

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 443**

51 Int. Cl.:

H04B 7/185

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.10.2008 PCT/US2008/079415**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.04.2009 WO09049090**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2008 E 08837436 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.06.2018 EP 2206256**

54 Título: **Uso sin interferencias de banda de frecuencia de satélite no geoestacionario para la comunicación vía satélite geoestacionario**

30 Prioridad:

09.10.2007 US 978549 P

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

02.10.2018

73 Titular/es:

**VIASAT, INC. (100.0%)
6155 El Camino Real
Carlsbad, CA 92009, US**

72 Inventor/es:

**MILLER, MARK J. y
TCHORZ, JOHN C.**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 684 443 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

Uso sin interferencias de banda de frecuencia de satélite no geoestacionario para la comunicación vía satélite geoestacionario

Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere a sistemas de comunicación vía satélite y, especialmente, a sistemas de satélite geoestacionario que usan un espectro de frecuencias de satélite no geoestacionario sin interferencias.

Los satélites se encuentran en una órbita geoestacionaria (GSO), es decir, estacionaria con respecto a la Tierra o en órbita no geoestacionaria (NGSO), desplazándose alrededor de la Tierra. En general, las bandas de frecuencia asignadas a sistemas de comunicación vía satélite GSO no se superponen con las bandas de frecuencia asignadas a sistemas de comunicación vía satélite NGSO.

El espectro de radiofrecuencia (RF) es un recurso limitado finito. Solo ciertas bandas de frecuencia son asignadas a los sistemas de comunicación vía satélite GSO. Algunas otras bandas de frecuencia son asignadas a sistemas de comunicación vía satélite NGSO. La capacidad de canal de cualquier sistema de comunicación está limitada por el número de bandas de frecuencia y el ancho de banda disponible asociado. Se necesita un sistema de satélite GSO para utilizar bandas de frecuencia asignadas a otros sistemas de comunicación inalámbrica con el fin de obtener una mayor capacidad de canal sin causar interferencias.

Un satélite GSO está en órbita aproximadamente 35.800 km por encima del ecuador, y su revolución alrededor de la Tierra está sincronizada con la rotación de la Tierra. Por lo tanto, el satélite GSO parece estacionario, es decir, fijado en el cielo para un observador en la superficie de la Tierra. A diferencia de los satélites GSO, los satélites NGSO suelen desplazarse a altitudes bajas y medias, y tienen órbitas variables que están por debajo de la órbita GSO. Un terminal de Tierra GSO con una anchura estrecha de haz de la antena tendrá apuntado el haz de su antena hacia un satélite GSO. Por lo tanto, un satélite NGSO solo será visible para el terminal de Tierra GSO cuando esté "en línea" con respecto al terminal de Tierra GSO y al satélite GSO. De manera similar, una estación terrestre NGSO con una anchura estrecha de haz de la antena tendrá apuntado el haz de su antena hacia el satélite NGSO. Dado que los satélites NGSO son no estacionarios, la antena de la estación terrestre NGSO puede ser orientable con el fin de seguir al satélite NGSO. El satélite GSO será visible solamente para la estación terrestre NGSO cuando los satélites NGSO y GSO estén "en línea" o aproximadamente "en línea".

Los sistemas de comunicación vía satélite de la técnica anterior utilizan solamente bandas de frecuencia que están asignadas a los sistemas de satélite GSO. Las bandas de frecuencia GSO asignadas difieren de aquellas que están asignadas a los sistemas de satélite NGSO con el fin de evitar interferencias. En ciertos espectros de frecuencia asignada, las bandas de frecuencia NGSO pueden estar ubicadas cerca de las bandas de frecuencia GSO.

El satélite GSO puede contener una antena de múltiples haces que ilumina ciertas áreas de la superficie de la Tierra. Por tanto, el cono de haz de la antena de satélite es relativamente ancho para proporcionar un área de cobertura grande. Por el contrario, la forma cónica de un haz de enlace ascendente desde la antena de un terminal de Tierra al satélite GSO es, en general, muy estrecha. El haz (también denominado canal a continuación en la memoria) de un satélite a un terminal de Tierra se denomina un haz de enlace descendente (o canal de enlace descendente) y el haz de un terminal de Tierra a satélite se denomina haz de enlace ascendente (o canal de enlace ascendente). Generalmente, las diferentes bandas de frecuencia (también denominadas espectros de frecuencia a continuación en la memoria) están asignadas para los canales de enlace ascendente y enlace descendente para evitar la interferencia entre canales. A medida que la trayectoria orbital de un satélite NGSO puede cruzar el canal de enlace ascendente o descendente de un sistema de comunicación vía satélite GSO, las bandas de frecuencia separadas (espectros de frecuencias) se asignan al satélite NGSO. Sin embargo, dependiendo de las características de la constelación del satélite NGSO (p. ej., órbita terrestre baja, órbita terrestre media), el periodo de tiempo en el que el satélite NGSO está "en línea" con el satélite GSO y el terminal de Tierra respectivo es relativamente corto, de manera que las bandas de frecuencia NGSO asignadas (o espectros de frecuencia) pueden ser compartidas por el sistema de satélite GSO cuando el satélite NGSO no se encuentra en línea. Además, los satélites NGSO desplegados actuales no pueden usar el espectro de frecuencias NGSO asignadas para su operación, de manera que el satélite GSO puede usar el espectro de frecuencias NGSO todo el tiempo sin causar interferencias.

Se hace referencia a la patente US2006/0240767 (véase la figura 7) que describe un sistema de comunicación que comprende un satélite geoestacionario y una pluralidad de satélites no geosincronizados.

Breve resumen de la invención

La presente invención describe un método y sistema para utilizar espectros de frecuencias de órbita de satélites no geoestacionarios (NGSO) en un sistema de comunicación vía satélite de órbita de satélites geoestacionarios (GSO) sin interferencias. El sistema de comunicación vía satélite comprende un terminal de Tierra para transmitir señales a un satélite GSO utilizando un espectro de frecuencias GSO, el terminal de Tierra puede operar además para transmitir

señales al satélite GSO utilizando un espectro de frecuencias ampliado. El espectro de frecuencias ampliado puede incluir el espectro de frecuencias GSO y un espectro de frecuencias no geoestacionario (NGSO). El sistema de comunicación vía satélite además comprende un centro de mando que puede ordenar al terminal de Tierra que transmita señales al satélite GSO utilizando el espectro de frecuencias GSO, cuando se espera que un satélite NGSO esté en línea con respecto al terminal de Tierra y al satélite GSO; y el centro de mando puede además ordenar al terminal de Tierra que transmita señales al satélite GSO utilizando el espectro de frecuencias ampliado, cuando no se espera que ningún satélite NGSO esté en línea con respecto al terminal de Tierra y al satélite GSO. El centro de mando puede además ordenar al terminal de Tierra que transmita al satélite GSO utilizando el espectro de frecuencias ampliado continuamente (todo el tiempo) cuando el satélite NGSO no opera en el espectro de frecuencias NGSO. El satélite GSO puede comprender un receptor que es capaz de recibir las señales transmitidas utilizando el espectro de frecuencias GSO y el espectro de frecuencias ampliado. El satélite GSO puede también comprender un mezclador de frecuencias que convierte las señales transmitidas en señales de enlace descendente y un divisor de potencia que aplica las señales de enlace descendente a un banco de filtros de paso de banda. El banco de filtro de paso de banda puede incluir un primer y un segundo filtros de paso de banda; el primer filtro de paso de banda pasa por el ancho de banda del espectro de frecuencias GSO y el segundo filtro de paso de banda pasa por el ancho de banda del espectro de frecuencias ampliado. El satélite además comprende un conmutador que tiene una primera entrada, una segunda entrada y una salida; la primera entrada está conectada a la primera salida del filtro de paso de banda y la segunda entrada está conectada a la segunda salida del filtro de paso de banda, y la salida del conmutador se conecta de forma selectiva a la primera o segunda entrada del conmutador. El satélite además comprende un dispositivo de control adaptado para descodificar las instrucciones transmitidas desde el centro de mando y conectan la primera o segunda entrada del conmutador a su salida según las instrucciones descodificadas.

En una realización de la presente invención, el centro de mando puede comprender una unidad de procesamiento de datos acoplada a una memoria. La memoria puede almacenar datos de efemérides orbitales de uno o más satélites NGSO.

En una realización de la presente invención, los datos de efemérides orbitales pueden gestionarse cuidadosamente y actualizarse mediante un sistema de gestión de redes GSO.

En una realización de la presente invención, el centro de mando puede estar ubicado en un lugar de la Tierra.

En otra realización de la presente invención, el centro de mando puede compartir ubicación dentro de un terminal de Tierra.

En otra realización más de la presente invención, el centro de mando se puede distribuir entre múltiples ubicaciones en la Tierra.

En una realización de la presente invención, el sistema de satélite GSO puede usar el espectro de frecuencias ampliado continuamente (es decir, todo el tiempo) cuando el sistema de satélite NGSO no utiliza la banda de frecuencia NGSO, es decir, cuando no se producirá ninguna interferencia entre la GSO y los sistemas de satélite NGSO.

En otra realización más, el sistema de satélite GSO puede usar el espectro de frecuencias ampliado todo el tiempo mientras el satélite NGSO no opera en el espectro de frecuencias NGSO, y el sistema de satélite GSO no puede usar en absoluto el espectro de frecuencias ampliado cuando el satélite NGSO esté en operación en el espectro de frecuencias NGSO.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es un diagrama en bloque de un sistema de comunicaciones vía satélite ilustrativo configurado según varias realizaciones de la invención.

La Fig. 2 es un diagrama en bloque que ilustra un satélite NGSO que se mueve a lo largo de una órbita NGSO que está cruzando el canal entre un terminal de Tierra GSO y un satélite GSO.

La Fig. 3 es un diagrama en bloque que ilustra diferentes situaciones de interferencia entre un sistema de satélite GSO y un satélite NGSO.

La Fig. 4A es un diagrama en bloque de un subsistema de receptores de satélite de una técnica anterior.

La Fig. 4B es un plano de frecuencias que ilustra los productos de frecuencia después de mezclarse una señal de bajo nivel con una frecuencia del oscilador local.

La Fig. 4C es una tabla que ilustra los productos de frecuencia de la suma y la diferencia después de mezclarse una señal de alto nivel con una frecuencia del oscilador local.

La Fig. 5 es un diagrama en bloque de un subsistema de receptores de satélite GSO según una realización de la presente invención.

La Fig. 6 es un diagrama en bloque que ilustra un satélite GSO que utiliza un espectro de frecuencias ampliado sin interferencias, de conformidad con una realización de la presente invención.

La Fig. 7 es un diagrama en bloque ilustrativo de la arquitectura de un centro de mando de conformidad con una realización de la presente invención.

La Fig. 8A es una respuesta de filtro ampliada incorporada a un espectro de frecuencias NGSO que se encuentra por encima del espectro de frecuencias GSO.

La Fig. 8B es una respuesta de filtro ampliada incorporada a un espectro de frecuencias NGSO que está por debajo del espectro de frecuencias GSO.

Descripción detallada de la invención

En la Fig. 1, se muestra primero un diagrama en bloque de un sistema 100 de comunicaciones vía satélite ilustrativo configurado según varias realizaciones de la invención. El sistema 100 de comunicaciones vía satélite incluye una red 120, tal como Internet, interrelacionada con uno o más terminales de Tierra 115 que se configura para comunicarse con uno o más terminales 130 de abonados, a través de un satélite 105. El sistema 100 también incluye uno o más terminales 170 de telemetría, seguimiento y control (TTC).

