

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 972 826**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/185**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2008** **E 20158030 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2023** **EP 3726744**

54 Título: **Utilización sin interferencias de la banda de frecuencias de satélites no geoestacionarios para las comunicaciones por satélites geoestacionarios**

30 Prioridad:

**09.10.2007 US 978549 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.06.2024**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

**FERNÁNDEZ POU, Felipe**

ES 2 972 826 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

Utilización sin interferencias de la banda de frecuencias de satélites no geoestacionarios para las comunicaciones por satélites geoestacionarios

5

Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere a sistemas de comunicación por satélite y, en particular, a sistemas de satélites geoestacionarios que utilizan el espectro de frecuencias de satélites no geoestacionarios de manera no interferencial.

10

Los satélites están en órbita geoestacionaria (GSO), es decir, estacionarios con relación a la Tierra, o en órbita no geoestacionaria (NGSO), que viajan alrededor de la Tierra. En general, las bandas de frecuencias asignadas a los sistemas de comunicación por satélite GSO no se superponen con las bandas de frecuencias asignadas a los sistemas de comunicación por satélite NGSO.

15

El espectro de radiofrecuencia (RF) es un recurso finito y limitado. Sólo determinadas bandas de frecuencias se atribuyen a los sistemas de comunicación por satélite GSO. Algunas otras bandas de frecuencias se atribuyen a los sistemas de comunicación por satélite NGSO. La capacidad de canales de cualquier sistema de comunicación se limita por el número de bandas de frecuencia y el ancho de banda disponible asociado. Existe la necesidad de que un sistema de satélite GSO utilice bandas de frecuencia asignadas a otros sistemas de comunicación inalámbrica para obtener una mayor capacidad de canales sin causar ninguna interferencia.

20

Un satélite GSO está en órbita a unos 35 800 km sobre el ecuador y su revolución alrededor de la Tierra se sincroniza con la rotación de la Tierra. Por lo tanto, el satélite GSO parece estacionario, es decir, fijo en el cielo para un observador en la superficie terrestre. A diferencia de los satélites GSO, los satélites NGSO suelen viajar a altitudes bajas y medias y tienen órbitas variables que están por debajo de la órbita GSO. Un terminal terrestre GSO con un ancho de haz de antena estrecho tendrá su haz de antena apuntando a un satélite GSO. Por lo tanto, un satélite NGSO sólo será visible para el terminal terrestre GSO cuando esté "en línea" con respecto al terminal terrestre GSO y al satélite GSO. De manera similar, una estación terrestre NGSO con un ancho de haz de antena estrecho tendrá su haz de antena apuntando al satélite NGSO. Dado que los satélites NGSO no son estacionarios, la antena de la estación terrestre NGSO puede ser orientable para seguir al satélite NGSO. El satélite GSO sólo será visible para la estación terrestre NGSO cuando los satélites GSO y NGSO estén "en línea" o aproximadamente "en línea".

25

30

Los sistemas de comunicación por satélite de la técnica anterior sólo utilizan bandas de frecuencia asignadas a sistemas de satélite GSO. Las bandas de frecuencias GSO asignadas difieren de las asignadas a los sistemas de satélites NGSO para evitar interferencias. En ciertos espectros de frecuencias atribuidos, las bandas de frecuencias NGSO pueden ubicarse cerca de las bandas de frecuencia GSO.

35

El satélite GSO puede contener una antena multihaz que ilumina determinadas zonas de la superficie terrestre. Por lo tanto, el cono del haz de la antena satelital 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 terrestre al satélite GSO es en general muy estrecha. El haz (también denominado canal en lo sucesivo) desde un satélite a un terminal terrestre se denomina haz de enlace descendente (o canal de enlace descendente) y el haz desde un terminal terrestre al satélite se denomina haz de enlace ascendente (o canal de enlace ascendente). Generalmente, se asignan diferentes bandas de frecuencia (también denominadas espectros de frecuencias en lo sucesivo) para los canales de enlace ascendente y de enlace descendente para evitar interferencias co-canal. Como la trayectoria orbital de un satélite NGSO puede cruzar el canal de enlace ascendente o descendente de un sistema de comunicación por satélite GSO, se asignan bandas de frecuencia separadas (espectros de frecuencias) al satélite NGSO. Sin embargo, en dependencia de las características de la constelación de satélites NGSO (por ejemplo, órbita terrestre baja, órbita terrestre media), el período de tiempo en el que el satélite NGSO está "en línea" con el satélite GSO y la respectiva terminal terrestre es relativamente corto, por lo que las bandas de frecuencias NGSO asignadas (o espectros de frecuencias) pueden compartirse por el sistema de satélites GSO cuando el satélite NGSO no está en línea. Además, los satélites NGSO actualmente desplegados pueden no usar el espectro de frecuencias NGSO asignado para su funcionamiento, de modo que el satélite GSO puede usar el espectro de frecuencias NGSO todo el tiempo sin causar ninguna interferencia.

40

45

50

55

El documento US 2006/0240767 A1 describe un sistema de comunicación por satélite para aumentar la capacidad mediante la reutilización del espectro por múltiples satélites. El sistema incluye una constelación de satélites que viajan en una órbita geosíncrona, donde la órbita geosíncrona define una trayectoria de satélite. La trayectoria satelital de la constelación se superpone a una ubicación orbital geoestacionaria ocupada por un satélite heredado que viaja en una órbita geoestacionaria. Para evitar interferencias entre la constelación coubicada y el satélite heredado, cada uno de los satélites de la constelación opera en modo silencioso cuando viaja dentro de un ancho de haz de interferencia de un terminal terrestre en comunicación con el satélite heredado. Una vez fuera del ancho del haz de interferencia, los satélites de la constelación vuelven a un modo de funcionamiento activo.

60

Breve resumen de la invención

La invención se define por las reivindicaciones independientes, con modalidades preferidas expuestas en las reivindicaciones dependientes. La presente invención describe un método y un aparato para utilizar espectros de frecuencias de órbita de satélite no geoestacionario (NGSO) en un sistema de comunicación por satélite de órbita de satélite geoestacionario (GSO) de una manera sin interferencias. Un terminal terrestre transmite señales a un satélite GSO usando un espectro de frecuencias GSO, el terminal terrestre es además operable para transmitir señales al satélite GSO usando un espectro de frecuencias ampliado. El espectro de frecuencias ampliado puede incluir el espectro de frecuencias GSO y un espectro de frecuencias no geoestacionarias (NGSO). Un centro de mando da instrucciones al terminal terrestre para que transmita señales al satélite GSO usando el espectro de frecuencias GSO, cuando se espera que un satélite NGSO esté en línea con respecto al terminal terrestre y al satélite GSO; y el centro de mando puede además ordenar al terminal terrestre que transmita señales al satélite GSO usando el espectro de frecuencias ampliado, cuando no se espera que ningún satélite NGSO esté en línea con respecto al terminal terrestre y al satélite GSO.

En una modalidad de la presente invención, el centro de mando puede ubicarse dentro de un terminal terrestre.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de comunicación por satélite ilustrativo configurado de acuerdo con diversas modalidades de la invención.

La Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra un satélite NGSO que se desplaza a lo largo de una órbita NGSO que cruza el canal entre un terminal terrestre GSO y un satélite GSO.

La Figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra diferentes escenarios de interferencia entre un sistema de satélite GSO y un satélite NGSO.

La Figura 4A es un diagrama de bloques de un subsistema receptor de satélite de la técnica anterior.

La Figura 4B es un plan de frecuencia que ilustra los productos de frecuencia después de mezclar una señal de bajo nivel con una frecuencia de oscilador local.

La Figura 4C es una tabla que ilustra los productos de frecuencia suma y diferencia después de mezclar una señal de alto nivel con una frecuencia de oscilador local.

La Figura 5 es un diagrama de bloques de un subsistema receptor de satélite GSO de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

La Figura 6 es un diagrama de bloques que ilustra un satélite GSO que utiliza un espectro de frecuencias ampliado sin interferencias, de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

La Figura 7 es un diagrama de bloques ilustrativo de una arquitectura de centro de mando de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

La Figura 8A es una respuesta de filtro ampliada que incorpora un espectro de frecuencias NGSO que está por encima del espectro de frecuencias GSO.

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

Descripción detallada de la invención

Con referencia primero a la Figura 1, se muestra un diagrama de bloques de un sistema de comunicación por satélite 100 ilustrativo configurado de acuerdo con diversas modalidades de la invención. El sistema de comunicación por satélite 100 incluye una red 120, tal como Internet, interconectada con uno o más terminales terrestres 115 que se configura para comunicarse con uno o más terminales de abonado 130, a través de un satélite 105. El sistema 100 también incluye uno o más terminales de telemetría, seguimiento y control (TTC) 170.

El terminal terrestre 115 a veces se denomina concentrador, terminal de puerta de enlace o estación terrestre y da servicio al enlace ascendente 135, al enlace descendente 140 hacia y desde el satélite 105. Aunque sólo se muestra un terminal de Tierra 115, esta modalidad tiene varios terminales terrestres, todos ellos acoplados a la red 120, por ejemplo, veinte o cuarenta terminales terrestres. El terminal terrestre 115 programa el tráfico hacia los terminales de abonado 130, aunque otras modalidades podrían realizar la programación en otras partes del sistema de comunicación por satélite 100.

En la presente descripción se expone ampliamente un sistema de comunicación por satélite 100 aplicable a diversas

modalidades de la invención. En esta modalidad, hay una cantidad predeterminada de espectro de frecuencias disponible para transmisión. Los enlaces de comunicación entre los terminales terrestres 115 y el satélite 105 pueden usar espectros de frecuencias iguales o superpuestos con los enlaces de comunicación entre el satélite 105 y los terminales de abonado 130 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 amplia (WAN), una red de área local (LAN), una red privada virtual (VPN), una LAN virtual (VLAN), una red de fibra óptica, una red híbrida de fibra coaxial, una red de cable, la red telefónica pública conmutada (PSTN), la red pública de datos conmutada (PSDN), una red móvil pública terrestre, y/o cualquier otro tipo de red que admita la comunicación de datos entre los dispositivos descritos en la presente descripción, en diferentes modalidades. La red 120 puede incluir tanto conexiones cableadas como inalámbricas, incluidos enlaces ópticos. Como se ilustra en varias modalidades, la red puede conectar el terminal terrestre 115 con otros terminales terrestres (no representados), que también están en comunicación con el satélite 105. Todos los terminales terrestres en comunicación con el satélite 105 también pueden conectarse con un centro de mando 180.

