

"CONSTELACIÓN DE SATÉLITES DE CAPACIDAD FLEXIBLE"

CAMPO TÉCNICO

Las realizaciones se refieren en general a sistemas de comunicaciones por satélite y, más en particular, a
5 proporcionar una capacidad flexible en una constelación de satélites de conducto curvo.

ANTECEDENTES

En las constelaciones de satélites, varios satélites trabajan conjuntamente para proporcionar cobertura a una
10 región más amplia que la que cualquiera de los satélites podría cubrir por sí mismo. Por ejemplo, los satélites de órbita terrestre baja (LEO) pueden orbitar habitualmente la tierra a altitudes de alrededor de 100 millas con períodos orbitales de alrededor de 100 minutos, mientras que los
15 satélites geoestacionarios orbitan habitualmente la tierra a unas altitudes de aproximadamente 26 200 millas con un período orbital de aproximadamente 24 horas (un día sideral) de modo que coincida sustancialmente con la rotación de la tierra. En consecuencia, los satélites LEO pueden operar a
20 menudo con un balance relativamente mayor del enlace (p. ej., debido a la proximidad relativa del satélite a los terminales terrestres) y con una latencia relativamente baja (p. ej., de alrededor de 1 - 4 milisegundos para un satélite LEO, en contraposición a alrededor de 125 milisegundos para

un satélite geoestacionario). No obstante, la proximidad relativa de un satélite LEO a la tierra también puede reducir su área de cobertura. En consecuencia, se puede utilizar una constelación de satélites LEO para manifestar un área de
5 cobertura aumentada de manera colectiva, lo que permite de ese modo a los satélites dar servicio a una región más amplia a medida que se aprovecha el mayor balance del enlace y la menor latencia proporcionados por la órbita más baja. Una constelación LEO puede dar como resultado que la capacidad
10 del sistema se extienda débilmente sobre toda la superficie de la tierra, con mucha de esa capacidad disponible únicamente sobre el océano, donde puede haber una demanda relativamente baja.

Para que un grupo de satélites LEO proporcione servicios
15 de comunicaciones útiles y económicos se presentan una serie de desafíos. Por ejemplo, si se desean comunicaciones más allá del rango de un satélite individual, esto puede implicar enlaces cruzados entre múltiples satélites de la constelación. Los enlaces cruzados utilizan masa y potencia
20 adicionales en el vehículo espacial, y por tanto pueden ser ineficientes. Además, la coordinación de los enlaces cruzados para garantizar la conectividad mientras se mueven los satélites añade complejidad. Con el fin de mantener dicho enlace cruzado, las constelaciones de satélites LEO se

despliegan habitualmente con satélites "procesados", de modo que cada satélite en la constelación incluya su propio procesamiento de a bordo para manipular las comunicaciones con los terminales terrestres y la coordinación con otros
5 satélites en la constelación. El procesamiento implica desmodular los datos comunicados al satélite en un enlace ascendente para permitir que se determine el destino de los datos. A continuación, los datos se vuelven a modular y enrutar al destino apropiado. Este procesamiento puede
10 añadir una complejidad, peso y costos apreciables al satélite.

COMPENDIO BREVE

Entre otras cosas, los sistemas y métodos se describen para proporcionar una configuración en vuelo de las vías de
15 transmisión de satélites para dar servicio de manera flexible al tráfico de enlaces terrestres y enlaces cruzados en una constelación de satélites no procesados, por ejemplo, para facilitar una distribución flexible de la capacidad en un sistema de comunicaciones por satélite. Las realizaciones
20 operan en el contexto de constelaciones de satélites no geoestacionarios (p. ej., órbita terrestre baja (LEO), órbita terrestre media (MEO), etc.), no procesados (p. ej., de conducto curvo), donde cada uno tiene al menos una vía de transmisión que se puede configurar de manera dinámica (p.

ej., transpondedor) para transportar de manera selectiva el tráfico de los canales de envío y los canales de retorno. Por ejemplo, cada satélite en la constelación puede incluir múltiples vías de transmisión, y se puede utilizar la conmutación y/o la conformación de haces para configurar que cada vía de transmisión sea una vía de transmisión de un canal de envío o una vía de transmisión de un canal de retorno, en cada uno de varios intervalos de tiempo, de acuerdo con un plan de configuración de las vías de transmisión. Al menos uno (p. ej., todos) de los satélites en la constelación puede tener un sistema de antenas que puede comunicar con uno o más terminales terrestres (tal como comunicaciones de "enlace terrestre") y con uno o más satélites diferentes de la constelación (tal como comunicaciones de "enlace cruzado"); y al menos una de las vías de transmisión del satélite se puede configurar de manera dinámica, en cada intervalo de tiempo, para comunicarse por medio de un enlace terrestre o un enlace cruzado. Por ejemplo, en cada intervalo de tiempo, cada vía de transmisión de cada satélite de la constelación se puede configurar de manera selectiva (de acuerdo a un plan) para transportar el tráfico de enlace terrestre de los canales de envío, el tráfico de enlace terrestre de los canales de retorno el tráfico de enlace cruzado de los canales de envío,

o el tráfico de enlace cruzado de los canales de retorno.
En algunas implementaciones, algunos satélites de la
constelación se pueden configurar (antes del vuelo y/o en
vuelo) para transportar únicamente tráfico de enlace
5 terrestre, únicamente tráfico de enlace cruzado, etc.

DESCRIPCIÓN BREVE DE LOS DIBUJOS

La presente exposición se describe conjuntamente con
las figuras anexas:

la **figura 1** muestra un entorno de comunicaciones por
10 satélite ilustrativo, de acuerdo con diversas realizaciones;

la **figura 2** muestra un entorno de configuración de las
vías de transmisión ilustrativo que utiliza conmutación para
la configuración en vuelo de las vías de transmisión, de
acuerdo con diversas realizaciones;

15 las **figuras 3A y 3B** muestran ejemplos de vías de
transmisión de envío, de acuerdo con diversas realizaciones;

las **figuras 3C y 3D** muestran ejemplos de vías de
transmisión de retorno, de acuerdo con diversas
realizaciones;

20 la **figura 4** muestra un entorno de configuración de las
vías de transmisión ilustrativo que utiliza conformación de
haces para la configuración en vuelo de las vías de
transmisión, de acuerdo con diversas realizaciones;

la **figura 5** muestra una arquitectura de satélite ilustrativa para implementar diversas realizaciones de conformación de haces;

las **figuras 6A - 6C** muestran un entorno de
5 comunicaciones por satélite ilustrativo en un primer escenario de comunicaciones en cada uno de tres instantes sucesivos respectivamente;

las **figuras 7A - 7C** muestran un entorno de comunicaciones por satélite ilustrativo en un segundo
10 escenario de comunicaciones en múltiples instantes sucesivos, respectivamente, donde cada instante incluye múltiples intervalos de tiempo;

las **figuras 8A - 8D** muestran un entorno de comunicaciones por satélite ilustrativo en un tercer
15 escenario de comunicaciones en múltiples instantes sucesivos respectivamente;

la **figura 9** muestra una parte ilustrativa de un sistema de comunicaciones por satélite que incluye un terminal terrestre en comunicación con al menos un satélite de una
20 constelación de acuerdo con diversas realizaciones;

la **figura 10** muestra otra parte ilustrativa de un sistema de comunicaciones por satélite que incluye múltiples terminales de puertas de acceso en comunicación con una red

de enlace terrestre y varios satélites, de acuerdo con diversas realizaciones; y

la **figura 11** muestra un diagrama de flujo de un método ilustrativo para la configuración en vuelo de vías de transmisión de satélites en una constelación, de acuerdo con
5 diversas realizaciones.

En las figuras anexas, componentes y/o características similares pueden tener la misma etiqueta de referencia. Asimismo, diversos componentes del mismo tipo se pueden
10 distinguir añadiendo a la etiqueta de referencia una segunda etiqueta que hace distinción entre componentes similares. Si se utiliza únicamente la primera etiqueta de referencia en la memoria descriptiva, la descripción se puede aplicar a cualquiera de los componentes similares que tiene la misma
15 primera etiqueta de referencia, independientemente de la segunda etiqueta de referencia.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

En la siguiente descripción se explican numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión
20 profunda de la presente invención. No obstante, alguien que sea experto en la técnica debería reconocer que la invención se puede llevar a la práctica sin estos detalles específicos. En algunos casos, los circuitos, las estructuras y las

técnicas no se han mostrado con detalle para evitar complicar la presente invención.

La **figura 1** muestra un diagrama simplificado de un sistema de comunicaciones por satélite 100, de acuerdo con
5 diversas realizaciones. El sistema de comunicaciones por satélite 100 incluye una constelación de satélites 105, donde cada uno sigue un trayecto orbital 110 alrededor de la tierra. Cada satélite 105 puede ser de cualquier tipo adecuado de satélite de comunicaciones, que incluye, por
10 ejemplo, un satélite de órbita terrestre baja (LEO), un satélite de órbita terrestre media (MEO), etc. Por ejemplo, en una constelación ilustrativa de satélites LEO, cada satélite 105 puede orbitar la tierra a lo largo de su trayecto orbital 110 cada noventa minutos.

15 Los satélites 105 pueden proporcionar servicios de comunicaciones al comunicarse con terminales terrestres 150. Los terminales terrestres 150 pueden incluir terminales de puertas de acceso y terminales de usuario, aunque también se contemplan otros tipos de terminales terrestres 150. Por
20 ejemplo, aunque los terminales terrestres 150 se muestran y describen en general haciendo referencia a terminales "sobre el terreno", algunas implementaciones de terminales terrestres 150 pueden incluir terminales que estén por encima o por debajo de la superficie de la tierra (p. ej.,

terminales de usuario que están parcialmente bajo tierra, parcial o totalmente en el aire, etc., aunque aun así relativamente cerca de la superficie de la tierra en comparación con la altitud de los satélites 105). Los
5 terminales terrestres 150 pueden incluir hardware y funcionalidades de comunicaciones (p. ej., una o más antenas, etc.) adecuados para comunicaciones por satélite, y hardware y funcionalidades de comunicaciones para comunicar con otros dispositivos asociados, redes, etc. Por ejemplos, los
10 terminales terrestres 150 se pueden comunicar de acuerdo con uno o más protocolos o formatos, tales como aquellos definidos mediante los estándares DVB (p. ej., DVB-S, DVB-S2, DVB-RCS), los estándares WiMAX, los estándares LTE, los estándares DOCSIS y/u otros estándares en sus formas nativas
15 o adaptadas (modificadas).

Los terminales de usuario pueden incluir cualquier tipo adecuado de terminales asociado con un cliente final de servicios de comunicaciones por satélite. Por ejemplo, un terminal de usuario puede incluir una antena para comunicarse
20 con los satélites 105 de la constelación (p. ej., cualquiera de los satélites 105 que iluminan en ese instante el terminal de usuario, tal como se describe a continuación) y con diversos equipos locales de clientes (CPE), tales como computadoras, redes de área local (p. ej., que incluyen un

concentrador o un enrutador), electrodomésticos con internet, redes inalámbricas, módem satélite, receptores de televisión vía satélite, etc. En una realización, una antena y un terminal de usuario comprenden conjuntamente un terminal
5 de apertura muy pequeña (VSAT), donde la antena mide aproximadamente 0.75 metros de diámetro y tiene aproximadamente 2 vatios de potencia transmitida.

Los terminales de puertas de acceso se denominan a veces como concentradores o estaciones de superficie. Cada
10 terminal de puertas de acceso puede proporcionar enlaces de comunicación a satélites 105 de la constelación (p. ej., a cualquiera de los satélites 105 que iluminan en ese instante el terminal de puertas de acceso, tal como se describe a continuación) y a una red 160 (p. ej., una red de enlace
15 terrestre o similar). Los terminales de puertas de acceso pueden formatear las comunicaciones (p. ej., paquetes de datos, tramas, etc.) para la comunicación con la red 160, con los satélites 105, con los terminales de usuario, etc. Algunas implementaciones de terminales de puertas de acceso
20 también pueden planificar la conectividad a los terminales de usuario. Tal como se describe a continuación, la planificación de la conectividad puede incluir organizar el tráfico y la conectividad en toda la constelación de satélites 105. Por ejemplo, la planificación de la

conectividad puede reconfigurar de manera dinámica las vías de transmisión eléctricas entre los alimentadores de antena, y similares, para manifestar de manera física los trayectos de señal entre los terminales y los satélites en cada
5 intervalo de tiempo; y la organización del tráfico puede determinar qué tráfico de los canales de envío y/o los canales de retorno enviar a través de esos trayectos de señal en cada intervalo de tiempo. Como alternativa, la planificación se puede llevar a cabo en otras partes del
10 sistema de comunicaciones por satélite 100, tal como en uno o más centros de operaciones de la red (NOC), centros de mando de las puertas de acceso, etc., ninguno de los cuales se muestra para evitar complicar en exceso la figura. Por ejemplo, la planificación de la información se puede
15 comunicar entre los NOC, centro(s) de mando de las puertas de acceso, satélite(s) y terminales de usuario a través de una red terrestre, un enlace de mando del satélite, el sistema de comunicaciones, etc.

Por ejemplo, algunas realizaciones del sistema de
20 comunicaciones por satélite 100 pueden tener una arquitectura de un sistema "radial", en el que el tráfico de los canales de envío se comunica desde uno o más terminales de puertas de acceso hasta uno o más terminales de usuario a través de uno o más satélites 105, y el tráfico de los

canales de retorno se comunica desde uno o más terminales de usuario hasta uno o más terminales de puertas de acceso a través de uno o más satélites 105 (es decir, los terminales de usuario no se comunican directamente con otros terminales de usuario). Por ejemplo, en dicha arquitectura, cualesquiera comunicaciones entre un terminal de usuario y la red 160 (p. ej., internet) se retransmiten a través de uno o más satélites 105 y uno o más terminales de puertas de acceso. La red 160 puede ser cualquier tipo adecuado de red, 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 red telefónica conmutada (RTC), una red móvil terrestre pública y similares. La red 160 puede incluir diversos tipos de conexiones, incluidas cableadas, inalámbricas, ópticas u otros tipos de enlaces. La red 160 también puede conectar el terminal de puertas de acceso con otros terminales de puertas de acceso que pueden estar en comunicación con uno o más de los satélites 105.

En algunas realizaciones, los terminales terrestres 150 pueden utilizar una o más antenas para transmitir señales de enlaces ascendentes de envío a los satélites 105 y para recibir señales de enlace descendente de retorno desde los satélites 105. Por ejemplo, las antenas de los terminales terrestres 150 pueden incluir un reflector con directividad

alta (p. ej., dirigido a una ubicación particular en el cielo cruzado por uno o más trayectos orbitales 110) y directividad baja en otras direcciones; las antenas pueden tener un campo de visión más amplio (p. ej., para mantener más contacto con los satélites 105 de la constelación mientras estos se desplazan a lo largo de sus trayectos orbitales 110 respectivos); y/o las antenas pueden ser orientables (p. ej., mediante redirección física de la antena, utilizando múltiples receptores dirigidos en direcciones diferentes, utilizando conformación de haces para dirigirlas de manera eficaz en direcciones diferentes y/o cualquier otra técnica adecuada). Las antenas se pueden implementar con diversas configuraciones y pueden incluir características, tal como un buen aislamiento entre polarizaciones ortogonales, una alta eficiencia en bandas de frecuencia operativa, ruido bajo, etc. Algunas realizaciones explotan diversas técnicas para optimizar la utilización del espectro de frecuencias limitado disponible para comunicaciones. Por ejemplo, los enlaces de comunicaciones entre los terminales de puertas de acceso y los satélites 105 pueden utilizar características de transmisión idénticas, superpuestas o diferentes (p. ej., frecuencias portadoras y bandas de transmisión, polarización, etc.) entre sí, y cuando se comparan con aquellos utilizados entre los satélites 105 y los terminales

de usuario. Algunos terminales terrestres 150 pueden estar dispersos desde el punto de vista geográfico, o ubicados de otra manera (p. ej., algunos o todos los terminales de puertas de acceso pueden estar ubicados alejados de los terminales de usuario) de tal modo que se facilite la reutilización de frecuencias.

Cada satélite 105 puede incluir un subsistema de antenas 120 que tiene una o más antenas 125 para la recepción y transmisión de señales. Tal como se utiliza en la presente, "una antena" puede hacer referencia en general a uno o más ejemplos de hardware de antena (es decir, se pretende que las referencias a "una antena" sean intercambiables con referencias explícitas o implícitas a una antena y/o múltiples antenas). Por ejemplo, tal como se describe en la presente, una antena 125 puede comprender (p. ej., manifestar) múltiples haces puntuales (de manera concurrente o secuencial) utilizando conmutación entre múltiples reflectores fijos, redirigiendo uno o más reflectores móviles, mediante conformación de haces y/u otras técnicas. Los elementos de antenas (p. ej., alimentadores, puertos, etc.) se pueden energizar de modo que produzcan patrones de iluminación que manifiesten los haces puntuales, donde cada uno proporciona de manera eficaz una región de cobertura para comunicaciones bidireccionales con el satélite. El

patrón de iluminación (es decir, los haces puntuales) se pueden formar de cualquier manera adecuada, por ejemplo, utilizando un alimentador individual por haz, múltiples alimentadores por haz, conjunto en fase y/u otras técnicas
5 de conformación de haces, etc. Algunas realizaciones incluyen una o más antenas direccionales 125 con uno o más reflectores (p. ej., fijos) y una o más bocinas alimentadoras para cada haz puntual. Las bocinas alimentadoras se pueden emplear para recibir señales de enlace ascendente y
10 transmitir señales de enlace descendente. Un subsistema de antena puede incluir múltiples tipos de antenas (p. ej., un conjunto de conformación de haces para enlaces terrestres y bocinas fijas para enlaces cruzados).