Se hace referencia al terminal de Tierra 115 a veces como un "hub", terminal de puerta de enlace o estación terrestre y presta servicio al enlace ascendente 135, al enlace descendente 140, a y desde el satélite 105. Aunque solo se muestra un terminal de Tierra 115, esta realización tiene varios terminales de Tierra, todos acoplados a la red 120, por ejemplo, veinte o cuarenta terminales de Tierra. El terminal de Tierra 115 programa el tráfico a los terminales 130 de los abonados, aunque otras realizaciones podrían programar el horario en otras partes del sistema 100 de comunicación vía satélite.

Un sistema 100 de comunicaciones vía satélite aplicable a varias realizaciones de la invención se expone ampliamente en la memoria. En esta realización, existe una cantidad predeterminada de espectro de frecuencias disponible para la transmisión. Los enlaces de comunicación entre los terminales de Tierra 115 y el satélite 105 pueden usar los mismos espectros de frecuencias, o espectros de frecuencias superpuestos, con los enlaces de comunicación entre el satélite 105 y los terminales 130 de abonados o podrían usar espectros de frecuencias diferentes.

La red 120 puede ser cualquier tipo de red y puede incluir, por ejemplo, Internet, una red IP, una Intranet, una red de área extensa (WAN), una red de área local (LAN), una red privada virtual (VPN), una LAN virtual (VLAN), una red de fibra óptica, una red híbrida fibro-coaxial, una red por cable, la Red Telefónica Conmutada (RTC), la Red Pública de Conmutación de Datos (PSDN), una red móvil terrestre pública, y/o cualquier otro tipo de red que admite comunicaciones de datos entre dispositivos descritos en distintas realizaciones en la memoria. La red 120 puede incluir tanto conexiones por cable como inalámbricas, incluidos los enlaces ópticos. Tal como se ilustra en varias realizaciones, la red puede conectar el terminal de Tierra 115 con otros terminales de Tierra (no representados), que también están en comunicación con el satélite 105. Todos los terminales de Tierra en comunicación con el satélite 105 pueden conectarse también con un centro de mando 180.

El terminal de Tierra 115 proporciona una interfaz entre la red 120 y el satélite 105. El terminal de Tierra 115 puede configurarse para recibir datos e información dirigidos a uno o más terminales 130 de abonados, y puede formatear los datos y la información para ser enviados al dispositivo de destino respectivo a través del satélite 105. De manera similar, el terminal de Tierra 115 puede configurarse para recibir señales del satélite 105 (p. ej., desde uno o más terminales 130 de abonados) dirigidas a un destino conectado con la red 120, y puede formatear las señales recibidas para la transmisión con la red 120. El terminal de Tierra 115 puede usar una señal de difusión, con un formato de modulación y codificación ("modcode") adaptado para cada paquete a las condiciones de enlace del terminal 130 o del conjunto de terminales 130 a los que se dirige el paquete.

El centro de mando 180 conectado a la red 120 puede comunicarse con cada terminal de Tierra 115 en la red y el satélite 105. Los terminales de Tierra 115 pueden estar ubicados generalmente lejos de los terminales 130 reales de los abonados para permitir la reutilización de la frecuencia.

El terminal de Tierra 115 puede usar una antena 110 para transmitir la señal de enlace ascendente al satélite 105. En una realización, la antena 110 comprende un reflector parabólico con alta direccionalidad en la dirección del satélite 105 y baja direccionalidad en otras direcciones. La antena 110 puede comprender una variedad de configuraciones alternativas e incluir características operativas tales como un alto aislamiento entre polarizaciones ortogonales, una alta eficacia en las bandas de frecuencia operativas y bajo ruido.

En una realización de la presente invención, un satélite geoestacionario 105 está configurado para recibir las señales de la ubicación de la antena 110 y dentro del espectro de frecuencias transmitido. El satélite 105 puede usar, por

ejemplo, una antena reflectora, una antena de lente, una antena en fase, una antena activa o cualquier otro mecanismo conocido en la técnica para la recepción de tales señales. Las señales recibidas desde la puerta de enlace 115 se amplifican con un amplificador de ruido bajo (LNA) y, a continuación, se convierten en frecuencia para cambiar las frecuencias y los niveles de potencia. El satélite 105 puede procesar las señales recibidas desde la puerta de enlace 115 y desviar la señal desde la puerta de enlace 115 a uno o más terminales 130 de abonados. En una realización de la presente invención, las señales convertidas en frecuencia se pasan a través de un banco de filtros que separa las distintas señales convertidas en frecuencia que tienen diferentes anchos de banda. Un conmutador puede seleccionar una de las varias señales convertidas en frecuencia, que, a continuación, se amplifica adicionalmente mediante amplificadores de tubo de ondas progresivas (TWTA, por sus siglas en inglés) para producir la Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE) en la salida de antena de carga útil. La señal de transmisión de alta potencia pasa a través de una antena reflectora de transmisión (p. ej., una antena en fase) para formar el patrón de radiación de transmisión (haz puntual). En una realización de la presente invención, el satélite 105 puede operar en un modo de múltiples haces puntuales, transmitiendo una cantidad de haces estrechos, cada uno dirigido a una región diferente de la Tierra, permitiendo la separación de terminales 130 de abonados en varios haces estrechos.

En otra realización de la presente invención, el satélite 105 puede configurarse como satélite transparente, en donde el satélite 105 puede convertir a frecuencia y polarización las señales de portadora recibidas antes de retransmitir estas señales a su destino, pero de otro modo hacer poco en cuanto al contenido de las señales. Un haz puntual puede usar una sola portadora, es decir, una frecuencia o un intervalo de frecuencias contiguo por haz. Una variedad de modulación de transmisión de la capa física y técnicas de codificación puede ser utilizada por el satélite 105 de conformidad con ciertas realizaciones de la invención. En algunas realizaciones de la presente invención se pueden usar la modulación y codificación adaptativa.

Para otras realizaciones de la presente invención, se pueden usar una cantidad de arquitecturas de red que consisten en segmentos de espacio y tierra, en las que el segmento de espacio es uno o más satélites, mientras que el segmento de tierra comprende los terminales de los abonados, terminales de Tierra o puerta de enlace, centros de operaciones de red (NOC, por sus siglas en inglés) y un centro de mando de satélite y terminales de Tierra. Los terminales de Tierra y los satélites se pueden conectar mediante una red de malla o una red de estrella, como es evidente para los expertos en la técnica. En una realización de la presente invención, el centro de mando 180 está conectado a la red 120 y opera para transmitir instrucciones al satélite y cada terminal de Tierra participante en el sistema de comunicación GSO. En otra realización, el centro de mando puede estar ubicado en una región geográfica y/o compartir ubicación con uno de los terminales de Tierra 115. Y en otra realización más, el centro de mando puede estar distribuido entre múltiples regiones geográficas y/o entre varios terminales de Tierra. En otra realización más, el centro de mando puede ser móvil y estar acoplado a la red a través de un enlace celular o un enlace de red de área metropolitana (MAN) o red de área extensa (WAN) inalámbrica. El centro de mando puede estar equipado con un equipo de medición de RF para medir y evaluar las características de interferencia.

Las señales de enlace descendente pueden transmitirse desde el satélite 105 a uno o más terminales 130 del abonado y ser recibidas con la antena 125 respectiva del abonado. En una realización, la antena 125 y el terminal 130 comprenden juntos un terminal de muy pequeña apertura (VSAT, por sus siglas en inglés), con la antena 125 que mide aproximadamente 0,6 metros de diámetro y que tiene aproximadamente 2 vatios de potencia. En otras realizaciones, se puede usar una diversidad de otros tipos de antena 125 en los terminales 130 de abonados para recibir la señal desde el satélite 105. El enlace 150 del satélite 105 a los terminales 130 de abonados puede denominarse a continuación en la memoria como el enlace descendente 150 hacia adelante. Cada uno de los terminales 130 de abonados puede comprender un único terminal de usuario o, de forma alternativa, comprender un hub o enrutador (no ilustrado) que se acopla a múltiples terminales de usuario. En una realización, el terminal 130 de abonados puede comprender un receptor que incluye un banco de filtro de paso de banda adaptado para permitir un espectro de frecuencias GSO y un espectro de frecuencias ampliado. Cada terminal 130 de abonados puede estar conectado a varios equipos locales de clientes (CPE, por sus siglas en inglés) que comprenden, por ejemplo, ordenadores, redes de área local, dispositivos de Internet, redes inalámbricas, etc.

El terminal TTC 170 proporciona una interfaz para monitorizar y controlar el satélite 105. Por ejemplo, el terminal TTC 170 puede recibir información de estado del satélite 105, enviar comandos a la nave espacial 105, y seguir la posición del satélite 105. En la presente realización, el terminal TTC 170 está conectado al centro de mando 180 mediante la red 120, y el terminal TTC 170 está configurada para recibir comandos desde el centro de mando 180 y enviar información, tal como el estado del satélite 105, al centro de mando 180. El terminal TTC 170 puede ser un terminal independiente, como se muestra en la figura, o puede, de forma alternativa, implementarse en un terminal 115 que también lleva datos de tráfico.

De conformidad con algunas realizaciones alternativas, el terminal TTC 170 puede estar en comunicación directa con el centro de mando 180 o puede estar integrado en el centro de mando 180. El terminal TTC 170 se comunica con el satélite 105 mediante el uso de una antena 175. La antena 175 puede ser prácticamente similar a la antena 110 o puede comprender una configuración diferente. El enlace ascendente 195 representa un enlace ascendente de comando del TTC 170 para enviar comandos al satélite 105. El enlace descendente 190 representa un enlace descendente de telemetría del satélite 105 para recibir datos del satélite 105, tales como datos que representan la posición del satélite 105. El terminal TTC 170 puede ubicarse lejos de los terminales de Tierra 115 y de los terminales 130 de abonados. Estos enlaces pueden estar en banda con los enlaces 135 y 140 de datos del usuario o, de forma alternativa, utilizar otro conjunto de frecuencias.

Paralelamente al desarrollo de los sistemas de comunicación vía satélite GSO, se han desarrollado y desplegado sistemas basados en satélite NGSO. A medida que los satélites NGSO orbitan por debajo de un satélite GSO, pueden existir periodos en los que uno o más satélites NGSO estén “en línea” con el satélite GSO y uno o más de los terminales de Tierra GSO. La **Fig. 2** es un diagrama en bloque que ilustra el satélite NGSO 215 que se mueve a lo largo de una órbita no geoestacionario 250 que cruza el canal entre la antena 110 del terminal de Tierra 115 y el satélite 105. El haz del enlace ascendente de la antena 110 es un haz estrecho a medida que se dirige hacia el satélite GSO 105. El satélite NGSO 215 está en línea con respecto a la antena 110 del terminal de Tierra y al satélite 105 solamente durante un período de tiempo muy corto cuando viaja por la órbita 250, que cruza el canal entre la antena 110 y el satélite 105.

La interferencia puede no ocurrir en ambos canales de enlace ascendente y enlace descendente del satélite GSO 105 y del satélite NGSO 215 cuando los dos satélites operan en diferentes espectros de frecuencias. La interferencia puede no ocurrir cuando el área de cobertura del NGSO 235 está geográficamente separada del área de cobertura del satélite GSO 210. La interferencia puede no ocurrir cuando las estaciones terrestres NGSO utilizan antenas 225 que están polarizadas de forma distinta a la antena del terminal de Tierra 110.

