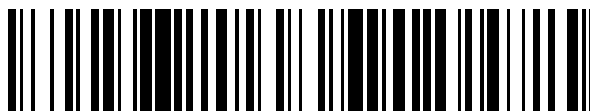


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 731**

51 Int. Cl.:

H04B 7/185 (2006.01)

H04B 7/204 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.05.2011** **PCT/US2011/034845**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.11.2011** **WO11139991**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.05.2011** **E 11778122 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018** **EP 2567473**

54 Título: **Sistema de comunicaciones vía satélite de capacidad flexible**

30 Prioridad:

29.04.2011 US 201113098334

29.04.2011 US 201113098213

20.08.2010 US 375384 P

02.05.2010 US 330377 P

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

25.06.2018

73 Titular/es:

VIASAT, INC. (100.0%)

6155 El Camino Real

Carlsbad, CA 92009, US

72 Inventor/es:

MILLER, MARK J. y

PATEROS, CHARLES N.

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 673 731 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de comunicaciones vía satélite de capacidad flexible

5 Campo de la invención

La presente invención generalmente se refiere a sistemas de comunicación vía satélite. Más particularmente, la presente invención se refiere a proporcionar asignaciones de capacidad espacial y áreas de cobertura más flexibles usando sistemas de comunicación vía satélite.

10 Antecedentes de la invención

Los sistemas de comunicación vía satélite heredados han empleado satélites de “tubos doblados” simples que transmiten señales entre terminales ubicados en la misma zona de cobertura grande de la antena, por ejemplo, los Estados Unidos continentales. Debido a la superposición de las áreas de cobertura de transmisión y recepción, se usan bandas de frecuencia separadas para el enlace ascendente (hacia el satélite) y el enlace descendente (proveniente del satélite). La denominación “tubo doblado” se refiere al hecho de que las señales repetidas se retransmiten eficazmente después de que las señales son recibidas por el satélite, como si fuesen redireccionadas a través de un tubo doblado. Los datos en las señales repetidas no se desmodulan ni se remodulan como en una arquitectura de satélite de procesamiento o “regenerativa”; la manipulación de la señal en el satélite en una arquitectura de tubo doblado generalmente se limita a funciones tales como el traslado de frecuencia, el filtrado, la amplificación y similares.

Los sistemas de comunicación vía satélite posteriores se desarrollaron alrededor de satélites que emplean innovaciones tales como canalización digital y enrutamiento de señales, desmodulación/enrutado/remodulación de los datos en las señales repetidas, haces “puntuales” con zonas de cobertura de antena estrechas para permitir la reutilización de frecuencias, y antenas en fase para permitir la colocación dinámica de las áreas de cobertura.

Por ejemplo, los satélites para los servicios móviles por satélite (MSS) emplean típicamente áreas de cobertura de haces puntuales con un alto grado de reutilización de frecuencias. Los ejemplos de satélites para MSS incluyen los satélites Inmarsat-4 y los satélites Thuraya. Estos satélites típicamente tienen una gran cantidad de pequeños haces puntuales que cubren un área compuesta grande y permiten la asignación flexible y configurable de ancho de banda. Sin embargo, el ancho de banda total en el sistema es muy bajo (tal como una asignación de 34 MHz en la banda L), y el servicio se categoriza generalmente como de “banda estrecha” (p. ej., anchos de banda portadora de cientos de kHz), lo que permite realizar la asignación de ancho de banda flexible y configurable usando técnicas digitales de formación de haces. Estos satélites usan un reflector grande con una matriz de alimentación activa. Las señales desde cada elemento de alimentación se digitalizan, y la flexibilidad en la formación de haces y la anchos de banda son proporcionadas por un procesador de señales digitales. La formación digital de haces se realiza en canales de banda estrecha, lo que permite que cualquier canal de banda estrecha en el enlace del alimentador se coloque a cualquier frecuencia para cualquier forma de haz puntual (u otro).

