio a bordo del satélite y enviar la orden de cambio al terminal para la ejecución. El sistema también puede generar la orden de cambio en el terminal y transmitir la orden de cambio a uno o más satélites para la ejecución. La orden de cambio puede configurarse para contener información específica para sincronizar o programar el momento de un cambio de haz, y esta programación del momento se proporciona a los componentes del sistema para la preparación del cambio de haz.

15 El terminal puede configurarse para solicitar un cambio de haz basándose en su ubicación y en condiciones locales. Es decir, si el terminal espera que la señal de haz actual se debilite por cualquier motivo, tal como condiciones climáticas pésimas u otras condiciones atmosféricas, el terminal puede solicitar un cambio de haz a una señal más fuerte.

20 El sistema también puede configurarse para responder a las entradas procedentes de sensores en la tierra y de la información recibida del OBP y/o de un centro de operaciones de red para la mejora de la cobertura de satélite. Por ejemplo, el sistema puede configurarse para aumentar la capacidad de señal cambiandocambiando potencia adicional, moviendo haces adicionales en una zona de servicio deseada o añadiendo ranuras de frecuencia en determinadas regiones. El sistema reconoce esta capacidad de señal recién añadida y ejecuta un cambio automático de haz de satélite según sea necesario en respuesta a tal capacidad de señal recién añadida.

25 El sistema también puede configurarse para recopilar información sobre asuntos que afecten a las condiciones de señal procedente de diversas fuentes, tales como de tráfico de comunicaciones que fluya a través de una red que comprenda el sistema, de un procesador a bordo y de un centro de operaciones de red, y/o de sensores tales como sensores terrestres o sensores atmosféricos, y para informar a usuarios en tiempo real de los mismos. Es decir, el sistema en el satélite puede recopilar información procedente de diversos sensores ubicados en cualquier lugar en la tierra o en la atmósfera para adquirir datos sobre problemas que afecten las condiciones de enlace, tales como las condiciones climáticas y otros efectos locales, y puede informar a usuarios móviles en el sistema, con ningún retardo prácticamente, sobre tales problemas locales. Los usuarios pueden entonces llevar a cabo cualquier acción que sea aconsejable, tal como modificar su ruta, e impidiendo de ese modo la pérdida de comunicación provocada por cualquier posible problema.

30 El sistema también puede configurarse para proporcionar control de vuelo ejecutado desde el satélite que optimice la capacidad de comunicación en todo momento. Es decir, el sistema puede comprender instrucciones informáticas y control de vuelo configurados para mantener una capacidad y una calidad de señal de comunicaciones optimizadas durante el viaje de la plataforma móvil. Con respecto a lo anterior, el sistema está relacionado de manera operativa al sistema de control de vuelo de modo que la plataforma móvil permanece en una trayectoria de vuelo que proporciona calidad de señal óptima.

Otros aspectos y ventajas de la invención se desprenderán de la siguiente descripción.

### 50 Breve descripción de las figuras

La figura 1 ilustra una aeronave que vuela sobre la región atlántica. El satélite está en comunicación con una primera red de satélite (haz 1), y el sistema de comunicación de satélite de la aeronave debe cambiarse a otra red de satélite (haz 2), para mantener una comunicación continua. El cambio de haz debe llevarse a cabo en la región de intersección de haz.

55 La figura 2 muestra un patrón de antena habitual para un sistema reflector parabólico. La figura 2 muestra que la ventana que va de señal buena a caída es corta, y que existe la necesidad de un sistema que pueda hacerse cargo automáticamente de la maniobra de cambio de haz.

60 La figura 3 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una monitorización continua de la necesidad de un cambio de haz según un aspecto de la invención. Cuando aparezca esta necesidad de cambiar haces, el sistema según la presente invención iniciará un procedimiento de cambio de haz.

65 La figura 4 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra un procedimiento a modo de ejemplo según la presente invención para determinar si cambiar primero el enlace ascendente o el enlace descendente, y la secuencia de eventos que debe producirse.

La figura 5 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra la ejecución de cambio de haz en el enlace ascendente, y muestra la programación del momento del cambio de haz y la posibilidad de que haya modificaciones en cuanto a la necesidad de un cambio de haz.

La figura 6 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra la ejecución de cambio de haz en el enlace descendente.

La figura 7a es un diagrama esquemático que ilustra una implementación de hardware a modo de ejemplo según una realización de la invención.

La figura 7b es un diagrama esquemático que muestra la realización de la figura 7a después de que se ha producido el cambio de haz.

La figura 8 ilustra bloques de recepción de terminal según una realización de la invención.

### Descripción detallada de la invención

Aunque la siguiente discusión se refiere a un terminal móvil ubicado en una aeronave para ejemplificar la invención, los principios de la invención pueden aplicarse de igual manera a cualquier plataforma móvil. La invención puede aplicarse a cualquier plataforma móvil que se mueva a una velocidad que haga posible atravesar diferentes haces durante un periodo de días, horas o incrementos de tiempo más cortos.

La presente invención aborda problemas asociados de manera actual con el cambio de un primer haz de satélite a un segundo haz de satélite. El estado de la técnica actual requiere un procedimiento manual complicado que implica tanto al usuario como al personal en la puerta de enlace/NOC durante un cambio de haz. Si el cambio no es satisfactorio, la señal se cae por completo, dejando de ese modo la plataforma móvil sin capacidades de comunicación durante un periodo de tiempo determinado. Tal como se comentó anteriormente, la región que va de un entorno de señal bueno a condiciones de pérdida puede ser pequeña y, por tanto, la ventana de tiempo correspondiente para un cambio de haz es corta y dependerá del tamaño de haz puntual, que, normalmente, es del orden de unos pocos minutos o menos para una aeronave. Puede necesitarse un cambio haz de manera bastante frecuente cuando las plataformas se muevan a través de una red de puntos múltiples. Por consiguiente, los haces de puntos múltiples no proporcionan ventajas particulares durante un viaje a alta velocidad.

Para abordar estos y otros problemas asociados con la técnica anterior, la presente invención proporciona un sistema que detecta y se cambia automáticamente a parámetros de haz nuevos cuando va de un haz a otro, tanto en el lado de enlace ascendente como en el lado de enlace descendente, de manera coordinada y sin dejar caer el enlace de comunicación. El sistema monitoriza la necesidad de un cambio de haz y, cuando el sistema determine que será necesario un cambio de haz, iniciará el procedimiento de cambio de haz. La presente invención se instalará, normalmente, en la fábrica durante la fabricación del satélite.

Para resolver el problema de mantener una comunicación continua a y desde una plataforma móvil cuando se mueva de haz a haz, la presente invención proporciona un sistema de cambio de satélite que tiene una sección de entrada que comprende una matriz de cambio y/o un canalizador, y una carga útil regenerativa que incluye un procesador a bordo (OBP) y un motor de software asociado. En la carga útil regenerativa y en el OBP, las señales se reciben y desmodulan de manera que la corriente de bits transmitidos se queda descubierta para la extracción de información y de órdenes útiles para una acción oportuna a bordo del satélite. El equipo a bordo también proporciona información sobre la calidad de enlace, tal como mediciones de señal con respecto a ruido, por ejemplo, C/No o Eb/No. En la figura 4, se ilustra un diagrama de flujo que muestra el procedimiento de cambio de haz en el enlace ascendente y en el enlace descendente.