Con el fin de ampliar el periodo en el que el satélite NGSO 215 puede iluminar el área 235 de cobertura NGSO, un haz puntual del satélite NGSO 215 puede ser continuamente orientado sobre el área de cobertura NGSO 235, y cada estación terrestre NGSO dentro del área de cobertura NGSO también sigue al satélite NGSO en servicio mientras se mueve a través del área de cobertura NGSO. Para asegurar la cobertura continua del área NGSO 235, una constelación de satélite NGSO puede tener múltiples satélites NGSO, de manera que al menos uno de los múltiples satélites NGSO puedan ser visibles en cualquier momento desde las antenas 225 orientables de las respectivas estaciones terrestres NGSO. Las antenas 225 pueden ser orientables de manera mecánica o antenas en fase de terminales terrestre.

Los satélites NGSO están generalmente diseñados para tener un nivel de potencia del transmisor variable de manera que se consiga una densidad de flujo de potencia constante en cada área de servicio. Por ejemplo, la potencia del transmisor de un haz puntual que ilumina una determinada área de cobertura NGSO se reduce cuando el satélite NGSO se desplaza directamente a, o cerca de la parte superior del, (p. ej., la posición A) área de cobertura NGSO iluminada, y la potencia del transmisor aumentará cuando el satélite NGSO se aleje del área de cobertura 225. La potencia del transmisor de las antenas de estación terrestre NGSO se puede aumentar para compensar la pérdida de trayectoria cuando el satélite NGSO se aleja (p. ej., la posición B) del área de cobertura NGSO o cuando se producen eventos de decoloración (p. ej., bajo condiciones de lluvia o nieve). El satélite NGSO puede interferir con la terminal de Tierra GSO 115, aunque el haz de su antena principal apunte al área de cobertura NGSO 235, que está geográficamente separada del terminal de Tierra GSO porque los haces de sus antenas laterales pueden estar apuntando a la antena 110.

Las interferencias entre el satélite GSO y el satélite NGSO se pueden mitigar cuando los satélites GSO y NGSO usan diferentes espectros de frecuencias. Sin embargo, los espectros de frecuencias disponibles para las comunicaciones vía satélite son muy limitados y existe la necesidad de compartir espectros de frecuencias con el fin de usar el espectro de frecuencias disponible más eficientemente. Los Reglamentos de Radiocomunicaciones de la UIT se han actualizado para permitir que los sistemas NGSO compartan partes de los espectros de banda Ku y Ka con los sistemas de satélite GSO. En una realización de la presente invención, un sistema de satélite GSO explota el hecho de que los satélites NGSO pueden estar en línea o aproximadamente en línea con respecto al satélite GSO y a uno o más de los terminales de Tierra solamente durante un período de tiempo relativamente corto debido a que el haz estrecho de la antena del terminal de Tierra apunta hacia el satélite GSO de manera que el espectro de frecuencias NGSO se puede utilizar en el sistema de comunicación vía satélite GSO durante el período de tiempo en el que los satélites NGSO no están en línea con respecto al terminal de Tierra y al satélite GSO.

La **Fig. 3** es un diagrama en bloque que ilustra diferentes situaciones de interferencias entre un sistema de satélite GSO y un satélite NGSO que está en línea o aproximadamente en línea con respecto al terminal de Tierra y al satélite GSO. En la siguiente descripción, “en línea” significa que el satélite NGSO está ubicado entre el haz principal de la antena 110 del terminal de Tierra y el satélite GSO respectivo (como se muestra en la Fig. 3) o, de forma alternativa, que el satélite está ubicado entre el satélite NGSO y las antenas 225 de las estaciones terrestres NGSO. El término “Interferencias” se refiere a la frecuencia, la fase, la alteración de la amplitud y/o cualquier combinación de los mismos causada por la interacción entre señales transmitidas por los sistemas de satélite GSO y NGSO. Un ejemplo del nivel o de la gravedad de la interferencia se puede expresar mediante la relación de potencia entre portadora e interferencia (C/I). Existen cuatro situaciones de interferencias: (1) El satélite NGSO interfiere con un terminal de Tierra GSO; (2) Las estaciones terrestres NGSO interfieren con el satélite GSO; (3) Los terminales de Tierra GSO interfieren con el satélite NGSO, y (4) el satélite GSO interfiere con una estación terrestre NGSO.

La peor situación de interferencia (1) puede ocurrir cuando el satélite NGSO está apuntando el haz de su antena principal a un terminal NGSO que está ubicado cerca del terminal de Tierra GSO. La situación de interferencia (1) puede ocurrir también cuando el haz principal del satélite NGSO está apuntando a una estación terrestre NGSO que está geográficamente separada de los terminales de Tierra GSO, pero los haces laterales de antena del satélite NGSO están apuntando al terminal de Tierra GSO.

Las peores situaciones de interferencia (2) y (4) pueden ocurrir cuando el haz principal de una estación terrestre NGSO apunta al satélite GSO. Y el peor de los casos en un escenario de interferencia (3) puede ser cuando el haz principal de la antena GSO apunta al satélite NGSO. Estas cuatro situaciones de interferencia se evitarán o se atenuarán al menos si el sistema de satélite GSO no usa el espectro de frecuencias NGSO cuando un satélite NGSO se encuentra en línea. La gravedad de la interferencia se puede medir con el uso de un equipo de RF, calculada mediante el uso de datos conocidos o simulada utilizando modelos de simulación conocidos. La relación de potencia entre portadora e interferencia es, por ejemplo, un parámetro para determinar el nivel de interferencia. El sistema GSO debe operar totalmente sin interferencias con el sistema NGSO. Esto exige que cuando el satélite NGSO esté en línea o aproximadamente en línea con respecto al terminal de Tierra y al satélite GSO, el terminal de Tierra GSO no pueda transmitir ninguna señal hacia el satélite NGSO usando el espectro de frecuencias NGSO, ya que las señales transmitidas interferirían con las señales deseadas del enlace ascendente de la estación terrestre NGSO. Los sistemas de satélite NGSO pueden ser sistemas de satélite de órbita terrestre baja (LEO, por sus siglas en inglés), sistemas de satélite de órbita media terrestre (MEO, por sus siglas en inglés) o sistemas de satélite de órbita terrestre alta (HEO, por sus siglas en inglés). El nivel de interferencia y/o la duración de estado en línea pueden depender de las características de la antena, la sensibilidad del receptor del satélite NGSO, en cuestión, y su altitud orbital. Según algunas realizaciones, si el satélite 215 es un satélite HEO, el satélite 215 puede estar en una órbita que es, a veces, más alta que la órbita del satélite 105. Como resultado, el satélite 105 puede pasar entre el satélite 215 y las antenas 225 de las estaciones terrestres NGSO, lo que puede producir que el satélite 105 interfiera con las comunicaciones entre el satélite 215 y las estaciones terrestres NGSO si el satélite 215 usa un espectro de frecuencias ampliado que incluye el espectro de frecuencias NGSO.

Cuando los satélites GSO y NGSO no están en línea, se dice que el espectro NGSO está “disponible” para que lo utilice el sistema de comunicación por el satélite GSO. Cuando los satélites GSO y NGSO están “en línea” o aproximadamente “en línea”, el espectro NGSO se dice que “no está disponible” para que lo utilice el sistema GSO. En una realización de la presente invención, el diseño del satélite GSO incorporará al menos dos filtros de paso de banda, que pueden seleccionarse de acuerdo a las instrucciones recibidas desde un centro de mando en la Tierra. La selección de un filtro de paso de banda que tiene el ancho de banda apropiado puede basarse en datos de efemérides orbitales que se mantienen y actualizan mediante un sistema de gestión de redes (NMS, por sus siglas en inglés) GSO. Los terminales de Tierra que participan en el sistema de comunicación vía satélite GSO pueden ser capaces de transmitir señales al satélite GSO utilizando un espectro de frecuencias GSO y un espectro de frecuencias ampliado. El espectro ampliado incluye el espectro de frecuencias GSO y un espectro de frecuencias NGSO. En otra realización, el diseño del satélite GSO puede incorporar un dispositivo de control integrado que contiene datos de efemérides orbitales. El dispositivo de control integrado puede seleccionar el filtro de paso de banda apropiado basado en los datos de efemérides orbitales almacenados. Esta alternativa de diseño es factible si todos los espectros de frecuencias y la información orbital del sistema NGSO han sido determinados y permanecen inalterados durante la vida del satélite GSO. Cuando el espectro NGSO está disponible, se utilizará un filtro de paso de banda con un ancho de banda que pasa por los espectros GSO y NGSO. Cuando el espectro NGSO no está disponible, se utilizará un filtro de paso de banda con un ancho de banda más estrecha que sólo permite pasar al espectro GSO pero atenúa de manera suficiente el espectro NGSO. Esto reducirá todas las emisiones del satélite en la banda NGSO hasta un nivel que no provoque ninguna interferencia de enlace descendente en sistema NGSO. Además, cuando el espectro NGSO no esté disponible, los terminales de Tierra del sistema GSO no usarán el espectro de frecuencias NGSO para evitar radiaciones e interferencias significativas a los satélites NGSO. Durante el intervalo corto de la indisponibilidad del espectro NGSO, el sistema de comunicaciones vía satélite operará en un modo de capacidad de transmisión reducida.

En una realización, el sistema de comunicaciones vía satélite usa su espectro de frecuencias GSO en una base primaria. El sistema de comunicación vía satélite amplía el espectro de frecuencias GSO primario asignado con un espectro de frecuencias NGSO en una base secundaria cuando el satélite NGSO no está en línea, y la extensión de espectro puede operar sin interferencias. En una realización, ambos sistemas de comunicación vía satélite GSO y NGSO operan en una banda Ka. Por ejemplo, el espectro de frecuencias de enlace ascendente primario GSO puede ser de 28,1 a 28,6 GHz y el espectro de frecuencias de enlace descendente primario GSO puede ser de 18,3 a 18,8 GHz. El espectro de frecuencias de enlace ascendente NGSO puede ser de 28,6 a 29,1 GHz y el espectro de frecuencias de enlace descendente NGSO puede ser de 18,8 a 19,3 GHz.

Para controlar los casos de interferencia, los datos de efemérides orbitales deben ser controlados cuidadosamente y ser actualizados por el sistema de gestión de redes (NMS, por sus siglas en inglés) GSO. Cuando se prevé un caso de interferencia, los NMS deben tener la capacidad de transferir todo el tráfico al espectro GSO y seleccionar el filtro de paso de banda apropiado. Desde el punto de vista de reutilización de frecuencias, el espectro de frecuencias NGSO sería una extensión del espectro de frecuencias de operación GSO.