Los contornos de un haz puntual se pueden determinar en
15 parte mediante el diseño de la antena 125 particular y pueden depender de factores tales como una ubicación de una bocina alimentadora con relación a su reflector, el tamaño del reflector, el tipo de bocina alimentadora, etc. Cada contorno de un haz puntual en la tierra puede tener en general una
20 forma con una sección transversal cónica (p. ej., circular, elíptica, parabólica, hiperbólica, etc.), que ilumina un área de cobertura del haz puntual para transmitir y/o recibir operaciones. Por ejemplo, una referencia a "un haz puntual" puede indicar un área de cobertura del haz puntual para ambas

operaciones de transmisión y recepción; una referencia a múltiples haces puntuales puede indicar un haz de transmisión y un haz de recepción que comparten sustancialmente la misma área de cobertura (p. ej., utilizando polarizaciones y/o portadoras diferentes); etc. Algunas implementaciones de los satélites 105 pueden operar en un modo de múltiples haces puntuales, que reciben y transmiten varias señales en diferentes haces puntuales. Cada haz puntual puede utilizar una portadora individual (es decir, una frecuencia portadora), un rango de frecuencias contiguas (es decir, una o más frecuencias portadoras), o varios rangos de frecuencias (con una o más frecuencias portadoras en cada rango de frecuencias). Por ejemplo, el tráfico de enlace ascendente se puede comunicar en una primera banda de frecuencias (p. ej., 20 GHz), el tráfico de enlace descendente se puede comunicar en una segunda banda de frecuencias (p. ej., 30 GHz) y el tráfico de enlace cruzado se puede comunicar en la(s) misma(s) banda(s) de frecuencias (p. ej., 20 GHz y/o 30 GHz) y/o en banda(s) de frecuencias diferentes (p. ej., 23 GHz, 40 GHz, 60 GHz, etc.).

Tal como se ilustra, al menos algunos de los satélites 105 de la constelación incluyen varias vías de transmisión no procesadas 130. Cada una de las vías de transmisión 130 puede funcionar como una vía de transmisión de envío (es

decir, para transportar las comunicaciones de los canales de envío) o una vía de transmisión de retorno (es decir, para transportar las comunicaciones de los canales de retorno) en cualquier instante de tiempo dado. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una o más primeras vías de transmisión 130 se pueden dedicar a vías de transmisión de envío, y una o más segundas vías de transmisión 130 (diferentes de las primeras vías de transmisión 130) se pueden dedicar a vías de transmisión de retorno. En algunas realizaciones, se pueden utilizar una o más vías de transmisión 130 para ambos envío y retorno en instantes diferentes, utilizando una estructura de trama tal como se describe posteriormente en la presente. Por ejemplo, el satélite 105 recibe las señales de enlace ascendente o de enlace cruzado a través de la(s) antena(s) 125 y de los primeros transceptores 135a (es decir, uno o más receptores, en este caso), dirigidos a lo largo de una o más de las vías de transmisión 130 a los segundos transceptores 135b (es decir, uno o más transmisores, en este caso), y se transmiten desde el satélite 105 a través de la(s) antena(s) 125 (p. ej., la(s) misma(s) o diferente(s) antena(s) 125) como señales de enlace descendente o de enlace cruzado. En algunas realizaciones, un satélite 105 puede incluir unas vías de transmisión totalmente configurables 130 utilizadas para vías de transmisión de envío y retorno

parcialmente configurables 130 utilizadas para vías de transmisión de envío parcialmente configurables 130 utilizadas para vías de transmisión de retorno dedicadas (no configurables) 130 y/o cualesquiera combinaciones de estas.

5 Tal como se utiliza en la presente, una vía de transmisión "configurable" se pretende que indique una vía de transmisión 130 que se puede configurar de manera dinámica mientras el satélite 105 está en vuelo utilizando un subsistema de configuración de las vías de transmisión 140. Por ejemplo,
10 el subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 mantiene un plan de configuración de las vías de transmisión que puede indicar una configuración para cada una de algunas o todas las vías de transmisión 130 en cada uno de varios intervalos de tiempo. Los intervalos de tiempo
15 se pueden disponer de acuerdo con tramas, subtramas, supertramas, intervalos individuales o de cualquier manera adecuada. En algunos casos, una vía de transmisión configurable puede mantener una configuración estática para algunos o todos los intervalos de tiempo, de acuerdo con un
20 plan particular de configuración de las vías de transmisión. Por ejemplo, se puede diseñar un satélite 105 de tal modo que algunas de sus vías de transmisión configurables se asignen inicialmente a configuraciones estáticas; y esas configuraciones de vías de transmisión se puedan cambiar

posteriormente (p. ej., en vuelo) cambiando el plan de configuración de las vías de transmisión. Por el contrario, las vías de transmisión no configurables se diseñan previamente con una configuración estática, la cual no se
5 puede cambiar mediante un plan de configuración de las vías de transmisión (p. ej., la vía de transmisión proporciona un trayecto de señal fijo entre dos alimentadores de antena).

Tal como se describe a continuación, el subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 puede
10 reconfigurar de manera dinámica las vías de transmisión 130 (es decir, las vías de transmisión configurables) de cualquier manera adecuada, por ejemplo, utilizando conmutación rápida, conformación de haces y/u otras técnicas. Para ilustrarlo mejor, una vía de transmisión 130
15 particular se puede configurar como una vía de transmisión de envío en un primer intervalo de tiempo, utilizando conmutación u otras técnicas, con el fin de acoplar un lado receptor de la vía de transmisión con una antena que se planifica para recibir el tráfico de los canales de envío
20 durante ese intervalo de tiempo, y con el fin de acoplar un lado transmisor de la vía de transmisión a una antena que se planifica para transmitir el tráfico de los canales de envío durante ese intervalo de tiempo; y la vía de transmisión 130 particular se puede configurar como una vía de transmisión

de retorno en un segundo intervalo de tiempo, utilizando conmutación u otras técnicas, con el fin de acoplar un lado receptor de la vía de transmisión con una antena que se planifica para recibir el tráfico de los canales de retorno
5 durante ese intervalo de tiempo, y con el fin de acoplar un lado transmisor de la vía de transmisión con una antena que se planifica para transmitir el tráfico de los canales de retorno durante ese intervalo de tiempo. Un beneficio de la conmutación de vías de transmisión de estilo de conducto
10 curvo (que se puede considerar como un tipo de conmutación de circuitos en lugar de los sistemas LEO convencionales que utilizan procesamiento y conmutación de paquetes) puede ser una mayor transparencia frente a distintas formas de onda y formatos de modulación.

15 La configuración dinámica de vías de transmisión se puede utilizar para proporcionar diversos tipos de características. Una de dichas características incluye facilitar la adaptación dinámica de la capacidad de la constelación a los cambios de la demanda, cambios en el
20 número y/o ubicación de las puertas de acceso, etc. Otra de dichas características incluye adaptar la conectividad física al movimiento de la constelación a lo largo del tiempo para establecer y/o mantener la conectividad lógica entre los terminales de origen y de destino. Por ejemplo, la

conectividad entre un terminal de origen y un terminal de destino particular se puede ajustar de modo que atravesase un conjunto diferente de enlaces terrestres y enlaces cruzados, a medida que diferentes satélites 105 son visibles y dejan de ser visibles con respecto a esos terminales. Como otro ejemplo, se puede modificar un conjunto particular de enlaces cruzados utilizados para conectar dos áreas, de modo que conecte el tráfico de enlace cruzado alrededor de satélites o regiones que tienen una demanda alta. Otra más de dichas características, tal como se describe anteriormente, implica el ajuste dinámico de qué partes de la capacidad del satélite 105 (y de los recursos de hardware y software correspondientes) se utilizan para dar servicio al tráfico de los canales de envío y al tráfico de los canales de retorno en cada intervalo de tiempo, y/o para ajustar de manera dinámica las configuraciones de haz puntual (p. ej., qué haces puntuales se utilizan, qué tipos de tráfico soportan, hacia dónde están dirigidos, etc.) en cada intervalo de tiempo. Por ejemplo, se puede definir un plan de configuración de las vías de transmisión de modo que una primera fracción de tiempo en cada cuadro temporal (p. ej., cierto número de intervalos de tiempo en cada cuadro) se utilice para soportar el tráfico de envío y una segunda fracción de tiempo en cada cuadro temporal se utilice para

soportar el tráfico de retorno, y la primera y segunda fracción se seleccionan (p. ej., de manera dinámica) en función de una proporción deseada y/o necesaria entre la capacidad de envío y de retorno. De acuerdo con lo anterior, las referencias a una configuración dinámica de vías de transmisión, conmutación de vías de transmisión y/o similares se pueden dirigir en general a facilitar cualquiera de las anteriores u otras de dichas características.

Tal como se describe en la presente, los satélites 105 de la constelación proporcionan servicios de comunicaciones por satélite al comunicarse con terminales terrestres 150 y con otros satélites 105 de la constelación. Algunos o todos los satélites 105 de la constelación se pueden comunicar con terminales terrestres 150 utilizando uno o más haces puntuales (p. ej., utilizando una o más portadoras, una o más polarizaciones, etc.) dirigidos para la comunicación sobre uno o más "enlaces terrestres" 145 (es decir, un enlace inalámbrico directo de comunicaciones entre un satélite 105 particular y uno o más terminales terrestres 150), y algunos o todos los satélites 105 de la constelación se pueden comunicar con otros satélites 105 utilizando uno o más haces puntuales (p. ej., utilizando una o más portadoras, una o más polarizaciones, etc.) dirigidos para la comunicación sobre uno o más "enlaces cruzados" 155 (es decir, un enlace

inalámbrico directo de comunicaciones entre dos satélites 105 en la constelación). En algunas implementaciones, uno o más satélites 105 de la constelación se comunican únicamente a través de enlaces terrestres 145, y/o uno o más satélites 5 105 de la constelación se comunican únicamente a través de enlaces cruzados 155. Por ejemplo, la configuración dinámica de las vías de transmisión 130 mediante el subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 puede habilitar un haz puntual particular (en un intervalo de tiempo particular) de modo que proporcione de manera selectiva 10 capacidad de canal de envío o canal de retorno para uno o más terminales de puertas de acceso, a través de uno o más enlaces terrestres 145, varios terminales de usuario a través de uno o más enlaces terrestres 145 respectivos, tanto los 15 terminales de puertas de acceso como los de usuario, a través de uno o más enlaces terrestres 145 respectivos, otro satélite 105 a través de un enlace cruzado 155, etc.

Puede ser poco práctico o de otra manera indeseable proporcionar servicios de comunicaciones por satélite con un 20 satélite 105 individual de órbita más baja. Por ejemplo, mientras está en vuelo, cada satélite 105 puede iluminar de manera eficaz una o más regiones de la tierra (p. ej., con su o sus haces puntuales). A medida que la altitud orbital de un satélite 105 disminuye, el área máxima eficaz de

cobertura del haz puntual puede disminuir de manera similar. Asimismo, para satélites no geoestacionarios 105, la región iluminada de manera eficaz de un haz puntual puede desplazarse a medida que su satélite 105 se desplaza a lo largo de su trayectoria orbital 110, de modo que el mismo satélite 105 ilumine regiones diferentes de la tierra en instantes diferentes (p. ej., un satélite LEO convencional se puede mover desde un horizonte al otro, con relación a una ubicación de un terminal terrestre, en aproximadamente diez minutos). De manera adicional, la región iluminada de manera eficaz puede cambiar de tamaño y/o forma a lo largo del tiempo, por los cambios en la topología, obstáculos terrestres, etc. Por ejemplo, en ubicaciones geográficas diferentes, la superficie de la tierra puede estar más cerca o más alejada de los trayectos orbitales 110 (p. ej., debido a montañas o valles, la proximidad al ecuador, etc.), de modo que el área de cobertura de un haz puntual sea ligeramente mayor o menor; el terreno y/o los obstáculos pueden afectar la línea de visión entre los satélites 105 y los terminales terrestres 150, de modo que el área de cobertura eficaz al que da servicio el haz puntual es irregular; etc. Dichos efectos del terreno y los obstáculos en las áreas de cobertura de un haz puntual pueden ser más pronunciados con satélites 105 de órbita más baja. Por tanto,

un satélite 105 individual de órbita más baja puede manifestar habitualmente un área de cobertura relativamente pequeña que cambia de posición de manera constante y que se ve afectada por obstáculos y cambios en el terreno.

5 En consecuencia, las realizaciones del sistema de comunicaciones por satélite 100 incluye muchos de dichos satélites 105 que operan conjuntamente como una constelación. Utilizando una arquitectura de constelación, múltiples satélites 105 pueden operar en conjunto para dar
10 servicio a un área de cobertura mucho mayor y de manera potencialmente más estable que cualquier satélite individual de órbita más baja y/o no geoestacionario. No obstante, actuar como una constelación puede implicar la coordinación entre los satélites 105. Por ejemplo, si un terminal
15 terrestre 150 recibe datos a través de un satélite 105, y el satélite 105 se mueve a donde ya no ilumina una región del terminal terrestre 150, mantener las comunicaciones con el terminal terrestre 150 puede implicar la transferencia de las comunicaciones a otro satélite 105 en la constelación.
20 Una transferencia adecuada de las comunicaciones puede depender de un conocimiento por parte del sistema de comunicaciones por satélite 100 de la posición de los satélites 105 a lo largo del tiempo, con relación a los terminales terrestres 150, las características de las

comunicaciones (p. ej., orígenes y destinos, presentes y/o previstos, del tráfico, asignaciones de capacidad presentes y/o previstas, condiciones de enlace presentes y/o previstas, etc.), y/u otra información.

5 Las constelaciones tradicionales de satélites incluyen habitualmente los denominados satélites "de procesamiento" (o "procesados") que desmodulan las señales recibidas y vuelven a modular las señales para la transmisión. En algunas de dichas arquitecturas de satélites de procesamiento, la
10 coordinación entre los satélites de la constelación se puede llevar a cabo habitualmente por los propios satélites. Esto puede permitir a los satélites coordinar y retransmitir operaciones a través de una constelación grande (p. ej., con muchos satélites y/o extendidos sobre un área amplia) sin
15 que implique una cantidad inviable de terminales de puertas de acceso o similares.

Las realizaciones de los satélites 105 descritas en la presente son satélites "de conducto curvo" (también denominados "no procesados"), de modo que las señales que
20 pasan a través de una vía de transmisión 130 no necesitan ser desmoduladas y volver a ser moduladas como en una arquitectura de satélites de procesamiento. Por el contrario, la manipulación de señales mediante un satélite
105 de conducto curvo puede proporcionar funciones, tales

como la traslación de frecuencias, la conversión de polarización, el filtrado, la amplificación y similares, mientras se evita la desmodulación/modulación de datos y la decodificación/codificación de corrección de errores. Tal como se describe anteriormente, algunos o todos los satélites 5 en la constelación pueden tener una o más vías de transmisión 130 configurables en vuelo, y cada vía de transmisión 130 es una vía de transmisión de conducto curvo 130.

10 Las constelaciones de satélites de acuerdo con las realizaciones descritas en la presente pueden proporcionar beneficios y características apreciables frente a las constelaciones LEO tradicionales que utilizan satélites procesados y encaminamiento de a bordo (denominado a veces 15 "conmutación de paquetes en el espacio"). Por ejemplo, los ingresos de un sistema de comunicaciones por satélite son función habitualmente del rendimiento (es decir, la transmisión de datos real entre los diferentes nodos del sistema). Como tal, los ingresos se pueden considerar en 20 términos de una cantidad de datos que tienen su origen en, o llegan a, los terminales terrestres 150. Cuando se considera de dicha manera, el tráfico que es de enlace cruzado desaprovecha recursos (p. ej., cualquier recepción de datos desde otra diferente que no sea una fuente de datos

terrestre y/o la transmisión de datos a otra diferente que no sea un destino terrestre, utiliza volumen, peso, potencia, etc., del vehículo espacial, sin generar directamente ingreso alguno). Una técnica convencional para mitigar los recursos desaprovechados debido a los enlaces cruzados es cargar tasas más elevadas (p. ej., y de ese modo recibir más ingresos por bit) por una distancia mayor y/u otro tráfico que experimente múltiples "saltos" entre sus terminales terrestres de origen y de destino.

10 Diversas características de las realizaciones descritas en la presente pueden mitigar los recursos desaprovechados de la constelación de satélites debido a los enlaces cruzados. En primer lugar, la utilización de satélites no procesados 105 puede evitar parte de la ineficiencia del enlace cruzado por el no desaprovechamiento de los recursos en órbita en desmodular y volver a modular datos en cada enlace cruzado. En segundo lugar, debido a que la constelación tiene una conectividad flexible, es posible adaptar de manera dinámica los recursos de los satélites 15 (vías de transmisión 130) a una configuración óptima y eficiente. Por ejemplo, tal como se cita anteriormente, los enlaces cruzados se pueden ver como recursos desaprovechados. Por tanto, cuando un gran porcentaje del tráfico es de enlace cruzado, esto puede ser indicativo de

una disposición no óptima, y se puede obtener un aumento de capacidad en el sistema desplegando (o reubicando) las puertas de acceso para reducir la cantidad de tráfico de enlace cruzado. La flexibilidad proporcionada por la configuración dinámica de vías de transmisión puede permitir
5 además que los satélites 105 se adapten en vuelo a los cambios de número y/o ubicaciones de los terminales terrestres 150. Por ejemplo, un sistema de comunicaciones por satélite se puede desplegar con un número relativamente
10 pequeño de puertas de acceso para soportar una cantidad relativamente pequeña de tráfico. A medida que aumenta el tráfico (y, por lo tanto, la demanda de capacidad) se pueden añadir puertas de acceso para reducir el tráfico de enlace cruzado (y, por lo tanto, aumentar la capacidad). Por
15 ejemplo, con una puerta de acceso individual, la capacidad de la constelación se puede considerar como X , donde X es la capacidad de un satélite 105 individual (p. ej., suponiendo que todos los satélites 105 en la constelación tienen la misma capacidad). Cualquier cantidad de capacidad (p. ej.,
20 tiempo) que se utilice para enlaces cruzados no está disponible para el tráfico con origen o destino terrestre. Por tanto, añadir puertas de acceso en ubicaciones que reduzcan la cantidad de enlaces cruzados puede proporcionar de manera eficaz más capacidad. Si se ubican suficientes

puertas de acceso de manera adecuada, se pueden eliminar de manera teórica todos los enlaces cruzados, lo que lleva la capacidad de la constelación a $N * X$, donde N es el número de satélites 105. De manera más habitual, las puertas de acceso se añadirán en ubicaciones terrestres cerca de áreas geográficas de gran demanda, y la utilización extensiva de enlaces cruzados se hará sobre los océanos y otras áreas de menor demanda. Como la demanda tiende a ser máxima en/alrededor de las grandes ciudades, la colocación de puertas de acceso en áreas similares reduce en general la necesidad de enlaces cruzados y facilita una mayor capacidad de la constelación.