Un conmutador es una implementación sencilla de un canalizador porque un conmutador recoge la entrada completa de un transpondedor y cambia esa corriente de datos a un transpondedor de salida particular. Por el contrario, un canalizador funciona en un nivel entre los transpondedores de salida y de entrada y puede recoger una parte de la sección de entrada del transpondedor y dirigirla a cualquiera de los transpondedores de salida, proporcionando de ese modo una mayor flexibilidad en comparación con un conmutador. Un conmutador puede usarse en lugar de un canalizador cuando el fabricante diseñe satélites complejos con transpondedores con ancho de banda pequeño, mientras que los transpondedores con gran ancho de banda estarán acoplados, normalmente, a un canalizador.

Cuando se ha iniciado el procedimiento de cambio de haz, el procedimiento para cambiarse en el enlace ascendente y en el enlace descendente está coordinado por el sistema. El sistema determina, en primer lugar, qué enlace (enlace ascendente o enlace descendente) cambiar. Por ejemplo, si el margen de enlace en el enlace ascendente es más pequeño que el margen de enlace en el enlace descendente, es probable que el enlace ascendente se pierda primero cuando la plataforma móvil se mueva fuera del haz, y por tanto sería preferible cambiar el enlace ascendente primero. En otras situaciones, la calidad de los parámetros de servicio de los diferentes haces o las modificaciones en la ruta de vuelo, puede diferir en los lados de enlace ascendente y de enlace descendente, y estos factores pueden tenerse en consideración cuando se determine la secuencia de cambio de haz. En

determinadas situaciones, la decisión de cambiar haces puede tomarse por un usuario tras la revisión del haz o la calidad de conexión.

Si el cambio de haz no es satisfactorio, el sistema puede cambiarse de vuelta a los parámetros previos para reestablecer el enlace al primer haz para mantener comunicaciones continuas. Entonces el sistema intentará cambiar haces de nuevo, opcionalmente, después de una pausa corta (segundos o milisegundos) para eliminar cualquier memoria intermedia. Ya que tanto los enlaces ascendentes como los enlaces descendentes no se cambian al mismo tiempo, la invención garantiza que uno del enlace ascendente o del enlace descendente siempre estará conectado incluso cuando un cambio de haz no sea satisfactorio. Esta característica de la invención permite que el sistema reestablezca una conexión de enlace ascendente o de enlace descendente perdida.

Debe sincronizarse la modificación de frecuencia en el terminal ubicado en la plataforma móvil con el conmutador en el canalizador en el satélite. Observando en primer lugar el enlace ascendente, cuando el terminal ejecuta un cambio en la frecuencia de transmisión de la frecuencia  $f_0$  a la frecuencia  $f_1$ , la señal viaja del terminal hacia arriba al satélite que está aproximadamente a 36.000 km de Nadir en aproximadamente  $t=(\text{distancia a satélite})/(\text{velocidad de la luz}) = 36000/300000 =$  aproximadamente 120 ms (milisegundos). Cuando la señal de cambio se recibe en el satélite, entonces el canalizador en el satélite realizará el cambio correspondiente. Esta secuencia para el enlace ascendente se ilustra en la figura 5. Si el rumbo o el plan de vuelo ha cambiado de tal manera que la necesidad prevista de un cambio de haz ya no resulta válida, el procedimiento de cambio de haz se interrumpe y el sistema mantiene sus condiciones actuales. En esta realización, los parámetros de comunicación se cambian en primer lugar en el terminal o en la plataforma móvil en  $t= t_0$  y, después de que este cambio se haya propagado hacia arriba al satélite, entonces el cambio se ejecuta en el satélite. El sistema en el terminal puede configurarse para detectar continuamente la presencia de otros haces para posibles cambios, o el sistema puede configurarse para encenderse cuando el sistema espere que la plataforma móvil se encuentre próxima a una región de solapado para un cambio de haz inminente.

La secuencia de ejecución inversa pero correspondiente se ilustra para el enlace descendente en la figura 6. Este procedimiento es muy similar al cambio realizado en el enlace ascendente (figura 5) pero difiere en la secuencia de órdenes de cambio. En la figura 6, el cambio se ejecuta en primer lugar en el satélite y, después de que este cambio se haya propagado hacia abajo al terminal ubicado en la plataforma móvil, entonces se ejecuta el cambio en el terminal. La implementación del cambio dependerá de la implementación particular de la invención y de las aplicaciones previstas.

Para permitir el cambio en el lado de enlace ascendente, la sección de entrada de satélite tiene una matriz de cambio y/o un canalizador para cambiar la señal de enlace ascendente del terminal a un canal de OBP específico en el satélite, incluso cuando la frecuencia de enlace ascendente cambie como resultado de que el usuario se mueva de un haz a otro. La figura 7a ilustra una sección de cambio y/o un canalizador, un procesador a bordo (OBP) y el software e interfaces de control asociados. En la figura 7a, la sección de cambio se establece de manera que la frecuencia  $f_0$  que se recibe en el satélite se conecta al canal de entrada 1, y estos datos pasan a través de la sección de cambio y/o del canalizador y se emiten en el canal de salida 1 que se conecta al canal 1 del procesador a bordo.

En la figura 7b, el enlace de comunicación se ha cambiado de la frecuencia  $f_0$  de haz 1 a la frecuencia  $f_1$  de haz 2. La línea de puntos ilustra que la señal que pasa a través de la sección de cambio se ajusta de manera que las comunicaciones del canal de entrada 2 ahora pasan al canal de salida 1 que permanece conectado de manera constante al canal de OBP 1. Por tanto, desde la perspectiva del OBP, el enlace de comunicación parece exactamente el mismo que antes del cambio de haz ya que la señal se recibe por el canal de OBP 1.

Tal como se ilustra en las figuras 7a y 7b, cuando se cambia del haz 1 a la frecuencia  $f_0$  al haz 2 a la frecuencia  $f_1$  (lo que implica, opcionalmente, polarización), la señal mantiene una conexión constante al mismo canal de OBP (canal 1 en este ejemplo). Una funcionalidad de cambio correspondiente se implementa en el terminal en el lado de enlace descendente.

En una realización, pueden usarse dos desmoduladores y un canalizador/conmutador de haz después de los desmoduladores para mantener la señal activa cambiada en la aplicación. Este cambio se ilustra en la figura 8, que ilustra una realización que muestra los componentes principales del terminal y los bloques relacionados con el enlace descendente. Los bloques de recepción de terminal comprenden un conjunto doble de desmoduladores, un conmutador que puede controlarse, bloques de control y un bucle de control. Los módulos de inteligencia de control se conectan a los desmoduladores para permitir establecer los parámetros de comunicación correctos cuando la plataforma móvil entre en haces nuevos y para monitorizar la calidad de señal recibida. La funcionalidad de terminal correspondiente se implementaría en el lado de enlace ascendente.

Pueden emplearse medios de cambio similares para ambas comunicaciones de enlace ascendente y de enlace descendente, aunque, en determinadas realizaciones, los sistemas de enlace ascendente y de enlace descendente pueden tener diferentes configuraciones y componentes estructurales. Similarmente, de manera congruente con la invención, el hardware de cambio ubicado en el terminal y en el satélite puede ser similar o puede tener una estructura diferente.