En general, un satélite recibe una señal de enlace ascendente transmitida desde un terminal de Tierra a cierta frecuencia y la convierte a una señal de enlace descendente en una frecuencia de transmisión desviada. A continuación, la señal de enlace descendente en la frecuencia de transmisión se amplifica para obtener las Potencias Isotrópicas Radiadas Equivalentes (PIRE) del enlace descendente. Pueden utilizarse amplificadores de potencia de estado sólido o amplificadores de tubo de ondas progresivas (TWTAs, por sus siglas en inglés). Se utilizan diferentes frecuencias de enlace ascendente y enlace descendente para que no interfieran entre sí. El subsistema de RF del satélite incluye un filtro 410 de paso de banda de receptor adaptado para pasar por la señal de enlace ascendente deseada, un amplificador 420 de ruido

bajo adaptado para amplificar la señal 415 de enlace ascendente filtrada, un mezclador 430 que convierte en dirección descendente la señal de enlace ascendente en la frecuencia F_{rx} al mezclarla con un oscilador local 440, y un filtro 450 de paso de banda que pasa por el producto 460 de frecuencia deseado, tal como se muestra en la **Fig. 4A**. De acuerdo con algunas realizaciones, el subsistema de RF del satélite puede incluir otro filtro (no mostrado) entre el amplificador 420 de ruido bajo y el mezclador 430. El mezclador 430 es un dispositivo de 3 puertos que toma la señal 425 de entrada (p. ej., la señal de enlace ascendente amplificada) y la señal 440 del oscilador local, y la frecuencia traduce la señal de enlace ascendente a una señal de enlace descendente. En la mayoría de la comunicación vía satélite, la frecuencia de señal de enlace descendente es menor que la frecuencia de señal de enlace ascendente. Si el nivel de la señal aplicada a la mezcladora es bajo, la mezcla de productos puede tener dos productos de frecuencia que representan la suma ($F_{LO} + F_{rx}$) y la diferencia ($F_{LO} - F_{rx}$). Si el nivel de la señal aplicada a la mezcladora es alto, los productos mezclados resultantes pueden tener múltiples armónicos que consisten en cada producto de frecuencia $M * F_{rx} \pm N * F_{LO}$ donde M y N son números enteros. La **Fig. 4B** es un diagrama en bloque que ilustra los productos de suma y de diferencia de una frecuencia LO de 9,0 GHz con una señal de 2,0 GHz. El producto de diferencia es de 7,0 GHz y el producto de suma es 11,0 GHz. La **Fig. 4C** es un diagrama en bloque que ilustra todos los posibles productos espectrales de suma y diferencia para M, N = 1, 2 y 3. El producto de diferencia es de 7,0 MHz y el producto de suma es de 11,0 GHz para M = N = 1.

El filtro 450 es un filtro de paso de banda que atenúa todos los armónicos no deseados a un nivel de potencia por debajo de los requisitos de emisión espectral y permite que el producto de frecuencias deseado pase a través de los amplificadores (no mostrados).

En una realización de la presente invención, se muestra en la **Fig. 5** un diseño ilustrativo del sistema de satélite GSO utilizando el espectro NGSO adicional. El subsistema 500 del receptor de RF del satélite comprende un filtro 510 de paso de banda de receptor que pasa por el espectro 515 de la señal de enlace ascendente GSO/NGSO compuesta y atenúa todos los demás componentes de frecuencia incluida la imagen de la señal del enlace ascendente. La señal GSO/NGSO compuesta es amplificada a continuación por un amplificador 520 de ruido bajo y la señal 525 del compuesta amplificada es aplicada a continuación al mezclador 530, donde la señal 525 se mezcla con el oscilador local 540 para producir múltiples productos de frecuencias que incluyen una señal deseada del enlace descendente GSO. De acuerdo con algunas realizaciones, el subsistema vía satélite puede incluir otro filtro (no mostrado) entre el amplificador 520 de ruido bajo y el mezclador 530. El mezclador 530 puede ser un mezclador equilibrado para cancelar muchos productos de mezclador debido a las características de equilibrio. El mezclador también puede ser un mezclador de rechazo de imágenes. LO 540 puede generarse a partir de un oscilador de cristal controlado por horno (OCXO, por sus siglas en inglés), que proporciona una frecuencia de referencia muy estable. Los productos 545 de múltiples frecuencias se dividen, a continuación, en dos trayectorias 554 y 556 por un divisor de potencia 550. En una realización, ambas trayectorias 554 y 556 tienen el mismo nivel de potencia. En una realización, la respuesta de filtro del filtro 560 de paso de banda tiene un ancho de banda que deja pasar la señal 570 del enlace descendente GSO deseada y la respuesta de filtro del filtro 562 de paso de banda tiene un ancho de banda extendido que deja pasar la señal 572 del enlace descendente GSO/NGSO compuesta. En una realización, los filtros 560 y 562 de paso de banda pueden implementarse con componentes L y C agrupados, que proporcionan anchos de banda amplios pero Q moderado. En otra realización, los filtros de paso de banda pueden implementarse usando microbandas para obtener Q alto. En otra realización más, los filtros de paso de banda pueden implementarse utilizando materiales de cerámica K alto para obtener Q aun más alto. Las respuestas de frecuencia de los filtros 560 y 562 de paso de banda son diferentes. En una realización, el filtro 560 de paso de banda pasa por el espectro de frecuencias GSO pero atenúa el espectro de frecuencias NGSO, mientras que el filtro 562 de paso de banda 562 pasa tanto por los espectros de frecuencias GSO y NGSO atenúa todas las otras frecuencias. El ancho de banda deseado de la señal de enlace descendente puede, a continuación, ser seleccionado por el conmutador 580. En una realización, el conmutador 580 puede ser un conmutador MMIC unipolar de doble tiro (SPDT) de diodo PIN.

En una realización de la presente invención, un dispositivo 590 de control integrado en el satélite está en operación para desmodular la señal convertida en dirección descendente, extraer la información relevante de la señal desmodulada y decodificar instrucciones que son relevantes para la operación del subsistema receptor. La señal convertida en dirección descendente se puede tomar desde la salida 545 del mezclador 530, desde la salida 570 del filtro 560 de paso de banda GSO, o desde la salida 572 del filtro 562 de paso de banda de GSO/NGSO y es desmodulada por el desmodulador 591. El experto en la técnica reconocerá que la señal convertida en dirección descendente no está limitada solamente a la salida 545, desde la salida 570, o desde la salida 572 como se ilustra en la Fig. 5, y que la señal convertida en dirección descendente puede tomarse de otros puntos en el subsistema receptor según realizaciones alternativas de la presente invención. A continuación, se aplican instrucciones decodificadas a componentes correspondientes del subsistema receptor. En una realización, las instrucciones pueden incluir la selección del filtro de paso de banda deseado. Según otras realizaciones de la presente invención, las instrucciones del centro de mando no pueden transmitirse en banda, tal como se describe en la Fig. 6. Por ejemplo, las instrucciones del centro de mando se pueden transmitir al satélite 105 mediante un enlace de telemetría por separado, tal como el enlace ascendente 195 ilustrado en la Fig. 1. Cuando las señales de comando no se transmiten en banda, el hardware adicional para procesar señales que portan las instrucciones del centro de mando se pueden incluir en el subsistema receptor 500.

Debido a que la carga útil de satélite GSO puede operar de forma dinámica en el espectro de frecuencias NGSO, proporciona al sistema de comunicación vía satélite GSO la capacidad de operar a través del espectro que de otro modo no está siendo utilizado. En el caso en que el espectro de frecuencias haya sido asignado al sistema

de satélite NGSO, pero no sea utilizado, proporciona al sistema de comunicación vía satélite GSO la capacidad de usar totalmente ese espectro de frecuencias. Si sucede, y cuando suceda, que el espectro de frecuencias es asignado y completamente utilizado por el sistema de satélite NGSO, el sistema de satélite GSO puede configurarse de tal manera que nunca opere en ese espectro de frecuencias.

Dado que los satélites NGSO están, de forma típica, más cerca de la superficie de la Tierra que los satélites GSO, el tamaño necesario de la antena y el nivel de potencia de transmisión son, frecuentemente, mucho más pequeños que el de los satélites GSO, y las huellas de satélites NGSO (áreas de cobertura) son también mucho más pequeñas que las áreas de cobertura satélite GSO. En una realización de la presente invención, el diseño del satélite GSO puede usar la banda GSO de manera flexible y eficiente cuando el sistema de satélite NGSO es operacional, pero no opera sobre un área de cobertura determinada que está superpuesta sobre el área de cobertura GSO. En este caso, el espectro de frecuencias del sistema de satélite GSO puede extenderse para incluir el espectro de frecuencias NGSO.

Uno de los factores principales de la disponibilidad del espectro NGSO para el sistema GSO es la direccionalidad de ambos sistemas GSO y NGSO. La alta direccionalidad de antena produce anchos de haz estrechos y restringe la potencia espectral recibida y transmitida, la frecuencia de ocurrencias donde los haces estrechos están en línea se reduce. Este es el caso en el que se despliegan los sistemas satélite de haces puntuales. La selectividad del filtro del satélite sería controlable individualmente para cada haz estrecho. Por ejemplo, si un sistema de satélite GSO operase sobre los Estados Unidos continentales con un número de antenas pequeñas multidireccionales y un satélite NGSO pasase sobre la costa oeste, los haces de la costa este podrían seguir operando con el ancho de banda ampliado que incluye la banda de frecuencia NGSO, ya que están bastante alejados del área de cobertura NGSO. En el caso en el que los sistemas de satélite NGSO usan antenas omnidireccionales, probablemente interferirán con mayor frecuencia con un satélite GSO que utiliza la banda NGSO y, por lo tanto, el satélite GSO puede utilizar la banda de frecuencia ampliado durante una fracción de tiempo mucho más pequeña.

La **Fig. 6** es un diagrama en bloque que ilustra un sistema de comunicación vía satélite GSO que usa un espectro de frecuencias ampliado sin interferencias, según una realización de la presente invención. El terminal de Tierra GSO y el satélite GSO pueden seleccionar el filtro de paso de banda apropiado según las instrucciones recibidas del centro de mando (no mostrado). La banda 610 de frecuencia GSO es el espectro de frecuencias primario asignado al sistema de comunicación vía satélite GSO y la banda 620 de frecuencia NGSO es el espectro de frecuencias primario asignado al sistema de comunicación vía satélite NGSO. Cuando el satélite NGSO 215 está en línea con respecto al terminal de Tierra GSO (mostrado como antena 110) y al satélite GSO, el centro de mando ordenará al terminal de Tierra GSO y al satélite GSO 105 que utilicen solamente el espectro GSO; el uso del espectro GSO está indicado por la respuesta 630 del filtro. Cuando el satélite NGSO 215 no está en línea con respecto al terminal de Tierra GSO y al satélite GSO, el centro de mando ordenará al terminal de Tierra GSO y al satélite que usen el espectro de frecuencias ampliado, que incluye el espectro de frecuencias GSO 610 y el espectro de frecuencias 620. El uso del espectro de frecuencias ampliado está indicado por la respuesta 640 del filtro. Por lo tanto, cuando el satélite NGSO no está en línea, los terminales de abonados (mostrados como antenas 125) del sistema de comunicación vía satélite GSO pueden ser beneficiosos para la capacidad de canal más alta si son capaces de recibir el espectro de frecuencias ampliado. Se entenderá que la posición de la banda del NGSO relacionada con la banda GSO es solamente ilustrativa y no pretende ser limitativa. En una realización (mostrada en la Fig. 6), la banda NGSO está por encima de la banda GSO. En otra realización, la banda NGSO puede estar por debajo de la banda GSO, como se ilustra en la Fig. 8B.

En una realización, el satélite puede incluir un dispositivo de control integrado que puede desmodular y decodificar las instrucciones transmitidas desde el centro de mando terrestre. A continuación, el dispositivo de control selecciona el filtro de paso de banda que tiene el ancho de banda apropiado según las instrucciones decodificadas. En otra realización, el dispositivo de control puede operar de forma autónoma con un programa de control almacenado en una memoria para seleccionar el filtro de paso de banda apropiado directamente sin la intervención del centro de mando. Esta situación se puede realizar cuando los datos de efemérides orbitales han sido predeterminados y no se esperarán alteraciones en la trayectoria de la constelación de satélites NGSO y las bandas de frecuencia utilizadas.