Las figuras 2 - 5 muestran diversas implementaciones de vías de transmisión 130 y técnicas para configuración en vuelo de estas. La **figura 2** muestra un entorno de configuración de las vías de transmisión 200 ilustrativo que utiliza conmutación para la configuración en vuelo de las vías de transmisión 130, de acuerdo con diversas realizaciones. El entorno de configuración de las vías de transmisión 200 incluye una o más vías de transmisión 130. En general, las vías de transmisión 130 pueden proporcionar una conversión de las señales de enlace ascendente recibidas por el satélite 105 en señales de enlace descendente para la transmisión por parte del satélite 105. Cada vía de

transmisión 130 puede incluir un receptor (Rx) y un transmisor (Tx) (no se muestran). Cada receptor puede incluir un amplificador de ruido bajo (LNA), y cada transmisor puede incluir un amplificador de alta potencia (HPA) (p. ej., un
5 amplificador de tubo de onda progresiva (TWTA) o un amplificador de potencia en estado sólido (SSPA)). No obstante, el receptor y el transmisor no están limitados a estos componentes, y también pueden incluir otros componentes, que incluyen, por ejemplo, componentes que
10 proporcionan una conversión de frecuencias (p. ej., un conversor de la señal de bajada), filtrado y similares. Los componentes específicos incluidos en cada vía de transmisión 130 y la configuración de esos componentes puede variar dependiendo de la aplicación particular.

15 El entorno de configuración de las vías de transmisión 200 puede incluir N enlaces terrestres 220 y M enlaces cruzados 225, los cuales para ser más conciso se denominan como alimentador; se apreciará que los alimentadores pueden ser una o más antenas (p. ej., la(s) antena(s)
20 descrita(s) haciendo referencia a la figura 1). Tal como se ilustra, se supone que los N alimentadores de enlace terrestre 220 dan servicio a los terminales terrestres 150, tal como los terminales de puertas de acceso y de usuario, y los M alimentadores de enlace cruzado 225 dan servicio a

uno o más satélites 105 diferentes de la constelación. Por ejemplo, un satélite 105 puede incluir dos alimentadores de enlace cruzado 225 (es decir, $M = 2$) para facilitar las comunicaciones con cada satélite 105 adyacente que comparte su órbita; un satélite 105 puede incluir cuatro alimentadores de enlace cruzado 225 (es decir, $M=4$) para facilitar las comunicaciones con cada satélite 105 adyacente que comparte su órbita y con los satélites 105 en cada órbita adyacente; un satélite 105 puede incluir cuatro alimentadores de enlace cruzado 225 (es decir, $M = 4$) para facilitar las comunicaciones con cada uno de los dos satélites 105 que lo preceden y con los siguientes dos satélites 105 que van a continuación en su órbita; o cualquier número adecuado de alimentadores de enlace cruzado 225 para facilitar las comunicaciones con otros satélites 105 en la constelación. De manera similar, los satélites 105 pueden incluir cualquier número adecuado de alimentadores de enlace terrestre 220 para comunicar con los terminales terrestres. Por ejemplo, un satélite 105 puede incluir un alimentador de enlace terrestre 220 (es decir, $N = 1$) correspondiente a un haz puntual individual; un satélite 105 puede incluir decenas de alimentadores de enlace terrestre 220 (p. ej., $N = 30$) correspondientes a múltiples haces puntuales; etc. Tal como se describe anteriormente, aunque la configuración ilustrada

puede facilitar unas vías de transmisión totalmente configurables 130, algunos satélites 105 en la constelación pueden tener únicamente alimentadores de enlace terrestre 220, únicamente alimentadores de enlace cruzado 225, o
5 únicamente ciertas combinaciones de estos. Los alimentadores se pueden acoplar de manera selectiva con las vías de transmisión 130 a través de conmutadores (p. ej., conmutadores rápidos, tales como, por ejemplo, un conmutador de ferrita). Por ejemplo, un lado de recepción de cada vía
10 de transmisión 130 se puede acoplar con un alimentador de enlace terrestre 220 o un alimentador de enlace cruzado 225 particular a través de uno o más conmutadores de recepción 230, y un lado de transmisión de cada vía de transmisión 130 se puede acoplar con un alimentador de enlace terrestre 220
15 o un alimentador de enlace cruzado 225 particular a través de uno o más conmutadores de transmisión 235. Al configurar los conmutadores de recepción 230 de modo que acoplen el lado de recepción de una vía de transmisión 130 a un alimentador particular, que se planifica en ese momento para
20 recibir el tráfico de enlaces de envío, y al configurar los conmutadores de transmisión 235 de modo que acoplen el lado de transmisión de la vía de transmisión 130 a un alimentador particular, que se planifica en ese momento para transmitir el tráfico de enlaces de envío, la vía de transmisión 130 se

puede configurar de manera eficaz como una vía de transmisión de envío. Al configurar los conmutadores de recepción 230 de modo que acoplen el lado de recepción de una vía de transmisión 130 a un alimentador particular, que se planifica
5 en ese momento para recibir el tráfico de enlaces de retorno, y al configurar los conmutadores de transmisión 235 de modo que acoplen el lado de transmisión de la vía de transmisión 130 a un alimentador particular, que se planifica en ese momento para transmitir el tráfico de enlaces de retorno, la
10 vía de transmisión 130 se puede configurar de manera eficaz como una vía de transmisión de retorno. Con múltiples conmutadores de recepción 230 y conmutadores de transmisión 235 que configuran múltiples vías de transmisión 130, la capacidad del satélite 105 se puede fijar de ese modo de
15 manera dinámica y flexible en vuelo para dar servicio a una asignación deseable de capacidad de canales de envío y canales de retorno y a características temporales y espaciales deseables de la cobertura del haz.

Las configuraciones de los conmutadores de recepción
20 230 y los conmutadores de transmisión 235 (es decir, y de ese modo las configuraciones de las vías de transmisión 130) pueden estar dirigidas por un subsistema de configuración de las vías de transmisión 140. Tal como se ilustra, las realizaciones del subsistema de configuración de las vías de

transmisión 140 pueden operar de acuerdo con un plan de conmutación 210. Por ejemplo, el plan de conmutación 210 define una configuración para los conmutadores de recepción 230 y los conmutadores de transmisión 235 en cada uno de varios intervalos de tiempo. En algunas realizaciones, la constelación de satélites puede operar de acuerdo con un protocolo de acceso a vías de transmisión de haz conmutado de trama radial. Por ejemplo, el protocolo puede incluir intervalos de tiempo similares a aquellos de un diseño de acceso múltiple por división en tiempo de satélite conmutado (SS/TDMA), excepto que cada intervalo de tiempo de cada trama se puede corresponder a cualquiera de tráfico del enlace de envío (p. ej., puerta de acceso a terminales de usuario) o del enlace de retorno (p. ej., terminales de usuario a puerta de acceso) desde un haz de transmisión hasta un haz de recepción. Además, los intervalos de tiempo pueden ser para enlaces del mismo satélite (p. ej., enlace terrestre a enlace terrestre) o enlace de múltiples satélites (p. ej., enlace terrestre a enlace cruzado; enlace cruzado a enlace terrestre). Durante el funcionamiento normal, se utilizan habitualmente corrientes continuas de tramas para facilitar las comunicaciones. Se puede dar servicio a múltiples terminales durante cada intervalo de tiempo utilizando técnicas de multiplexación y acceso múltiple muy conocidas

(p. ej., multiplexación por división en tiempo (TDM), acceso múltiple por división en tiempo (TDMA), acceso múltiple por división en frecuencia (FDMA), acceso múltiple por división en tiempo y frecuencia múltiple (MF-TDMA), acceso múltiple por división de código (CDMA) y similares). Por ejemplo, un intervalo de tiempo de enlace de envío se puede dividir en múltiples subintervalos, donde las transmisiones a diferentes terminales o grupos de terminales se realizan en cada subintervalo. De manera similar, un intervalo de tiempo de enlace de retorno se puede dividir en múltiples subintervalos. Algunos intervalos o subintervalos se pueden reservar para control de la red o información de señalización (p. ej., comunicación de la información de planificación). De acuerdo con diversas realizaciones, el plan de conmutación 210 puede repetir un patrón de conmutación en cada trama, o más o menos a menudo según se desee. Por ejemplo, se pueden almacenar múltiples patrones de conmutación como parte del plan de conmutación 210, y se pueden seleccionar tanto de manera autónoma, de acuerdo con unas reglas particulares (p. ej., de acuerdo con un plan, por ejemplo, para cumplir una demanda diferente en diferentes instantes del día o cuando el satélite 105 está en regiones geográficas diferentes) o en respuesta a recibir una directiva (p. ej., a través de otro satélite 105, desde un terminal terrestre 150, etc.).

En algunas implementaciones, cada satélite 105 puede conmutar un gran número de haces (p. ej., alimentadores). Ciertas implementaciones permiten una flexibilidad completa entre los haces, por ejemplo, al proporcionar una conmutación
5 que puede acoplar cualquier vía de transmisión 130 con cualquier haz. En otras implementaciones, subconjuntos de vías de transmisión 130 se pueden acoplar con subconjuntos de haces. Por ejemplo, en una implementación, cada conmutador es un conmutador matricial 8 por 8, o similar, de modo que
10 cada conmutador puede acoplar de manera selectiva ocho de las vías de transmisión 130 con ocho de los haces. En consecuencia, los haces se pueden agrupar en "agrupamientos de haces" de acuerdo con su conmutación compartida. Por ejemplo, los agrupamientos de haces se pueden asignar para
15 optimizar una función objetivo correspondiente a cualquier objetivo conveniente, tal como equilibrar la demanda (p. ej., equilibrar la demanda total para la capacidad de cada grupo de haces), hacer coincidir la capacidad con la demanda (p. ej., hacer coincidir la demanda total para la capacidad
20 con la capacidad suministrada por el grupo de haces), minimizar la interferencia (p. ej., los haces que están más cerca entre sí provocan en general más interferencia entre sí que los haces que están más alejados entre sí, y los haces se pueden agrupar con otros haces que están cerca entre sí),

desplazamiento de la carga de la hora punta (p. ej., se puede obtener un rendimiento mejorado del sistema si la "hora punta" tiene lugar en instantes diferentes para haces que están en el mismo grupo de haces, lo que puede permitir el

5 desplazamiento de la capacidad entre haces en el grupo de haces dependiendo de qué haz observe la hora punta), minimizar los conflictos de la planificación (p. ej., minimizar el número de conflictos de haces que deben dejar de estar en conflicto mediante el diseño de patrones de

10 configuración de las vías de transmisión), etc. Otras consideraciones también pueden afectar a los agrupamientos de haces. Por ejemplo, los agrupamientos se pueden confinar de modo que se asigne uno y solamente un haz de puerta de acceso por grupo de haces, de modo que cada haz de usuario

15 se asigna únicamente a un grupo de haces, de modo que los alimentadores para todos los haces en un grupo de haces están ubicados en el mismo conjunto de alimentadores (iluminados por el mismo reflector), etc. En algunas realizaciones, los agrupamientos de haces tienen una configuración de diseño en

20 el tiempo (es decir, los agrupamientos de haces se codifican eficazmente de manera fija de acuerdo con sus conexiones a los conmutadores), mientras las configuraciones de vías de transmisión 130 son una configuración en vuelo (p. ej., el subsistema de configuración de las vías de transmisión 140

puede conmutar de manera dinámica los acoplamientos de las vías de transmisión 130 en vuelo de acuerdo con el plan de conmutación 210).

El plan de conmutación 210 se puede utilizar con el fin
5 de definir las configuraciones de vías de transmisión 130 para el satélite 105 en cada intervalo de tiempo, y esas configuraciones de vías de transmisión 130 se pueden planificar de modo que coordinen las operaciones de múltiples satélites 105 en la constelación. Por ejemplo, en cada
10 intervalo de tiempo, la conectividad de extremo a extremo (p. ej., para soportar el tráfico de los canales de envío y los canales de retorno) en toda la constelación se puede definir mediante uno o más planes de conmutación 210 distribuidos entre múltiples satélites 105. En algunas
15 implementaciones, algunos o todos los satélites 105 de la constelación pueden mantener un plan de conmutación 210 dedicado para ese satélite 105; mientras que en otras implementaciones, algunos o todos los satélites 105 de la constelación pueden mantener un plan de conmutación 210
20 compartido que define las configuraciones de conmutación de múltiples satélites 105 en cada intervalo de tiempo. Tal como se describe a continuación, el satélite puede recibir el plan de conmutación 210 de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, el plan de conmutación 210 se puede retransmitir

al satélite 105 en vuelo desde otro satélite 105 (p. ej., a través de un alimentador de enlace cruzado 225), comunicar al satélite 105 en vuelo desde un terminal terrestre 150 (p. ej., desde un terminal de puertas de acceso a través de un
5 alimentador de enlace terrestre 220), almacenar previamente (p. ej., codificación fija, programado previamente, etc.) antes de que el satélite 105 esté en vuelo, etc.

Las **figuras 3A y 3B** muestran ejemplos de vías de transmisión de envío 130, de acuerdo con diversas
10 realizaciones. Las vías de transmisión 130 ilustradas pueden representar una configuración de vía de transmisión 130 particular en un instante de tiempo (p. ej., en un intervalo de tiempo particular), o una vía de transmisión 130 configurable de manera parcial (es decir, una que tiene
15 únicamente capacidad de conmutación de transmisión). En general, se supone que el tráfico de canales de envío es tráfico destinado a uno o más terminales de usuario. Dicho tráfico se puede originar habitualmente desde un terminal de puertas de acceso. No obstante, en el contexto de una
20 constelación, el tráfico de enlaces de envío se puede recibir en un satélite 105 desde otro satélite 105 (p. ej., el trayecto de la señal desde un terminal de puertas de acceso origen hasta un terminal de usuario destino puede incluir múltiples saltos entre satélites). Tal como se ilustra en la

figura 3A, un receptor 135a puede recibir señales de envío de enlace ascendente a través de un alimentador de haz de enlace terrestre 220 (p. ej., un alimentador de haz de puerta de acceso, un alimentador de haz de terminal de usuario/puerta de acceso, etc.) desde uno o más terminales de puertas de acceso. Tal como se ilustra en la figura 3B, un receptor 135a puede recibir señales de envío de enlace ascendente a través de un alimentador de haz de enlace cruzado 225 desde uno o más satélites. Aunque no se muestra, se contempla que algunas arquitecturas puedan permitir la comunicación del tráfico de enlaces de envío desde un terminal de usuario origen hasta un terminal de usuario destino (p. ej., en una arquitectura no radial).

En ambas figuras 3A y 3B, la salida del receptor 135a se puede acoplar (a través de una vía de transmisión 130) a la entrada de un transmisor 135b. El transmisor 135b se puede acoplar a uno o más conmutadores de transmisión 235. Por ejemplo, el conmutador de transmisión 235 se puede situar después del transmisor 135b de la vía de transmisión 130 a lo largo de un trayecto de la señal. El conmutador de transmisión 235 se puede utilizar para controlar una salida desde la vía de transmisión 130 mediante la conmutación dinámica de la señal de transmisión entre cualquiera de varios alimentadores de enlace terrestre 220 (p. ej., que

dan servicio a uno o más terminales de usuario a través de N alimentadores de haz de usuario) y/o entre cualquiera de varios alimentadores de enlace cruzado 225 (p. ej., que dan servicio a uno o más satélites 105 a través de M alimentadores de haz de satélite). Tal como se describe anteriormente, el subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 puede dirigir los conmutadores de transmisión 235, de acuerdo con un plan de conmutación 210. Por ejemplo, los conmutadores de transmisión 235 pueden alternar cíclicamente entre diferentes posiciones de conmutación, de acuerdo con un patrón de conmutación (p. ej., para el grupo de haces) con el fin de proporcionar capacidad de enlace de envío a los haces de salida asociados con cada uno de los alimentadores de haces de salida.

El patrón de conmutación puede definir un conjunto de posiciones de conmutación frente al tiempo durante una trama, lo que define de ese modo qué alimentador conecta el conmutador de transmisión 235 al transmisor 135b en cualquier instante dado. En algunas implementaciones, el plan de conmutación 210 se puede almacenar en memoria en el subsistema de configuración de las vías de transmisión 140. El plan de conmutación 210 se puede cargar en el subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 utilizando una señal de enlace ascendente que puede estar en la banda

(p. ej., utilizando unos intervalos de tiempo o portadores particulares dentro del sistema de comunicaciones) o fuera de la banda (p. ej., utilizando un control de comandos y un enlace de telemetría independientes al satélite 105). La

5 fracción de tiempo que el conmutador de transmisión 235 pasa en cada posición puede determinar la capacidad del enlace de envío suministrada a cada haz. La asignación flexible de la capacidad del enlace de envío se puede lograr alterando la cantidad de tiempo que el conmutador de transmisión 235 pasa

10 en cada posición. Dicho de otro modo, la capacidad del enlace de envío se asigna de manera flexible cambiando el ciclo de trabajo relativo mediante el cual la vía de transmisión 130 da servicio a los haces. La asignación de tiempo puede ser dinámica (p. ej., que varía con la hora del día) para

15 acomodar las variaciones temporales de una carga en cada haz. Los conmutadores de transmisión 235 pueden ser conmutadores rápidos (capaces de conmutar de manera rápida con relación a la sincronización de la trama), por ejemplo, al operar a la frecuencia de radio (RF), tal como las

20 frecuencias de la banda Ka. En algunas realizaciones, se puede utilizar un conmutador de ferrita para el conmutador de transmisión 235. Los conmutadores de ferrita pueden proporcionar una conmutación rápida, una pérdida de inserción baja (p. ej., no afectan sustancialmente a la

potencia equivalente radiada isotrópicamente (EIRP) o la ganancia frente a la temperatura del ruido (G/T)), y capacidades de gestión de una potencia alta.

Las **figuras 3C y 3D** muestran ejemplos de vías de
5 transmisión de retorno 130, de acuerdo con diversas realizaciones. Las vías de transmisión 130 ilustradas pueden representar una configuración de vía de transmisión 130 particular en un instante de tiempo (p. ej., en un intervalo de tiempo particular), o un vía de transmisión 130
10 configurable de manera parcial (es decir, una que tiene únicamente capacidad de conmutación de recepción). En general, se supone que el tráfico de los canales de retorno es tráfico destinado a uno o más terminales de puertas de acceso. Dicho tráfico se puede originar habitualmente desde
15 un terminal de usuario. No obstante, en el contexto de una constelación, el tráfico de enlaces de retorno se puede recibir en un satélite 105 desde otro satélite 105 (p. ej., el trayecto de la señal desde un terminal de usuario origen hasta un terminal de puertas de acceso destino puede incluir
20 múltiples saltos entre satélites). Asimismo, el tráfico de enlace de retorno se puede transmitir desde el satélite 105 hasta el o los terminales de puertas de acceso destino, tanto de manera directa como a través de uno o más satélites 105 diferentes.