Los componentes de la presente invención, tales como la sección de cambio, el canalizador y el procesador a bordo pueden ser convencionales, aunque el sistema, generalmente, se configurará de manera personalizada para cada implementación particular. Ejemplos de proveedores comerciales que venden componentes para su uso en la presente invención incluyen Advantech Wireless (Suwanee, GA) para moduladores terrestres; STM Group (Irvine, CA) para bujes SatLink y módems VSAT; VT iDirect, Inc. (Herndon, VA) para enrutadores de satélite; Thales USA (Arlington, VA), Orbital Sciences (Dulles, VA), Loral Space & Communications (Nueva York, NY), Boeing (Berkeley, MO) y Astrium North America (Houston, TX) para secciones de cambio; Thales Alenia Space North America (Cupertino, CA), Thales Alenia Space Spain (Tres Cantos, Madrid, España), MDA Information Systems (Richmond, Columbia Británica, Canadá) y Astrium para procesadores a bordo; y Boeing y Astrium para canalizadores digitales.

Ejemplos de terminales que son adecuados para su uso en la presente invención incluyen antenas convencionales que se comunican con un satélite, así como las que se diseñan para su uso en movimiento.

Además de los componentes de hardware comentados, la invención también comprenderá las instrucciones informáticas requeridas para permitir que el sistema realice la presente invención. Estas instrucciones informáticas pueden implementarse en forma de código de software almacenado en memorias informáticas no volátiles o volátiles. Alternativamente, las instrucciones informáticas pueden grabarse en hardware, en forma de un chip de circuito integrado (IC) instalado y diseñado de manera personalizada, tal como un circuito ASIC, que comprenda instrucciones de hardware integradas para realizar la invención, o las instrucciones pueden grabarse en un dispositivo de IC reprogramable que permita actualizar las instrucciones de código informáticas integradas con instrucciones nuevas.

Los componentes de hardware de la invención tal como la sección de cambio y los desmoduladores estarán ubicados, generalmente, en la plataforma móvil, mientras que la sección de cambio, el canalizador, el procesador a bordo y las interfaces asociadas basados en espacio estarán ubicados, generalmente, en el satélite. Sin embargo, en determinadas realizaciones de la invención, los componentes pueden estar ubicados o bien en la plataforma móvil o bien en el satélite. Tanto la plataforma móvil como el satélite tienen un motor de software a bordo para realizar la invención.

La programación del momento de cambio de haz puede lograrse mediante diferentes métodos tal como se detalla a continuación. Por ejemplo, la invención puede comunicarse con otros sistemas de satélite para formar una red de retransmisión que rodee el globo, o las señales de comunicación pueden pasarse a otras puertas de enlace terrestres con el fin de reducir la distancia a la que una señal pueda tener que viajar.

#### **Sistema de enlace ascendente para conexión continua**

Al usar entradas tales como la calidad de señal, la altitud, la velocidad y los datos de dirección recibidos desde la plataforma móvil, la presente invención puede calcular cuándo será necesaria un cambio de haz y puede generar una orden de cambio. En una realización de la invención, esta orden de cambio puede generarse a bordo del satélite y enviarse hacia abajo al terminal ubicado en la plataforma móvil. Entonces, el terminal ejecuta el cambio cuando se recibe la orden o después de un retardo predefinido. El cambio de haz correspondiente en el satélite se ejecuta, teniendo en cuenta factores tales como el tiempo que tarda la señal en ir del satélite al terminal, el tiempo que tarda en ejecutarse la orden en el terminal (incluyendo cualquier retardo predefinido) y el tiempo que tarda la señal en ir del terminal hacia arriba al satélite.

Puede lograrse un cambio de haz de enlace ascendente mediante un programa de software a bordo que se conecte con el canalizador/conmutador y con el procesador a bordo. Por consiguiente, se requieren un procesador que aloja el software y una interfaz entre el canalizador/conmutador y el procesador a bordo. Para el enlace descendente, puede emplearse una versión modificada del software usado para el enlace ascendente. Como el haz de enlace descendente, normalmente, está en comunicación con un terminal terrestre, y no con un satélite en órbita, el hardware y software de enlace descendente estarán personalizados, normalmente, para comunicaciones terrestres con el fin de maximizar el rendimiento del enlace de comunicación.

En otra realización de la invención, la orden de cambio puede generarse en el terminal y enviarse hacia arriba al satélite siempre y cuando esté disponible una frecuencia abierta en el segundo haz para el cambio. La orden de cambio puede incluir información para la programación de momento correcta del cambio. Por ejemplo, la orden de cambio puede contener una instrucción de que debe ejecutarse el cambio de  $f_0$  a  $f_1$  inmediatamente tras la recepción. Esta provisión requiere que el intervalo de tiempo entre tramas de señal sea lo suficientemente largo como para permitir la extracción y la ejecución de la orden de cambio antes de que llegue la siguiente trama. De otro modo, pueden ser necesarios retardos adicionales para garantizar que la orden de cambio puede producirse en el momento previsto.

En otra realización de esta invención, cuando los bordes de haz están bien definidos, el sistema puede usar conocimiento en el satélite sobre la velocidad, la dirección y la altitud de la plataforma móvil para permitir que el motor de software a bordo del satélite calcule el tiempo en el que la plataforma cruce el borde al siguiente haz, y por

tanto programar el momento del cambio de manera correspondiente.

También es posible permitir que el terminal solicite un cambio de haz, basándose en las condiciones locales donde esté ubicado el terminal y en el conocimiento previo del sistema del plan de vuelo. Factores que deben incluirse cuando se evalúe la programación de momento de cambio de haz pueden incluir información relacionada con la calidad de servicio en el haz actual, conocimiento previo sobre un cambio de maniobra rápido que no se haya predicho mediante extrapolación lineal o una ruta predefinida conocida solo de manera local. Si existe espacio de comunicación libre en el haz solicitado, entonces el terminal tendrá libertad para cambiarse al segundo haz. El sistema a bordo, opcionalmente en conexión con un centro de operaciones de red terrestre (NOC), reconoce el cambio de haz. El cambio puede iniciarse mediante una orden de cambio enviada desde el terminal en una trama que contenga instrucciones de que un cambio se producirá en X tramas después de la trama actual. El sistema enviará X tramas con parámetros de comunicación actuales y, después de contar X tramas recibidas, en la trama X+1, el haz se cambiará al haz nuevo y reanudará las comunicaciones continuas sin una interrupción.

#### 15 **Sistema de enlace descendente para conexión continua**

Para permitir que el terminal permanezca conectado durante el vuelo, es necesario que el sistema realice tanto el cambio de haz de enlace ascendente como el de haz de enlace descendente. Ahora se comentará una realización de un sistema de recepción de terminal (enlace descendente).

Tal como se mencionó anteriormente, una realización de un sistema de enlace descendente, ilustrada en la figura 8, comprende dos circuitos desmoduladores independientes. Con dos circuitos de desmodulación, es posible tener un circuito en comunicaciones de satélite activas y otro circuito disponible para el cambio. Cuando entren en el espacio de solapado entre los haces, ambos circuitos desmoduladores podrán captar las señales procedentes de los diferentes haces: el primer desmodulador sigue captando el haz original, y el segundo desmodulador capta la señal procedente del haz nuevo al que debe ejecutarse el cambio. Cuando la calidad de señal en el segundo haz es aceptable, se ejecuta el cambio de haz siguiendo los mismos principios que para el cambio de enlace ascendente.