Dado que las ubicaciones de las posiciones orbitales de los satélites NGSO relativas a la Tierra y las áreas de cobertura son muy predecibles, la ocurrencia de eventos de indisponibilidad es muy conocida y es relativamente fácil de determinar mediante un equipo de monitorización de órbitas. La monitorización de órbitas se puede realizar en el centro de mando GSO o en un lugar alejado del centro de mando. En una realización, el centro de mando GSO puede tener la capacidad de proporcionar control directamente al satélite así como la capacidad de proporcionar órdenes a cada terminal de Tierra GSO que se conecta al sistema de comunicación vía satélite GSO. En otra realización, el centro de mando puede transmitir instrucciones al satélite GSO a través del uso de un terminal de Tierra GSO que participe en la red de comunicación GSO. La **Fig. 7** ilustra un diagrama en bloque ilustrativo de un centro de mando de GSO que comprende una unidad 730 central de procesamiento y una unidad 740 de control de red. La unidad 730 central de procesamiento puede estar acoplada a la memoria 760. Las estadísticas de interferencia entre el enlace del satélite GSO y el enlace del satélite NGSO pueden ser realizadas por la CPU 730, y los resultados pueden almacenarse también en la memoria 760. La memoria 760 puede estar en forma de almacenamiento semiconductor, tal como memoria de acceso aleatorio (RAM estática o dinámica), almacenamiento magnético tal como discos duros, u otros almacenamientos en masas, tales como discos ópticos. La CPU 730 está además acoplada a una unidad 750 de adquisición de datos de efemérides orbitales que recopila los datos de

efemérides de una o más constelaciones de satélites NGSO. Las constelaciones de satélites NGSO pueden incluir múltiples satélites que se desplazan en órbita baja terrestre, órbita media terrestre y/u órbita alta terrestre. La CPU 730 se puede usar para calcular el período de tiempo en el que la trayectoria orbital de la constelación de satélites NGSO puede cruzar la trayectoria en línea del satélite GSO y uno de los terminales de Tierra. El período de tiempo en el que un satélite NGSO de la constelación NGSO puede estar en línea con el canal GSO se almacenará en la memoria 760. La CPU 730 puede además estar conectada a una unidad 720 de control de satélites que puede comunicarse con el terminal TTC 170 para enviar comandos al satélite 105. La CPU 730 puede además conectarse a la unidad 740 de control de red que está en operación para comunicarse con cada uno de los terminales de Tierra que participan en el sistema de comunicación vía satélite GSO. La unidad 740 de comunicación de red puede incluir una capa física que admite un conjunto de protocolos de comunicación tales como el protocolo punto a punto (PPP), protocolo de Internet (IP), el protocolo de control de transmisión (TCP), un protocolo de red de área extensa inalámbrica, una red celular móvil y/o una combinación de cualquier protocolo de comunicación.

En una realización de la presente invención, justo antes del inicio de un evento de indisponibilidad, el centro de mando lleva a cabo las siguientes acciones: i) el centro de mando envía un comando al satélite ordenando al satélite que utilice el filtro de ancho de banda GSO, es decir, todas las emisiones de la banda NGSO serán atenuadas por debajo de un nivel específico, y ii) el centro de mando ordena a todos los terminales de Tierra GSO participantes que solamente transmitan potencia de señal del espectro del enlace ascendente GSO del enlace ascendente.

Inmediatamente después del evento de indisponibilidad, el centro de mando realiza las siguientes acciones: i) el centro de mando ordena al satélite que utilice el filtro de ancho de banda más amplio que incluye el canal GSO y la banda de frecuencia NGSO, y ii) el centro de mando ordena a todos los terminales de Tierra GSO participantes en el sistema de satélite GSO que transmitan la señal utilizando ambos espectros GSO y NGSO.

En una realización de la invención, la selección entre el espectro de frecuencias GSO primario asignado y el espectro de frecuencias ampliado es realizada por un conmutador. Haciendo referencia a la **Fig. 5**, el conmutador 580 puede ser un conmutador MMIC unipolar de doble tiro (SPDT, por sus siglas en inglés) de diodo PIN. La función de conmutación SPDT deseada puede obtenerse con una variedad de configuraciones de diodo PIN GaAs diferentes tales como diodos de serie, diodos de derivación y/o una combinación de diodos de serie y derivación. El conmutador 580 puede implementarse también con un conmutador de sistemas microelectromecánicos (MEMS, por sus siglas en inglés) capacitivos de serie y derivación. Por ejemplo, los proveedores de conmutadores SPDT de alta potencia para banda Ka son comercializados por TriQuint Semiconductor y Endware, y un proveedor de conmutadores MEMS ilustrativo es Teravicta Technologies. El experto en la técnica reconocerá que la implementación del conmutador 580 descrita en la presente memoria simplemente ilustra una realización del conmutador 580 y que pueden usarse construcciones alternativas y equivalentes sin desviarse del espíritu de la invención.

En una realización de la presente invención, tanto el sistema de satélite GSO como el NGSO utilizan la banda Ka. Dado que las bandas de frecuencia de la banda Ka para sistemas de satélite GSO y NGSO están en posiciones adyacentes entre sí, extender el ancho de banda de filtro para admitir el espectro más amplio es muy sencillo.

En una realización, ambos sistemas de satélite GSO y NGSO operan en una banda Ka. En una realización, el espectro de frecuencias del canal de enlace ascendente primario GSO es de 28,1 a 28,6 GHz, y el espectro de frecuencias del canal de enlace descendente primario GSO es de 18,3 a 18,8 GHz. El espectro de frecuencias del canal de enlace ascendente NGSO es de 28,6 a 29,1 GHz y el espectro de frecuencias del canal de enlace descendente NGSO es de 18,8 a 19,3 GHz. La **Fig. 8A** ilustra la respuesta de la frecuencia del filtro de paso de banda para los canales de enlace ascendente y enlace descendente del sistema de comunicación vía satélite GSO utilizando el espectro de frecuencias ampliado (incluido el espectro de frecuencias NGSO, además del espectro de frecuencias GSO). En esta realización, el espectro del canal GSO está por debajo del espectro de frecuencias NGSO y el segundo filtro 572 de paso de banda (Fig. 5) tendrá su ancho de banda ampliado por encima del espectro GSO para incluir el espectro NGSO.

En otra realización, el canal de enlace ascendente primario utiliza de 29,5 a 30,0 GHz y el canal de enlace descendente primario GSO usa de 19,7 a 20,2 GHz. El canal de enlace ascendente NGSO es de 28,6 a 29,1 GHz y el canal de enlace descendente NGSO es de 18,8 a 19,3 GHz. La **Fig. 8B** ilustra la respuesta de la frecuencia del filtro de paso de banda para los canales de enlace ascendente y descendente del sistema de comunicación vía satélite GSO utilizando el espectro de frecuencias ampliado. En esta realización, el espectro del canal GSO está por encima del espectro de frecuencias NGSO, y el segundo filtro 572 de paso de banda (Fig. 5) tendrá su ancho de banda ampliado por debajo del espectro GSO para incluir el espectro NGSO. El espectro de frecuencias NGSO se encuentra en ambos casos en el rango próximo al espectro de frecuencias GSO. Se entenderá que los espectros de frecuencias para ambos sistemas de comunicación vía satélite GSO y NGSO tienen un propósito solamente ilustrativo y no pretenden ser limitantes. En otras realizaciones, los sistemas de comunicación vía satélite GSO y NGSO pueden usar la banda Ku.

Los detalles específicos se proporcionan en la descripción para proporcionar un entendimiento completo de las realizaciones. Sin embargo, un experto en la materia comprenderá que las realizaciones pueden ponerse en práctica sin estos detalles específicos. Por ejemplo, se han mostrado circuitos, procesos, algoritmos, estructuras, y técnicas bien conocidos sin detalles innecesarios para evitar la complicación de las realizaciones.

También se observa que las realizaciones pueden describirse como un proceso que se representa como un diagrama de flujo, un diagrama de estructura o un diagrama en bloque. Aunque cada una puede describir las operaciones como un proceso secuencial, muchas de las operaciones pueden realizarse en paralelo o simultáneamente. Además, el orden de las operaciones se puede reorganizar.

5 Además, las realizaciones pueden ser implementadas mediante hardware, software, firmware, middleware, microcódigo o cualquier combinación de los mismos. Cuando se implementa en software, firmware, middleware, o microcódigo, el código o los segmentos de código que realizan las tareas necesarias se pueden almacenar en un medio legible por ordenador, tal como un medio de almacenamiento. Los procesadores pueden realizar las tareas necesarias.

10 Habiendo descrito varias realizaciones, los expertos en la técnica reconocerán que pueden usarse diversas modificaciones, construcciones alternativas, y equivalentes sin abandonar el ámbito de la invención, según lo definido por las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, los elementos anteriores pueden ser simplemente un componente de un sistema más grande, en donde otras reglas pueden tomar precedencia sobre o de cualquier
15 otra forma modificar la aplicación de la invención. En consecuencia, la descripción anterior no debe tomarse como una limitación del ámbito de la invención, el cual se define en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de comunicación vía satélite geoestacionario (GSO) que comprende:
 un terminal de Tierra en operación para transmitir señales a un satélite GSO utilizando un espectro de
 frecuencias GSO, el terminal de Tierra opera además para transmitir señales al satélite GSO utilizando un
 espectro de frecuencias ampliado, incluyendo el espectro de frecuencias ampliado, el espectro de
 frecuencias GSO y un espectro de frecuencias no geoestacionario (NGSO);
 un centro de mando en operación para ordenar al terminal de Tierra que transmita señales al satélite
 GSO utilizando solamente el espectro de frecuencias GSO, cuando se espera que un satélite NGSO esté
 en línea con respecto al terminal de Tierra y al satélite GSO; y
 en donde el centro de mando está además en operación para ordenar al terminal de Tierra que transmita
 señales al satélite GSO utilizando el espectro de frecuencias ampliado, cuando no se espera que ningún
 satélite NGSO esté en línea con respecto al terminal de Tierra y al satélite GSO.
2. El sistema de la reivindicación 1, en donde el centro de mando está además en operación para ordenar al
 terminal de Tierra que transmita señales al satélite GSO utilizando el espectro de frecuencias ampliado
 continuamente cuando un satélite NGSO no opera en el espectro de frecuencias NGSO.
3. El sistema de la reivindicación 1, en donde el espectro de frecuencias NGSO está en el rango de
 proximidad del espectro de frecuencias GSO.
4. El sistema de la reivindicación 3, en donde el espectro de frecuencias ampliado del enlace ascendente
 tiene una frecuencia más alta que el espectro de frecuencias ampliado del enlace descendente.
5. El sistema de la reivindicación 1, en donde el satélite GSO está en operación para recibir señales en el
 espectro de frecuencias GSO y en el espectro de frecuencias ampliado.
6. El sistema de la reivindicación 1, en donde el satélite GSO además comprende:
 un amplificador de bajo ruido en operación para amplificar las señales transmitidas y generar una señal
 amplificada;
 un mezclador de frecuencias que tiene una primera entrada adaptada para recibir la señal amplificada,
 una segunda entrada acoplada a un oscilador local, y una salida que tiene una pluralidad de productos
 de frecuencia que incluyen un espectro de frecuencias ampliado de enlace descendente;
 un divisor que tiene una entrada acoplada a la salida del mezclador, una primera salida del divisor y una
 segunda salida del divisor;
 un primer filtro de paso de banda que tiene una primera entrada de paso de banda acoplada a la primera
 salida del divisor y una primera salida de paso de banda acoplada a una primera entrada de un conmutador;
 un segundo filtro de paso de banda que tiene una segunda entrada de paso de banda acoplada a la
 segunda salida del divisor y una segunda salida acoplada a una segunda entrada del conmutador;
 en donde el primer filtro de paso de banda pasa el ancho de banda del espectro de frecuencias GSO;
 en donde el segundo filtro de paso de banda pasa el ancho de banda del espectro de frecuencias ampliado; y
 en donde una salida del conmutador se acopla de forma selectiva a la primera entrada del conmutador o
 a la segunda entrada del conmutador.
7. El sistema de la reivindicación 6, en donde el satélite GSO además comprende un dispositivo de control
 adaptado para descodificar las instrucciones transmitidas desde el centro de mando, en donde el dispositivo
 de control conecta la salida del conmutador con la primera entrada o la segunda entrada según las
 instrucciones de descodificación, en donde la salida del conmutador está conectada con la primera entrada
 cuando se espera que al menos un satélite NGSO este en línea con respecto al terminal de Tierra y al
 satélite GSO, y en donde la salida del conmutador está conectada con la segunda entrada cuando no se
 espera que ningún satélite NGSO este en línea con respecto al terminal de Tierra y al satélite GSO.
8. Un método para operar un sistema de satélite geoestacionario (GSO) que comprende:
 transmitir señales desde un terminal de Tierra a un satélite GSO utilizando un espectro de frecuencias
 GSO, el terminal de Tierra además en operación para transmitir señales al satélite GSO utilizando un
 espectro de frecuencias ampliado, incluyendo el espectro de frecuencias ampliado el espectro de
 frecuencias GSO y un espectro de frecuencias no geoestacionario (NGSO);
 ordenar al terminal de Tierra que transmita señales al satélite GSO utilizando solamente el espectro de
 frecuencias GSO, cuando se espera que un satélite NGSO esté en línea con respecto al terminal de
 Tierra y al satélite GSO por un centro de mando, y
 ordenar al terminal de Tierra que transmita señales al satélite GSO utilizando el espectro de frecuencias
 ampliado, cuando no se espera que ningún satélite NGSO esté en línea con respecto al terminal de
 Tierra y al satélite GSO por el centro de mando.