El terminal terrestre 115 proporciona una interfaz entre la red 120 y el satélite 105. El terminal terrestre 115 puede configurarse para recibir datos e información dirigidos a uno o más terminales de abonado 130, y puede formatear los datos y la información para su entrega al respectivo dispositivo de destino a través del satélite 105. De manera similar, el terminal terrestre 115 puede configurarse para recibir señales desde el satélite 105 (por ejemplo, desde uno o más terminales de abonado 130) dirigidas a un destino conectado con la red 120, y puede formatear las señales recibidas para su transmisión con la red 120. El terminal terrestre 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 conjunto de terminales 130 al que se dirige el paquete.

El centro de mando 180 conectado a la red 120 puede comunicarse con cada terminal terrestre 115 en la red y el satélite 105. Los terminales terrestres 115 pueden ubicarse generalmente remoto de los terminales de abonado reales 130 para permitir la reutilización de frecuencias.

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

En una modalidad de la presente invención, un satélite geoestacionario 105 se configura para recibir las señales desde la ubicación de la antena 110 y dentro del espectro de frecuencias transmitido. El satélite 105 puede, por ejemplo, usar una antena reflectora, una antena de lente, una antena de serie en fase, una antena activa u otro mecanismo conocido en la técnica para la recepción de dichas señales. Las señales recibidas desde la puerta de enlace 115 se amplifican con un amplificador de bajo ruido (LNA) y luego se convierten en frecuencia para cambiar los niveles de energía y las frecuencias. El satélite 105 puede procesar las señales recibidas desde la puerta de enlace 115 y reenviar la señal desde la puerta de enlace 115 a uno o más terminales de abonado 130. En una modalidad de la presente invención, las señales convertidas en frecuencia pasan a través de un banco de filtros que separan las diversas señales convertidas en frecuencia que tienen diferente ancho de banda. Un interruptor puede seleccionar una de las diversas señales convertidas en frecuencia, que luego se amplifica aún más mediante amplificadores de tubo de ondas progresivas (TWTAs) para producir la Energía Radiada Isotrópica Equivalente (EIRP) deseada en la salida de la antena de carga útil. La señal de transmisión de alta potencia pasa a través de una antena reflectora de transmisión (por ejemplo, una antena de serie en fase) que forma el patrón de radiación de transmisión (haz puntual). En una modalidad de la presente invención, el satélite 105 puede funcionar en un modo de haz puntual múltiple, transmitiendo un número de haces estrechos, cada uno de ellos dirigido a una región diferente de la tierra, permitiendo segregar los terminales de abonado 130 en los diversos haces estrechos.

En otra modalidad de la presente invención, el satélite 105 puede configurarse como un satélite de "tubo doblado", en donde el satélite 105 puede convertir en frecuencia y polarización las señales portadoras recibidas antes de retransmitir estas señales a su destino, pero por lo demás tiene poco rendimiento en los contenidos de las señales. Un haz puntual puede usar una única portadora, es decir, una frecuencia o un rango de frecuencia contiguo por haz. El satélite 105 puede usar una variedad de técnicas de codificación y modulación de transmisión de capa física de acuerdo con ciertas modalidades de la invención. En algunas modalidades de la presente invención se pueden utilizar codificación y modulación adaptativas.

Para otras modalidades de la presente invención, se pueden usar varias arquitecturas de red que consisten en segmentos espaciales y terrestres, en las que el segmento espacial es uno o más satélites mientras que el segmento terrestre comprende terminales de abonado, terminales o puertas de enlace terrestres, centros de operaciones de red (NOC) y un centro de mando de terminales terrestres y satelitales. Los terminales terrestres y los satélites pueden conectarse a través de una red en malla o en estrella, como resulta evidente para los expertos en la técnica. En una modalidad de la presente invención, el centro de mando 180 se conecta a la red 120 y se opera para transmitir instrucciones al satélite y a cada terminal terrestre participante en el sistema de comunicación GSO. En otra modalidad,

el centro de comando puede ubicarse en una región geográfica y/o coubicado con uno de los terminales terrestres 115. Y aún en otra modalidad, el centro de mando puede distribuirse entre múltiples regiones geográficas y/o entre varios terminales terrestres. Aún en otra modalidad, el centro de mando puede ser móvil y acoplarse a la red a través de un enlace celular o un enlace inalámbrico metropolitano (MAN) o de red de área amplia (WAN). El centro de mando

5

podre equiparse con equipos 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 de abonado 130 y recibirse con la respectiva antena de abonado 125. En una modalidad, la antena 125 y el terminal 130 juntos comprenden un terminal de apertura muy pequeña (VSAT), midiendo la antena 125 aproximadamente 0,6 metros de

10

15

20

25

El terminal TTC 170 proporciona una interfaz para monitorear 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 rastrear la posición del satélite 105. En la presente modalidad, el terminal TTC 170 se conecta al centro de comando 180 a través de la red 120, y el terminal TTC 170 se configura 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 alternativamente puede implementarse en un terminal 115 que también transporta datos de tráfico.

De acuerdo con algunas modalidades alternativas, el terminal TTC 170 puede estar en comunicación directa con el centro de mando 180 o puede integrarse en el centro de mando 180. El terminal TTC 170 se comunica con el satélite 105 usando una antena 175. La antena 175 puede ser sustancialmente similar a la antena 110 o puede comprender una configuración diferente. El enlace ascendente 195 representa un enlace ascendente de comando desde el TTC 115 para enviar comandos al satélite 105. El enlace descendente 190 representa un enlace descendente de telemetría desde el satélite 105 para recibir datos del satélite 105, tales como datos que representan la posición del satélite 105. El terminal TTC 170 puede ubicarse remoto de los terminales terrestres 115 y de los terminales de abonado 130. Estos enlaces pueden estar en banda con los enlaces de datos de usuario 135 y 140, o alternativamente usar otro conjunto de frecuencias.

30

35

Paralelamente al desarrollo de sistemas de comunicación por satélite GSO, se han desarrollado y desplegado sistemas basados en satélites NGSO. A medida que los satélites NGSO viajan en órbitas por debajo de un satélite GSO, puede haber períodos en los que uno o más satélites NGSO estén "en línea" con el satélite GSO y una o más terminales terrestres GSO. La Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra el satélite NGSO 215 moviéndose a lo largo de una órbita no geoestacionaria 250 que cruza el canal entre la antena 110 del terminal terrestre 115 y el satélite 105. El haz de enlace ascendente de la antena 110 es un haz estrecho ya que apunta al satélite GSO 105. El satélite NGSO 215 está en línea con respecto a la antena 110 del terminal terrestre y al satélite 105 sólo un periodo de tiempo muy corto cuando recorre la órbita 250, que cruza el canal entre la antena 110 y el satélite 105.

40

45

Es posible que no se produzca interferencia en los canales de enlace ascendente y descendente del satélite GSO 105 y del satélite NGSO 215 cuando los dos satélites operan en diferentes espectros de frecuencias. Es posible que no se produzca interferencia cuando el área de cobertura NGSO 235 está geográficamente separada del área de cobertura de satélite GSO 210. Es posible que no se produzca interferencia cuando las estaciones terrestres NGSO utilizan antenas 225 que se polarizan de manera diferente que la antena del terminal terrestre 110.

50

Para ampliar el período en el que el satélite NGSO 215 puede iluminar el área de cobertura NGSO 235, un haz puntual del satélite NGSO 215 puede dirigirse continuamente sobre el área de cobertura NGSO 235, y cada estación terrestre NGSO dentro del área de cobertura NGSO también rastrea el satélite NGSO de servicio a medida que avanza por el área de cobertura NGSO. Para garantizar una cobertura continua del área NGSO 235, una constelación de satélites NGSO puede tener múltiples satélites NGSO de modo que al menos uno de los múltiples satélites NGSO sea visible en cualquier momento desde las antenas orientables 225 de las respectivas estaciones terrestres NGSO. Las antenas 225 pueden ser antenas terminales de tierra de disposición en fase activas u orientables mecánicamente.

55

60

Los satélites NGSO generalmente se diseñan para tener un nivel de energía de transmisión variable, de modo que se logre una densidad de flujo de energía constante en cada área de servicio. Por ejemplo, la energía del transmisor de un haz puntual que ilumina una determinada área de cobertura NGSO se reduce cuando el satélite NGSO viaja directamente en o cerca de la parte superior (por ejemplo, posición A) del área de cobertura NGSO iluminada, y la energía del transmisor aumentará cuando el satélite NGSO se aleja del área de cobertura 225. La energía de transmisión de las antenas de la estación terrestre NGSO también puede aumentarse para compensar la pérdida de

65

trayecto cuando el satélite NGSO se aleja (por ejemplo, posición B) del área de cobertura NGSO o cuando se producen desvanecimientos (por ejemplo, en condiciones de lluvia o nieve). El satélite NGSO puede interferir con el terminal terrestre GSO 115 aunque su haz de antena principal apunta al área de cobertura NGSO 235 que se separa geográficamente del terminal terrestre GSO porque sus haces de antena laterales pueden estar apuntando a la antena 110.