Otra realización de un sistema de enlace descendente comprende un único desmodulador. En este caso, el sistema se basará en la inteligencia en el software para predecir cuándo debe producirse el cambio, y la ejecución será similar a la ejecución en el enlace ascendente. Si solamente existe un único desmodulador, el cambio de enlace ascendente se ejecutará o bien antes o bien después y no al mismo tiempo que el cambio de enlace descendente. Las programaciones de momento de cambio independientes garantizarán que el sistema mantiene una conexión a al menos un satélite en todo momento.

En otra realización de la invención, el sistema de enlace descendente puede comprender tres o más desmoduladores. El tercer desmodulador (y cualquiera posterior) puede funcionar, por ejemplo, por un canal de control y de comunicación independiente que tenga propiedades de señalización más robustas. Ventajosamente, tales realizaciones permiten mayores márgenes de enlace, permitiendo de ese modo que el satélite mantenga conexiones de enlace, por ejemplo, por un haz no puntual si tal haz está presente en el satélite. En una realización de este tipo, la conexión de enlace al tercer desmodulador puede ser de tipo TDM (multiplexación por división de tiempo) de manera que usa un mínimo de ancho de banda y puede compartirse por muchos usuarios. Los primer y segundo desmoduladores pueden usarse para enlaces más exigentes con márgenes de enlace mínimos en los haces puntuales de densidad elevada.

Debido al esquema de reutilización de frecuencia en la asignación de haz puntual, a menudo es necesario tener diferentes frecuencias en haces colindantes. En tales casos, generalmente, no es factible usar un canalizador en el satélite para compensar el cambio de parámetros cuando vaya de un haz a otro en el enlace descendente. Por consiguiente, la función de desmodulador dual mostrada en la figura 8 puede incluirse en el terminal terrestre, y la función de cambio realizada en este terminal terrestre, similarmente al cambio que se está realizando en el lado de enlace ascendente en el satélite con el conmutador/canalizador. El desmodulador dual pueden ser dos desmoduladores independientes, o puede ser un único elemento de hardware que contenga o emule una pluralidad de desmoduladores, tales como un procesador de núcleos múltiples.

La función de transmisión en el satélite utiliza el modulador que codifica la señal que va hacia abajo y el cambio de una frecuencia de enlace descendente a la siguiente cuando se ejecuta el cambio de haz. Este cambio de la frecuencia de enlace descendente puede ajustarse para el terminal terrestre cambiándose de un desmodulador al otro de manera similar a la que se realiza el cambio en el lado de enlace ascendente en el satélite.

En otra realización de la invención, el enlace descendente puede configurarse con márgenes de enlace mayores con respecto al enlace ascendente, permitiendo de ese modo que el enlace descendente permanezca conectado más al interior de la región de solapado. En un caso de este tipo, el cambio de enlace ascendente puede ejecutarse primero, seguida del cambio de enlace descendente.

#### 65 **Inteligencia de sistema general y aplicaciones de la invención**



La implementación de la invención tal como se describe elimina de manera ventajosa un procedimiento que requiera mucho tiempo de readquirir una conexión perdida. Cuando una señal de enlace ascendente o de enlace descendente respectiva haya entrado en el OBP, la señal se cambiará o enrutará al enlace ascendente o al enlace descendente, según se requiera, y el usuario no experimentará ningún periodo de inactividad. El sistema puede ampliarse para incluir inteligencia de sistema adicional para mejorar la calidad global de servicio, y también puede incluir ofertas de servicio especiales basándose en códigos ejecutables cargados en el motor de software a bordo del satélite. La calidad de servicio puede verse mejorada basándose en información sobre los usuarios del sistema (tal como, pero no se limita a, el tipo de conexión/dispositivo, los datos de movilidad y las especificaciones técnicas), condiciones climáticas locales y otras condiciones locales que puedan determinarse en el satélite basándose en sensores ubicados en la tierra e información recibida a partir del NOC.

La invención también permite el uso de la información que se recoge en el satélite procedente de sensores y otros dispositivos de medición tal como patrones de tráfico, noticias e información política para ejecutar otras órdenes y procedimientos. Por ejemplo, si un evento relacionado con una noticia en la tierra provoca que un mayor número de usuarios en la aeronave deseen establecer comunicaciones de datos o voz para enterarse de este nuevo evento y, por consiguiente, aumentando la posibilidad de congestión de señal, la cobertura de satélite puede hacer frente a esta demanda creciente respondiendo cambiando más potencia o ranuras de frecuencia adicionales en una región determinada.

La invención también permite que el análisis de datos a bordo del satélite genere órdenes para diferentes aplicaciones. Por ejemplo, el análisis de datos puede ser una plataforma de transacción cargada a bordo del satélite que esté recibiendo entradas procedentes de una pluralidad de ubicaciones diferentes, cada una realizando la transacción en tiempo real. Al procesar estos datos, el sistema puede generar órdenes tales como órdenes de compra/venta que se envíen hacia abajo a la tierra.

Si la plataforma móvil está viajando según una ruta predefinida, puede precargarse un plan de cambio de haz en el sistema de la invención y preprogramarse los momentos de cambio de haz según los métodos descritos anteriormente.

La invención también permite compartir información procedente del sistema a bordo del satélite al terminal en la plataforma móvil con respecto a la calidad del servicio de los diferentes haces en el sistema. Por ejemplo, si determinadas regiones bien caracterizadas tienden a tener una congestión de señal elevada, estos haces pueden evitarse si la ruta de vuelo o viaje planificada de la plataforma móvil cambia ligeramente. Alternativamente, si el patrón de haz puede ajustarse, pueden moverse los haces adicionales a la región, puede concentrarse más potencia en los haces gestionados, o pueden cambiarse frecuencias adicionales en estos haces.

Cuando más de una unidad móvil esté viajando al mismo tiempo, el sistema puede calcular la calidad óptima de servicio y propiedades de compartir ranuras de comunicación para las diferentes unidades móviles antes de que entren en haces nuevos. Este cálculo puede basarse en el tipo de servicio de cada terminal. Por ejemplo, puede permitirse que un terminal de servicio premium tenga espacio de comunicación antes que un terminal de menor prioridad.

Si varios terminales se mueven hacia el mismo haz, la presente invención puede determinar parámetros de comunicación y momentos de cambio de haz preferidos. Factores que pueden considerarse incluyen momento de llegada a la ubicación de cambio de haz y parámetros de calidad de servicio para cada terminal. Si existe un riesgo de congestión, puede enviarse una alerta a los terminales de calidad de servicio o de prioridad más baja antes de que terminales adicionales entren en el haz congestionado. Tales datos de congestión pueden usarse para planificar previamente un cambio de haz y realizar cambios a la ruta de vuelo anticipada si fuera necesario.

El conocimiento de problemas tales como malas condiciones climáticas en determinadas zonas hace posible modificar un plan de vuelo para evitar una posible pérdida de comunicaciones mediante una nueva elección de ruta. En tales casos, el sistema puede asignar capacidad adicional a las áreas que pueden admitir unidades adicionales.