9. El método de la reivindicación 8, en donde el centro de mando además ordena al terminal de Tierra que transmita señales al satélite GSO utilizando el espectro de frecuencias ampliado continuamente cuando el satélite NGSO no opera en el espectro de frecuencias NGSO.
- 5 10. El método de la reivindicación 8 en donde el centro de mando además ordena al terminal de Tierra que transmita señales al satélite GSO utilizando el espectro de frecuencias ampliado continuamente cuando ningún satélite NGSO opera en el espectro de frecuencias NGSO y que transmita señales al satélite GSO utilizando solamente el espectro GSO una vez que un satélite NGO empieza a operar en el espectro de frecuencias NGSO.
- 10 11. El método de la reivindicación 8, en donde el satélite GSO está en operación para transmitir señales convertidas en frecuencia a, al menos, un área de la Tierra.
12. El método de la reivindicación 8 en donde el centro de mando comprende una unidad de procesamiento de datos acoplada a una unidad de memoria adaptada para almacenar datos de efemérides orbitales del satélite NGSO.
- 15 13. El método de la reivindicación 12 en donde los datos de efemérides orbitales se pueden actualizar.
14. El método de la reivindicación 8 en donde el centro de mando está ubicado en un lugar de la Tierra.
- 20 15. El método de la reivindicación 8 en donde el centro de mando está distribuido entre una pluralidad de lugares en la Tierra.