La interferencia entre el satélite GSO y el satélite NGSO puede mitigarse cuando los satélites GSO y NGSO usan espectros de frecuencias diferentes. Sin embargo, los espectros de frecuencias disponibles para las comunicaciones por satélite son muy limitados y es necesario compartir el espectro de frecuencias para usar el espectro de frecuencias disponible de manera más eficiente. El Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT se ha actualizado para permitir que los sistemas NGSO compartan partes de los espectros de las bandas Ku y Ka con los sistemas de satélite GSO. En una modalidad de la presente invención, un sistema de satélite GSO aprovecha el hecho de que los satélites NGSO pueden estar en línea o aproximadamente en línea con respecto al satélite GSO y uno o más de los terminales terrestres sólo durante un período de tiempo relativamente corto debido al estrecho haz de antena del terminal terrestre que apunta al satélite GSO, de modo que el espectro de frecuencias NGSO pueda usarse en el sistema de comunicación por satélite GSO durante el período en el que los satélites no NGSO no están en línea con respecto al terminal terrestre y al satélite GSO.

La Figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra diferentes escenarios de interferencia entre un sistema de satélite GSO y un satélite NGSO que está en línea o aproximadamente en línea con respecto al terminal terrestre y el satélite GSO. En la siguiente descripción, "en línea" significa que el satélite NGSO se coloca entre el haz principal de la antena 110 del terminal terrestre y el satélite GSO respectivo (como se muestra en la Figura 3) o, alternativamente, que el satélite GSO se coloca entre los Satélite NGSO y antenas de las estaciones terrestres NGSO 225. "Interferencia" se refiere a perturbaciones de frecuencia, fase, amplitud y/o cualquier combinación de las mismas causadas por la interacción entre señales transmitidas por los sistemas de satélite GSO y NGSO. Un ejemplo del nivel o gravedad de la interferencia puede expresarse mediante la relación portadora/energía de interferencia (C/I). Hay cuatro escenarios de interferencia: (1) El satélite NGSO está interfiriendo con un terminal terrestre GSO; (2) las estaciones terrestres NGSO están interfiriendo con el satélite GSO; (3) las terminales terrestres GSO están interfiriendo con el satélite NGSO, y (4) el satélite GSO está interfiriendo con una estación terrestre NGSO.

El peor de los casos de interferencia (1) puede ocurrir cuando el satélite NGSO apunta su haz de antena principal hacia una terminal NGSO que se ubica cerca del terminal terrestre GSO. El escenario de interferencia (1) también puede ocurrir cuando el haz principal del satélite NGSO apunta a una estación terrestre NGSO que está geográficamente alejada de los terminales terrestres GSO, pero los haces laterales de la antena del satélite NGSO apuntan al terminal terrestre GSO.

Los peores escenarios de interferencia (2) y (4) pueden ocurrir cuando el haz principal de una estación terrestre NGSO apunta al satélite GSO. Y el peor caso en el escenario de interferencia (3) puede ser cuando el haz principal de la antena GSO apunte al satélite NGSO. Estos cuatro escenarios de interferencia se evitarán o al menos se mitigarán si el sistema de satélites GSO no usa el espectro de frecuencias NGSO cuando un satélite NGSO está en línea. La gravedad de la interferencia se puede medir usando equipos de RF, estimarse usando datos conocidos o simularse usando modelos de simulación conocidos. La relación portadora/energía de interferencia es, por ejemplo, un parámetro para determinar el nivel de interferencia. El sistema GSO debe funcionar sin interferencia alguna con el sistema NGSO. Esto requiere que cuando el satélite NGSO esté en línea o aproximadamente en línea con respecto al terminal terrestre y al satélite GSO, el terminal terrestre GSO no pueda transmitir ninguna señal hacia el satélite NGSO utilizando el espectro de frecuencias NGSO, ya que las señales transmitidas interferirían con las señales de enlace ascendente de la estación terrestre NGSO deseadas. Los sistemas de satélites NGSO pueden ser sistemas de satélites de órbita terrestre baja (LEO), sistemas de satélites de órbita terrestre media (MEO) o sistemas de satélites de órbita terrestre alta (HEO). El nivel de interferencia y/o la duración de la línea pueden depender de las características de la antena, la sensibilidad del receptor del satélite NGSO en cuestión y su altitud orbital. De acuerdo con algunas modalidades, si el satélite 215 es un satélite HEO, el satélite 215 puede estar en una órbita que a veces es más alta que la órbita del satélite 215. Como resultado, el satélite 105 puede pasar entre el satélite 215 y las antenas 225 de las estaciones terrestres NGSO, lo que puede dar como resultado que el satélite 105 interfiera con las comunicaciones entre el satélite 215 y las estaciones terrestres NGSO si el satélite 225 está usando 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 su utilización por el sistema de comunicación por satélite GSO. Cuando los satélites GSO y NGSO están "en línea" o aproximadamente "en línea", se dice que el espectro NGSO está "no disponible" para su utilización por el sistema GSO. En una modalidad de la presente invención, el diseño del satélite GSO incorporará al menos dos filtros de paso de banda, que pueden seleccionarse de acuerdo con las instrucciones recibidas desde un centro de mando en la Tierra. La selección de un filtro pasa banda que tenga el ancho de banda apropiado puede basarse en datos de efemérides orbitales que son mantenidos y actualizados por un sistema de gestión de red (NMS) GSO. Los terminales terrestres que participan en el sistema de comunicación por satélite GSO pueden ser capaces de transmitir señales al satélite GSO usando 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 modalidad, el diseño del satélite

GSO puede incorporar un dispositivo de control a bordo que contiene datos de efemérides orbitales. El dispositivo de control a bordo puede seleccionar el filtro pasa banda apropiado basándose 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 sin cambios durante la vida del satélite GSO. Cuando el espectro NGSO esté disponible, se usará un filtro pasa banda con un ancho de banda que pase los espectros GSO y NGSO. Cuando el espectro NGSO no esté disponible, se usará un filtro pasa banda con un ancho de banda más estrecho que solo deja pasar el espectro GSO pero atenúa suficientemente el espectro NGSO. Esto reducirá todas las emisiones del satélite en la banda NGSO a un nivel que no cause ninguna interferencia en el enlace descendente al sistema NGSO. Además, cuando el espectro NGSO no esté disponible, los terminales terrestres del sistema GSO no usarán el espectro de frecuencias NGSO para evitar cualquier radiación e interferencia significativas a los satélites NGSO. Durante el breve intervalo de indisponibilidad del espectro NGSO, el sistema de comunicación por satélite GSO funcionará en un modo de capacidad de transmisión reducida.

En una modalidad, el sistema de comunicación por satélite GSO usa su espectro de frecuencias GSO asignado de forma primaria. El sistema de comunicación por satélite GSO amplía el espectro de frecuencias GSO primario asignado con un espectro de frecuencias NGSO de forma secundaria cuando el satélite NGSO no está en línea y la extensión del espectro puede operarse sin interferencias. En una modalidad, tanto el sistema de comunicación por satélite GSO como el NGSO operan en una banda Ka. Por ejemplo, el espectro de frecuencias del enlace ascendente primario GSO puede ser de 28,1 a 28,6 GHz, y el espectro de frecuencias del enlace descendente primario GSO puede ser de 18,3 a 18,8 GHz. El espectro de frecuencias del enlace ascendente NGSO puede ser de 28,6 a 29,1 GHz y el espectro de frecuencias del enlace descendente NGSO puede ser de 18,8 a 19,3 GHz.

Para gestionar los eventos de interferencia, el sistema de gestión de red (NMS) GSO debe gestionar y actualizar cuidadosamente los datos de efemérides orbitales. Cuando se anticipa un evento de interferencia, el NMS debe tener la capacidad de mover todo el tráfico al espectro GSO y seleccionar el filtro pasa banda apropiado. Desde el punto de vista de la reutilización de frecuencias, el espectro de frecuencias NGSO sería una extensión del espectro de frecuencias operativas GSO.

Generalmente, un satélite recibe una señal de enlace ascendente transmitida desde un terminal terrestre en alguna frecuencia y la convierte en una señal de enlace descendente en una frecuencia de transmisión desplazada. Luego, la señal de enlace descendente en la frecuencia de transmisión se amplifica para obtener los EIRP de enlace descendente. Se pueden usar amplificadores de energía TWTA o de estado sólido. Se usan diferentes frecuencias de enlace ascendente y descendente para que no interfieran entre sí. El subsistema de RF satelital incluye un filtro pasa banda del receptor 410 adaptado para pasar la señal de enlace ascendente deseada, un amplificador 420 de bajo ruido adaptado para amplificar la señal de enlace ascendente filtrada 415, un mezclador 430 que convierte la señal de enlace ascendente en la frecuencia  $F_{rx}$  mezclándola con un local oscilador 440, y un filtro pasa banda 450 que pasa el producto de frecuencia deseado 460 como se muestra en la Figura 4A. De acuerdo con algunas modalidades, el subsistema de RF satelital puede incluir otro filtro (no mostrado) entre el amplificador de bajo ruido 420 y el mezclador 430. El mezclador 430 es un dispositivo de 3 puertos que toma la señal de entrada 425 (por ejemplo, la señal de enlace ascendente amplificada) y la señal del oscilador local 440 y traduce en frecuencia la señal de enlace ascendente en una señal de enlace descendente. En la mayoría de las comunicaciones por satélite, la señal de frecuencia de enlace descendente es más baja que la señal de frecuencia de enlace ascendente. Si el nivel de señal aplicado al mezclador es bajo, los productos mezclados pueden tener dos productos de frecuencia que representan la suma ( $F_{LO}+F_{rx}$ ) y la diferencia ( $F_{LO}-F_{rx}$ ). Si el nivel de señal aplicado al mezclador es alto, los productos mezclados resultantes pueden tener múltiples armónicos que constan de cada  $M * F_{rx} \pm N * F_{LO}$  producto de frecuencia donde M y N son números enteros. La Figura 4B es un diagrama de bloques que ilustra los productos suma y diferencia de una frecuencia LO de 9,0 GHz con una señal de 2,0 GHz. El producto de la diferencia es 7,0 GHz y el producto de la suma es 11,0 GHz. La Figura 4C es un diagrama de bloques que ilustra todos los posibles productos espectrales de suma y diferencia para M, N = 1, 2 y 3. El producto de la diferencia es 7,0 MHz y el producto de la suma es 11,0 GHz para M = N = 1.

El filtro 450 es un filtro pasa banda que atenúa todos los armónicos no deseados a un nivel de energía por debajo de los requisitos de emisión espectral y deja que el producto de frecuencia deseado pase a los amplificadores (no mostrados).