Con la inteligencia a bordo y la conexión simultánea a muchas zonas geográficas diferentes, por ejemplo, conexiones simultáneas a Londres, París, Nueva York y el medio del océano Atlántico, la presente invención puede recoger información que se origine en múltiples zonas y se reciba a bordo del satélite casi simultáneamente, y puede procesar esta información instantáneamente a bordo del satélite. Al usar los datos de inteligencia recibidos y el procesamiento de motor de software a bordo, entonces el sistema puede enviar órdenes hacia abajo a diferentes receptores o terminales conectados a los diferentes haces. Esta característica de la invención puede ser altamente ventajosa en situaciones en las que deben transmitirse instrucciones nuevas a terminales en segundos o fracciones de segundo en respuesta a los datos compartidos y recibidos de muchas ubicaciones remotas diferentes al mismo tiempo. Dado que el sistema de la invención está basado en satélite, la invención permite que los usuarios permanezcan en comunicación continua desde ubicaciones remotas que no cuenten con infraestructura terrestre, tal como el medio del océano Atlántico, y los usuarios pueden participar en transacciones financieras que dependan del tiempo, tales como transacción relacionada con productos básicos o de compraventa de valores.

Otros objetos, ventajas y realizaciones de los diversos aspectos de la presente invención serán evidentes para los expertos en el campo de la invención y se encuentran dentro del alcance de la descripción y de las figuras adjuntas. Por ejemplo, pero sin limitación, los elementos estructurales o funcionales pueden disponerse de otro modo, o las etapas de método ordenarse de otro modo, de manera congruente con la presente invención. Similarmente, un terminal puede comprender un único dispositivo o una pluralidad de dispositivos, abarcando tal pluralidad posiblemente múltiples tipos de terminales. Los tipos de equipos descritos en diversas realizaciones no pretenden limitar los tipos de elementos de hardware posibles que pueden usarse en realizaciones de aspectos de la presente invención, y también pueden implementarse otros elementos que puedan lograr tareas similares. Similarmente, los principios según la presente invención, y los métodos y sistemas que los implementen, pueden aplicarse a otros ejemplos, que, incluso si no se describen específicamente en el presente documento en detalle, se encontrarían, no obstante, dentro del alcance de la presente invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema para cambiar de manera automática una señal de comunicaciones de un terminal ubicado en una plataforma móvil de un primer haz de satélite a un segundo haz de satélite, comprendiendo el sistema:
- 5
- a. un conmutador de enlace ascendente en el satélite para la recepción de la señal de comunicaciones transmitida desde el terminal, comprendiendo el conmutador de enlace ascendente:
- 10
- (i) una carga útil regenerativa que comprende al menos un desmodulador para extraer información recibida en los satélites, y un procesador a bordo para procesar datos; y
- (ii) una matriz de cambio y/o un canalizador para cambiar un canal de datos de enlace ascendente del primer haz de satélite al segundo haz de satélite tras la recepción de una orden de cambio;
- 15
- b. un conmutador de enlace descendente en el satélite para la transmisión de comunicaciones que comprende:
- 20
- (i) una carga útil regenerativa que comprende al menos un modulador para codificar una señal de datos para enviarla desde los satélites y un procesador a bordo para procesar datos;
- (ii) una matriz de cambio y/o un canalizador para cambiar un canal de datos de enlace descendente del primer haz de satélite al segundo haz de satélite; y
- 25
- (iii) al menos dos desmoduladores con una funcionalidad de cambio correspondiente en el terminal;
- caracterizado porque la matriz de cambio y/o el canalizador del conmutador de enlace ascendente están configurados para cambiar el canal de datos de enlace ascendente del primer haz al segundo haz en un circuito desmodulador de carga útil regenerativa habitual de manera sincronizada simultáneamente con un conmutador de frecuencia correspondiente en el enlace ascendente de terminal; y porque el sistema comprende;
- 30
- c. un motor de software informático a bordo en el satélite y en la plataforma móvil y configurado con instrucciones informáticas para determinar el momento óptimo para la ejecución de cambio de haz.
- 35
2. Sistema según la reivindicación 1, en el que el conmutador de enlace descendente comprende dos desmoduladores, en el que el primer desmodulador capta una señal de enlace descendente procedente del primer haz y el segundo desmodulador capta una señal de enlace descendente procedente del segundo haz.
- 40
3. Sistema según la reivindicación 2, en el que una aplicación de usuario en el terminal está conectada o bien al primer desmodulador o bien al segundo desmodulador a través de un conmutador que puede controlarse mediante órdenes.
- 45
4. Sistema según la reivindicación 1, en el que:
- 50
- cada satélite está equipado con un motor de software y una función de control conectados a procesadores a bordo y matrices de cambio y/o canalizadores respectivos; el terminal está equipado con un motor de software y una función de control de terminal; y los motores de software y las funciones de control del sistema están sincronizados entre sí y configurados para generar y transmitir la orden de cambio para ejecutar el cambio de la señal de comunicaciones.
5. Sistema según la reivindicación 1, en el que:
- 55
- el sistema está configurado para aumentar la capacidad de señal cambiando potencia adicional, moviendo haces adicionales a una zona de servicio deseada, y/o añadiendo ranuras de frecuencia en determinadas regiones; y
- 60
- el sistema ejecuta un cambio automático de haz de satélite según sea necesario en respuesta a la capacidad de señal recién añadida.
6. Sistema según la reivindicación 1, en el que el sistema está configurado para recopilar información sobre asuntos que afecten a las condiciones de señal procedente del tráfico que fluya a través de una red que comprenda el sistema, del OBP y del centro de operaciones de red, y/o de sensores terrestres y de sensores atmosféricos, y el sistema informa a los usuarios en tiempo real de tales asuntos.
- 65

7. Sistema según la reivindicación 1, en el que el sistema comprende instrucciones informáticas y control de vuelo configurados para mantener una capacidad y una calidad de señal de comunicaciones optimizadas durante el viaje de la plataforma móvil.
- 5 8. Sistema según la reivindicación 1, en el que los primer y segundo haces de satélite se transmiten mediante el mismo satélite o mediante satélites diferentes.
9. Sistema según la reivindicación 1, en el que el sistema genera la orden de cambio a bordo del satélite, y la orden de cambio se envía al terminal para su ejecución.
- 10 10. Sistema según la reivindicación 1, en el que el sistema genera la orden de cambio en el terminal y transmite la orden de cambio a uno o más satélites para su ejecución.
- 15 11. Sistema según la reivindicación 1, en el que la orden de cambio está configurada para contener información específica para sincronizar un cambio de haz.
12. Sistema según la reivindicación 1, en el que el terminal está configurado para solicitar un cambio de haz basándose en su ubicación y en condiciones locales.
- 20 13. Sistema según la reivindicación 1, en el que el sistema está configurado para responder a la entrada procedente de sensores en la tierra y de la información recibida de un centro de operaciones de red para la mejora de la cobertura de satélite.
- 25 14. Método que usa el sistema según la reivindicación 1, comprendiendo el método:
- a. determinar un momento para la iniciación de un cambio de haz del primer haz de satélite al segundo haz de satélite;
- 30 b. ejecutar mediante el sistema un primer cambio de haz del primer haz de satélite al segundo haz de satélite; y
- c. ejecutar mediante el sistema un segundo cambio de haz del primer haz de satélite al segundo haz de satélite,
- 35 en el que el primer cambio de haz es un cambio de haz de enlace ascendente y el segundo cambio de haz es un cambio de haz de enlace descendente, o el primer cambio de haz es un cambio de haz de enlace descendente y el segundo cambio de haz es un cambio de haz de enlace ascendente; y los cambios de haz primero y segundo se realizan usando una matriz de cambio y/o un canalizador que está configurado para cambiar el canal de datos de enlace ascendente del primer haz al segundo haz en un circuito desmodulador de carga útil regenerativa habitual de manera sincronizada simultáneamente con un conmutador de frecuencia correspondiente en el enlace ascendente de terminal.
- 40 15. Método según la reivindicación 14, en el que los primer y segundo haces se emiten mediante el mismo satélite o mediante satélites independientes.
- 45 16. Método según la reivindicación 14, que comprende además la etapa de examinar la calidad de la conexión al segundo haz de satélite, y de volver al primer haz de satélite si la calidad de la conexión está por debajo de un umbral predeterminado.