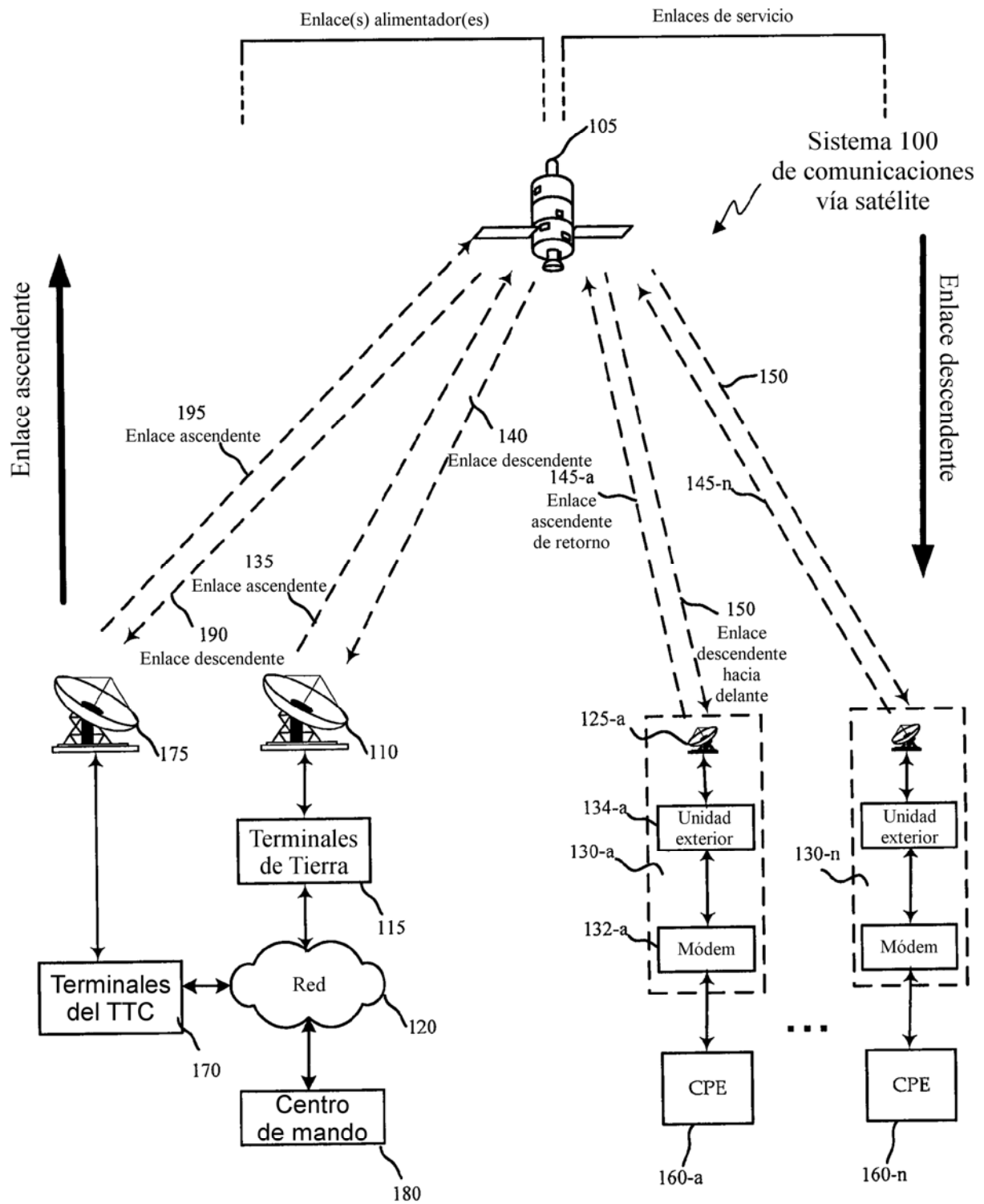


FIG. 1

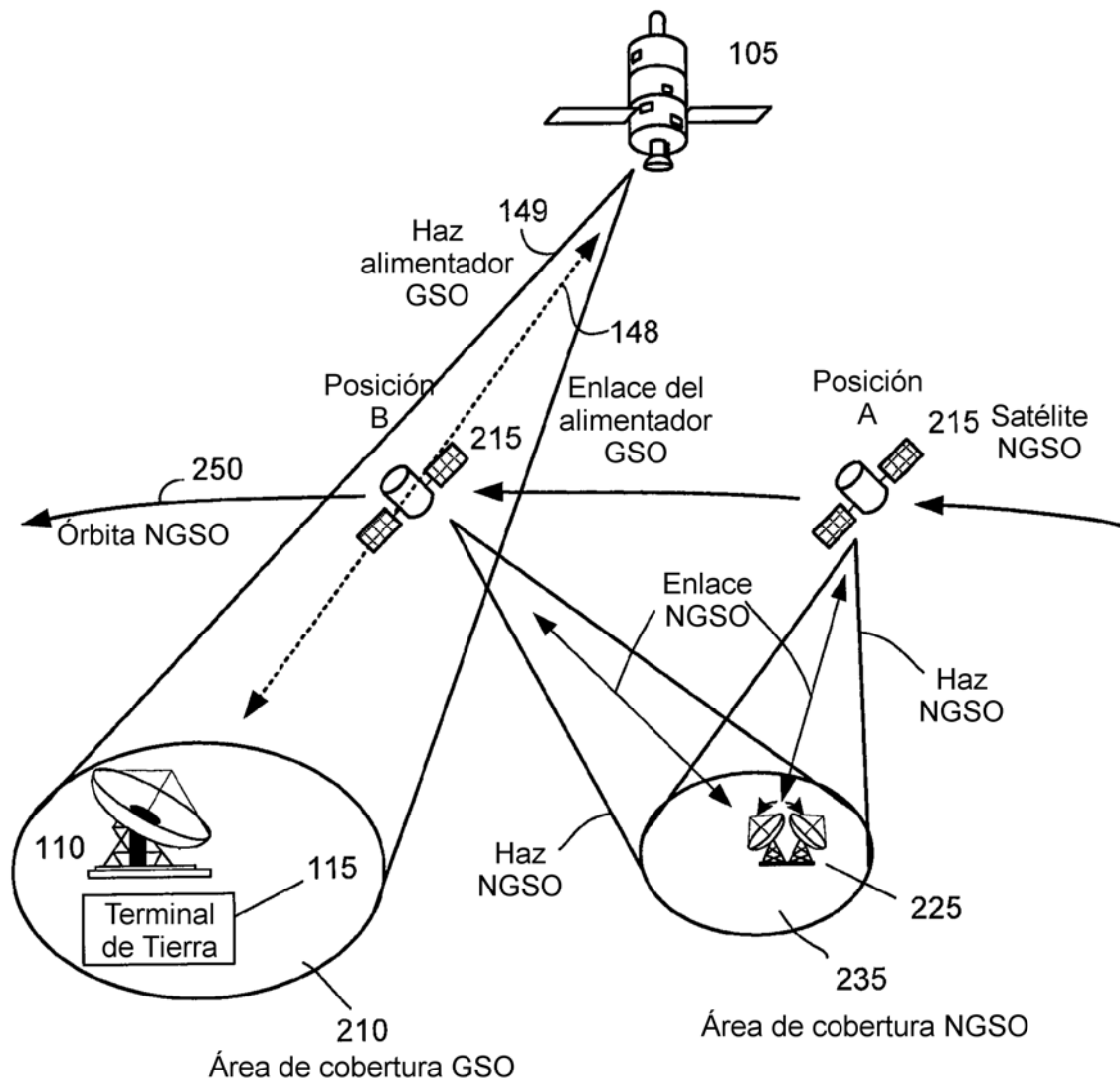


FIG. 2

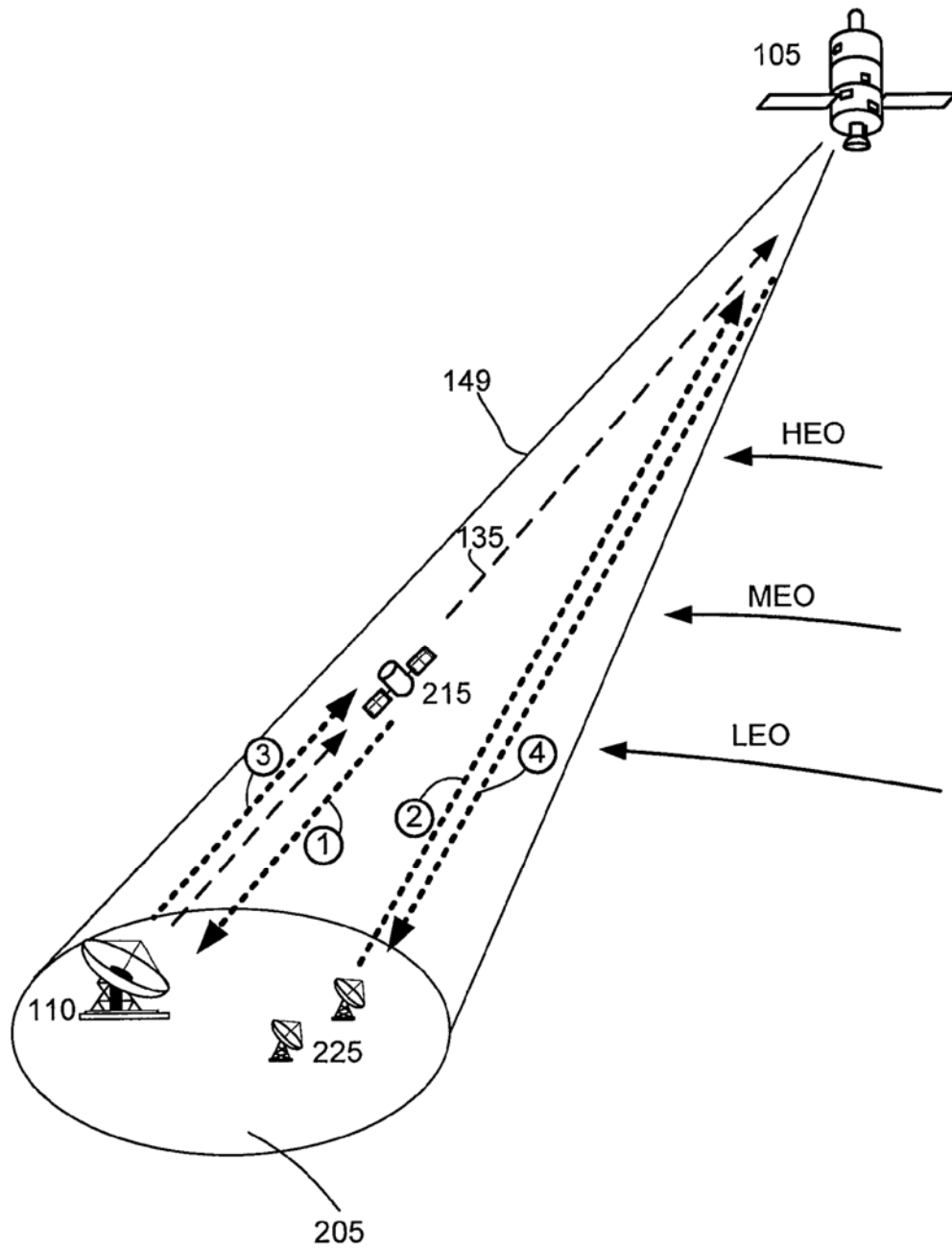


FIG. 3

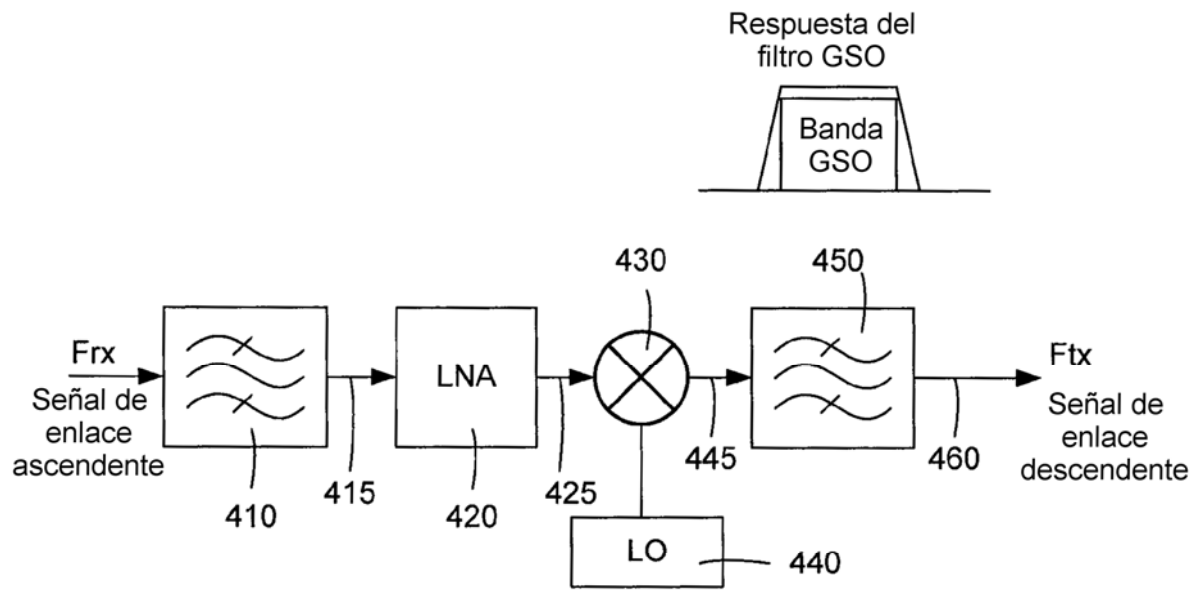


FIG. 4A (técnica anterior)

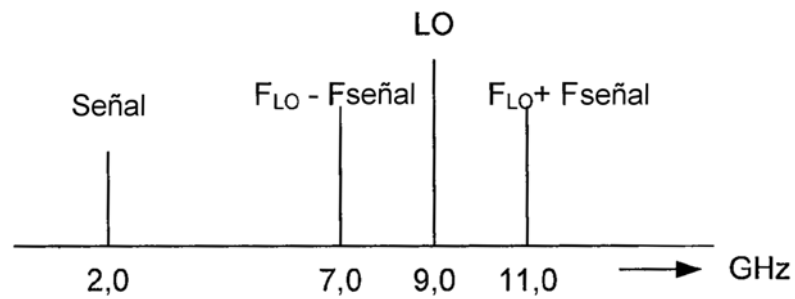


FIG. 4B

Productos de suma					Productos de diferencia				
LO = 9 GHz					LO = 9 GHz				
FrX = 2 GHz	M \ N	1	2	3	FrX = 2 GHz	M \ N	1	2	3
	1	11,0	20,0	29,0		1	7,0	16,0	25,0
	2	13,0	22,0	31,0		2	5,0	14,0	23,0
	3	15,0	24,0	33,0		3	3,0	12,0	21,0