En una modalidad de la presente invención, en la Figura 5 se muestra un diseño ilustrativo del sistema de satélite GSO que utiliza el espectro NGSO adicional. El subsistema receptor de RF satelital 500 comprende un filtro pasa banda del receptor 510 que pasa el espectro de señal de enlace ascendente compuesto GSO/NGSO 515 y atenúa todos los demás componentes de frecuencia, incluida la imagen de la señal de enlace ascendente. La señal compuesta GSO/NGSO luego se amplifica mediante un amplificador de bajo ruido 520 y la señal compuesta amplificada 525 luego se aplica al mezclador 530, donde la señal 525 se mezcla con el oscilador local 540 para producir múltiples productos de frecuencia que incluyen una señal de enlace descendente GSO deseada. De acuerdo con algunas modalidades, el subsistema de RF satelital puede incluir otro filtro (no mostrado) entre el amplificador de bajo ruido 520 y el mezclador 530. El mezclador 530 puede ser un mezclador equilibrado para cancelar muchos productos del mezclador debido a las características de equilibrio. El mezclador también puede ser un mezclador de rechazo de imágenes. El LO 540 puede generarse a partir de un oscilador de cristal controlado por horno (OCXO), que proporciona una

frecuencia de referencia muy estable. Los productos de frecuencia múltiple 545 se dividen luego en dos caminos 554 y 556 mediante el divisor de energía 550. En una modalidad, ambos caminos 554 y 556 tienen el mismo nivel de energía. En una modalidad, la respuesta del filtro pasa banda 560 tiene un ancho de banda que deja pasar la señal de enlace descendente GSO 570 deseada y la respuesta del filtro pasa banda 562 tiene un ancho de banda extendido que deja pasar la señal de enlace descendente GSO/NGSO 572. En una modalidad, los filtros de paso de banda 560 y 562 se pueden implementar con componentes L y C agrupados, que proporcionan un ancho de banda amplio pero una Q moderada. En otra modalidad, los filtros de paso de banda se pueden implementar usando microbandas para lograr una Q alta. En otra modalidad, los filtros de paso de banda se pueden implementar usando materiales cerámicos de alta K para lograr una Q aún mayor. Las respuestas de frecuencia de los filtros de paso de banda 560 y 562 son diferentes. En una modalidad, el filtro pasa banda 560 pasa el espectro de frecuencias GSO pero atenúa el espectro de frecuencias NGSO mientras que el filtro pasa banda 562 pasa los espectros de frecuencias GSO y NGSO y atenúa todas las demás frecuencias. El ancho de banda deseado de la señal de enlace descendente puede seleccionarse entonces mediante el interruptor 580. En una modalidad, el interruptor 580 puede ser un interruptor MMIC unipolar de dos vías (SPDT) con diodo PIN.

En una modalidad de la presente invención, un dispositivo de control 590 a bordo del satélite se opera para demodular la señal convertida, extraer información relevante de la señal demodulada y decodificar instrucciones que son relevantes para el funcionamiento del subsistema receptor. La señal convertida descendente puede tomarse de la salida 545 del mezclador 530, de la salida 570 del filtro pasa banda GSO 560, o de la salida 572 del filtro pasa banda GSO/NGSO 562 y demodularse mediante el demodulador 591. Un experto en la técnica reconocerá que la señal convertida a la baja no se limita a tomarse únicamente de la salida 545, de la salida 570 o de la salida 572 como se ilustra en la Figura 5, y que la señal convertida a la baja puede tomarse de otros puntos en el subsistema receptor de acuerdo con modalidades alternativas de la presente invención. Luego, las instrucciones decodificadas se aplican a los componentes correspondientes del subsistema receptor. En una modalidad, las instrucciones pueden incluir la selección del filtro pasa banda deseado. De acuerdo con otras modalidades de la presente invención, es posible que las instrucciones desde el centro de mando no se transmitan en banda como se describe en la Figura 6. Por ejemplo, las instrucciones desde el centro de mando pueden transmitirse al satélite 105 a través de un enlace de telemetría independiente, tal como el enlace ascendente 195 ilustrado en la Figura 1. Cuando las señales de comando no se transmiten en banda, se puede incluir hardware adicional para procesar señales que transportan las instrucciones desde el centro de comando en el subsistema receptor 500.

Dado que la carga útil del satélite GSO puede funcionar dinámicamente en el espectro de frecuencias NGSO, proporciona al sistema de comunicación por satélite GSO la capacidad de funcionar en un espectro que de otro modo no se usaría. En el caso de que el espectro de frecuencias haya sido asignado al sistema de satélites NGSO pero no se use, esto proporciona al sistema de comunicación por satélite GSO la capacidad de usar totalmente ese espectro de frecuencias. Si ese espectro de frecuencias se asigna y es plenamente utilizado por el sistema de satélites NGSO, el sistema de satélites GSO puede configurarse de manera que nunca funcione en ese espectro de frecuencias.

Debido a que los satélites NGSO suelen estar más cerca de la superficie de la Tierra que los satélites GSO, el tamaño de antena y el nivel de energía de transmisión necesarios suelen ser mucho más pequeños que los de los satélites GSO, y las huellas de los satélites NGSO (áreas de cobertura) también son mucho más pequeñas que las áreas de cobertura de los satélites GSO. En una modalidad de la presente invención, el diseño del satélite GSO puede usar la banda NGSO de manera flexible y eficiente cuando el sistema de satélite NGSO se opera pero no opera sobre un área de cobertura determinada que se superponga al área de cobertura GSO. En este caso, el espectro de frecuencias del sistema de satélites GSO puede ampliarse para incluir el espectro de frecuencias NGSO.

Uno de los factores principales de la disponibilidad del espectro NGSO para el sistema GSO es la directividad de los sistemas GSO y NGSO. La alta directividad de la antena da como resultado anchos de haz estrechos y limita la energía espectral transmitida y recibida; se reduce la frecuencia de ocurrencias en las que los haces estrechos están en línea. Éste es el caso cuando se utilizan sistemas de satélites de haz puntual. La selectividad del filtro de satélite sería controlable individualmente para cada haz estrecho. Por ejemplo, si un sistema de satélite GSO estuviera operando sobre el territorio continental de Estados Unidos con varias antenas direccionales pequeñas y un satélite NGSO pasara sobre la costa oeste, los haces de la costa este podrían continuar operando con el ancho de banda ampliado que incluye la banda de frecuencias de NGSO ya que están muy fuera del área de cobertura NGSO. En el caso de que los sistemas de satélites NGSO utilicen antenas omnidireccionales, probablemente interferirán con mayor frecuencia con un satélite GSO que utilice la banda NGSO y, por lo tanto, el satélite GSO puede usar la banda de frecuencia extendida en una fracción de tiempo mucho menor.

La Figura 6 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema de comunicación por satélite GSO que usa un espectro de frecuencias ampliado sin interferencias, de acuerdo con una modalidad de la presente invención. El terminal terrestre GSO y el satélite GSO pueden seleccionar el filtro pasa banda apropiado de acuerdo con las instrucciones recibidas del centro de mando (no mostrado). La banda de frecuencias GSO 610 es el espectro de frecuencias primario asignado al sistema de comunicación por satélite GSO y la banda de frecuencias 620 NGSO es el espectro de frecuencias primario asignado al sistema de comunicación por satélite NGSO. Cuando el satélite NGSO 215 está en línea con respecto al terminal terrestre GSO (mostrado como antena 110) y el satélite GSO, el centro de mando ordenará al terminal terrestre GSO y al satélite 105 GSO que usen el espectro GSO únicamente, el uso del espectro

GSO se indica mediante la respuesta del filtro 630. Cuando el satélite NGSO 215 no está en línea con respecto a el terminal terrestre GSO y al satélite GSO, el centro de mando dará instrucciones a el terminal terrestre GSO y al satélite para que usen el espectro de frecuencias ampliado, que incluye el espectro de frecuencia 610 GSO y el espectro de frecuencia NGSO 620. El uso del espectro de frecuencias ampliado se indica mediante la respuesta del filtro 640. Por lo tanto, cuando el satélite NGSO no está en línea, los terminales de abonado (mostrados como antenas 125) del sistema de comunicación por satélite GSO pueden beneficiarse de una mayor capacidad de canal si son capaces de recibir el espectro de frecuencias ampliado. Se entenderá que la posición de la banda NGSO relacionada con la banda GSO es sólo para ilustración y no pretende ser limitante. En una modalidad (mostrada en la Figura 6), la banda NGSO está por encima de la banda GSO. En otra modalidad, la banda NGSO puede estar por debajo de la banda GSO como se ilustra en la Figura 8B.

En una modalidad, el satélite puede incluir un dispositivo de control a bordo que puede demodular y decodificar instrucciones transmitidas desde el centro de mando terrestre. A continuación, el dispositivo de control selecciona el filtro pasa banda que tiene el ancho de banda apropiado de acuerdo con las instrucciones decodificadas. En otra modalidad, el dispositivo de control puede funcionar de forma autónoma con un programa de control almacenado en una memoria para seleccionar el filtro pasa banda apropiado directamente sin la intervención del centro de mando. Este escenario puede ser realizable cuando los datos de efemérides orbitales hayan sido predeterminados y no se esperen cambios en la trayectoria de la constelación de satélites NGSO ni en las bandas de frecuencias usadas.