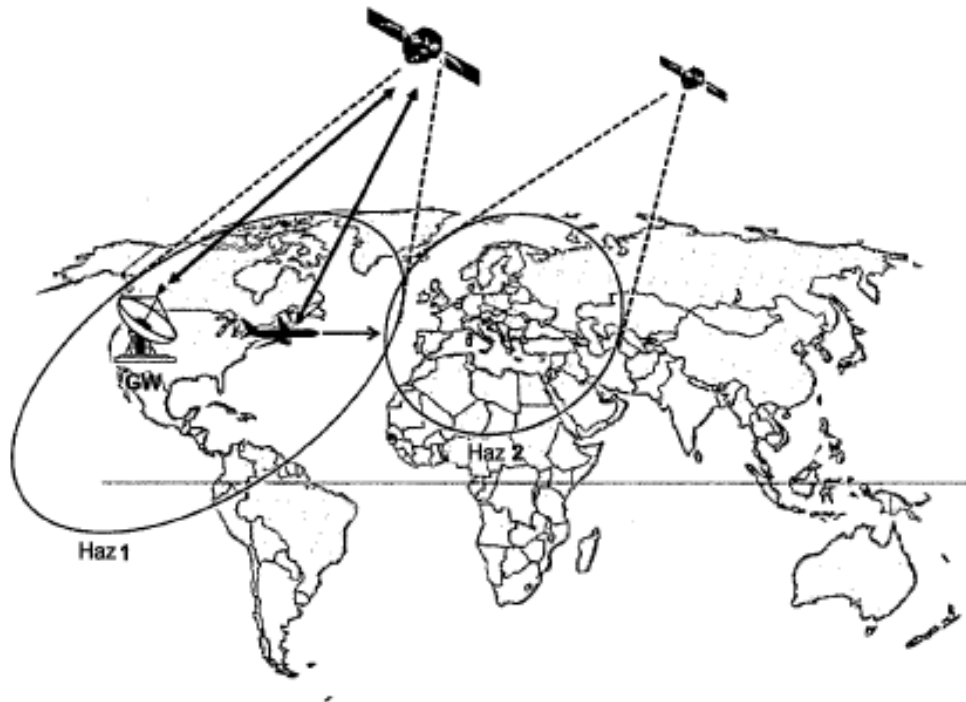


Fig. 1

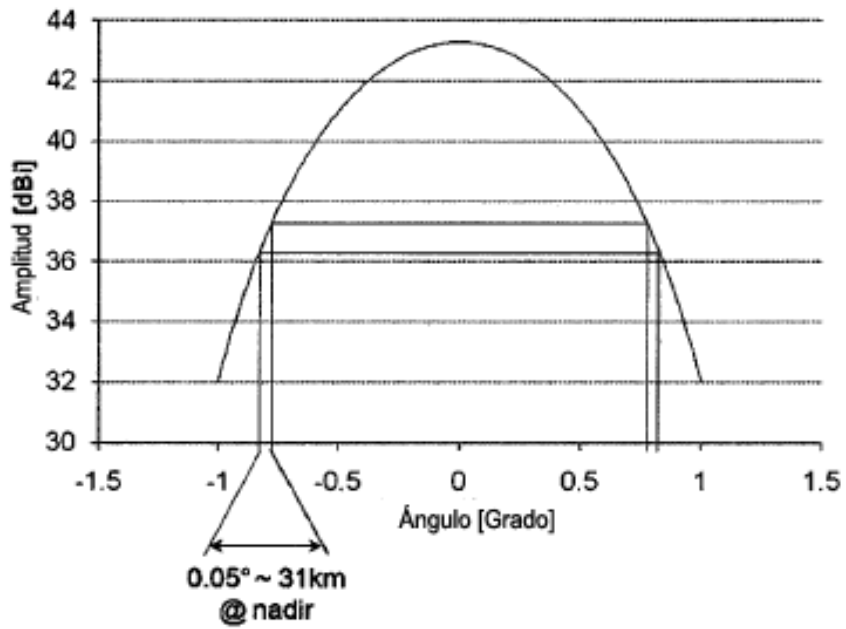


Fig. 2

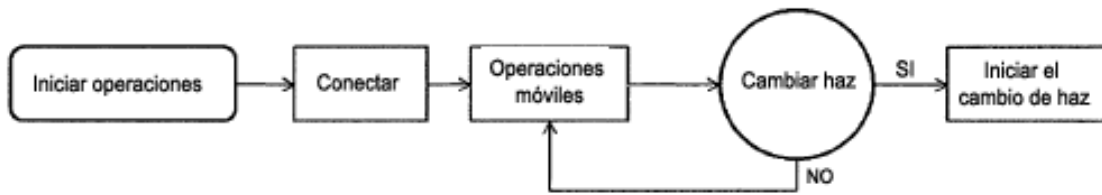


Fig. 3