El Wideband InterNetworking Engineering Test and Demonstration Satellite (WINDS) es un sistema de satélite en la banda Ka experimental. El satélite implementa tanto haces puntuales fijos utilizando una antena multihaz (MBA) fija como una antena en fase activa (APAA). La MBA produce haces fijos, y el enlace de comunicaciones puede conmutarse con el tiempo en un patrón que consiste en combinaciones de haces receptores y transmisores. La APAA se ha desarrollado como una antena de haces conmutables con una posible área de servicio que cubre casi toda la región visible de la Tierra desde el satélite. La APAA puede abastecer las comunicaciones entre usuarios arbitrarios usando dos haces dirigibles independientemente entre sí para cada una de las antenas de transmisión y recepción. La dirección de haces se logra al actualizar direcciones de apuntamiento a través del control de desfases digitales en ranuras de intervalo de conmutación tan cortas como 2 ms en modo de Satellite Switched Time Division Multiple Access (SS-TDMA), donde el tiempo de permanencia del haz más corto corresponde al tiempo de ranura del sistema SS-TDMA. La conmutación de haces a alta velocidad es soportada por hasta ocho ubicaciones por haz. Los patrones de conmutación para la MBA y la APAA se cargan desde un centro de administración de red.

Spaceway es un sistema de satélite en la banda Ka que presta servicio a 112 haces de enlace ascendente y a casi 800 haces de enlace descendente en los Estados Unidos. El satélite Spaceway usa un procesador de satélite integrado regenerativo para enrutar paquetes de datos de uno de los 112 haces de enlace ascendente a uno de los casi 800 haces de enlace descendente posibles. En todo momento el enlace descendente consiste en hasta 24 haces conmutables. El programador del enlace descendente determina qué haces deben transmitir ráfagas para cada ranura de tiempo del enlace descendente dependiendo de las restricciones de energía e interferencia y de la cola de tráfico del enlace descendente de cada haz.

El satélite Wideband Global SATCOM (WGS), anteriormente conocido como el Wideband Gapfiller Satellite, es un satélite del gobierno de los Estados Unidos que emplea haces puntuales en la banda Ka dirigibles y la formación de haces en la banda X. Los haces puntuales en la banda Ka se dirigen mecánicamente. Hasta ocho haces en la banda X se forman mediante matrices de transmisión y recepción en la banda X usando ajustes de amplitud y fase programables aplicados a

módulos de formación de haces (BFM) en cada elemento de la antena. La asignación de ancho de banda es flexible y configurable utilizando un canalizador digital de banda ancha, que no está implicado en la formación de haces.

Las arquitecturas de satélite más recientes han dado como resultado más aumentos drásticos en la capacidad del sistema. Por ejemplo, ViaSat-1 y las arquitecturas de satélite de haces puntuales en la banda Ka descritos en Dankberg y col. Publicación de solicitud de patente de los Estados Unidos N.º 2009-0298416, que se incorpora como referencia en la presente memoria en su totalidad, pueden proporcionar más de 150 Gbps de capacidad de la capa física. Esta arquitectura de haces puntuales proporciona un aumento en capacidad de más de un orden de magnitud por encima de los satélites en la banda Ka anteriores. Otros satélites, por ejemplo KA-SAT y Jupiter, utilizan arquitecturas similares para lograr capacidades similarmente altas. La arquitectura utilizada en todos estos satélites es una arquitectura radial de "tubos doblados" que incluye pequeños haces puntuales dirigidos a ubicaciones fijas. Cada haz puntual puede usar una gran cantidad de espectro, típicamente 250-1000 MHz. La gran capacidad resultante es un producto de varias características del sistema de satélite, que incluyen, por ejemplo, (a) el gran número de haces puntuales, típicamente de 60 a 80 o más, (b) la alta directividad de la antena asociada con los haces puntuales (dando como resultado, por ejemplo, balances de enlace ventajosos), y (c) la cantidad relativamente grande de ancho de banda usado dentro de cada haz puntual.

Las arquitecturas de satélite de alta capacidad mencionadas anteriormente son extremadamente valiosas, pero pueden seguir estando limitadas en ciertos aspectos. Por ejemplo, escalar la arquitectura para soportar capacidades más altas mientras se mantiene la misma asignación de espectro y de balance de potencia se logra típicamente utilizando reflectores de mayor tamaño para crear haces puntuales con diámetros más pequeños. El uso de haces puntuales con diámetros más pequeños puede aumentar la directividad (o ganancia) de la antena de satélite, mejorando así la relación señal/ruido (S/R) y la capacidad del enlace. Sin embargo, los haces más pequeños reducen necesariamente el área de cobertura (p. ej., el área para la que se puede proporcionar el servicio de satélite). Estas arquitecturas satelitales, por lo tanto, requieren una compensación inherente entre capacidad y área de cobertura.