Dado que las posiciones orbitales de los satélites NGSO con relación a la Tierra y las áreas de cobertura son muy predecibles, la ocurrencia de eventos de indisponibilidad es bien conocida y relativamente fácil de determinar mediante equipos de monitoreo orbital. La vigilancia de la órbita se puede realizar en el centro de mando GSO o en un sitio remoto del centro de mando. En una modalidad, 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 terrestre GSO que se conecte al sistema de comunicación por satélite GSO. En otra modalidad, el centro de mando puede transmitir instrucciones al satélite GSO mediante el uso de un terminal terrestre GSO que participa en la red de comunicación GSO. La Figura 7 ilustra un diagrama de bloques ilustrativo de un centro de mando GSO que comprende una unidad central de procesamiento 730 y una unidad de control de red 740. La unidad central de procesamiento 730 puede acoplarse a la memoria 760. Las estadísticas de interferencia entre el enlace satelital GSO y el enlace satelital NGSO pueden realizarse mediante la CPU 730 y los resultados también pueden almacenarse en la memoria 760. La memoria 760 puede tener la forma de almacenamiento semiconductor tal como memoria de acceso aleatorio (RAM estática o dinámica), almacenamiento magnético tal como discos duros u otro almacenamiento masivo tal como discos ópticos. La CPU 730 se acopla además a una unidad de adquisición de datos de efemérides orbitales 750 que recopila datos de efemérides de una o más constelaciones de satélites NGSO. Las constelaciones de satélites NGSO pueden incluir múltiples satélites que viajan en órbita terrestre baja, órbita terrestre media y/o órbita terrestre alta. 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 terrestres. 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 conectarse además a una unidad de control de satélite 720 que puede comunicarse con el terminal TTC 170 para enviar comandos al satélite 105. La CPU 730 puede conectarse además a la unidad de control de red 740 que se opera para comunicarse con cada uno de los terminales terrestres que participan en el sistema de comunicación por satélite GSO. La unidad de comunicación de red 740 puede incluir una capa física que soporta un conjunto de protocolos de comunicación tales como el protocolo punto a punto (PPP), el protocolo de Internet (IP), el protocolo de control de transmisión (TCP), un protocolo de red de área amplia inalámbrica, un red celular móvil y/o una combinación de cualquier protocolo de comunicación.

En una modalidad de la presente invención, justo antes del inicio de un evento de indisponibilidad, el centro de mando realiza las siguientes acciones: i) el centro de mando envía un comando al satélite instruyendo al satélite a utilizar el filtro de ancho de banda GSO, es decir, todas las emisiones de la banda NGSO se atenuará por debajo de un nivel específico, y ii) el centro de mando instruirá a todos los terminales terrestres GSO participantes a transmitir únicamente energía de señal en el espectro del enlace ascendente GSO.

Inmediatamente después del evento de indisponibilidad, el centro de mando realiza las siguientes acciones: i) el centro de mando instruye al satélite a utilizar 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 instruye a todos los terminales terrestres GSO participantes en el sistema de satélites GSO para transmitir señales utilizando el espectro GSO y NGSO.

En una modalidad de la invención, la selección entre el espectro de frecuencias GSO primario asignado y el espectro de frecuencias ampliado se realiza mediante un interruptor. Volviendo a la Figura 5, el interruptor 580 puede ser un interruptor MMIC unipolar de dos vías (SPDT) con diodo PIN. La función de conmutación SPDT deseada se puede lograr con una variedad de diferentes configuraciones de diodos PIN de GaAs, como diodos en serie, diodos en derivación y/o una combinación de diodos en serie y en derivación. El interruptor 580 también puede implementarse con un interruptor de sistemas microelectromecánicos capacitivos (MEMS) en serie y en derivación. Por ejemplo, los proveedores de interruptores SPDT de alta potencia disponibles comercialmente para banda Ka son TriQuint Semiconductor and Endware, y un proveedor de interruptores MEMS ilustrativos es Teravicta Technologies. Un experto en la técnica reconocerá que la implementación del interruptor 580 descrita en la presente descripción

simplemente ilustra una modalidad del interruptor 580 y que se pueden usar construcciones alternativas y equivalentes sin apartarse del alcance de la invención que se define en las reivindicaciones adjuntas.

- 5 En una modalidad de la presente invención, tanto el sistema de satélite GSO como el NGSO utilizan la banda Ka. Dado que las bandas de frecuencia asignadas en la banda Ka para los sistemas de satélite GSO y NGSO son adyacentes entre sí, ampliar el ancho de banda del filtro para admitir un espectro más amplio es muy sencillo.

- 10 En una modalidad, tanto el sistema de satélite GSO como el sistema NGSO operan en una banda Ka. En una modalidad, el espectro de frecuencia del canal primario GSO es de 28,1 a 28,6 GHz, y el espectro de frecuencia 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 Figura 8A ilustra la respuesta de frecuencia del filtro pasa banda para los canales de enlace ascendente y descendente del sistema de comunicación por satélite GSO usando el espectro de frecuencias ampliado (incluido el espectro de frecuencias NGSO además del espectro de frecuencias GSO). En esta modalidad, el espectro del canal GSO está por debajo del espectro de frecuencias NGSO, y el segundo filtro pasa banda 572 (Figura 5) tendrá su ancho de banda extendido por encima del espectro GSO para incluir el espectro NGSO.

- 20 En otra modalidad, el canal de enlace ascendente primario GSO usa 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 Figura 8B ilustra la respuesta de frecuencia del filtro pasa banda para los canales de enlace ascendente y descendente del sistema de comunicación por satélite GSO usando el espectro de frecuencias ampliado. En esta modalidad, el espectro del canal GSO está por encima del espectro de frecuencias NGSO, y el segundo filtro pasa banda 572 (Figura 5) tendrá su ancho de banda extendido por debajo del espectro GSO para incluir el espectro NGSO. El espectro de frecuencias NGSO se encuentra en ambos casos en el rango próximo del espectro de frecuencias GSO. Se entenderá que los espectros de frecuencia para los sistemas de comunicación por satélite tanto GSO como NGSO tienen únicamente fines ilustrativos y no pretenden ser limitativos. En otras modalidades, los sistemas de comunicación por satélite GSO y NGSO pueden usar la banda Ku.

- 30 Los detalles específicos se dan en la descripción para proporcionar una comprensión completa de las modalidades. Sin embargo, se entenderá por un experto en la técnica que las modalidades pueden llevarse a la práctica sin estos detalles específicos. Por ejemplo, circuitos, procesos, algoritmos, estructuras, y técnicas bien conocidos pueden mostrarse sin detalles innecesarios para evitar oscurecer las modalidades.

- 35 Además, cabe señalar que las modalidades pueden describirse como un proceso que se representa como un carro de flujo, un diagrama de estructura o un diagrama de bloques. Aunque pueden describir las operaciones como un proceso secuencial, muchas de las operaciones pueden realizarse en paralelo o simultáneamente. Además, se puede reordenar el orden de las operaciones.

- 40 Además, las modalidades pueden implementarse mediante hardware, software, microprograma, software intermedio, microcódigo o cualquier combinación de los mismos. Cuando se implementan en software, microprograma, software intermedio o microcódigo, el código de programa o los segmentos de código para realizar las tareas necesarias pueden almacenarse en un medio legible por máquina. Los procesadores pueden realizar las tareas necesarias.

- 45 Habiendo descrito varias modalidades, los expertos en la técnica reconocerán que se pueden utilizar diversas modificaciones, construcciones alternativas y equivalentes sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, los elementos anteriores pueden ser simplemente un componente de un sistema más amplio, en donde otras reglas pueden tener prioridad sobre la aplicación de la invención o modificarla de otro modo. En consecuencia, la descripción anterior no debe considerarse limitante del alcance de la invención, que se define en las reivindicaciones siguientes.

# REIVINDICACIONES

1. Un terminal terrestre (115) configurado para transmitir señales a un satélite geoestacionario "GSO" (105) usando un espectro de frecuencia GSO, y para transmitir señales al satélite GSO usando un espectro de frecuencias ampliado, el espectro de frecuencias ampliado incluye el espectro de frecuencias GSO y un espectro de frecuencias no geoestacionario "NGSO",  
el terminal terrestre se configura para instruirse por un centro de mando (180) para:  
  
transmitir señales al satélite GSO usando únicamente el espectro de frecuencias GSO, cuando se espera que un satélite NGSO esté en línea con respecto al terminal terrestre y al satélite GSO; y  
transmitir señales al satélite GSO usando el espectro de frecuencias ampliado, cuando no se espera que ningún satélite NGSO esté en línea con respecto al terminal terrestre y al satélite GSO.
2. El terminal terrestre de la reivindicación 1, en donde el centro de mando se cubica dentro del terminal terrestre.
3. Un satélite geoestacionario "GSO" (105) configurado para transmitir señales a un terminal terrestre (115) usando un espectro de frecuencias GSO, y para transmitir señales al terminal terrestre usando un espectro de frecuencias ampliado, el espectro de frecuencias ampliado que incluye el espectro de frecuencias GSO y un espectro de frecuencias no geoestacionario "NGSO",  
el satélite GSO que comprende:  
  
un primer filtro pasa banda (560) configurado para pasar el ancho de banda del espectro de frecuencias GSO; y  
un segundo filtro pasa banda (562) configurado para pasar el ancho de banda del espectro de frecuencias ampliado,  
el satélite GSO se configura para:  
  
transmitir señales pasadas por el primer filtro pasa banda al terminal terrestre usando únicamente el espectro de frecuencias GSO, cuando se espera que un satélite NGSO esté en línea con respecto al terminal terrestre y al satélite GSO; y  
transmitir señales pasadas por el segundo filtro pasa banda al terminal terrestre usando el espectro de frecuencias ampliado, cuando se espera que ningún satélite NGSO esté en línea con respecto al terminal terrestre y al satélite GSO.
4. Un método para operar un terminal terrestre (115), el terminal terrestre configurado para transmitir señales a un satélite geoestacionario "GSO" (105) usando un espectro de frecuencias GSO, y para transmitir señales al satélite GSO usando un espectro de frecuencias ampliado, el espectro de frecuencias ampliado que incluye el espectro de frecuencias GSO y un espectro de frecuencias no geoestacionario "NGSO", el método que comprende que el terminal terrestre reciba instrucciones de un centro de mando (180) para:  
  
transmitir señales al satélite GSO usando únicamente el espectro de frecuencias GSO, cuando se espera que un satélite NGSO esté en línea con respecto al terminal terrestre y al satélite GSO; y  
transmitir señales al satélite GSO usando el espectro de frecuencias ampliado, cuando no se espera que ningún satélite NGSO esté en línea con respecto al terminal terrestre y al satélite GSO.
5. El método de la reivindicación 4, en donde el centro de mando se cubica dentro del terminal terrestre.
6. Un método para operar un satélite geoestacionario "GSO" (105), el satélite GSO configurado para transmitir señales a un terminal terrestre (115) usando un espectro de frecuencias GSO, y para transmitir señales al terminal terrestre usando un espectro de frecuencias ampliado, el espectro de frecuencias ampliado que incluye el espectro de frecuencias GSO y un espectro de frecuencias no geoestacionario "NGSO", el método que comprende:  
  
el satélite GSO transmite señales pasadas por un primer filtro pasa banda (560) al terminal terrestre usando solo el espectro de frecuencias GSO, cuando se espera que un satélite NGSO esté en línea con respecto al terminal terrestre y al satélite GSO, el primer filtro pasa banda se configura para pasar el ancho de banda del espectro de frecuencias GSO; y  
el satélite GSO transmite señales pasadas por un segundo filtro pasa banda (562) al terminal terrestre usando el espectro de frecuencias ampliado, cuando se espera que ningún satélite NGSO esté en línea con respecto al terminal terrestre y al satélite GSO, el segundo filtro pasa banda se configura para pasar el ancho de banda del espectro de frecuencias ampliado.
7. El terminal terrestre, satélite GSO o método de cualquier reivindicación anterior, en donde el espectro de frecuencias NGSO está en el rango de proximidad del espectro de frecuencias GSO.