Una entrada de un receptor 135a se puede acoplar con uno o más conmutadores de recepción 230. Por ejemplo, los conmutadores de recepción 230 se pueden situar antes del receptor 135a de la vía de transmisión 130 en un trayecto de la señal. Los conmutadores de recepción 230 se pueden utilizar para controlar una entrada a la vía de transmisión 130 mediante la conmutación dinámica de la señal de recepción entre cualquiera de varios alimentadores de enlace terrestre 220 (p. ej., que dan servicio a uno o más terminales de usuario a través de N alimentadores de haz de usuario) y/o entre cualquiera de varios alimentadores de enlace cruzado 225 (p. ej., que dan servicio a uno o más satélites 105 a través de M alimentadores de haz de satélite). Tal como se describe anteriormente, el subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 puede dirigir los conmutadores de recepción 230, de acuerdo con un plan de conmutación 210. Por ejemplo, los conmutadores de recepción 230 pueden alternar cíclicamente entre diferentes posiciones de conmutación, de acuerdo con un patrón de conmutación (p. ej., para el grupo de haces) con el fin de proporcionar la capacidad del enlace de retorno a los haces de entrada asociados con cada uno de los alimentadores de haces de entrada. El patrón de conmutación se puede utilizar en las implementaciones de las vías de transmisión de retorno de

las figuras 3C y 3D, que se pueden implementar de una manera sustancialmente idéntica a, y/o pueden llevar a cabo funciones sustancialmente correspondientes a, aquellas descritas anteriormente haciendo referencia a las implementaciones de las vías de transmisión de envío de las figuras 3A y 3B. Por ejemplo, el patrón puede definir un conjunto de posiciones de conmutación frente al tiempo durante una trama, lo que define de ese modo qué alimentador conecta los conmutadores de recepción 230 al receptor 135a en cualquier instante dado; y la fracción de tiempo que los conmutadores de recepción 230 pasan en cada posición puede determinar la capacidad del enlace de retorno suministrada a cada haz. La asignación de tiempo puede ser estática o dinámica a lo largo del tiempo (p. ej., para acomodar variaciones temporales de una carga en cada haz).

La salida del receptor 135a se puede acoplar (a través de una vía de transmisión 130) a la entrada de un transmisor 135b. El transmisor 135b se puede acoplar a uno o más conmutadores de transmisión 235. Tal como se ilustra en la figura 3C, el transmisor 135b puede transmitir señales de retorno de enlace descendente a través de un alimentador de haz de enlace terrestre 220 (p. ej., un alimentador de haz de puerta de acceso, un alimentador de haz de terminal de usuario/puerta de acceso, etc.) a uno o más terminales de

puertas de acceso. Tal como se ilustra en la figura 3B, el transmisor 135b puede transmitir señales de retorno de enlace descendente a través de un alimentador de haz de enlace cruzado 225 a uno o más satélites. Aunque no se muestra, se
5 contempla que algunas arquitecturas puedan permitir la comunicación del tráfico de enlaces de retorno desde un terminal de puertas de acceso origen hasta un terminal de puertas de acceso destino (p. ej., en una arquitectura no radial).

10 La **figura 4** muestra un entorno de configuración de las vías de transmisión 400 ilustrativo que utiliza conformación de haces para la configuración en vuelo de las vías de transmisión 130, de acuerdo con diversas realizaciones. Por ejemplo, algunos o todos los satélites 105 de la constelación
15 pueden soportar una arquitectura de conducto curvo, no procesada con un conjunto de antenas en fase utilizadas para producir pequeños haces puntuales. Esos satélites 105 (es decir, el entorno de configuración de las vías de transmisión 400) pueden incluir K vías de transmisión 130 genéricas,
20 cada una de las cuales se puede asignar como una vía de transmisión de envío o una vía de transmisión de retorno en cualquier intervalo de tiempo (o, tal como se describe anteriormente, algunas vías de transmisión se pueden configurar de manera parcial). Los grandes reflectores se

pueden iluminar por un conjunto en fase que proporciona la posibilidad de hacer patrones de haz arbitrarios cumpliendo las restricciones establecidas por el tamaño del reflector y el número y colocación de los elementos de antena. Los
5 reflectores alimentados por conjunto en fase se pueden emplear tanto para recibir señales de enlace ascendente como para transmitir señales de enlace descendente. Los componentes específicos incluidos en cada vía de transmisión
130 y la configuración de esos componentes puede variar
10 dependiendo de la aplicación particular.

El entorno de configuración de las vías de transmisión
400 puede incluir N alimentadores de enlace terrestre 220 y M alimentadores de enlace cruzado. Los alimentadores pueden ser alimentadores de una o más antenas (p. ej., la(s)
15 antena(s) 125 de la figura 1). Tal como se ilustra, se supone que los N alimentadores de enlace terrestre 220 dan servicio a los terminales terrestres 150, tal como los terminales de puertas de acceso y de usuario, y los M alimentadores de enlace cruzado 225 dan servicio a uno o más satélites 105
20 diferentes de la constelación. Tal como se describe anteriormente, aunque la configuración ilustrada puede facilitar unas vías de transmisión 130 totalmente configurables, algunos satélites 105 en la constelación pueden tener únicamente alimentadores de enlace terrestre

220, únicamente alimentadores de enlace cruzado 225 o únicamente ciertas combinaciones de estos. Los alimentadores se pueden acoplar selectivamente de manera eficaz con las vías de transmisión 130 ajustando las ponderaciones de los haces, lo que por consiguiente configura de manera dinámica la conectividad de las vías de transmisión 130. Por ejemplo, las ponderaciones de los haces se pueden establecer mediante una red de conformación de haces del lado de recepción 280 para pasar de manera eficaz el tráfico recibido por uno o más alimentadores de enlace terrestre 220 y/o alimentadores de enlace cruzado 225 en los lados de recepción de una o más vías de transmisión 130, y las ponderaciones de los haces se pueden establecer mediante una red de conformación de haces del lado de transmisión 285 (o, con mayor precisión, una red de "formación de alimentadores" del lado de transmisión) para pasar de manera eficaz el tráfico desde los lados de transmisión de la o las vías de transmisión a uno o más alimentadores de enlace terrestre 220 y/o alimentadores de enlace cruzado 225. Cada vía de transmisión 130 se puede configurar como una vía de transmisión de envío, configurando la red de conformación de haces del lado de recepción 280 y (a red de conformación de haces del lado de transmisión 285, con el fin de crear un trayecto de la señal a través de una vía de transmisión 130

para tráfico de los canales de envío, y cada vía de transmisión 130 se puede configurar como una vía de transmisión de retorno, configurando la red de conformación de haces del lado de recepción 280 y la red de conformación de haces del lado de transmisión 285 con el fin de crear un trayecto de la señal a través de una vía de transmisión 130 para el tráfico de los canales de retorno. Con la red de conformación de haces del lado de recepción 280 y la red de conformación de haces del lado de transmisión 285, que configuran múltiples vías de transmisión 130, la capacidad del satélite 105 se puede fijar de ese modo de manera dinámica y flexible en vuelo, para dar servicio a una asignación deseable de capacidad de canales de envío y canales de retorno y a características temporales y espaciales deseables de la cobertura del haz.

La red de conformación de haces del lado de recepción 280 y la red de conformación de haces del lado de transmisión 285 pueden ser dinámicas, lo que permite un movimiento rápido de las ubicaciones de ambos haces de transmisión y recepción (p. ej., mediante salto rápido de ambas posiciones de los haces de transmisión y recepción). Las redes de conformación de haces pueden permanecer en un patrón de salto de haces durante un período de tiempo denominado tiempo de permanencia en un intervalo de tiempo, y los patrones de ubicación de

haces, o los patrones de ponderación de haces se pueden disponer en secuencias de tramas de salto de haces. Las tramas se pueden repetir, pero también pueden ser dinámicas y/o cambiar con el tiempo. La duración y ubicación de los
5 haces de recepción y transmisión asociados con los intervalos de tiempo de salto de los haces también pueden variar, ambos entre tramas y dentro de una trama.

Las ponderaciones aplicadas por el subsistema de conformación de haces del lado de recepción 280 y el
10 subsistema de conformación de haces del lado de transmisión 285 (es decir, y de ese modo las configuraciones de las vías de transmisión 130) pueden estar dirigidas por un subsistema de configuración de las vías de transmisión 140. Tal como se ilustra, las realizaciones del subsistema de configuración
15 de las vías de transmisión 140 pueden operar de acuerdo con un plan de ponderación 260. Por ejemplo, el plan de ponderación 260 define qué ponderaciones aplicar en cada uno de varios intervalos de tiempo. El plan de ponderación 260 se puede utilizar de sustancialmente la misma manera que el
20 plan de conmutación 210, descrito anteriormente haciendo referencia a las figuras 2 - 3D. En algunas implementaciones, se puede utilizar la conformación de haces para proporcionar una flexibilidad total en un gran número de vías de transmisión 130, sin que implique unos sistemas de

conmutación grandes, agrupamiento de haces, etc. El plan de ponderación 260 se puede proporcionar para, y/o almacenar en, cada satélite 105 de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, el plan de ponderación 260 se puede retransmitir al
5 satélite 105 en vuelo desde otro satélite 105 (p. ej., a través de un alimentador de enlace cruzado 225), comunicar al satélite 105 en vuelo desde un terminal terrestre 150 (p. ej., desde un terminal de puertas de acceso a través de un alimentador de enlace terrestre 220), almacenar previamente
10 (p. ej., codificación fija, programado previamente, etc.) antes de que el satélite 105 esté en vuelo, etc. Asimismo, el plan de ponderación 260 mantenido en un satélite 105 particular puede ser cualquier plan de ponderación 260 adecuado, lo que incluye, por ejemplo, un plan de ponderación
15 260 dedicado para ese satélite 105, un plan de ponderación 260 compartido para algunos o todos los satélites 105 en la constelación, etc.

La **figura 5** muestra una arquitectura de satélite ilustrativa para implementar diversas realizaciones de
20 conformación de haces. Los elementos de antena 502 y 504 se muestran tanto para polarización a izquierdas (LHP) como para polarización a derechas (RHP) de modo que soporten múltiples polarizaciones. En algunas realizaciones (no se muestran), la arquitectura del satélite soporta únicamente

una sola polarización. En otras realizaciones, la arquitectura del satélite opera con una sola polarización aunque soporta múltiples polarizaciones. En el ejemplo de la figura 5 se utilizan dos sistemas de antenas independientes, uno para recibir (Rx) y uno para transmitir (Tx), aunque también se podría utilizar un sistema de antenas Tx/Rx integradas. Cada sistema de antenas puede incluir un reflector grande 506, 508 que se ilumina mediante un conjunto en fase que consta de L elementos de antena en el conjunto. El ejemplo de la figura 5 utiliza un reflector alimentado por el conjunto en fase como su sistema de antenas, aunque en otras realizaciones se puede utilizar un conjunto radiante directo (DRA) o cualquier otro tipo de sistema de antenas basado en conjuntos en fase que utilice una red de conformación de haces.

El sistema Rx puede constar de L_{rx} elementos en el conjunto en fase, y la salida de cada puerto de los elementos se puede conectar a un amplificador de ruido bajo (LNA). Cada LNA puede estar ubicado cerca del elemento alimentador asociado para minimizar la temperatura del ruido del sistema. Los LNA se pueden acoplar de manera directa a los elementos alimentadores, lo que puede producir un valor de ruido óptimo. La salida de cada uno de los $2 \times L_{rx}$ LNA puede estar acoplada a una red de conformación de haces Rx 280, que puede

estar compuesta de ambas secciones LHP y RHP. Como el valor del ruido del sistema se establece esencialmente mediante los LNA, la red de conformación de haces Rx 280 puede estar ubicada alejada de los LNA con una interconexión de, por ejemplo, cable coaxial o una guía de ondas. La red de conformación de haces Rx 280 puede tomar las $2 \times L_{rx}$ entradas y proporcionar K señales de salida, cada una correspondiente a uno de los K haces Rx. La red de conformación de haces Rx 280, en este ejemplo, puede operar a la frecuencia Rx y no proporcionar traslación de frecuencia.

Las K salidas de la red de conformación de haces Rx 280 desde ambas secciones LHP y RHP se pueden alimentar a través de K secciones de hardware de las vías de transmisión de las señales. En algunas realizaciones, se puede utilizar el mismo número de vías de transmisión 130 para cada polarización disponible (p. ej., LHP y RHP), aunque en general puede haber un número diferente de vías de transmisión 130 conectadas a las señales recibidas de cada polarización. Cada vía de transmisión 130 de la arquitectura de conducto curvo consta habitualmente de un proceso de conversión de frecuencias, un filtrado y una amplificación de la ganancia seleccionable. Cuando se utiliza una arquitectura de conducto curvo no se llevan a cabo otras formas de procesamiento (p. ej., desmodulación, remodulación o rehacer las señales

recibidas). Se puede requerir la conversión de frecuencia para convertir la señal del haz en la frecuencia ascendente a una frecuencia descendente independiente, por ejemplo, en una arquitectura de conducto curvo. El filtrado consta en
5 general de un filtrado previo antes del conversor de la señal de bajada y de un filtrado posterior después del conversor de la señal de bajada, y está presente para establecer el ancho de banda de la señal a transmitir así como también para eliminar los productos no deseados de la intermodulación
10 del mezclador. El amplificador del canal de ganancia seleccionable puede proporcionar unas configuraciones de ganancia independientes para cada una de las K vías de transmisión en el ejemplo de la figura 5.

La red de conformación de haces Tx 285, que puede
15 incluir secciones tanto LHP como RHP, puede generar $2 \times L_{tx}$ salidas de las K señales de salida de las vías de transmisión. En algunas realizaciones, las señales de salida de las vías de transmisión que se derivan de un haz de recepción LHP pueden salir como un haz de transmisión RHP y
20 viceversa. En otras realizaciones, las señales de salida de las vías de transmisión que se derivan de un haz de recepción LHP pueden salir como un haz de transmisión LHP. La red de conformación de haces Tx 285, en este ejemplo, puede operar a la frecuencia Tx y puede no proporcionar traslación de

frecuencia. Las salidas de la red de conformación de haces Tx 285 están acopladas a $2 \times L_{tx}$ amplificadores de alta potencia (HPA). Los filtros de armónicos (HF) conectados a la salida de cada HPA pueden llevar a cabo el filtrado de paso bajo para proporcionar la eliminación de los armónicos de segundo orden y orden superior, por ejemplo, de la salida de los HPA. A continuación, la salida de los filtros de armónicos se puede introducir a los $2 \times L_{tx}$ elementos alimentadores del conjunto en fase Tx. Cada HPA y filtro de armónicos pueden estar ubicados cerca del elemento alimentador Tx asociado para minimizar las pérdidas. De manera ideal, los HPA/HF se pueden conectar directamente a los elementos alimentadores Tx, lo que puede producir una potencia radiada óptima.

15 Tal como se muestra en la figura 5, los reflectores independientes 506, 508 y los conjuntos alimentadores se pueden utilizar para los haces Tx y Rx. No obstante, tal como se describe anteriormente, en algunas realizaciones, se pueden utilizar un reflector individual y un conjunto alimentador individual para llevar a cabo ambas funciones Tx y Rx. En estas realizaciones, cada alimentador puede incluir dos puertos, uno para Tx y uno para Rx. Para un sistema que utiliza dos polarizaciones (p. ej., RHP y LHP), se puede incluir un alimentador de 5 puertos (2 para Tx y 2 para Rx).

Para mantener un aislamiento aceptable de Tx a Rx, dicho planteamiento de reflector individual también puede emplear diplexores u otros elementos de filtrado dentro de algunos o todos los elementos alimentadores. Estos elementos de filtrado pueden dejar pasar la banda Rx mientras proporcionan la eliminación de la banda Tx. El mayor número de elementos alimentadores y los requisitos de coincidencia de fase para los BFN puede hacer este planteamiento más complejo de implementar, aunque se pueden reducir los costos asociados con múltiples reflectores y múltiples conjuntos alimentadores.

En algunas realizaciones, la red de conformación de haces Rx 280, la red de conformación de haces Tx 285, o ambas, puede utilizar ponderaciones de los haces que varían a lo largo del tiempo para saltar entre ubicaciones de haces de recepción, ubicaciones de haces de transmisión, o ambas, a lo largo del tiempo. Estos valores de ponderación de los haces se pueden almacenar en el procesador de ponderación de haces (BWP) 514. El BWP 514 también puede proporcionar la lógica de control para generar las ponderaciones adecuadas de los haces en los instantes adecuados. El BWP 514 se puede conectar con la superficie a través de un enlace de datos bidireccional 516, que puede estar en la banda con los datos del tráfico o fuera de la banda con su propia antena y

transceptor. El enlace de datos bidireccional 516 se muestra como bidireccional en el ejemplo de la figura 5 para garantizar que el BWP 514 ha recibido las ponderaciones de haces correctas. Es decir, las técnicas de detección y/o corrección de errores, que incluyen las peticiones de retransmisión, se pueden soportar utilizando el enlace bidireccional. En otras realizaciones, se utiliza un enlace unidireccional con detección y/o corrección de errores. En algunas realizaciones, se puede cargar una serie inicial de ponderaciones de haces en la memoria del BWP 514 antes del lanzamiento.

Por ejemplo, se puede utilizar el enlace de datos 516 para recibir unas ponderaciones de haces calculadas previamente y suministrar dichas ponderaciones al BWP 514. El enlace de datos 516 puede ser cualquier enlace de comunicaciones adecuado con el satélite 105. En algunas realizaciones, el enlace de datos 516 se puede implementar como un enlace de telemetría, seguimiento y mando (TT&C) del satélite. En otras realizaciones, el enlace de datos 516 se puede implementar como un enlace de comunicaciones dedicado (fuera de la banda) (p. ej., un enlace de datos que utiliza una banda de comunicaciones diferente a la utilizada por las vías de transmisión 130). En otras realizaciones, el enlace de datos 516 puede ser un enlace de comunicaciones en la

banda (p. ej., el satélite puede recibir y/o desmodular una parte del espectro, o ciertos intervalos de tiempo).