Además, estas arquitecturas típicamente colocan todos los haces puntuales, tanto los haces de usuarios como los haces de puerta de enlace (GW), en ubicaciones fijas. Generalmente no hay capacidad para mover los haces puntuales alrededor y admitir cambios en el área de cobertura. Además, las arquitecturas proporcionan prácticamente una capacidad distribuida uniformemente sobre el área de cobertura. La capacidad por haz puntual, por ejemplo, está fuertemente relacionada con el ancho de banda asignado por haz puntual, que está predeterminado para cada haz puntual y permite poca o ninguna flexibilidad o capacidad de ajuste.

Aunque estas arquitecturas de alta capacidad son extremadamente valiosas cuando el área de cobertura deseada es bien conocida y la demanda de capacidad se distribuye aproximadamente de modo uniforme sobre el área de cobertura, la inflexibilidad de las arquitecturas mencionadas anteriormente puede ser limitante para ciertas aplicaciones. Lo que se necesita, por lo tanto, es una arquitectura del sistema de satélite que proporcione alta capacidad, grandes áreas de cobertura, mayor flexibilidad, por ejemplo, en las ubicaciones de las áreas de cobertura y puertas de enlace y en la distribución espacial de la capacidad, una capacidad para cambiar las áreas de cobertura, ubicaciones de puerta de enlace y asignación de la capacidad durante el tiempo de vida del satélite, y un diseño flexible que podría ser útil en muchas ranuras orbitales o permitir mover el satélite a otra ranura orbital durante la vida útil de la misión.

US'4.232.266 describe una técnica para compartir una cantidad fija de transpondedores idénticos entre un número igual o superior de direcciones de señalización de entrada y salida mediante la exploración rápida de cada transpondedor a lo largo de pares de grupos definidos apropiadamente de las direcciones de entrada y salida.

Sumario de la invención

En vista de lo anterior, se proporciona un sistema de comunicaciones vía satélite más flexible. La invención se expone en la reivindicación 1. Un ejemplo de un método para la comunicación vía satélite radial, de tubo doblado que utiliza un satélite que contiene una pluralidad de rutas según la descripción incluye: especificar un conjunto de pesos y una definición de trama de haces conmutables para una trama de haces conmutables, comprendiendo la trama de haces conmutables una pluralidad de ranuras de tiempo, comprendiendo el conjunto de pesos especificado una pluralidad de vectores de peso de recepción y una pluralidad de vectores de peso de transmisión para la generación de las señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente en ranuras de tiempo de la trama de haces conmutables, definiendo la definición de la trama de haces conmutables especificada una pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una pluralidad de ganancias de la ruta, en cada ranura de tiempo asociada con un tiempo de permanencia; y operar el satélite para generar las señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente para rutas de conformidad con el conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada, en donde el conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada soportan una asignación de capacidad entre el tráfico directo, desde al menos una puerta de enlace a una pluralidad de terminales, y el tráfico de retorno, desde una pluralidad de terminales a al menos una puerta de enlace.

Los ejemplos de tal método pueden incluir una o más de las siguientes características. El conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada son un primer conjunto de pesos y una primera definición de la trama de haces conmutables que soporta una primera asignación de la capacidad