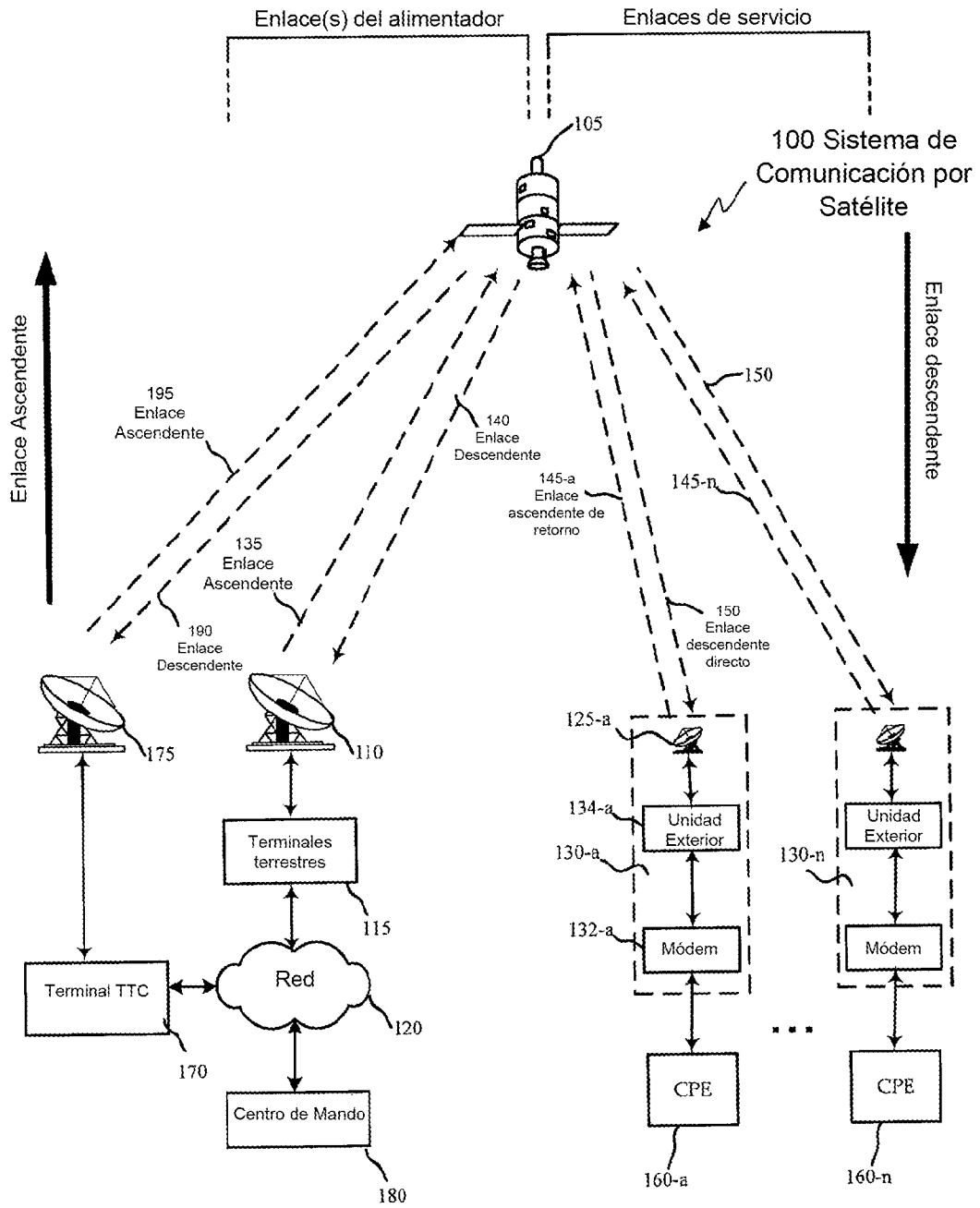


Figura 1

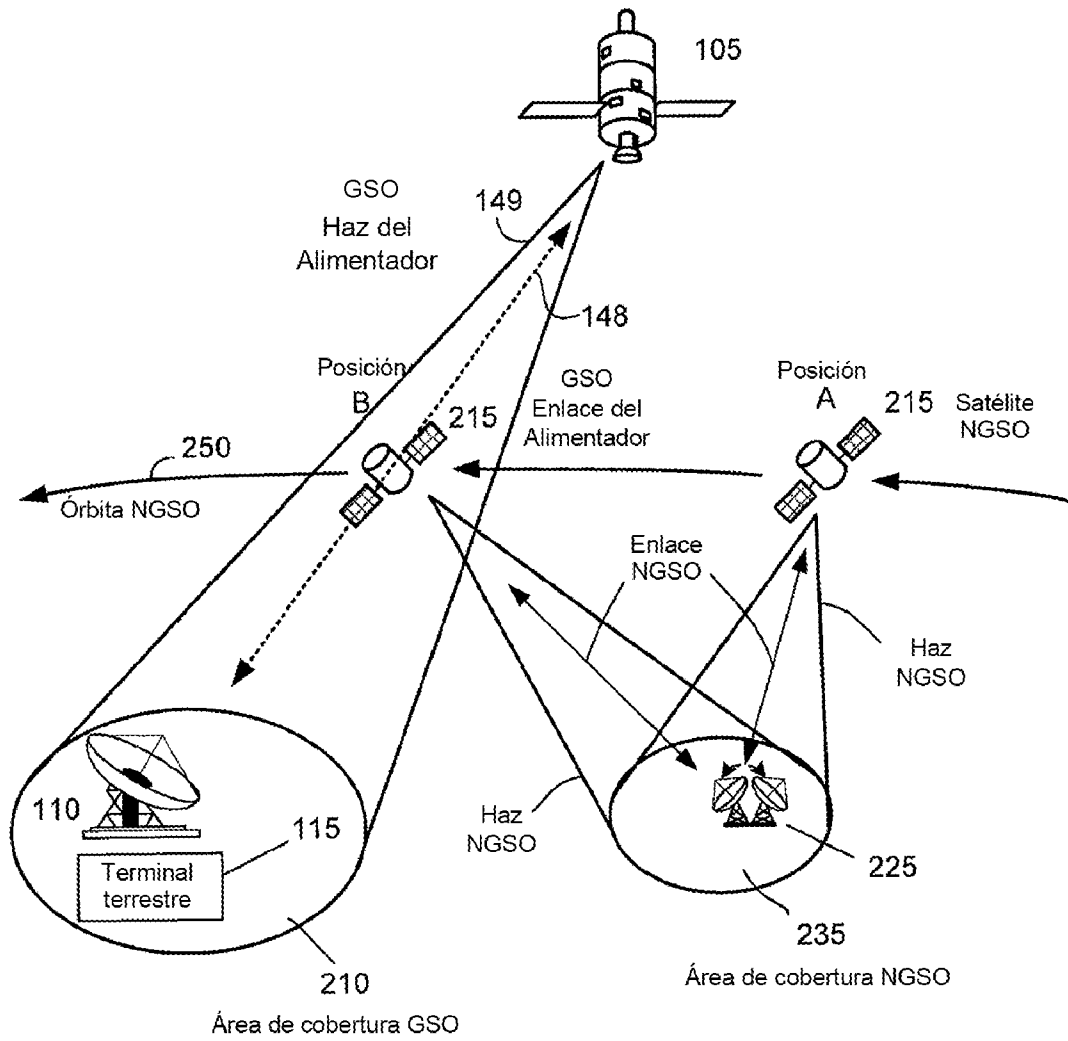


Figura 2

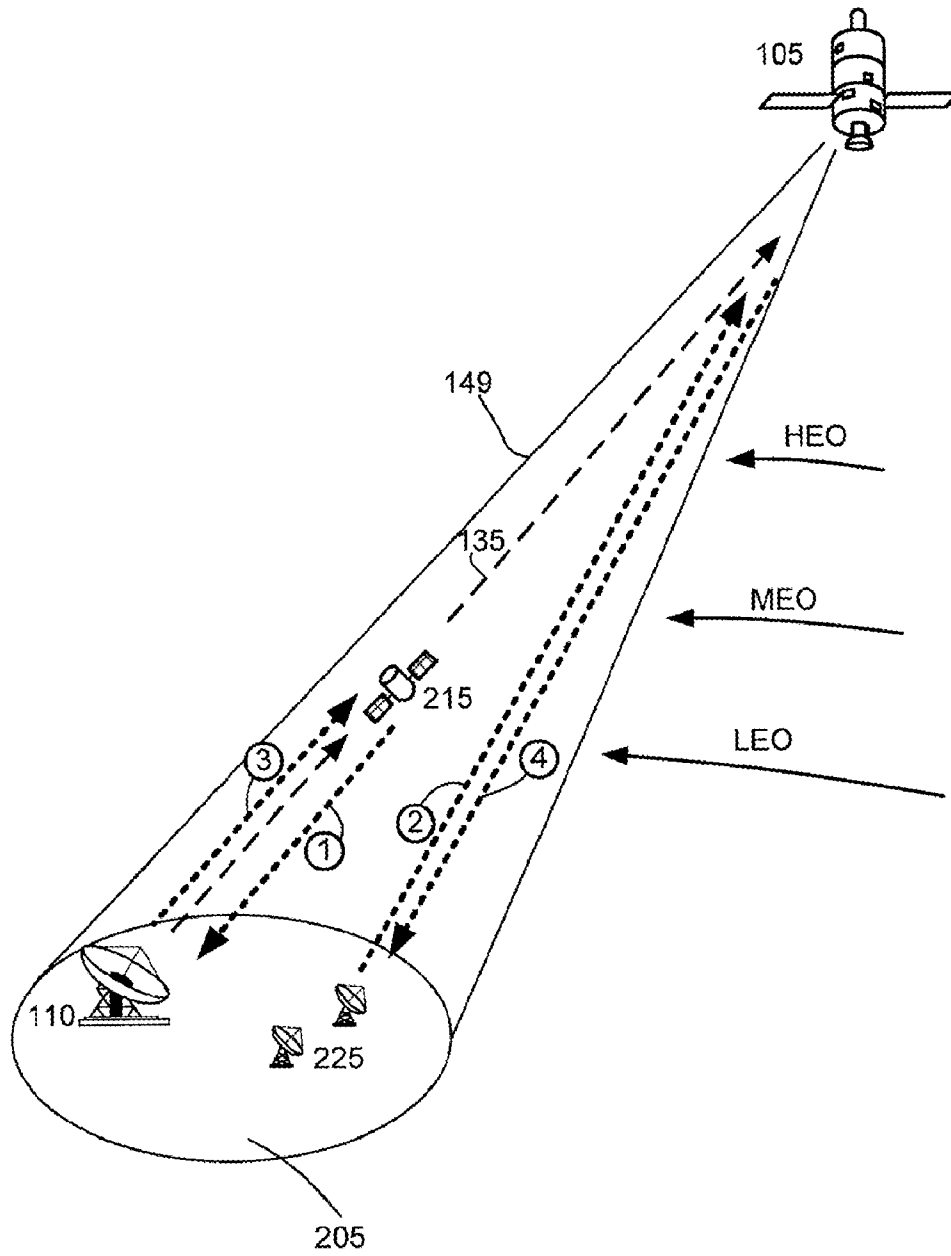


Figura 3

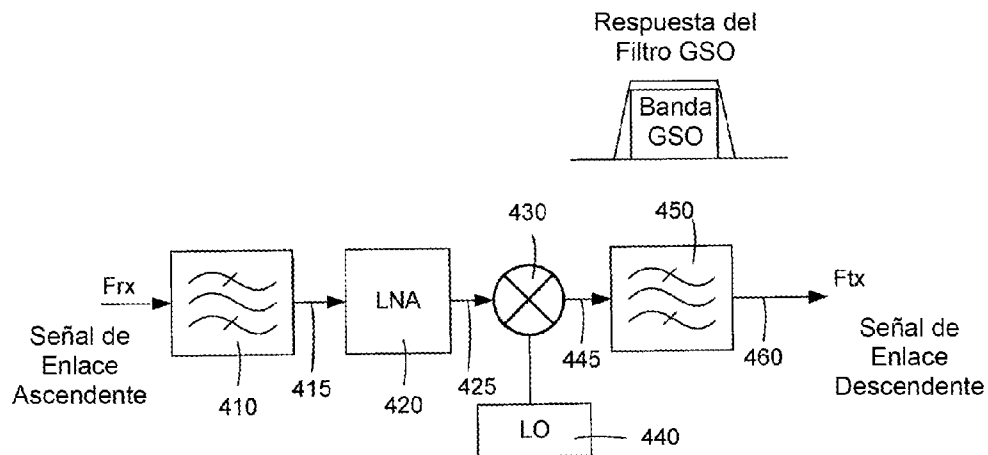


Figura 4A (Técnica Anterior)

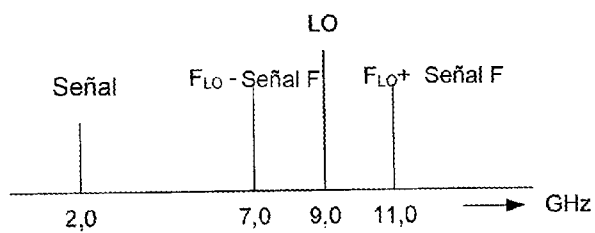


Figura 4B

| Productos Sumados |       |      |      |      |
|-------------------|-------|------|------|------|
| LO = 9 GHz        |       |      |      |      |
| Frx = 2 GHz       | M \ N | 1    | 2    | 3    |
|                   | 1     | 11,0 | 20,0 | 29,0 |
|                   | 2     | 13,0 | 22,0 | 31,0 |
|                   | 3     | 15,0 | 24,0 | 33,0 |

| Productos Diferenciados |       |     |      |      |
|-------------------------|-------|-----|------|------|
| LO = 9 GHz              |       |     |      |      |
| Frx = 2 GHz             | M \ N | 1   | 2    | 3    |
|                         | 1     | 7,0 | 16,0 | 25,0 |
|                         | 2     | 5,0 | 14,0 | 23,0 |
|                         | 3     | 3,0 | 12,0 | 21,0 |