En algunas realizaciones, las ponderaciones de haces se generan en superficie en una entidad de gestión de la red tal como un centro operativo de la red (NOC). Las ubicaciones
5 deseadas de cada uno de los K haces Tx y Rx, junto con los patrones de radiación de los elementos alimentadores, se pueden utilizar para generar los valores de ponderación de los haces. Hay diversas técnicas para generar unas
10 ponderaciones de haces adecuadas dadas las ubicaciones deseadas de haces. Por ejemplo, en un planteamiento, las ponderaciones de los haces se pueden generar en superficie y no en tiempo real. A continuación, las ponderaciones dinámicas se pueden cargar en el BWP 514 a través del enlace
15 de datos 516 y posteriormente aplicar a las BFN de una manera dinámica para producir haces de salto tanto en el enlace ascendente Rx como en el enlace descendente Tx.

La parte del enlace descendente del enlace de datos 516 se puede utilizar para informar del estado de las BFN y
20 proporcionar confirmación de la correcta recepción de las ponderaciones de los haces de enlace ascendente. La correcta recepción de las ponderaciones de haces se puede determinar por la utilización de, por ejemplo, un código CRC tradicional. En el caso de una recepción incorrecta, tal

como se indica mediante un fallo del CRC a comprobar, por ejemplo, se puede retransmitir la transmisión de enlace ascendente de las ponderaciones de haces (o la parte de las ponderaciones de haces que se consideró incorrecta o inválida). En algunas realizaciones, este proceso se puede controlar mediante un protocolo de retransmisión de petición de repetición automática ARQ (tal como, por ejemplo, ARQ de repetición selectiva, ARQ de espera y parada o ARQ de rechazo simple, o cualquier otro protocolo adecuado de retransmisión, detección de errores o corrección de errores) entre la estación de superficie y el BWP 514.

En general, la arquitectura de los satélites proporciona K vías de transmisión de salto genéricas. Cada vía de transmisión consta funcionalmente de un haz Rx y un haz Tx, conectados entre sí por medio de electrónica y circuitería que proporcionan el acondicionamiento de señal, tal como uno o más de filtrado, conversión de frecuencias, amplificación y similares. Cada una de las vías de transmisión puede estar representada como transpondedores de conducto curvo que se pueden utilizar en una configuración radial o en una configuración de malla. Por ejemplo, en una realización con una configuración de malla, una vía de transmisión transporta señales entre una primera pluralidad de terminales terrestres y una

segunda pluralidad de terminales terrestres 150 a través del satélite 105. En otras realizaciones, las vías de transmisión 130 pueden facilitar las comunicaciones entre múltiples satélites 105 de una constelación. De acuerdo con los sistemas y métodos descritos en la presente, los puntos de terminación (p. ej., la ubicación del haz Tx y la ubicación del haz Rx) para cada vía de transmisión 130 pueden ser dinámicos y programables, lo que da como resultado una arquitectura de comunicaciones por satélite muy flexible.

La red de conformación de haces del lado de recepción 280 y la red de conformación de haces del lado de transmisión 285 se pueden implementar de cualquier manera adecuada. Otra implementación de la red de conformación de haces del lado de recepción 280 puede tomar las señales de L_{rx} elementos alimentadores y proporcionar las señales de K_p haces conformados LHP y RHP como salidas. Cada señal de entrada de un elemento alimentador se puede dividir en primer lugar en K copias idénticas, una para cada haz, y a continuación se pueden generar K_p formadores de haces paralelos. Cada formador de haz puede incluir una circuitería de ajuste de la amplitud y la fase de modo que tome una señal de entrada de uno de los L_{rx} divisores y proporcionar un ajuste de la amplitud y la fase de la señal, y una circuitería de suma para sumar las L_{rx} señales ajustadas en amplitud y fase para

producir la señal de uno de los haces formados. A continuación, se puede alimentar cada salida de haz Rx en una de las K_p vías de transmisión independientes de las señales. Una implementación de la red de conformación de
5 haces del lado de transmisión 285 toma las señales de las K_p vías de transmisión de las señales y proporciona las señales a cada uno de los L_{tx} elementos alimentadores. Cada señal de entrada de una vía de transmisión se puede dividir en primer lugar en L_{tx} copias idénticas, una para cada elemento de
10 alimentación. A continuación, se pueden generar los L_{tx} "formadores de alimentación" paralelos. Cada formador de alimentación puede incluir una circuitería de ajuste de la amplitud y la fase de modo que tome una señal de entrada de una de los K_p divisores y proporcionar un ajuste de la
15 amplitud y la fase, y una circuitería de suma que puede sumar las L_{tx} señales ajustadas en amplitud y fase para producir la señal para la transmisión en un alimentador. Cualquiera o ambas de la red de conformación de haces del lado de recepción 280 y de la red de conformación de haces del lado
20 de transmisión 285 pueden proporcionar unos valores de ponderación complejos, dinámicos (cambiantes) y programables en cada uno de los K formadores de haces (o formadores de alimentación) en ambas mitades de cada red. En la práctica, las redes pueden tener en general etapas de amplificación

dentro de la estructura para justificar algunas o todas las pérdidas de inserción de los dispositivos utilizados para llevar a cabo sus funciones respectivas (p. ej., división, ponderación y combinación).

5 Las figuras 2 - 3D describen diversas técnicas que utilizan conmutación para facilitar una configuración dinámica de vías de transmisión, y las figuras 4 y 5 describen diversas técnicas para utilizar conformación de haces con el fin de facilitar una configuración dinámica de
10 vías de transmisión. Otras realizaciones pueden utilizar un híbrido de ambas conmutación y conformación de haces para facilitar una configuración dinámica de vías de transmisión. Por ejemplo, algunas implementaciones pueden incluir uno o más alimentadores de ubicación fija acoplados con
15 componentes de conmutación, y uno o más conjuntos de antenas en fase acoplados con componentes de conformación de haces. Dichas configuraciones pueden proporcionar varias características, tal como flexibilidad adicional, soporte tanto de haces puntuales fijos como de haces puntuales de
20 conjuntos en fase, etc.

La descripción anterior incluye diversas realizaciones de satélites 105 que se pueden utilizar en diversas realizaciones de las constelaciones. Tal como se describe anteriormente, la configuración coordinada, dinámica y en

vuelo de las vías de transmisión 130, en al menos algunos de los satélites 105 de la constelación, puede facilitar una asignación flexible de la capacidad de los canales de envío y de retorno, así como también flexibilidad en la cobertura temporal y/o espacial de los haces. Estas y otras posibilidades se describen adicionalmente utilizando varias arquitecturas de sistemas de comunicaciones por satélite ilustrativas y varios escenarios ilustrativos en las figuras 6A - 8D. Las arquitecturas y los escenarios se pretende que añadan claridad y no se pretende que limiten el alcance de las realizaciones descritas en la presente.

Las **figuras 6A - 6C** muestran un entorno de comunicaciones por satélite 600 ilustrativo en un primer escenario de comunicaciones en cada uno de tres instantes sucesivos, respectivamente. El escenario ilustra un primer terminal terrestre 150a, que se comunica con un segundo terminal terrestre 150b, en el contexto de una constelación de satélites 105 que se desplazan a lo largo de los trayectos orbitales 110 respectivos. Por ejemplo, esto puede representar una comunicación de envío, donde el primer terminal terrestre 150a es un terminal de puertas de acceso, y el segundo terminal terrestre 150b es un terminal de usuario; o una comunicación de retorno, donde el primer terminal terrestre 150a es un terminal de usuario, y el

segundo terminal terrestre 150b es un terminal de puertas de acceso. Cada figura sucesiva ilustra una imagen respectiva de la conectividad en un "instante". El "instante" puede representar un intervalo de tiempo particular de una trama particular (p. ej., iteración de secuencia, etc.) de un plan
5 de configuración de las vías de transmisión, aunque no se pretende que los intervalos de tiempo sean directamente consecutivos; sino que más bien estén separados temporalmente para ilustrar los cambios de conectividad que
10 pueden tener lugar en una trama temporal más prolongada. Por ejemplo, los intervalos de tiempo representados por las figuras sucesivas pueden estar separados por minutos, incluso aunque las configuraciones de vías de transmisión puedan cambiar mucho más rápidamente (p. ej., muchas veces
15 por segundo).

Para una mejor ilustración, en cada instante, la configuración conmutada de vías de transmisión se manifiesta de manera eficaz como un "circuito" que conecta un terminal terrestre 150 origen con un terminal terrestre 150 destino
20 a través de uno o más satélites 105. La conmutación física de las vías de transmisión 130 se puede contrastar con planteamientos basados en enrutamiento, tal como la conmutación de "almacenamiento y envío" de paquetes, el enrutamiento sin conexión, etc. La conmutación se utiliza

para alterar la conectividad física entre los orígenes y los destinos (algunos enlaces de la conexión "física" son enlaces inalámbricos). Asimismo, la multiplexación "rápida" de la conmutación puede alterar múltiples conexiones diferentes múltiples veces por trama (p. ej., conmutar a conexiones diferentes durante intervalos de tiempo diferentes), donde cada instante manifiesta unas conexiones físicas completas. Por ejemplo, la señal transmitida desde el origen se puede desplazar, en tiempo real, desde el origen a través de todos los enlaces terrestres, enlaces cruzados y vías de transmisión a la velocidad de propagación de la señal (p. ej., que incluye cierto retraso de propagación, pero sin retraso de procesamiento).

La configuración de las vías de transmisión conmutadas puede permitir que se establezca y/o mantenga la conectividad entre cualesquiera dos terminales terrestres, incluso mientras la constelación se mueve con respecto a los terminales terrestres. A lo largo del tiempo, los diferentes satélites de la constelación saldrán y se pondrán en instantes diferentes con respecto a un horizonte del terminal terrestre, de modo que cada terminal terrestre "vea" una parte cambiante de la constelación a lo largo del tiempo. Además, la visibilidad mutua entre los satélites puede cambiar en tanto que los diferentes satélites se mueven

dentro y fuera del alcance visual unos de otros. Estos cambios se pueden predecir (es decir, son deterministas) en función de las propiedades orbitales (p. ej., mecánicas) de los satélites 105 y las ubicaciones geográficas de los terminales terrestres 150. Por tanto, se puede disponer la conectividad deseada a través de la constelación de satélites y entre terminales terrestres 150 específicos, determinando previamente las conexiones de vías de transmisión deseadas en los satélites individuales, tal como se describe en la presente. Dichas conexiones de vías de transmisión pueden cambiar en función del tiempo, por ejemplo, al mover un enlace ascendente de un terminal terrestre 150 de un primer satélite a un segundo satélite diferente; insertar o eliminar los enlaces cruzados a lo largo de una conexión particular, etc.

En un primer instante, tal como se muestra en la figura 6A, un primer haz puntual de un primer satélite 105a ilumina una región terrestre que incluye el primer terminal terrestre 150a, un segundo haz puntual del primer satélite 105a ilumina un tercer satélite 105c, y un primer haz puntual del tercer satélite 105c ilumina una región terrestre que incluye el segundo terminal terrestre 150b. Asimismo, en el primer instante, un subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 del primer satélite ha configurado una vía

de transmisión 130 para conformar un trayecto de la señal entre un alimentador de recepción de enlace terrestre, que da servicio al primer terminal terrestre 150a, y un alimentador de transmisión de enlace cruzado, que da servicio al tercer satélite 105c, y un subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 del tercer satélite 105c tiene configurada una vía de transmisión 130 para conformar un trayecto de la señal entre un alimentador de recepción de enlace cruzado, que da servicio al primer satélite 105a, y un alimentador de transmisión de enlace terrestre, que da servicio al segundo terminal terrestre 150b. Con los satélites 105 en esta disposición y configuración, una comunicación desde el primer terminal terrestre 150a hasta el segundo terminal terrestre 150b se puede transmitir a través de un primer enlace de comunicaciones 601a, desde el primer terminal terrestre 150a hasta el primer satélite 105a, a través de un segundo enlace de comunicaciones 601b, desde el primer satélite 105a hasta el tercer satélite 105c, y a través de un tercer enlace de comunicaciones 601c, desde el tercer satélite 105c hasta el segundo terminal terrestre 150b.

En un segundo instante, tal como se muestra en la figura 6B, los satélites 105 se han movido a lo largo de sus trayectos orbitales 110, lo que cambia de ese modo la

posición con respecto al primer terminal terrestre 150a y al segundo terminal terrestre 150b (que se suponen estacionarios en este escenario). Ahora, el tercer satélite 105c ya no da servicio al segundo terminal terrestre 150b.

5 En este caso, el primer haz puntual del primer satélite 105a aún ilumina una región terrestre que incluye el primer terminal terrestre 150a; pero el segundo haz puntual del primer satélite 105a ilumina ahora un cuarto satélite 105d, y un primer haz puntual del cuarto satélite 105d ilumina una

10 región terrestre que incluye el segundo terminal terrestre 150b. En consecuencia, en el segundo instante, un subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 del primer satélite 105a ha configurado una vía de transmisión 130 para conformar un trayecto de la señal entre un alimentador de

15 recepción de enlace terrestre, que da servicio al primer terminal terrestre 150a, y un alimentador de transmisión de enlace cruzado, que da servicio al cuarto satélite 105d, y un subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 del cuarto satélite 105d tiene configurada una vía de

20 transmisión 130 para conformar un trayecto de la señal entre un alimentador de recepción de enlace cruzado, que da servicio al primer satélite 105a, y un alimentador de transmisión de enlace terrestre, que da servicio al segundo terminal terrestre 150b. Con los satélites 105 en esta

disposición y configuración, una comunicación desde el primer terminal terrestre 150a hasta el segundo terminal terrestre 150b se puede transmitir a través de un primer enlace de comunicaciones 602a, desde el primer terminal terrestre 150a hasta el primer satélite 105a, a través de un
5 segundo enlace de comunicaciones 602b, desde el primer satélite 105a hasta el cuarto satélite 105d, y a través de un tercer enlace de comunicaciones 602c, desde el cuarto satélite 105d hasta el segundo terminal terrestre 150b.

10 En el tercer instante, tal como se muestra en la figura 6C, los satélites 105 se han movido a lo largo de sus trayectos orbitales 110, lo que cambia de nuevos sus posiciones con respecto a los terminales terrestres 150. Ahora, el primer satélite 105a ya no da servicio al primer
15 terminal terrestre 150a. En este caso, un primer haz puntual de un segundo satélite 105b ilumina una región terrestre que incluye el primer terminal terrestre 150a, y un segundo haz puntual del segundo satélite 105b ilumina ahora el cuarto satélite 105d; aunque el primer haz puntual del cuarto
20 satélite 105d aún ilumina una región terrestre que incluye el segundo terminal terrestre 150b. En consecuencia, en el tercer instante, un subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 del segundo satélite 105b ha configurado una vía de transmisión 130 para conformar un trayecto de la

señal entre un alimentador de recepción de enlace terrestre, que da servicio al primer terminal terrestre 150a, y un alimentador de transmisión de enlace cruzado, que da servicio al cuarto satélite 105d, y un subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 del cuarto satélite 105c tiene configurada una vía de transmisión 130 para conformar un trayecto de la señal entre un alimentador de recepción de enlace cruzado, que da servicio al segundo satélite 105b, y un alimentador de transmisión de enlace terrestre, que da servicio al segundo terminal terrestre 150b. Con los satélites 105 en esta disposición y configuración, una comunicación desde el primer terminal terrestre 150a hasta el segundo terminal terrestre 150b se puede transmitir a través de un primer enlace de comunicaciones 603a, desde el primer terminal terrestre 150a hasta el segundo satélite 105b, a través de un segundo enlace de comunicaciones 603b, desde el segundo satélite 105b hasta el cuarto satélite 105d, y a través de un tercer enlace de comunicaciones 603c, desde el cuarto satélite 105d hasta el segundo terminal terrestre 150b.

Las **figuras 7A - 7C** muestran un entorno de comunicaciones por satélite 700 ilustrativo en un segundo escenario de comunicaciones en múltiples instantes sucesivos, respectivamente, donde cada instante incluye

múltiples intervalos de tiempo. El escenario ilustra un primer terminal terrestre 150a que se comunica con un segundo terminal terrestre 150b y con un tercer terminal terrestre 150c; y donde el tercer terminal terrestre 150c recibe 5 comunicaciones también desde uno o más terminales diferentes (no se muestran); todo en el contexto de una constelación de satélites 105 que se desplazan a lo largo de los trayectos orbitales 110 respectivos. Por ejemplo, esto puede representar múltiples comunicaciones de envío, donde el 10 primer terminal terrestre 150a es un terminal de puertas de acceso, y el segundo terminal terrestre 150b y el tercer terminal terrestre 150c son terminales de usuario; o una comunicación de retorno, donde el primer terminal terrestre 150a es un terminal de usuario, y el segundo terminal 15 terrestre 150b y el tercer terminal terrestre 150c son terminales de puertas de acceso. Cada figura sucesiva ilustra una imagen respectiva de la conectividad en un "instante", y cada instante representado incluye tres intervalos de tiempo. Por ejemplo, el "instante" puede representar una 20 trama particular de un plan de configuración de las vías de transmisión. No se pretende que los instantes sucesivos sean directamente consecutivos; sino que más bien estén separados temporalmente para ilustrar los cambios de conectividad que pueden tener lugar en una trama temporal más prolongada (p.

ej., el tiempo transcurrido entre la figura 7A y la figura 7C pueden ser veinte minutos, o similar, dependiendo de las características orbitales de la constelación y/o de otras consideraciones). Tal como se ilustra, la conectividad

5 lógica (p. ej., los pares lógicos de identificadores de origen y destino asociados con cada comunicación) se planifica por intervalo de tiempo, y la conectividad física (p. ej., el circuito desde el terminal físico de origen hasta el terminal físico de destino a través de uno o más satélites

10 por medio de enlaces terrestres y enlaces cruzados particulares, tal como se manifiesta mediante las configuraciones de conmutación) también se planifica por intervalo de tiempo para efectuar la conectividad lógica (es decir, la comunicación desde un origen hasta un destino puede

15 implicar la coordinación entre una capa lógica y una capa física). Por ejemplo, la conectividad lógica ilustrada en las figuras 7A y 7B define que, en cada primer intervalo de tiempo, el primer terminal terrestre 150a transmite al tercer terminal terrestre 150c; en cada segundo intervalo de tiempo,

20 el primer terminal terrestre 150a se comunica con el segundo terminal terrestre 150b, y en cada tercer intervalo de tiempo, el tercer terminal terrestre 150c recibe tráfico desde algún otro terminal terrestre 150 (no se muestra). No obstante, en cada instante, las posiciones de los satélites

105 son diferentes, de modo que las conexiones físicas de las vías de transmisión cambian para efectuar las mismas conexiones de extremo a extremo entre terminales de superficie.