entre el tráfico directo y el tráfico de retorno, y el método incluye además especificar un segundo conjunto de pesos y una segunda definición de la trama de haces conmutables para una trama de haces conmutables; y conmutar desde la operación del satélite de conformidad con el primer conjunto de pesos y la primera definición de trama de haces conmutables a la operación del satélite para generar las señales del haz de enlace ascendente y las señales del haz de enlace descendente para rutas de conformidad con el segundo conjunto de pesos especificado y la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada, en donde el segundo conjunto de pesos especificado y la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada soportan una segunda asignación de capacidad entre el tráfico directo y el tráfico de retorno. Especificar el conjunto de pesos y la definición de la trama de haces conmutables para la trama de haces conmutables incluye configurar una primera fracción de la pluralidad de rutas como rutas directas dedicadas para todas las ranuras de tiempo en la trama de haces conmutables y configurar una segunda fracción de la pluralidad de rutas como rutas de retorno dedicadas para todas las ranuras de tiempo en la trama de haces conmutables. Especificar el conjunto de pesos y la definición de la trama de haces conmutables para la trama de haces conmutables incluye, para al menos una ruta de la pluralidad de rutas, configurar la ruta como una ruta directa para una primera fracción de tiempo en la trama de haces conmutables y configurar la ruta como una ruta de retorno para una segunda fracción de tiempo en la trama de haces conmutables. Especificar el conjunto de pesos y la definición de la trama de haces conmutables para la trama de haces conmutables incluye: configurar al menos una ruta de la pluralidad de rutas como una ruta directa para al menos una ranura de tiempo en la trama de haces conmutables; y configurar al menos una ruta de la pluralidad de rutas como una ruta de retorno para el menos una ranura de tiempo en la trama de haces conmutables, en donde configurar una ruta como una ruta directa comprende configurar la ruta para la recepción de una señal multiplexada desde una puerta de enlace destinada a una pluralidad de terminales, estando ubicada la pluralidad de terminales en un área de cobertura del enlace directo respectivo; configurar una ruta como una ruta de retorno comprende configurar la ruta para la recepción de una señal compuesta derivada de una pluralidad de terminales y destinada a una puerta de enlace, estando la pluralidad de terminales ubicada en un área de cobertura del enlace de retorno respectiva; una unión de las áreas de cobertura del enlace directo de todas las rutas directas durante la trama de haces conmutables define un área total de cobertura del enlace directo; una unión de las áreas de cobertura del enlace de retorno de todas las rutas de retorno durante la trama de haces conmutables define un área total de cobertura del enlace de retorno; y el área total de cobertura del enlace directo difiere del área total de cobertura del enlace de retorno. Especificar el conjunto de pesos y la definición de la trama de haces conmutables para la trama de haces conmutables incluye configurar las rutas de la pluralidad de rutas de manera que cada puerta de enlace transmita tráfico directo sobre al menos una ruta directa a una pluralidad de terminales y reciba tráfico de retorno en al menos una ruta de retorno desde la misma pluralidad de terminales, implementando una asignación de correspondencia unívoca entre puertas de enlace y las pluralidades de terminales del servicio de puertas de enlace. Especificar el conjunto de pesos y la definición de trama de haces conmutables para la trama de haces conmutables incluye configurar las rutas de la pluralidad de rutas de modo que cada puerta de enlace de una pluralidad de puertas de enlace opere en semidúplex para la transmisión del tráfico directo sobre al menos una ruta directa a una pluralidad respectiva de terminales, y todas las pluralidades de terminales transmiten tráfico de retorno en las rutas de retorno a la misma puerta de enlace de recepción compartida.

Un ejemplo de un método para la comunicación vía satélite radial, de tubo doblado que utiliza un satélite que contiene una pluralidad de rutas, el método realizado en el satélite incluye: obtener un conjunto de pesos especificado y una definición de la trama de haces conmutables especificada para una trama de haces conmutables, comprendiendo la trama de haces conmutables una pluralidad de ranuras de tiempo, comprendiendo el conjunto de pesos especificado una pluralidad de vectores de peso de recepción y una pluralidad de vectores de peso de transmisión para la generación de señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente en ranuras de tiempo de la trama de haces conmutables, definiendo la definición de la trama de haces conmutables especificada una pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una pluralidad de ganancias de ruta, estando asociada cada ranura de tiempo con un tiempo de permanencia; generar una pluralidad de pesos de recepción y una pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con el conjunto de pesos especificado; fijar la pluralidad de ganancias de ruta de conformidad con la definición de la trama de haces conmutables especificada; y generar las señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la pluralidad de pesos de recepción, la pluralidad de ganancias de ruta, y la pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales definidos por la definición de la trama de haces conmutables especificada, en donde el conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada soportan una asignación de capacidad entre tráfico directo, desde al menos una puerta de enlace a una pluralidad de terminales, y tráfico de retorno, desde la pluralidad de terminales a al menos una puerta de enlace.