Figura 4C

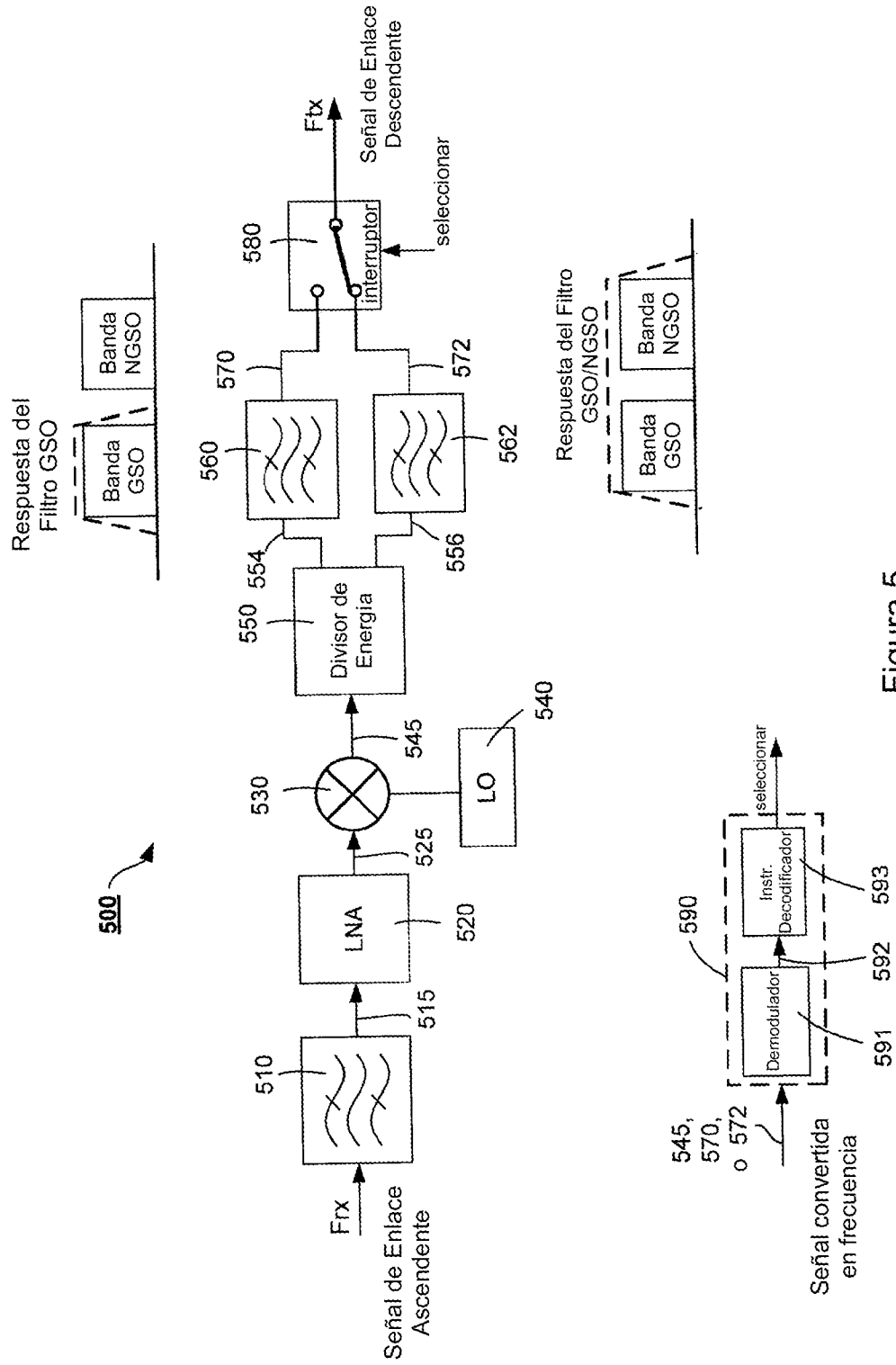


Figura 5

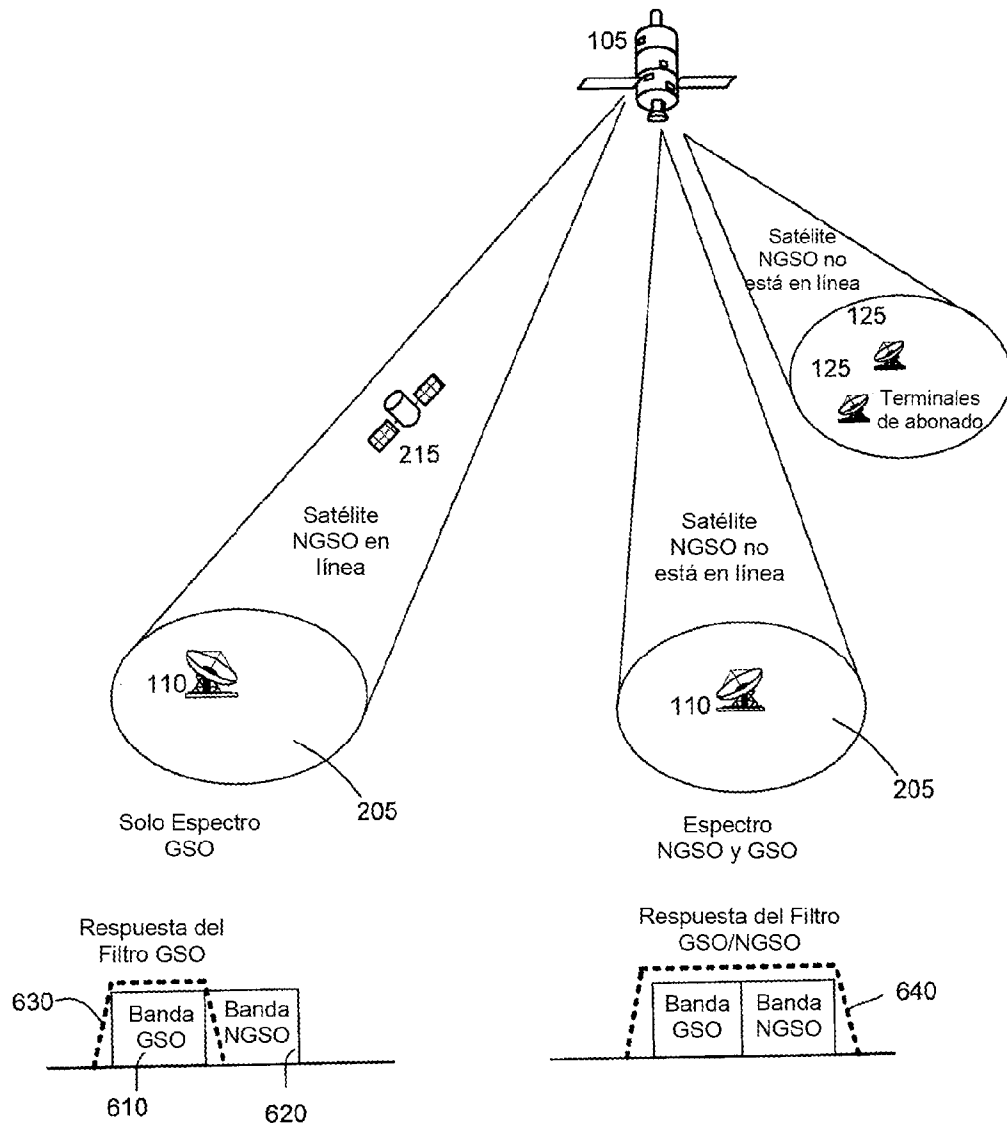


Figura 6

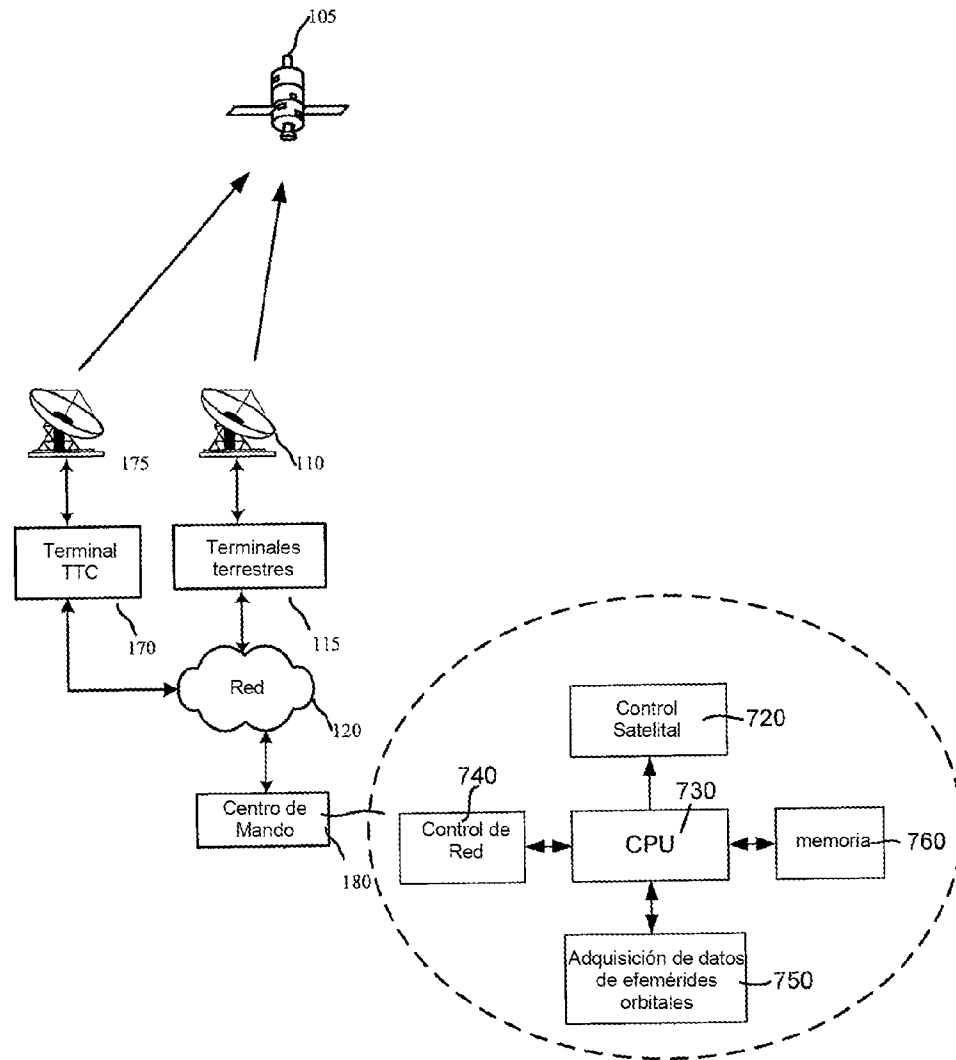