5 En un primer instante, tal como se muestra en la figura 7A, un primer haz puntual de un primer satélite 105a ilumina una región terrestre que incluye el primer terminal terrestre 150a, un segundo haz puntual del primer satélite 105a ilumina un segundo satélite 105b, un tercer haz puntual del primer
10 satélite 105a ilumina una región terrestre que incluye el tercer terminal terrestre 150c, un primer haz puntual del segundo satélite 105c ilumina una región terrestre que incluye el segundo terminal terrestre 150b y un primer haz puntual de un tercer satélite 105c ilumina el segundo
15 satélite 105b. En un primer intervalo de tiempo del primer instante, un subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 del primer satélite 105a ha configurado una vía de transmisión 130 para conformar un trayecto de la señal entre un alimentador de recepción de enlace terrestre, que
20 da servicio al primer terminal terrestre 150a, y un alimentador de transmisión de enlace terrestre, que da servicio al tercer terminal terrestre 150c; de modo que el tráfico desde el primer terminal terrestre 150a se pueda transmitir hasta el tercer terminal terrestre 150c durante

el primer intervalo de tiempo a través del enlace de comunicaciones 701a, desde el primer terminal terrestre 150a hasta el primer satélite 105a, y a través del enlace de comunicaciones 701b, desde el primer satélite 105a hasta el
5 tercer terminal terrestre 150c. En un segundo intervalo de tiempo del primer instante, un subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 del primer satélite 105a ha configurado una vía de transmisión 130 (p. ej., reconfigurado la misma vía de transmisión, o configurado una vía de
10 transmisión diferente) para conformar un trayecto de la señal entre un alimentador de recepción de enlace terrestre, que da servicio al primer terminal terrestre 150a, y un alimentador de transmisión de enlace cruzado, que da servicio al segundo satélite 105b, y un subsistema de configuración
15 de las vías de transmisión 140 del segundo satélite 105b tiene configurada una vía de transmisión 130 para conformar un trayecto de la señal entre un alimentador de recepción de enlace cruzado, que da servicio al primer satélite 105a, y un alimentador de transmisión de enlace terrestre, que da
20 servicio al segundo terminal terrestre 150b. En esta configuración, el tráfico desde el primer terminal terrestre 150a se puede transmitir hasta el segundo terminal terrestre 150b durante el segundo intervalo de tiempo a través del enlace de comunicaciones 711a, desde el primer terminal

terrestre 150a hasta el primer satélite 105a (que puede ser el mismo, o diferente, al del enlace de comunicaciones 701a del primer intervalo de tiempo), a través del enlace de comunicaciones 711b, desde el primer satélite 105a hasta el
5 segundo satélite 105b, y a través del enlace de comunicaciones 711c, desde el segundo satélite 105b hasta el segundo terminal terrestre 150b. En un tercer intervalo de tiempo del primer instante (p. ej., y/o durante el primer intervalo de tiempo), un subsistema de configuración de las
10 vías de transmisión 140 del segundo satélite 105b ha configurado una vía de transmisión 130 para conformar un trayecto de la señal entre un alimentador de recepción de enlace cruzado, que da servicio al tercer satélite 105c, y un alimentador de transmisión de enlace terrestre, que da
15 servicio al segundo terminal terrestre 150b; de modo que el tráfico desde el tercer satélite 105c (p. ej., que se origina en algún otro terminal terrestre 150 (no se muestra)) se pueda transmitir hasta el segundo terminal terrestre 150b durante el tercer intervalo de tiempo a través del enlace de
20 comunicaciones 721a, desde el tercer satélite 105c hasta el segundo satélite 105b, y a través del enlace de comunicaciones 721b, desde el segundo satélite 105b hasta el segundo terminal terrestre 150b.

En un segundo instante, tal como se muestra en la figura 7B, los satélites 105 se han movido a lo largo de sus trayectos orbitales 110, lo que cambia de ese modo la posición con respecto al primer, segundo y tercer terminal terrestre 150 (que se suponen estacionarios en este escenario). Ahora, el primer satélite 105a es capaz de dar servicio a los tres terminales terrestres 150, el segundo satélite 105c también da servicio aún al segundo terminal terrestre 150b, y el tercer satélite 105c aún ilumina el segundo satélite 105b, todos con los haces puntuales respectivos. En un primer intervalo de tiempo del segundo instante, se desea de nuevo (como en el primer intervalo de tiempo de la figura 7A) transmitir tráfico desde el primer terminal terrestre 150a hasta el tercer terminal terrestre 150c, y el primer satélite 105a aún da servicio a ambos terminales terrestres 150. En consecuencia, un subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 del primer satélite 105a puede configurar de nuevo una vía de transmisión 130 para conformar un trayecto de la señal entre un alimentador de recepción de enlace terrestre, que da servicio al primer terminal terrestre 150a, y un alimentador de transmisión de enlace terrestre, que da servicio al tercer terminal terrestre 150c; de modo que el tráfico se pueda transmitir a través del enlace de comunicaciones 702a, desde

el primer terminal terrestre 150a hasta el primer satélite 105a, y a través del enlace de comunicaciones 702b, desde el primer satélite 105a hasta el tercer terminal terrestre 150c. En un segundo intervalo de tiempo del segundo instante, se
5 desea de nuevo (como en el segundo intervalo de tiempo de la figura 7A) transmitir tráfico desde el primer terminal terrestre 150a hasta el segundo terminal terrestre 150b, aunque ahora el primer satélite 105a da servicio a ambos terminales terrestres 150. En consecuencia, un subsistema de
10 configuración de las vías de transmisión 140 del primer satélite 105a puede configurar una vía de transmisión 130 para conformar un trayecto de la señal entre un alimentador de recepción de enlace terrestre, que da servicio al primer terminal terrestre 150a, y un alimentador de transmisión de
15 enlace terrestre, que da servicio al segundo terminal terrestre 150b; de modo que el tráfico se pueda transmitir a través del enlace de comunicaciones 712a, desde el primer terminal terrestre 150a hasta el primer satélite 105a, y a través del enlace de comunicaciones 712b, desde el primer
20 satélite 105a hasta el segundo terminal terrestre 150b. En un tercer intervalo de tiempo del segundo instante, se desea de nuevo (como en el tercer intervalo de tiempo de la figura 7A) transmitir tráfico desde el tercer satélite 105a (p. ej., que se origina desde algún otro terminal terrestre 150

(no se muestra)) hasta el segundo terminal terrestre 150b, y el segundo satélite 105b aún da servicio al segundo terminal terrestre 150b. En consecuencia, un subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 del segundo
5 satélite 105b puede configurar una vía de transmisión 130 para conformar un trayecto de la señal entre un alimentador de recepción de enlace cruzado, que da servicio al tercer satélite 105c, y un alimentador de transmisión de enlace terrestre, que da servicio al segundo terminal terrestre
10 150b; de modo que el tráfico se pueda transmitir a través del enlace de comunicaciones 722a, desde el tercer satélite 105c hasta el segundo satélite 105b, y a través del enlace de comunicaciones 722b, desde el segundo satélite 105b hasta el segundo terminal terrestre 150b.

15 La figura 7C representa un cambio en la demanda mientras los satélites 105 están sustancialmente en sus mismas posiciones orbitales respectivas, como en la figura 7B, (p. ej., aún en el segundo "instante" con respecto a las posiciones orbitales de los satélites 105, aunque se
20 representa como el instante "2.2" para indicar un cambio posterior de la demanda desde el instante "2", que se representa en la figura 7B). Con el cambio de la demanda, se desea transmitir desde el primer terminal terrestre 150a hasta el tercer terminal terrestre 150c en ambos intervalos

de tiempo primero y segundo, y transmitir desde el tercer satélite 105c (p. ej., que se origina desde otro terminal terrestre 150 (no se muestra)) hasta el segundo terminal terrestre 150b en ambos intervalos de tiempo primero y
5 tercero. En cada uno del primer y segundo intervalo de tiempo del instante 2.2, un subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 del primer satélite 105a puede configurar una vía de transmisión 130 para conformar un trayecto de la señal entre un alimentador de recepción de enlace terrestre,
10 que da servicio al primer terminal terrestre 150a, y un alimentador de transmisión de enlace terrestre, que da servicio al tercer terminal terrestre 150c; de modo que se pueda transmitir el tráfico a través de los enlaces de comunicaciones 703a/713a (en el primer y segundo intervalo
15 de tiempo respectivamente) desde el primer terminal terrestre 150a hasta el primer satélite 105a, y a través de los enlaces de comunicaciones 703b/713b (en el primer y segundo intervalo de tiempo respectivamente) desde el primer satélite 105a hasta el tercer terminal terrestre 150c. En
20 cada uno del primer y tercer intervalo de tiempo del instante 2.2, un subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 del segundo satélite 105b puede configurar una vía de transmisión 130 para conformar un trayecto de la señal entre un alimentador de recepción de enlace cruzado,

que da servicio al tercer satélite 105c, y un alimentador de transmisión de enlace terrestre, que da servicio al segundo terminal terrestre 150b; de modo que el tráfico se pueda transmitir a través de los enlaces de comunicaciones 5 703c/723a (en el primer y tercer intervalo de tiempo respectivamente) desde el tercer satélite 105c hasta el segundo satélite 105b, y a través de los enlaces de comunicaciones 703d/723b (en el primer y tercer intervalo de tiempo respectivamente) desde el segundo satélite 105b hasta 10 el segundo terminal terrestre 150b.

Las **figuras 8A - 8D** muestran un entorno de comunicaciones por satélite 800 ilustrativo en un tercer escenario de comunicaciones en múltiples instantes sucesivos respectivamente. El escenario ilustra cinco terminales 15 terrestres 150 (indicados como terminales de usuario 820) en comunicación con dos terminales terrestres 150 (indicados como terminales de puertas de acceso 810) a través de una constelación de satélites 105 (no se muestran) que siguen unos trayectos orbitales (no se muestran) (se muestra el 20 "recorrido de superficie" 110 correspondiente a los trayectos orbitales, que puede ser, por ejemplo, el trayecto seguido por el punto debajo del satélite). A medida que los satélites siguen sus trayectos orbitales de superficie, sus haces puntuales iluminan las "huellas puntuales" 840

respectivas (mostradas como huellas circulares para mayor simplicidad), de modo que un satélite 105 particular únicamente puede dar servicio a un terminal terrestre 150 particular, cuando este está dentro de la huella puntual 840 del satélite (es decir, el satélite está a la vista del terminal terrestre). La constelación de satélites está diseñada para proporcionar servicios de comunicaciones a una "región de servicio" 830 que incluye los terminales de puertas de acceso 810 y los terminales de usuario 820. La región de servicio 830 puede estar compuesta de regiones secundarias, de modo que las regiones secundarias obtengan el servicio de una constelación individual de satélites y se definan de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, las regiones secundarias se pueden definir geográficamente (p. ej., de manera global, regional, mediante un área geográfica más pequeña, etc.), políticamente (p. ej., una región de servicio podría ser Francia más todas las posesiones/los territorios a nivel mundial). Regiones secundarias diferentes pueden tener requisitos diferentes (p. Ej., todo el tráfico francés debe pasar a través de puertas de acceso en Francia independientemente del origen y destino terrestre; mientras que otra región secundaria de servicio puede utilizar la puerta de acceso más cercana, independientemente de la nacionalidad). Cada una de las

figuras 8A - 8D proporciona un contexto para describir la conectividad de los canales de retorno a través de la constelación, desde los terminales de usuario 820 hasta los terminales de puertas de acceso 810, en cada uno de los instantes sucesivos. Tal como se describe anteriormente haciendo referencia al segundo escenario de las figuras 7A - 7C, cada "instante" puede representar una trama particular que tiene múltiples intervalos de tiempo o similares.

La conectividad de los canales de retorno para cada terminal de usuario 820 en cada instante (ilustrada mediante las figuras 8A - 8D respectivamente) se resume en la siguiente tabla:

Instante	UT 820a	UT 820b	UT 820c	UT 820d	UT 820e
1	S3→S1→GW1	S1→GW1	S2→GW2	S1→GW1	S3→S1→GW1
2	S1→GW1	S1→GW1	S2→GW2	S1→GW1	S3→S1→GW1
3	S1→GW1	S5→S1→GW1	S2→S6→GW2	S1→GW1	S1→GW1
4	S1→S5→GW1	S5→GW1	S6→GW2	S5→GW1	S1→S5→GW1

En la tabla, "UT" indica un terminal de usuario 820, "S" indica un satélite 105 (p. ej., S1 se corresponde con el satélite 105 que genera la huella puntual 840a, S2 se corresponde con el satélite 105 que genera la huella puntual 840b, etc.), y "GW" indica un terminal de puertas de acceso 810 (p. ej., "GW1" se corresponde con el terminal de puertas

de acceso 810a, y "GW2" se corresponde con el terminal de puertas de acceso 810b).

En un primer instante, tal como se muestra en la figura 8A (y en la primera fila tras la cabecera de la tabla), el terminal de puertas de acceso 810a, el terminal de usuario 820b y el terminal de usuario 820d están dentro de la misma huella puntual 840a (es decir, donde da servicio el satélite 105a); el terminal de puertas de acceso 810b y el terminal de usuario 820c están dentro de una huella puntual 840b diferente (es decir, donde da servicio el satélite 105b); el terminal de usuario 820a y el terminal de usuario 820e están dentro de la huella puntual 840c (es decir, donde da servicio el satélite 105c); y ningún terminal terrestre 150 está dentro de la huella puntual 840d (es decir, donde da servicio el satélite 105d). En consecuencia, el tráfico de los canales de retorno, desde el terminal de usuario 820a se puede comunicar al terminal de puertas de acceso 810a a través del satélite 105c y el satélite 105a (es decir, comprende dos huellas puntuales 840), el tráfico de los canales de retorno desde el terminal de usuario 820b se puede comunicar al terminal de puertas de acceso 810a a través del satélite 105a (es decir, todos están dentro de una huella puntual 840), el tráfico de los canales de retorno desde el terminal de usuario 820c se puede comunicar al terminal de puertas de

acceso 810b a través del satélite 105b (es decir, todos están dentro de una huella puntual 840), el tráfico de los canales de retorno desde el terminal de usuario 820d se puede comunicar al terminal de puertas de acceso 810a a través del
5 satélite 105a (es decir, todos están dentro de una huella puntual 840), y el tráfico de los canales de retorno desde el terminal de usuario 820e se puede comunicar al terminal de puertas de acceso 810a a través del satélite 105c y el satélite 105a (es decir, comprende dos huellas puntuales
10 840).

En un segundo instante, tal como se muestra en la figura 8B (y en la segunda fila tras la cabecera de la tabla), los satélites 105 se han movido a lo largo de sus trayectos orbitales 110, de modo que el terminal de puertas de acceso
15 810a, el terminal de usuario 820b, el terminal de usuario 820d y ahora el terminal de usuario 820a estén dentro de la huella puntual 840a (es decir, donde da servicio el satélite 105a); el terminal de puertas de acceso 810b y el terminal de usuario 820c aún están dentro de la huella puntual 840b
20 (es decir, donde da servicio el satélite 105b); ahora únicamente el terminal de usuario 820e está dentro de la huella puntual 840c (es decir, donde da servicio el satélite 105c); y ningún terminal terrestre 150 está dentro de la huella puntual 840d (es decir, donde da servicio el satélite

105d), y ahora son visibles la huella puntual 840e y la huella puntual 840f (es decir, donde dan servicio el satélite 105e y el satélite 105f respectivamente). En consecuencia, el tráfico de los canales de retorno, desde el terminal de usuario 820a se puede comunicar al terminal de puertas de acceso 810a a través del satélite 105a (es decir, todos están dentro de una huella puntual 840), el tráfico de los canales de retorno desde el terminal de usuario 820b se puede comunicar al terminal de puertas de acceso 810a a través del satélite 105a (es decir, todos están dentro de una huella puntual 840), el tráfico de los canales de retorno desde el terminal de usuario 820c se puede comunicar al terminal de puertas de acceso 810b a través del satélite 105b (es decir, todos están dentro de una huella puntual 840), el tráfico de los canales de retorno desde el terminal de usuario 820d se puede comunicar al terminal de puertas de acceso 810a a través del satélite 105a (es decir, todos están dentro de una huella puntual 840), y el tráfico de los canales de retorno desde el terminal de usuario 820e se puede comunicar al terminal de puertas de acceso 810a a través del satélite 105c y el satélite 105a (es decir, comprende dos huellas puntuales 840).

En un tercer instante, tal como se muestra en la figura 8C (y en la tercera fila tras la cabecera de la tabla), los

satélites 105 se han movido más a lo largo de sus trayectos orbitales 110, de modo que el terminal de puertas de acceso 810a, el terminal de usuario 820d, el terminal de usuario 820a y ahora el terminal de usuario 820e estén dentro de la

5 huella puntual 840a (es decir, donde da servicio el satélite 105a); el terminal de usuario 820b ahora está dentro de la huella puntual 840e (es decir, donde da servicio el satélite 105e); el terminal de puertas de acceso 810b ahora está dentro de la huella puntual 840f (es decir, donde da servicio

10 el satélite 105f); el terminal de usuario 820c aún está dentro de la huella puntual 840b (es decir, donde da servicio el satélite 105b); ningún terminal terrestre 150 está dentro de la huella puntual 840c (es decir, donde da servicio el satélite 105c); y la huella puntual 840d ya no está a la

15 vista (es decir, ya no está superpuesta a la región de servicio 830). En consecuencia, el tráfico de los canales de retorno, desde el terminal de usuario 820a se puede comunicar al terminal de puertas de acceso 810a a través del satélite 105a (es decir, todos están dentro de una huella puntual

20 840), el tráfico de los canales de retorno desde el terminal de usuario 820b se puede comunicar al terminal de puertas de acceso 810a a través del satélite 105e y el satélite 105a (es decir, comprende dos huellas puntuales 840), el tráfico de los canales de retorno desde el terminal de usuario 820c

se puede comunicar al terminal de puertas de acceso 810b a través del satélite 105b y el satélite 105f (es decir, comprende dos huellas puntuales 840), el tráfico de los canales de retorno desde el terminal de usuario 820d se puede
5 comunicar al terminal de puertas de acceso 810a a través del satélite 105a (es decir, todos están dentro de una huella puntual 840), y el tráfico de los canales de retorno desde el terminal de usuario 820e se puede comunicar al terminal de puertas de acceso 810a a través del satélite 105a (es
10 decir, todos están dentro de una huella puntual 840).