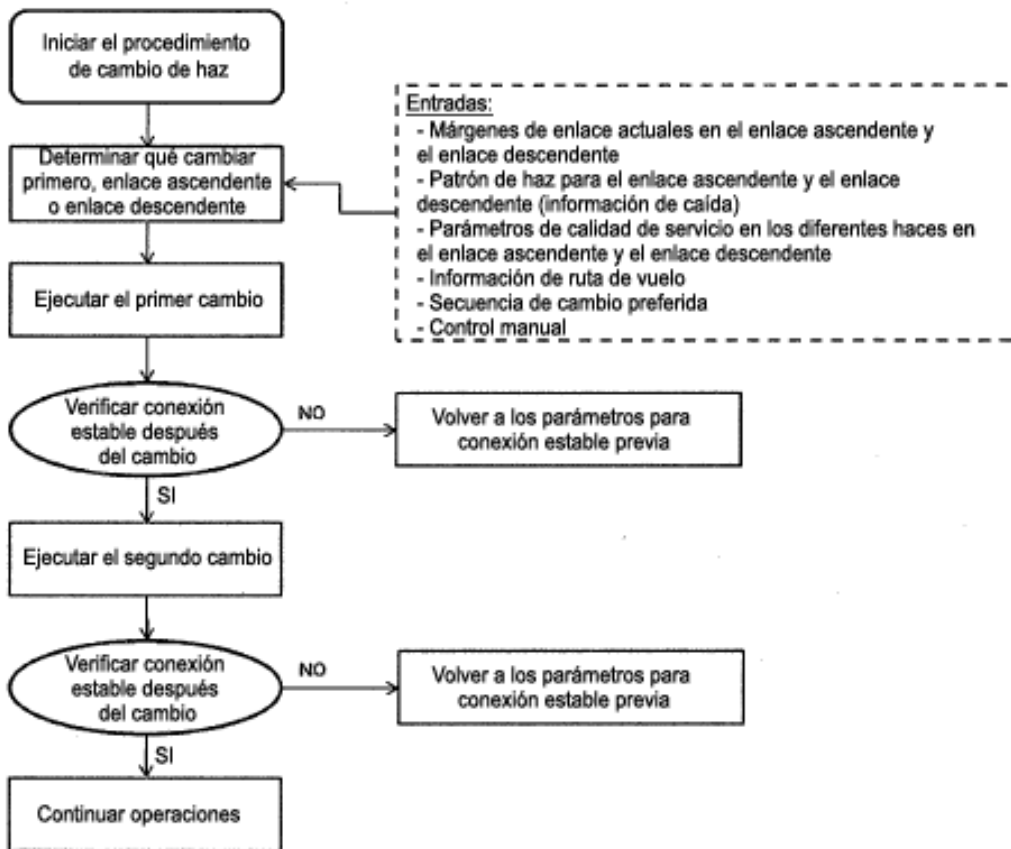


Fig. 4

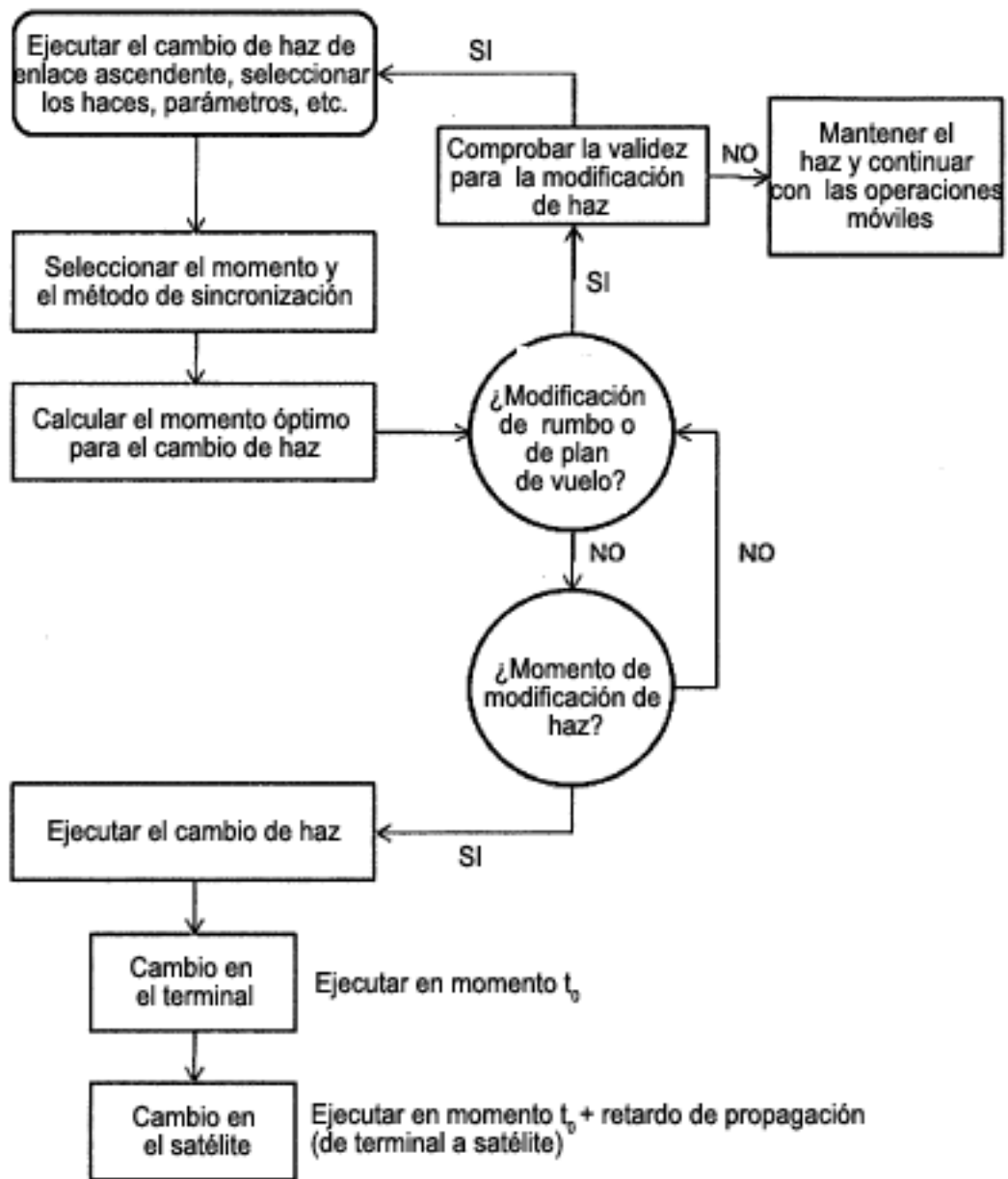


Fig. 5

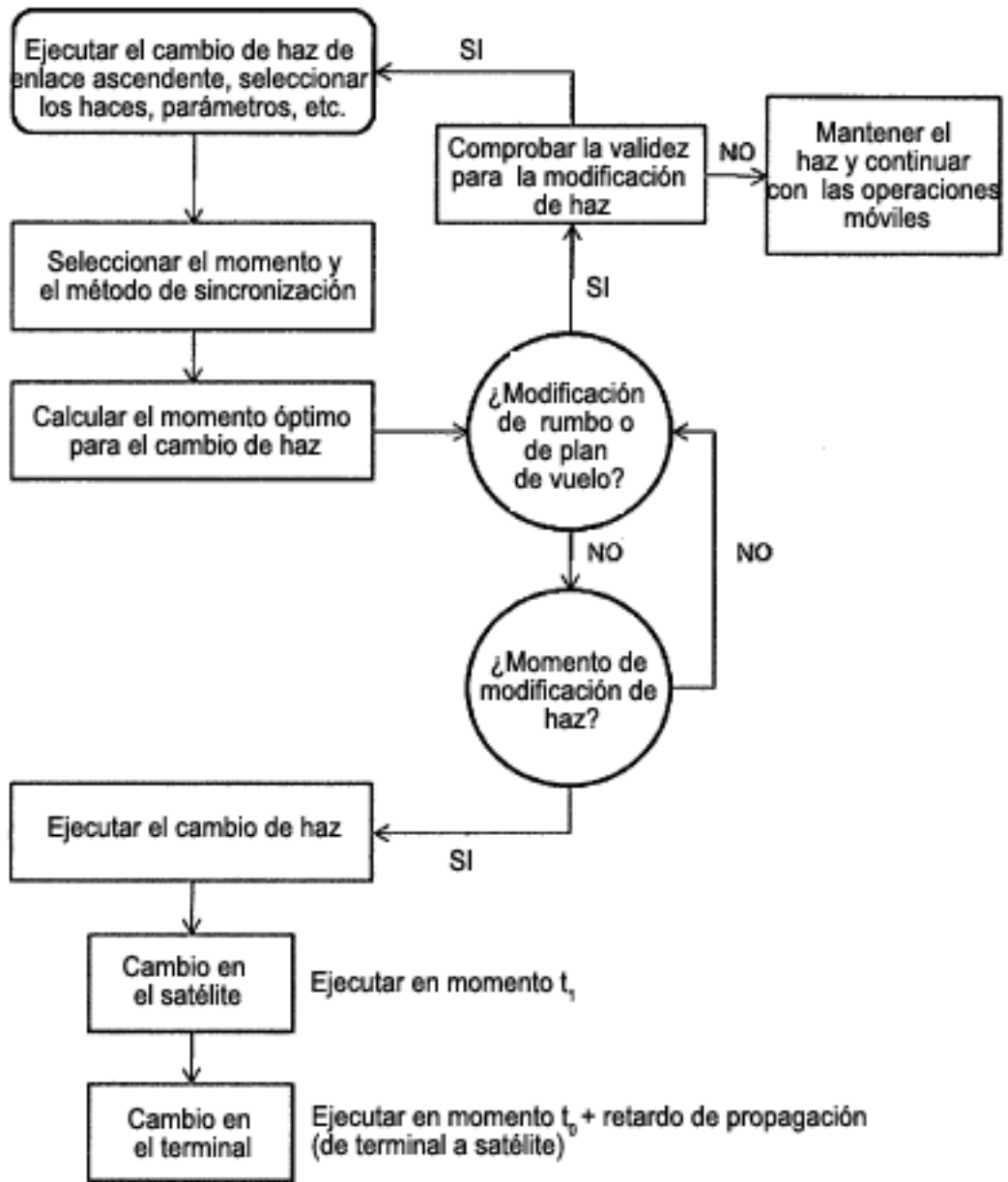


Fig. 6