FIG. 4C

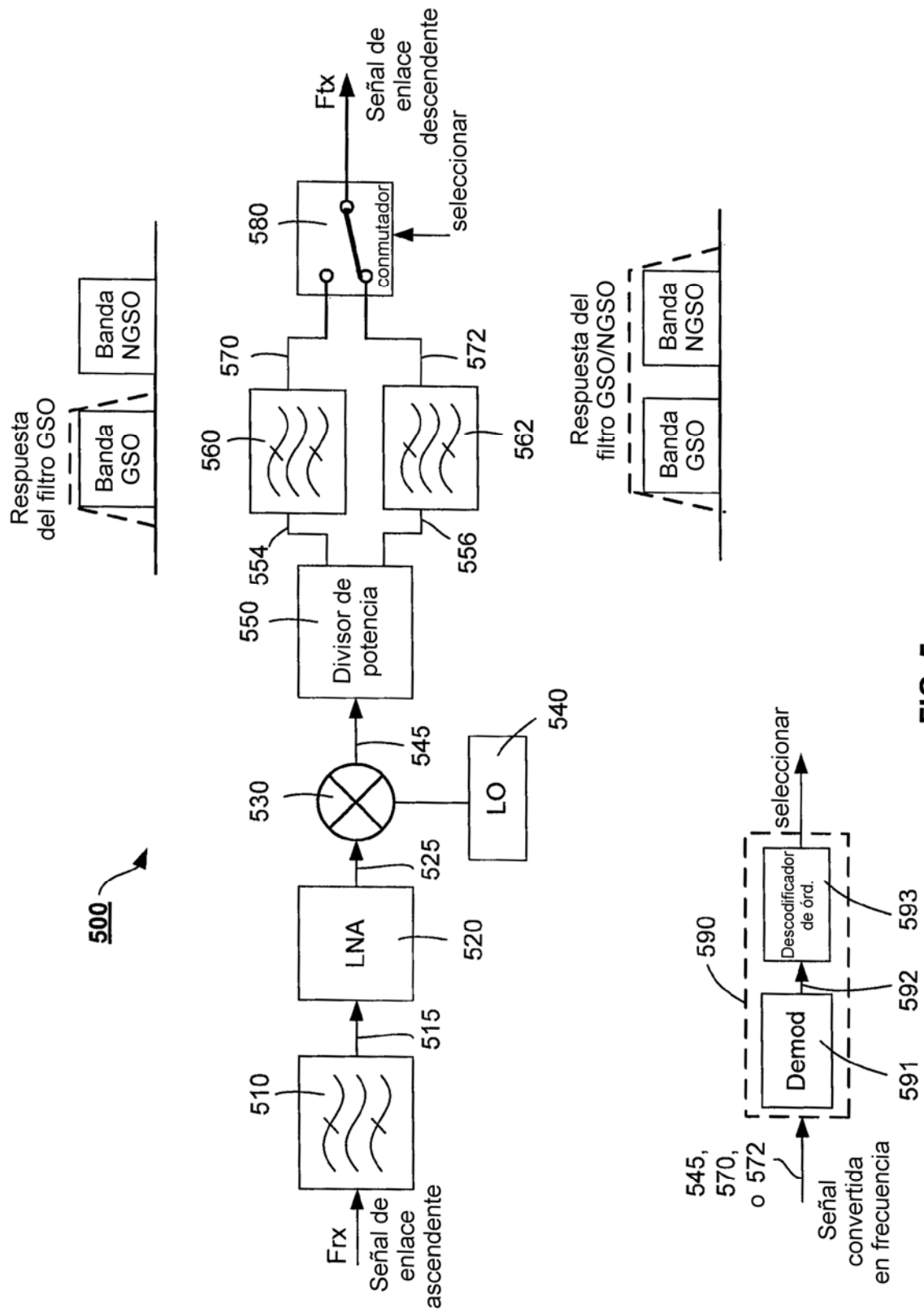


FIG. 5

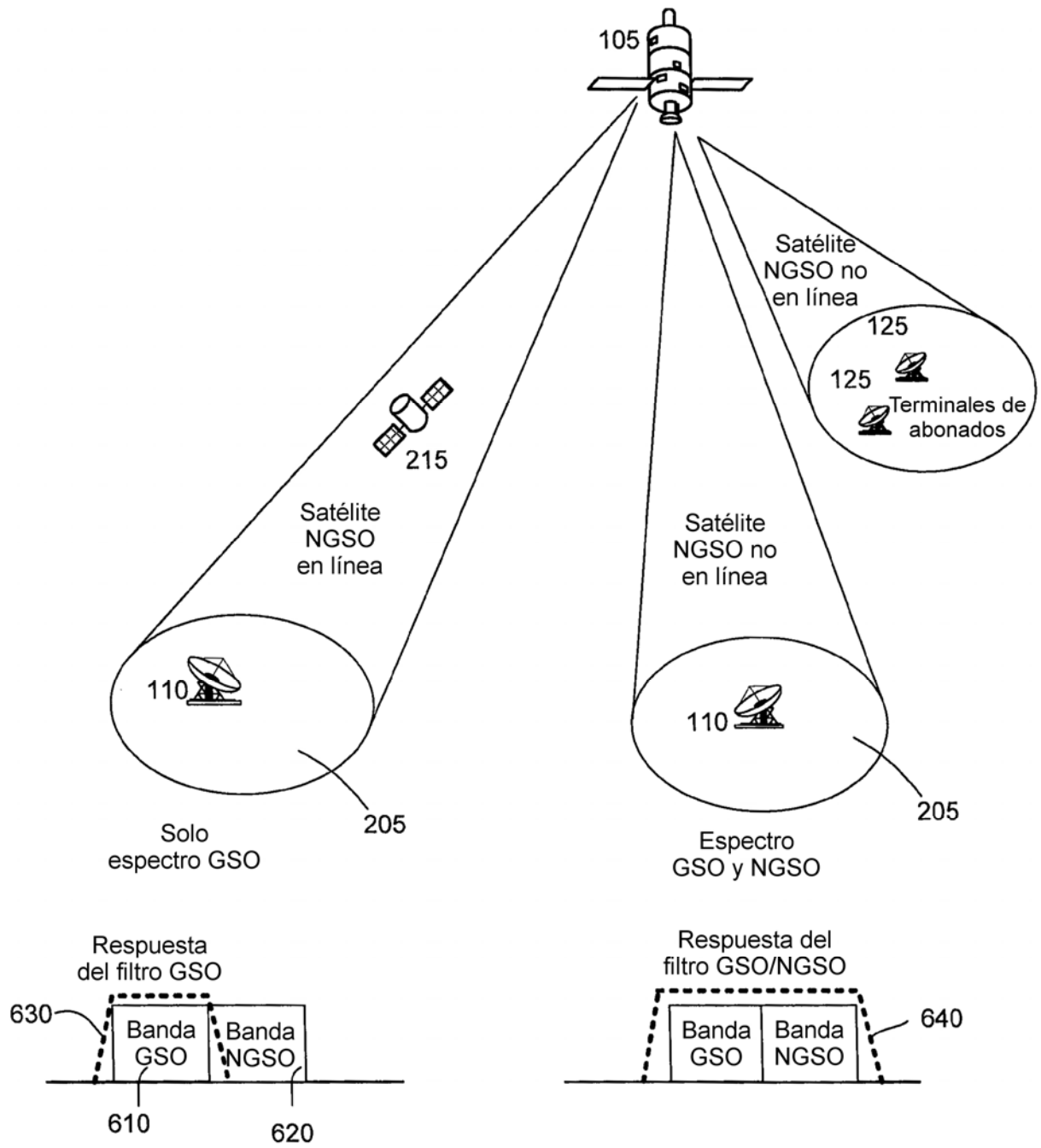


FIG. 6

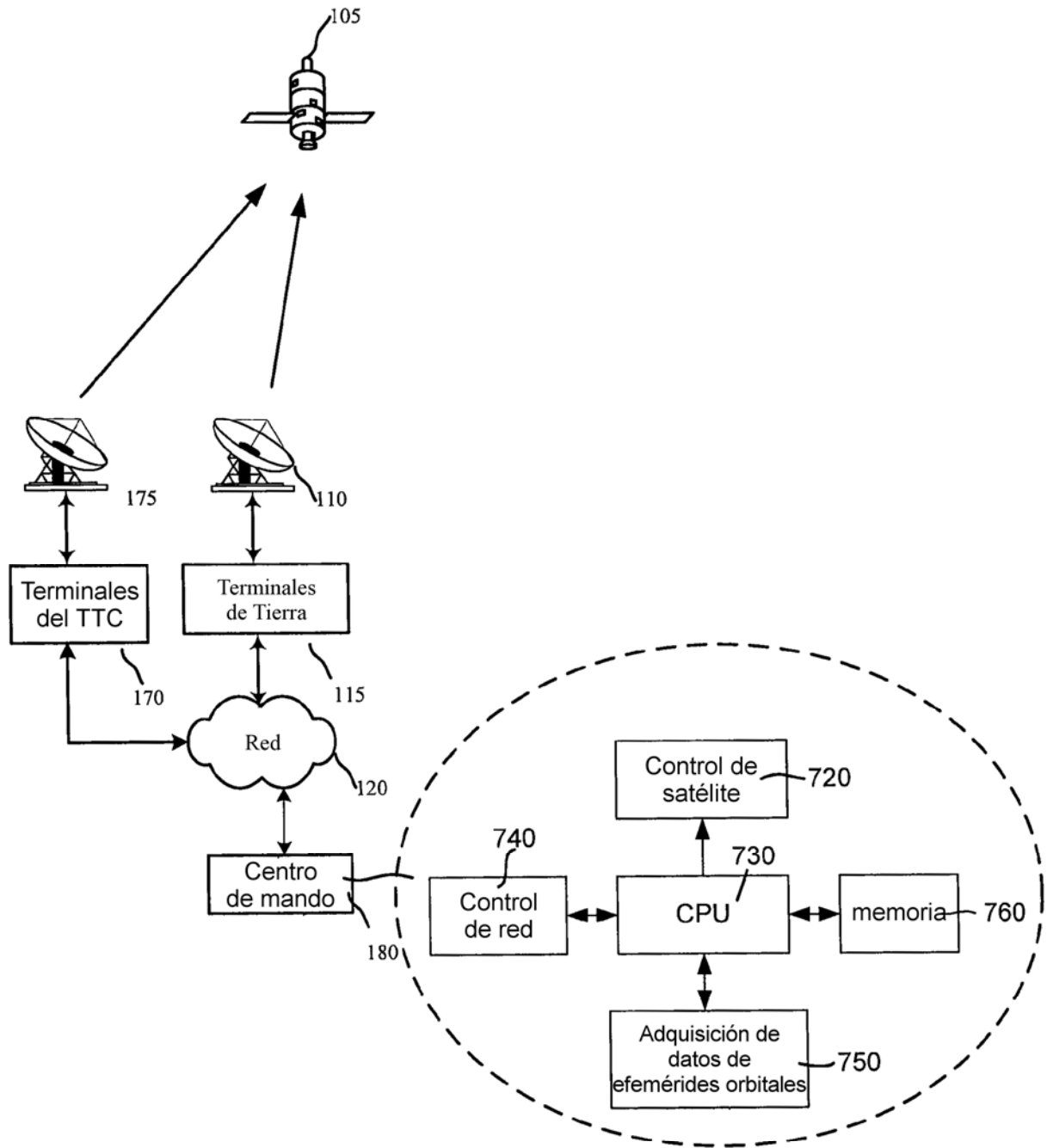


FIG. 7

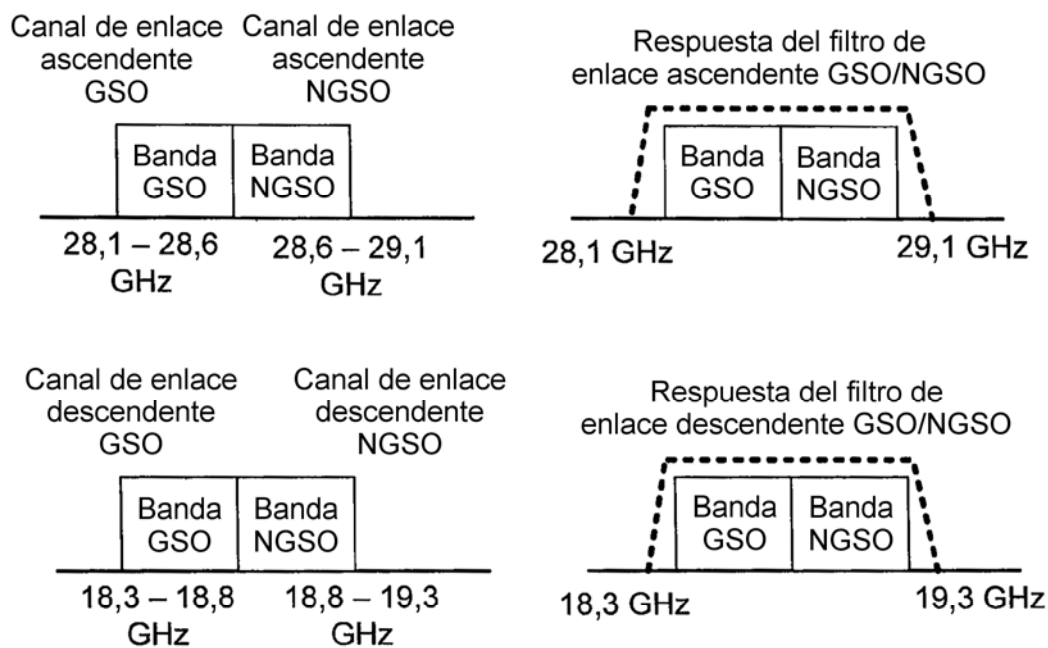


FIG. 8A

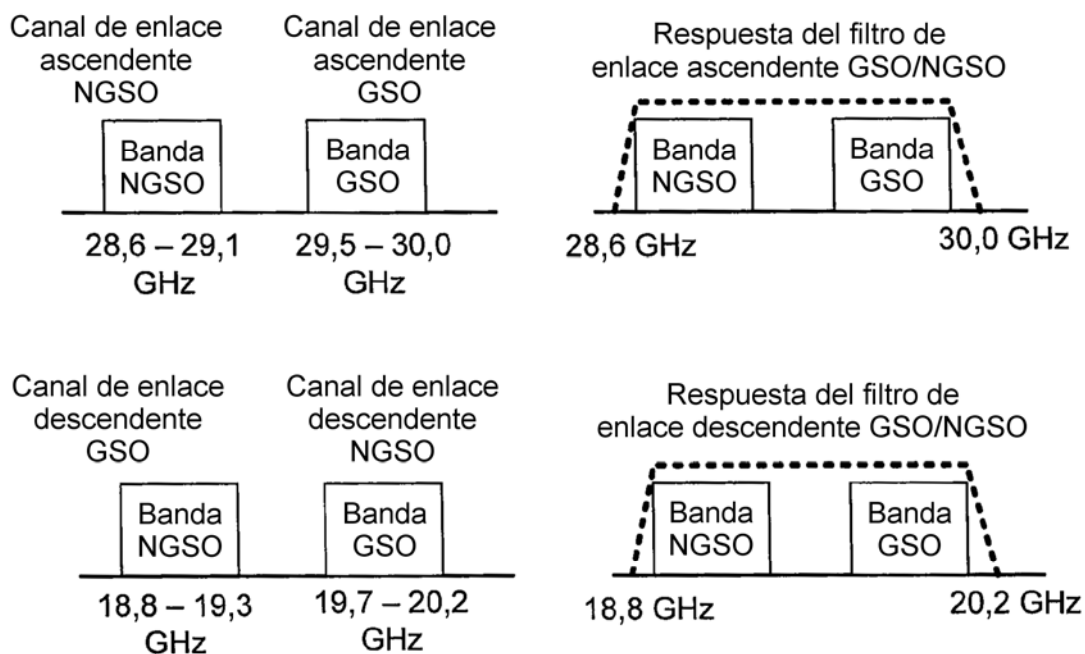


FIG. 8B