En un cuarto instante, tal como se muestra en la figura 8D (y en la cuarta fila tras la cabecera de la tabla), los satélites 105 se han movido aún más a lo largo de sus trayectos orbitales 110, de modo que el terminal de puertas
15 de acceso 810a, el terminal de usuario 820b y el terminal de usuario 820d están dentro de la huella puntual 840e (es decir, donde da servicio el satélite 105e); el terminal de puertas de acceso 810b y el terminal de usuario 820c están dentro de la huella puntual 840f (es decir, donde da servicio
20 el satélite 105f); el terminal de usuario 820a y el terminal de usuario 820e están dentro de la huella puntual 840a (es decir, donde da servicio el satélite 105a); y ningún terminal terrestre 150 está dentro de la huella puntual 840b (es decir, donde da servicio el satélite 105b). En particular,

las posiciones en el instante 4 de las huellas puntuales 840e, 840f, 840a y 840b son sustancialmente las mismas (con relación a los terminales terrestres) que las posiciones en el instante 1 (figura 8A) de las huellas puntuales 840a, 840b, 840c y 840d respectivamente. En consecuencia, la conectividad parece que es sustancialmente la misma, con la excepción de que se utilizan diferentes satélites 105 de la constelación. En particular, el tráfico de los canales de retorno, desde el terminal de usuario 820a se puede comunicar al terminal de puertas de acceso 810a a través del satélite 105a y el satélite 105e (es decir, comprende dos huellas puntuales 840), el tráfico de los canales de retorno desde el terminal de usuario 820b se puede comunicar al terminal de puertas de acceso 810a a través del satélite 105e (es decir, todos están dentro de una huella puntual 840), el tráfico de los canales de retorno desde el terminal de usuario 820c se puede comunicar al terminal de puertas de acceso 810b a través del satélite 105f (es decir, todos están dentro de una huella puntual 840), el tráfico de los canales de retorno desde el terminal de usuario 820d se puede comunicar al terminal de puertas de acceso 810a a través del satélite 105e (es decir, todos están dentro de una huella puntual 840), y el tráfico de los canales de retorno desde el terminal de usuario 820e se puede comunicar al terminal

de puertas de acceso 810a a través del satélite 105a y el satélite 105e (es decir, comprende dos huellas puntuales 840).

Los sistemas y escenarios anteriores implican una
5 configuración de las vías de transmisión en vuelo de los satélites 105 en una constelación. Tal como se describe anteriormente, algunos o todos los satélites 105 en la constelación pueden implementar la funcionalidad de configuración de las vías de transmisión en vuelo utilizando
10 un subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 que opere de acuerdo con un plan de configuración de las vías de transmisión (p. ej., planes de conmutación 210, planes de ponderación 260, etc.). Las realizaciones de los sistemas de comunicaciones por satélite pueden incluir uno
15 o más sistemas de cálculo de la conectividad para calcular y/o suministrar los planes de configuración de las vías de transmisión, de modo que los utilicen algunos o todos los subsistemas de configuración de las vías de transmisión 140 de la constelación.

20 La **figura 9** muestra una parte ilustrativa de un sistema de comunicaciones por satélite 900 que incluye un terminal terrestre 150 en comunicación con al menos un satélite 105 de una constelación (únicamente se muestra un satélite 105 para evitar complicar en exceso la figura), de acuerdo con

diversas realizaciones. El sistema de comunicaciones por satélite 900 puede incluir una constelación de satélites tal como en cualquiera de las figuras 6A - 8D, o en cualquier otra disposición adecuada. El terminal terrestre 150 incluye un sistema de cálculo de la conectividad 910 y un subsistema de comunicaciones 930. Por ejemplo, el sistema de cálculo de la conectividad 910 se puede implementar en un terminal de puertas de acceso o se puede distribuir en múltiples terminales de puertas de acceso.

10 Tal como se ilustra, el sistema de cálculo de la conectividad 910 puede incluir un almacenamiento de datos 940 que puede tener, almacenado en este, los parámetros orbitales 943 de algunos o todos los satélites 105 de la constelación y los parámetros de los recursos de comunicaciones 945 de algunos o todos los terminales terrestres 150 (y/o los satélites 105) del sistema de comunicaciones por satélite 900. El almacenamiento de datos 940 se puede implementar de cualquier manera adecuada, por ejemplo, como uno o más dispositivos de almacenamiento de datos que están alojados, distribuidos, etc. Los parámetros orbitales 943 pueden incluir, por ejemplo, las órbitas de los satélites 105 (p. ej., que incluyen, por ejemplo, las definiciones matemáticas de los trayectos orbitales, los trayectos de los recorridos de superficie, las altitudes,

las velocidades, la información del campo visual u obstrucción, etc.), las ubicaciones de los satélites 105 a lo largo del tiempo (p. ej., unos en relación con otros, en relación a las puertas de acceso y/o a otros terminales
5 terrestres, en relación a la geografía de la tierra, en un espacio de coordenadas tridimensionales absolutas o en otro espacio de coordenadas, etc.), la cobertura de los satélites 105 a lo largo del tiempo (p. ej., tamaños y/o ubicaciones de las huellas puntuales, etc.), etc. Los parámetros de los
10 recursos de comunicaciones 945 pueden incluir, por ejemplo, parámetros de petición de los recursos de comunicaciones para terminales de usuario en comunicación con la constelación (p. ej., las necesidades de capacidad actual y/o anticipada de los terminales de usuario o de grupos de
15 terminales de usuario, ubicaciones geográficas de terminales, calidad de los enlaces para los terminales de usuario, etc.), parámetros de suministro de los recursos de comunicaciones para terminales de puertas de acceso en comunicación con la constelación (p. ej., la capacidad actual
20 y/o anticipada de los terminales de puertas de acceso, interrupción del servicio de las puertas de acceso, ubicaciones geográficas de las puertas de acceso, asociaciones de terminal de usuario y puerta de acceso, áreas de comunicaciones autorizadas, etc.), parámetros de

rendimiento de los recursos de comunicaciones para los satélites 105 de la constelación (p. ej., número y/o capacidad de las vías de transmisión, capacidad total del satélite 105, número soportado de haces o alimentadores, 5 bandas de frecuencia y/o polarizaciones soportadas, parámetros de configuración presentes, etc.), etc.

Las realizaciones del sistema de cálculo de la conectividad 910 pueden incluir una serie de (es decir, uno o más) componentes que implementan un subsistema de 10 planificación de vías de transmisión 920. El subsistema de planificación de vías de transmisión 920 puede calcular un plan de configuración de las vías de transmisión 925 que define una configuración secuencial de vías de transmisión de conducto curvo 930 de algunos o todos los satélites 105 15 en la constelación en algunos o todos los intervalos de tiempo. El plan de configuración de las vías de transmisión 925 se calcula en función de los parámetros orbitales 943 y de los parámetros de los recursos de comunicaciones 945, y pueden definir de manera eficaz, en cada intervalo de tiempo, 20 cómo se configurará la conectividad entre los terminales terrestres 150 a través de la constelación. Para una mejor ilustración, supóngase que una puerta de acceso desea transmitir tráfico (es decir, tráfico de los canales de envío) a un terminal de usuario. Efectuar esa transmisión

puede implicar coordinar que: (i) durante uno o más intervalos de tiempo en particular, se planifica que la puerta de acceso transmita ese tráfico al terminal de usuario (y, en algunas implementaciones, se planifica que el terminal de usuario reciba ese tráfico desde la puerta de acceso); y (ii) durante el mismo o los mismos intervalos de tiempo, uno o más satélites 105 de la constelación tienen una o más vías de transmisión respectivas configuradas para crear una conectividad (p. ej., un trayecto de la señal) desde la puerta de acceso hasta el terminal de usuario. Por ejemplo, tanto la planificación del tráfico como la planificación de vías de transmisión están coordinadas para tener una conectividad eficaz en toda la constelación, en el contexto de la configuración de las vías de transmisión en vuelo.

Implementar dicha coordinación puede conllevar calcular qué vías de transmisión configurar en qué trayectos de señales (p. ej., qué alimentadores de recepción y transmisión acoplar a través de las vías de transmisión) de acuerdo con la configuración de la constelación en el instante de transmisión deseado (p. ej., dónde están diversos satélites 105 con respecto al terminal de puertas de acceso y de usuario) dada por los parámetros orbitales 943, y cuándo el tráfico está planificado para transmisión (p. ej., o cuándo se puede planificar) dado por los parámetros de los recursos

de comunicaciones 945. Por ejemplo, un plan de tráfico se puede generar mediante una o más funciones del sistema de comunicaciones por satélite 900 (p. ej., una función del mismo o de otro terminal terrestre 150), y el plan puede
5 afectar de manera dinámica a los parámetros de los recursos de comunicaciones 945 utilizados por el subsistema de planificación de vías de transmisión 920. Como alternativa, el plan de configuración de las vías de transmisión 925 calculado se puede reutilizar en una o más funciones del
10 sistema de comunicaciones por satélite 900, para su utilización en el cálculo de un plan de tráfico adecuado (p. ej., tráfico que se puede planificar para la comunicación con puertas de acceso, etc., de acuerdo con la información del plan de configuración de las vías de transmisión).

15 Tal como se describe anteriormente, el plan de configuración de las vías de transmisión 925 calculado se puede cargar en algunos o todos los satélites 105 de cualquier manera adecuada. En algunas realizaciones, el plan de configuración de las vías de transmisión 925 se comunica
20 a múltiples terminales de puertas de acceso, y cada satélite 105 recibe un caso del plan de configuración de las vías de transmisión 925 (p. ej., el mismo plan de configuración de las vías de transmisión 925, versiones diferentes para cada satélite 105, etc.) desde un terminal de puertas de acceso

con el cual está en comunicación. En ciertas implementaciones, algunos satélites 105 pueden recibir un caso del plan de configuración de las vías de transmisión 925 desde otro satélite 105 en la constelación. Por ejemplo, uno o más terminales de puertas de acceso (o cualesquiera terminales terrestres 150 adecuados) pueden utilizar un subsistema de comunicaciones 930 respectivo para comunicar el plan de configuración de las vías de transmisión 925 a uno o más satélites 105. El plan de configuración de las vías de transmisión 925 se puede cargar en el subsistema de configuración de las vías de transmisión 140 de cada satélite 105 utilizando una señal de enlace ascendente (o enlace cruzado) que puede estar en la banda (p. ej., utilizando unos intervalos de tiempo o portadores particulares dentro del sistema de comunicaciones) o fuera de la banda (p. ej., utilizando un control de comandos y un enlace de telemetría independientes al satélite 105). En algunas realizaciones, el subsistema de comunicaciones 930 puede recibir además información desde los satélites 105 y/o los terminales terrestres 150, la cual se puede reutilizar (p. ej., por medio del subsistema de planificación de vías de transmisión 920) de modo que afecte a la planificación del tráfico y/o de las vías de transmisión, por ejemplo, afectando determinaciones de parámetros de los recursos de

comunicaciones 945 (p. ej., capacidad actual, demanda, situación de los enlaces, interrupciones, tiempo atmosférico, etc.) en el almacenamiento de datos 940.

La **figura 10** muestra otra parte ilustrativa de un sistema de comunicaciones por satélite 1000 que incluye múltiples terminales de puertas de acceso 810 en comunicación con una red de enlace terrestre 1010 y varios satélites 105, de acuerdo con diversas realizaciones. Los satélites 105 se configuran como una constelación y siguen las trayectorias orbitales 110 (p. ej., órbitas terrestres bajas no geoestacionarias o terrestres medias). Los terminales de puertas de acceso 810 pueden estar distribuidos geográficamente de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, los terminales de puertas de acceso 810 pueden estar ubicados alejados entre sí, alejados de terminales de usuario, cerca de una infraestructura de red de enlace terrestre 1010, etc. En cualquier instante, algunos o todos los satélites 105 de la constelación pueden estar en comunicación directa con al menos un terminal de puertas de acceso 810 (o iluminar una región que incluya al menos un terminal de puertas de acceso 810), y/o uno o más satélites 105 pueden estar en comunicación indirecta con uno o más terminales de puertas de acceso 810 a través de uno o más satélites 105 diferentes de la constelación. Tal como se describe haciendo referencia

a la figura 9, algunas realizaciones implementan un sistema de cálculo de la conectividad 910 para calcular configuraciones de vías de transmisión en uno o más terminales terrestres 105 (p. ej., uno o más terminales de
5 puertas de acceso 810). En otras realizaciones, el sistema de cálculo de la conectividad 910 se puede implementar como una función independiente en comunicación con la red de enlace terrestre 1010. Por ejemplo, el sistema de cálculo de la conectividad 910 se puede implementar en uno o más
10 servidores (p. ej., como una función basada en la nube) en comunicación a través de una o más redes públicas o privadas (p. ej., internet) con la red de enlace terrestre 1010.

En cualquiera de las realizaciones anteriores (p. ej., aquellas descritas haciendo referencia a las figuras 9 y
15 10), el/los plan(es) de configuración de las vías de transmisión 925 se pueden comunicar a los satélites 105 en cualquier instante adecuado. En algunas implementaciones, el/los plan(es) de configuración de las vías de transmisión 925 se prevé que sean relativamente robustos y no dinámicos,
20 de modo que se comuniquen con poca frecuencia a los satélites 105 los planes de configuración de las vías de transmisión 925 nuevos, actualizados, renovados u otros (p. ej., se proporcionan nuevos planes cada pocas horas, diariamente o semanalmente). En otras implementaciones, el/los plan(es) de

configuración de vías de transmisión 925 se prevé que sean muy dinámicos (p. ej., para responder con rapidez a los cambios en las peticiones de recursos, capacidad, etc.), de modo que se comuniquen con relativa frecuencia a los satélites 105 los planes de configuración de las vías de transmisión 925 nuevos, actualizados, renovados u otros (p. ej., según sea necesario, de manera periódica de acuerdo con un período de tiempo relativamente corto, o de cualquier otra manera adecuada, p. ej., cada hora, cada pocos minutos, múltiples veces por minuto). Ciertas implementaciones pueden detectar fallos de conectividad y/u otros problemas de las comunicaciones derivados posiblemente de fallos en el plan de configuración de las vías de transmisión 925 (p. ej., un plan de configuración de las vías de transmisión 925 incorrecto u obsoleto que utiliza un satélite 105, un plan de configuración de las vías de transmisión 925 mal calculado, etc.), y pueden cargar otro plan de configuración de las vías de transmisión 925 en respuesta a la detección.

La **figura 11** muestra un diagrama de flujo de un método 1100 ilustrativo para la configuración en vuelo de vías de transmisión de satélites en una constelación, de acuerdo con diversas realizaciones. Las realizaciones del método 1100 comienzan en la etapa 1104 obteniendo los parámetros orbitales de múltiples satélites de la constelación, los

parámetros de petición de los recursos de comunicaciones para múltiples terminales de usuario terrestres en comunicación con la constelación y los parámetros de suministro de los recursos de comunicaciones para múltiples terminales de puertas de acceso terrestres en comunicación con la constelación. Por ejemplo, los parámetros orbitales pueden incluir órbitas o trayectos de satélites, ubicaciones relativas o absolutas de satélites, velocidades de los satélites, tamaños y/o formas de las áreas de cobertura de los haces puntuales, etc.; los parámetros de petición de los recursos de comunicaciones pueden incluir las necesidades actuales y/o anticipadas de capacidad de los terminales de usuario o de grupos de terminales de usuario, las ubicaciones geográficas de los terminales, etc.; y los parámetros de suministro de los recursos de comunicaciones pueden incluir la capacidad actual y/o anticipada de los terminales de puertas de acceso, la interrupción del servicio de las puertas de acceso, las ubicaciones geográficas de las puertas de acceso, las asociaciones de terminal de usuario y puerta de acceso, las áreas de comunicación autorizadas, etc.

En la etapa 1108, las realizaciones pueden calcular un plan de configuración de las vías de transmisión en función de los parámetros orbitales, los parámetros de petición de los recursos de comunicaciones y los parámetros de suministro

de los recursos de comunicaciones. El plan de configuración de las vías de transmisión puede definir una configuración secuencial de vías de transmisión de conducto curvo de los satélites en cada uno de varios intervalos de tiempo para conformar trayectos de señales entre los terminales terrestres mediante el establecimiento de la conectividad entre múltiples haces (p. ej., pares de haces). Tal como se describe anteriormente, los satélites tienen sistemas de antenas que incluyen (p. ej., se manifiestan cuando operan) partes respectivas de haces puntuales. En la etapa 1112, el plan de configuración de las vías de transmisión se puede comunicar a algunos o todos los satélites de la constelación a través de los enlaces de comunicaciones de los satélites respectivos. Por ejemplo, el plan de configuración de las vías de transmisión se puede comunicar desde las puertas de acceso a todos los satélites a través de los haces de enlace terrestre respectivos; desde una o más puertas de acceso a uno o más satélites a través de uno o más haces de enlace terrestre, a continuación desde el o los satélites a los demás satélites a través de uno o más haces de enlace cruzado; como señales en la banda; como señales fuera de la banda (p. ej., TT&C); etc.