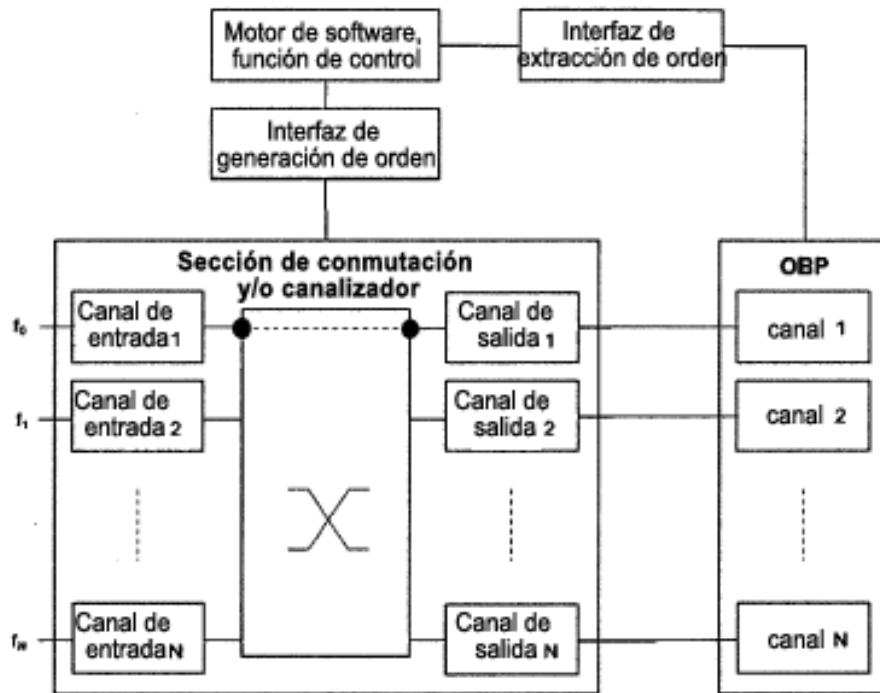


Fig. 7a

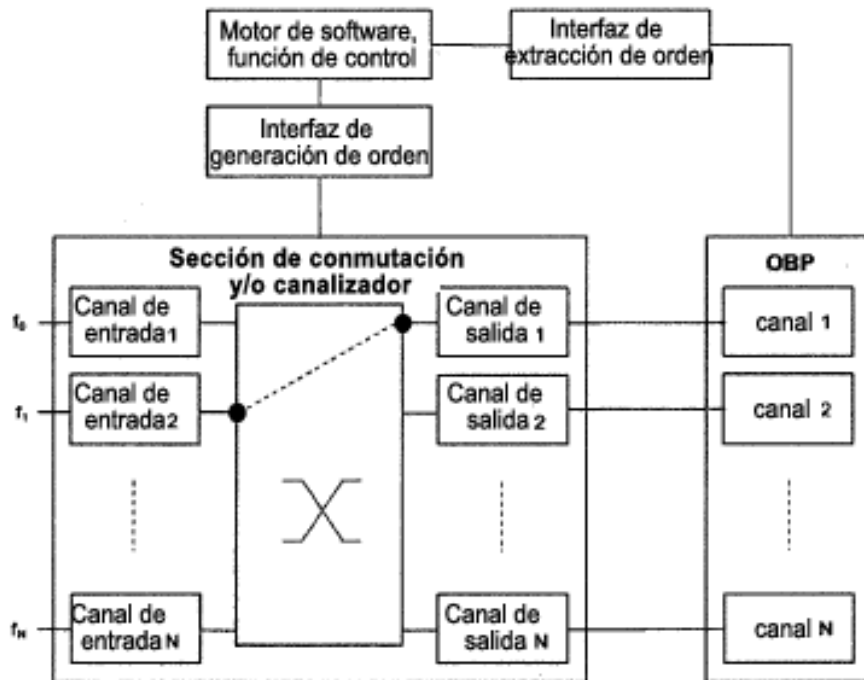


Fig. 7b

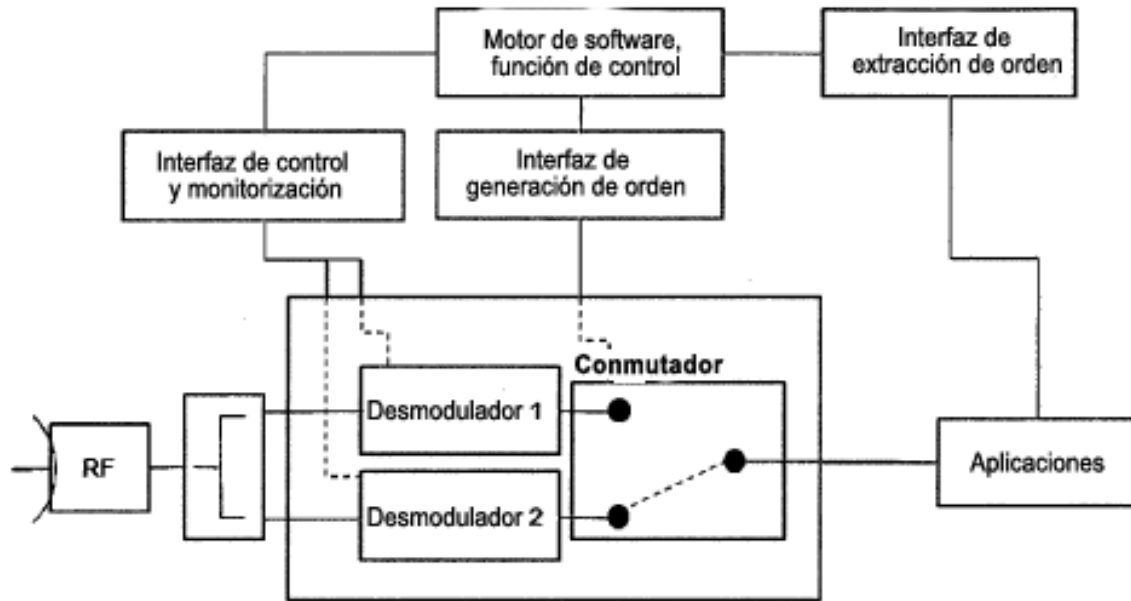


Fig. 8