Las realizaciones de este método de este tipo pueden incluir una o más de las siguientes características. El conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada son un primer conjunto de pesos y una primera definición de trama de haces conmutables que soportan una primera asignación de capacidad entre tráfico directo y tráfico de retorno, comprendiendo el primer conjunto de pesos una primera pluralidad de vectores de peso de recepción y una primera pluralidad de vectores de peso de transmisión, definiendo la primera definición de la trama de haces conmutables especificada una primera pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una primera pluralidad de ganancias de ruta, y el método incluye además: obtener un segundo conjunto de pesos especificado y una segunda definición de la trama de haces conmutables especificada para una

trama de haces conmutables, comprendiendo el segundo conjunto de pesos especificado una segunda pluralidad de vectores de peso de recepción y una segunda pluralidad de vectores de peso de transmisión para la generación de señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente en ranuras de tiempo de la trama de haces conmutables, definiendo la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada una segunda pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una segunda pluralidad de ganancias de ruta; generar una segunda pluralidad de pesos de recepción y una segunda pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con el segundo conjunto de pesos especificado; fijar la segunda pluralidad de ganancias de ruta de conformidad con la segunda definición de trama de haces conmutables especificada; y conmutar la generación de las señales del haz de enlace ascendente y las señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la primera pluralidad de pesos de recepción, la primera pluralidad de ganancias de ruta y la primera pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la primera pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales para la generación de las señales del haz de enlace ascendente y las señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la segunda pluralidad de pesos de recepción, la segunda pluralidad de ganancias de ruta, y la segunda pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la segunda pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales definidos por la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada, en donde el segundo conjunto de pesos y la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada soportan una segunda asignación de capacidad entre tráfico directo y tráfico de retorno. El conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada especifica la configuración de una primera fracción de la pluralidad de rutas como rutas directas dedicadas para todas las ranuras de tiempo en la trama de haces conmutables y la configuración de una segunda fracción de la pluralidad de rutas como rutas de retorno dedicadas para todas las ranuras de tiempo en la trama de haces conmutables. El conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada especifican, para al menos una ruta de la pluralidad de rutas, la configuración de la ruta como una ruta directa para una primera fracción de tiempo en la trama de haces conmutables y la configuración de la ruta como una ruta de retorno para una segunda fracción de tiempo en la trama de haces conmutables. El conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada especifican la configuración de al menos una ruta de la pluralidad de rutas como una ruta directa para al menos una ranura de tiempo en la trama de haces conmutables, y la configuración de al menos una ruta de la pluralidad de rutas como una ruta de retorno para al menos una ranura de tiempo en la trama de haces conmutables, en donde la configuración de una ruta como una ruta directa comprende configurar la ruta para la recepción de una señal multiplexada desde una puerta de enlace destinada a una pluralidad de terminales, estando ubicada la pluralidad de terminales en un área de cobertura del enlace directo respectiva; configurar una ruta como una ruta de retorno comprende configurar la ruta para la recepción de la señal compuesta derivada de una pluralidad de terminales y destinada a una puerta de enlace, estando ubicada la pluralidad de terminales en un área de cobertura del enlace de retorno respectiva; una unión de las áreas de cobertura del enlace directo de todas las rutas directas durante la trama de haces conmutables define un área total de cobertura del enlace directo; una unión de las áreas de cobertura del enlace de retorno para todas las rutas de retorno durante la trama de haces conmutables define un área total de cobertura del enlace de retorno; y el área total de cobertura del enlace directo difiere del área total de cobertura del enlace de retorno. El conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada especifica la configuración de las rutas de la pluralidad de rutas de manera que cada puerta de enlace transmita un tráfico directo sobre al menos una ruta directa a una pluralidad de terminales y reciba tráfico de retorno en al menos una ruta de retorno desde la misma pluralidad de terminales, implementando una asignación de correspondencia unívoca entre puertas de enlace y las pluralidades de terminales del servicio de puertas de enlace. El conjunto de pesos especificado y la definición de trama de haces conmutables especificada especifica la configuración de las rutas de la pluralidad de rutas de modo que cada puerta de enlace de una pluralidad de puertas de enlace opere en semidúplex para la transmisión del tráfico directo sobre al menos una ruta directa a una pluralidad respectiva de terminales, y todas las pluralidades de terminales transmitan tráfico de retorno en las rutas de retorno a la misma puerta de enlace de recepción compartida.