Algunas realizaciones del método 1100 comienzan o continúan en la etapa 1116 recibiendo el plan de

configuración de las vías de transmisión en uno o más satélites (p. ej., y almacenarlo en una memoria del satélite). En la etapa 1120, las realizaciones pueden configurar, en primer lugar, una vía de transmisión del
5 satélite para conformar un trayecto de señal de conducto curvo (p. ej., un circuito físico) que establece una conectividad entre un primer haz de enlace terrestre y un segundo haz de enlace terrestre en un primer intervalo de tiempo, de acuerdo con el plan de configuración de las vías
10 de transmisión. En la etapa 1124, las realizaciones pueden configurar, en segundo lugar, la vía de transmisión para conformar un trayecto de señal de conducto curvo que establece una conectividad entre el primer haz de enlace terrestre y el haz de enlace cruzado en un segundo intervalo
15 de tiempo, de acuerdo con el plan de configuración de las vías de transmisión. Por ejemplo, en el primer intervalo de tiempo, la vía de transmisión del satélite establece de manera eficaz una conectividad entre dos terminales terrestres; y en el segundo intervalo de tiempo, la vía de
20 transmisión establece de manera eficaz la conectividad entre uno de los terminales terrestres y otro satélite de la constelación. Tal como se describe anteriormente, la configuración de la vía de transmisión (p. ej., en la etapa 1120 y/o 1124) puede implicar acoplar los lados de recepción

y transmisión de la vía de transmisión a alimentadores adecuados a través de conmutadores, ajustar las ponderaciones en redes de conformación de haces de modo que se cree de manera eficaz un trayecto de señal entre los
5 alimentadores adecuados a través de la vía de transmisión, etc. También tal como se describe anteriormente, los múltiples haces puntuales pueden o no incluir haces puntuales físicamente independientes. Por ejemplo, el primer y segundo haz puntual pueden tener sustancialmente la misma huella
10 puntual, mientras se utilizan frecuencias portadoras y/o polarizaciones diferentes para mitigar la interferencia entre las señales de enlace ascendente y enlace descendente.

Los métodos expuestos en la presente incluye una o más acciones para lograr el método descrito. El método y/o las
15 acciones se pueden intercambiar entre sí sin alejarse del alcance de las reivindicaciones. Dicho de otro modo, a menos que se especifique un orden de acciones específico, el orden y/o la utilización de acciones específicas se puede modificar sin alejarse del alcance de las reivindicaciones.

20 Las funciones descritas se pueden implementar en el hardware, el software, el soporte lógico inalterable o en cualquier combinación de estos. Si se implementan en el software, las funciones se pueden almacenar como una o más instrucciones en un soporte legible por computadora no

transitorio. Un medio de almacenamiento puede ser cualquier soporte tangible disponible al que se pueda acceder con una computadora. A modo de ejemplo, y sin carácter limitante, dicho medio legible por computadora puede incluir RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM, u otro almacenamiento en disco óptico, almacenamiento en disco magnético, u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro soporte tangible que se pueda utilizar para transportar o almacenar el código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y al que se puede acceder con una computadora. Disco magnético y disco, tal como se utilizan en la presente, incluyen el disco compacto (CD), el disco láser, el disco óptico, el disco digital versátil (DVD), el disco magnético flexible y el disco de blu-ray®, donde los discos magnéticos reproducen generalmente los datos de manera magnética, mientras que los discos reproducen los datos de manera óptica con láseres.

Un producto tipo programa de computadora puede llevar a cabo ciertas operaciones presentadas en la presente. Por ejemplo, dicho producto tipo programa de computadora puede ser un soporte tangible legible por computadora que tiene instrucciones almacenadas de manera tangible (y/o codificadas) en este, donde las instrucciones se pueden ejecutar mediante uno o más procesadores para llevar a cabo

las operaciones descritas en la presente. El producto tipo programa de computadora puede incluir material de formación de paquetes. El software o las instrucciones también se pueden transmitir por medio de un soporte de transmisión.

5 Por ejemplo, el software se puede transmitir desde un sitio web, un servidor o de otro origen remoto utilizando un soporte de transmisión tal como un cable coaxial, un cable de fibra óptica, un par trenzado, una línea de abonado digital (DSL) o tecnología inalámbrica tal como infrarrojo,
10 radio o microondas.

Asimismo, los módulos y/u otros medios adecuados para llevar a cabo los métodos y técnicas descritas en la presente se pueden descargar y/u obtener de otra forma mediante terminales adecuados y/o acoplados a servidores, o
15 similares, para facilitar la transferencia de medios para llevar a cabo los métodos descritos en la presente. Como alternativa, se pueden proporcionar diversos métodos descritos en la presente por medio de medios de almacenamiento (p. ej., RAM, ROM, un soporte de
20 almacenamiento físico tal como un CD o un disco magnético flexible, etc.), de modo que un terminal de usuario y/o una estación base pueda obtener los diversos métodos tras acoplar o proporcionar el medio de almacenamiento al dispositivo. Además, se puede utilizar cualquier otra técnica adecuada

para proporcionar los métodos y las técnicas descritas en la presente a un dispositivo. Las características que implementan las funciones también se pueden ubicar físicamente en diversas posiciones, que incluyen estar
5 distribuidas de modo que partes de las funciones se implementen en ubicaciones físicas diferentes.

A la hora de describir la presente invención se utilizará la siguiente terminología: las formas singulares "un", "una" y "el/la" incluyen las referencias al plural a
10 menos que el contexto dicte claramente lo contrario. Por tanto, por ejemplo, la referencia a un elemento incluye la referencia a uno o más elementos. El término "unos" se refiere a uno, dos o más, y se aplica en general a la selección de algunos o todos de una cantidad. El término
15 "pluralidad" se refiere a dos o más de un elemento. El término "aproximadamente" significa cantidades, dimensiones, tamaños, formulaciones, parámetros, formas y otras características que no es necesario que sean exactas, aunque se puede aproximar y/o aumentar o disminuir, según se desee,
20 lo que refleja las tolerancias aceptables, los factores de conversión, el redondeo, el error de medición y similares, y otros factores conocidos por aquellos que son expertos en la técnica. El término "sustancialmente" significa que la característica, parámetro o valor citado no es necesario que

se alcance de manera exacta, sino que las desviaciones o variaciones incluyen, por ejemplo, tolerancias, error de medición, limitaciones en la precisión de la medición y otros factores conocidos para aquellos que son expertos en la técnica, pueden aparecer en cantidades que no excluyen el efecto que se pretendía proporcionar con la característica. Los datos numéricos se pueden expresar o presentar en la presente con un formato de intervalo. Se debe sobreentender que dicho formato de intervalo se utiliza meramente por conveniencia y brevedad y, por tanto, se debería interpretar de manera flexible de modo que incluya no solo los valores numéricos citados de manera explícita como los límites del intervalo, sino también interpretar de modo que incluya todos los valores numéricos individuales o subintervalos englobados dentro de ese intervalo, como si cada valor numérico y subintervalo se citara de manera explícita. De manera ilustrativa, un intervalo numérico de "aproximadamente 1 a 5" se debería interpretar de modo que incluya no solo los valores citados de manera explícita de aproximadamente 1 a aproximadamente 5, sino que también incluya valores individuales y subintervalos dentro del intervalo indicado. Por tanto, incluidos en este intervalo numérico están los valores individuales tales como 2, 3 y 4 y los subintervalos tales como 1-3, 2-4 y 3-5, etc. Este

mismo principio se aplica a intervalos en los que se cita solo un valor numérico (p. ej., "mayor de aproximadamente 1") y se debería aplicar independientemente de la amplitud del intervalo o de las características que se describen. Una

5 pluralidad de elementos se puede presentar en una lista normal por conveniencia. No obstante, estas listas se deberían interpretar como si cada miembro de la lista se identificara individualmente como un miembro independiente y único. Por tanto, ningún miembro individual de dicha lista

10 se debería interpretar como un equivalente de facto de cualquier otro miembro de la misma lista basándose únicamente en su presentación en un grupo común sin indicaciones de lo contrario. Asimismo, cuando los términos "y" y "o" se utilizan junto con una lista de elementos, estos se deben

15 interpretar de manera amplia, de modo que uno o más cualesquiera de los elementos citados se pueda utilizar por sí solo o en combinación con los demás elementos citados. La expresión "como alternativa" se refiere a una selección de una o más alternativas, y no pretende limitar la selección

20 únicamente a aquellas alternativas citadas o únicamente a una de las alternativas citadas cada vez, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. El término "acoplado" tal como se utiliza en la presente no requiere que los componentes estén conectados directamente entre sí.

En su lugar, el término pretende incluir también las configuraciones con conexiones indirectas, donde uno o más componentes diferentes se pueden incluir entre los componentes acoplados. Por ejemplo, dichos componentes
5 diferentes pueden incluir amplificadores, atenuadores, aisladores, acopladores direccionales, conmutadores de redundancia y similares. Además, tal como se utiliza en la presente, incluyendo en las reivindicaciones, "o" tal como se utiliza en una lista de elementos precedidos por "al menos
10 uno de" indica una lista disyuntiva de modo que, por ejemplo, una lista de "al menos uno de A, B o C" significa A o B o C o AB o AC o BC o ABC (es decir, A y B y C). Asimismo, el término "ejemplar" no significa que el ejemplo descrito se prefiera o sea mejor que otros ejemplos. Tal como se utiliza
15 en la presente, se pretende que una "serie" de elementos signifique "uno o más" de esos elementos, excepto cuando se requiere de manera explícita que la serie tenga más de uno o se permita de manera explícita que sea una serie vacía.

Se pueden realizar diversos cambios, sustituciones y
20 alteraciones a las técnicas descritas en la presente sin alejarse de la tecnología de los principios tal como se definen en las reivindicaciones adjuntas. Además, el alcance de la exposición y las reivindicaciones no está limitado a los aspectos particulares del proceso, máquina, métodos de

5 fabricación, composición de materiales, medios, métodos y acciones descritas anteriormente. Se pueden utilizar procesos, máquinas, métodos de fabricación, composiciones de materiales, medios, métodos o acciones, existentes en la actualidad o que se desarrollarán más adelante, que realizan sustancialmente la misma función o logran sustancialmente el mismo resultado que los aspectos correspondientes descritos en la presente. En consecuencia, las reivindicaciones adjuntas incluyen dentro de su alcance dichos procesos, máquinas, métodos de fabricación, composiciones de materiales, medios, métodos o acciones.

15 Se hace constar que, con relación a esta fecha, el mejor método conocido por la solicitante para llevar a la práctica la citada invención, es el que resulta claro de la presente descripción de la invención.

SEÑOR DIRECTOR
DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
E. S. D.

Asunto:	Solicitud No.:	NC2018/0001231
	Oficio No.:	177
	Referencia:	Respuesta examen de patentabilidad

MAURICIO JARAMILLO CAMPUZANO, identificado como aparece al pie de mi firma, en calidad de apoderado del solicitante **VIASAT INC.**, doy respuesta al **Oficio No. 177**, de conformidad con el artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina.

1. MODIFICACIONES A LA SOLICITUD

Con el fin de corregir errores menores en la descripción de la solicitud de patente, se han incluido las siguientes modificaciones:

- Se corrigió el número de referencia del cuarto satélite, en la línea 13 de la página 64 de la descripción, para ahora mencionar la referencia 105d.
- Se corrigió el número de referencia del segundo satélite, en la línea 23 de la página 69 de la descripción, para ahora mencionar la referencia 105b.
- Se corrigió el número de referencia del enlace de comunicaciones, en la línea 13 de la página 70 de la descripción, para ahora mencionar la referencia 711c.

Estas modificaciones se ajustan al artículo 34 de la Decisión 486 de 2000 y no constituyen una ampliación de la materia contenida en la solicitud originalmente presentada.

1. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

El Examinador ha determinado que los siguientes documentos anticipan el objeto de la presente solicitud: "Method and system for communicating high rate data in a satellite-based communications network", identificado como D1 (US6125261), y "Method and system for providing satellite coverage using fixed spot beams and scanned spot beams", identificado como D2 (US2001018327).

2. ARGUMENTOS A FAVOR DE LA NOVEDAD DE LA INVENCION

2.1. El examinador indica que la reivindicación 1 no cuenta con novedad, debido a que todas y cada una de sus características esenciales ya se encuentran descritas por D1 y D2. El solicitante respetuosamente se encuentra en desacuerdo con esta afirmación.

2.2. D1 ni D2, hacen referencia a las siguientes características de la reivindicación 1:

«una vía de transmisión de conducto curvo (130) asociada con haces puntuales»,
...en donde...,

«la vía de transmisión se configure en un primer intervalo de tiempo para establecer una conectividad entre el primer y segundo haz de enlace terrestre, y que la vía de transmisión se configure en un segundo intervalo de tiempo para establecer una conectividad entre el primer haz de enlace terrestre y el haz de enlace cruzado»

2.3. El Examinador indica que el elemento 30 de la Figura 2 de D1 (y un elemento similar 30 de la Figura 2 de D2), es comparable o igual a la característica de la vía de transmisión de conducto curvo asociada con los haces puntuales. Sin embargo, el elemento 30 de D1 es una carga útil que incluye varias cargas útiles específicas 32, 34, 35 y 36 cada una para propósitos particulares (ver columna 3, líneas 39-41 de D1), en lugar de una vía de transmisión que es configurada para conectar dos haces de enlace terrestre y un haz de enlace cruzado. Además, no existe una descripción específica en D1 de «una vía de transmisión de conducto curvo», es decir, sin procesar, como entendería la persona versada en la materia. En cambio, el satélite de D1 parece incluir procesamiento (ver Figura 2). Adicionalmente, con respecto a los enlaces cruzados ópticos, D1 parece incluir modulación y demodulación de datos en formato óptico (ver la Figura 2 y columna 5, líneas 47-57); lo cual no se trata de un conducto curvo y no sería compatible con establecer conectividad entre un enlace ascendente/descendente terrestre (enlace terrestre) y un haz de enlace cruzado a través de una vía de transmisión de conducto curvo. D1 parece describir una serie de enlaces específicos, pero no describe una vía de transmisión de conducto curvo que se puede conectar a los diferentes haces descritos en la reivindicación 1 de la presente invención.

2.4. Adicionalmente, el Examinador relaciona el elemento 62 de la Figura 1 de D1 (y un elemento similar 62 de la Figura 2 de D2), con la característica de la vía de transmisión de conducto curvo configurada para establecer conectividad entre dos haces de enlaces terrestre y un haz de enlace cruzado de la presente invención. Sin embargo, el elemento 62 de D1 es un conmutador TDMA que "conmuta señales para ser transmitidas al mismo haz de enlace ascendente ... o por otro haz de enlace descendente" (Columna 5, líneas 12-15 de D1). D1 no describe una vía de transmisión que establezca conectividad entre un primer haz de enlace terrestre, que fue previamente conectado a un segundo haz de enlace terrestre, y mucho menos hacer esto usando la misma vía de transmisión mencionada anteriormente.

2.5. En cuanto a D2, este documento describe el mismo sistema que D1, y el Examinador se basa en la misma descripción para comparar con las características técnicas de la reivindicación 1 de la presente invención. De acuerdo con esto, D2 también falla en describir las características anteriormente mencionadas y explicadas de la reivindicación 1.

2.6. Por todo lo anteriormente mencionado, se debe tener en cuenta que la reivindicación 1 de la presente invención cuanta con diferencias en las características técnicas esenciales en comparación con los documentos D1 y D2, y que dichas diferencias no son obvias a la luz de la combinación de estos documentos, por lo que la reivindicación es novedosa e inventiva.

3. ARGUMENTOS A FAVOR DEL NIVEL INVENTIVO DE LA INVENCION

3.1. El efecto técnico de las características diferenciadoras anteriormente descritas es que se proveen más interconexiones flexibles y eficientes entre satélites y terminales terrestres. Como se explica en el segundo párrafo de la página 26 de la descripción de la presente solicitud, la materia reivindicada «puede mitigar los recursos desaprovechados de la constelación de satélites debido a los enlaces cruzados. En primer lugar, la utilización de satélites no procesados 105 puede evitar parte de la ineficiencia del enlace cruzado por el no desaprovechamiento de los recursos en órbita en desmodular y volver a modular datos en cada enlace cruzado. En segundo lugar, debido a que la constelación tiene una conectividad flexible, es posible adaptar de manera dinámica los recursos de los satélites (vías de transmisión) a una configuración óptima y eficiente.» Por lo tanto, la materia reivindicada permite comunicaciones por satélites con mayor eficiencia.

3.2. De acuerdo con esto, un problema técnico objetivo es ¿Cómo proveer comunicaciones por satélites más eficientes? Este problema técnico se soluciona gracias a las características técnicas distintivas de la reivindicación 1 identificadas anteriormente.

3.3. Empezando por D1, no sería obvio para la persona versada en la materia alcanzar la materia reivindicada a partir de dicho documento porque D1 no hace referencia ni sugiere alguna de las características técnicas identificadas anteriormente. Como se explicó, D1 sugiere enlaces que comprenden una serie de cargas útiles 32, 34, 35 y 36 para propósitos particulares (ver columna 3, líneas 39-41 de D1), pero no sugiere una vía de transmisión que puede estar configurada para establecer conectividad entre los diversos haces dispuestos en la reivindicación 1 de la presente solicitud. Más aún, no existe enseñanzas en D1 relacionadas con el uso de una vía de transmisión de conducto curvo, o de los mapeos de conectividad específicos establecidos en la reivindicación 1. De acuerdo con esto, teniendo como base D1, la persona versada en la materia puede haberse dirigido a resolver el problema técnico mediante el uso de una serie de cargas útiles para diferentes propósitos (ver resumen de D1), pero no se habría dirigido a las características distintas y contrastantes de la solución reclamada.

3.4. Adicionalmente, aunque la persona versada en la materia usara D2 para su estudio, como se explicó anteriormente, D2 es similar en contenido a D1. De acuerdo con esto, D2 no habría sido de ayuda en cerrar el bache con D1 y la materia objetivo-reivindicada.

3.5. Con base en lo anterior, no habría sido obvio para la persona versada en la materia alcanzar las características de la reivindicación 1 de la presente solicitud. Por lo tanto, la reivindicación 1 sí cuenta con nivel inventivo.

3.6. A su vez, las reivindicaciones 5 y 22 también cuentan con nivel inventivo por al menos las mismas razones anteriormente expuestas.

3.7. Por todo lo anteriormente argumentado, la presente invención es novedosa y describe una ventaja técnica que no se ha mencionado en el estado del arte previo citado y que le brinda nivel inventivo.

4. PETICIÓN

4.1. Teniendo en cuenta que se ha dado respuesta a todas las observaciones realizadas por su Despacho y que en este escrito se ha demostrado que las reivindicaciones 1 a 44 cumplen con los requisitos de patentabilidad, amablemente se solicita proceder al otorgamiento de la solicitud de patente.

5. ANEXOS

- Capítulo descriptivo modificado.

6. NOTIFICACIONES

Recibiré notificaciones en la secretaría de su Despacho; en mis oficinas de abogado ubicadas en la Calle 67 No. 7 – 35, oficina 1204, teléfono 3192900, fax 3210295, Bogotá D.C., Colombia, o; al correo electrónico patentes@gomezpinzon.com.

Atentamente,

MAURICIO JARAMILLO C.
C.C. 80.421.942 de Bogotá
T.P. 74.555 del C.S.J.
cmr