Figura 7

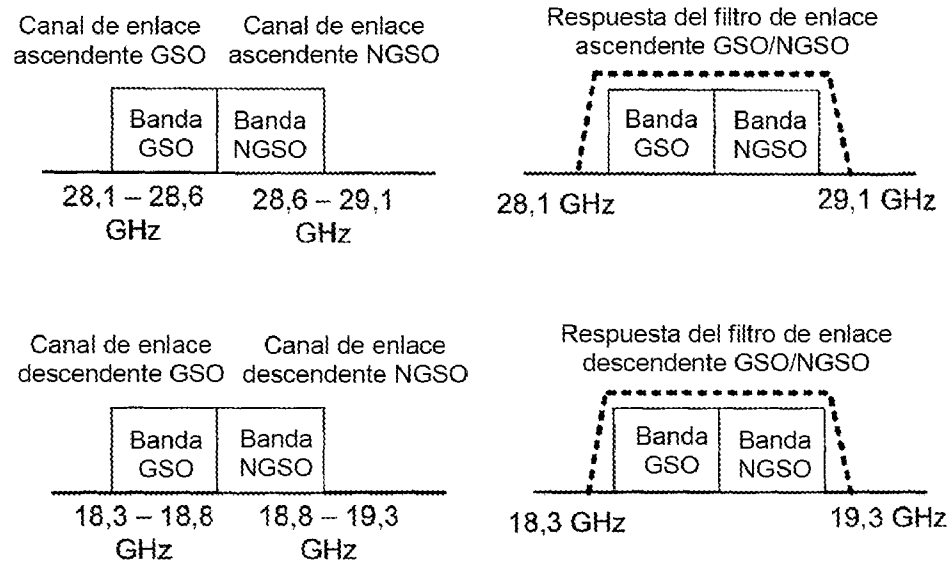


Figura 8A

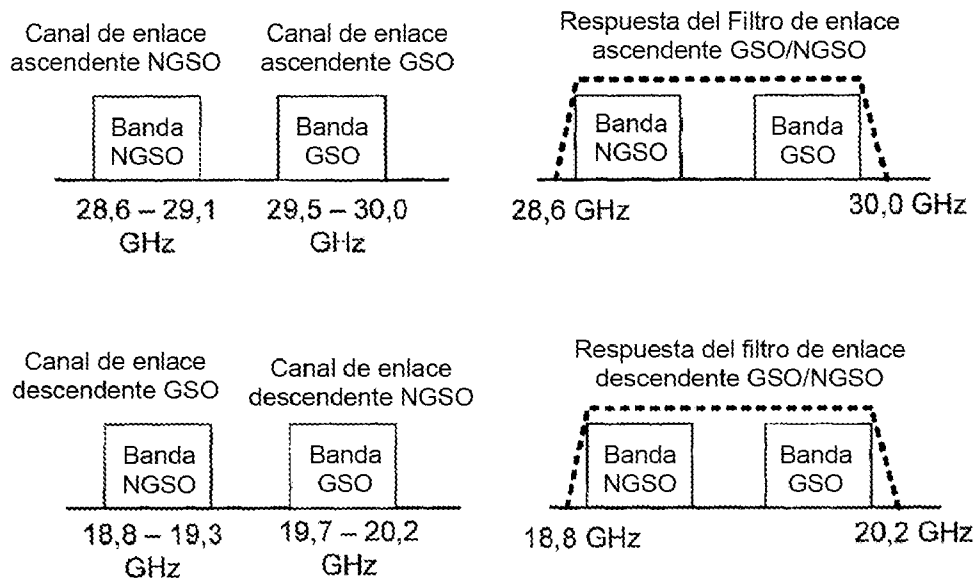


Figura 8B