Un ejemplo de sistema de comunicaciones vía satélite radial, de tubo doblado incluye: una pluralidad de terminales; una pluralidad de puertas de enlace configuradas para comunicarse con la pluralidad de terminales; un controlador configurado para: especificar un conjunto de pesos y una definición de la trama de haces conmutables para una trama de haces conmutables, comprendiendo la trama de haces conmutables una pluralidad de ranuras de tiempo, comprendiendo el conjunto de pesos especificado una pluralidad de vectores de peso de recepción y una pluralidad de vectores de peso de transmisión para la generación de señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente en ranuras de tiempo de la trama de haces conmutables, definiendo la definición de la trama de haces conmutables especificada una pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una pluralidad de ganancias de ruta, estando asociada cada ranura de tiempo con un tiempo de permanencia; y un satélite que contiene una pluralidad de rutas, estando configurado el satélite para: obtener el conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada para una trama de haces conmutables; generar una pluralidad de pesos de recepción y una pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con el conjunto de pesos especificado; fijar la pluralidad de ganancias de ruta de conformidad con la definición de la trama de haces conmutables especificada; y generar señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la pluralidad de pesos de recepción, la pluralidad de ganancias de ruta, y la pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales definidos por la definición de la trama de haces conmutables especificada, en donde el conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada soportan una asignación de

capacidad entre tráfico directo, desde al menos una puerta de enlace a una pluralidad de terminales, y tráfico de retorno, desde una pluralidad de terminales a al menos una puerta de enlace.

Las realizaciones de un sistema de este tipo pueden incluir una o más de las siguientes características. El conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada son un primer conjunto de pesos y una primera definición de trama de haces conmutables que soportan una primera asignación de capacidad entre tráfico directo y tráfico de retorno, comprendiendo el primer conjunto de pesos una primera pluralidad de vectores de peso de recepción y una primera pluralidad de la trama de haces conmutables especificada una primera pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una primera pluralidad de ganancias de ruta; el controlador se configura además para especificar un segundo conjunto de pesos y una segunda definición de la trama de haces conmutables para una trama de haces conmutables, comprendiendo el segundo conjunto de pesos especificado una segunda pluralidad de vectores de peso de recepción y una segunda pluralidad de vectores de peso de transmisión para la generación de señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente en ranuras de tiempo de la trama de haces conmutables, definiendo la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada una segunda pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una segunda pluralidad de ganancias de ruta; el satélite se configura además para: obtener el segundo conjunto de pesos especificado y la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada para una trama de haces conmutables; generar una segunda pluralidad de pesos de recepción y una segunda pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con el segundo conjunto de pesos especificado; fijando la segunda pluralidad de ganancias de ruta de conformidad con la segunda definición de trama de haces conmutables especificada; y conmutando la generación de las señales del haz de enlace ascendente y las señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la primera pluralidad de pesos de recepción, la primera pluralidad de ganancias de ruta y la primera pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la primera pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales para la generación de las señales del haz de enlace ascendente y las señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la segunda pluralidad de pesos de recepción, la segunda pluralidad de ganancias de ruta, y la segunda pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la segunda pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales definidos por la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada, y el segundo conjunto de pesos y la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada soportan una segunda asignación de capacidad entre tráfico directo y tráfico de retorno. Especificar el conjunto de pesos y la definición de la trama de haces conmutables para la trama de haces conmutables incluye configurar una primera fracción de la pluralidad de rutas como rutas directas dedicadas para todas las ranuras de tiempo en la trama de haces conmutables y configurar una segunda fracción de la pluralidad de rutas como rutas de retorno dedicadas para todas las ranuras de tiempo en la trama de haces conmutables. Especificar el conjunto de pesos y la definición de la trama de haces conmutables para la trama de haces conmutables incluye, para al menos una ruta de la pluralidad de rutas, configurar la ruta como una ruta directa para una primera fracción de tiempo en la trama de haces conmutables y configurar la ruta como una ruta de retorno para una segunda fracción de tiempo en la trama de haces conmutables. Especificar el conjunto de pesos y la definición de la trama de haces conmutables para la trama de haces conmutables incluye: configurar al menos una ruta de la pluralidad de rutas como una ruta directa para al menos una ranura de tiempo en la trama de haces conmutables; y configurar al menos una ruta de la pluralidad de rutas como una ruta de retorno para el menos una ranura de tiempo en la trama de haces conmutables, en donde configurar una ruta como una ruta directa comprende configurar la ruta para la recepción de una señal multiplexada desde una puerta de enlace destinada a una pluralidad de terminales, estando ubicada la pluralidad de terminales en un área de cobertura del enlace directo respectivo; configurar una ruta como una ruta de retorno comprende configurar la ruta para la recepción de una señal compuesta derivada de una pluralidad de terminales y destinada a una puerta de enlace, estando la pluralidad de terminales ubicada en un área de cobertura del enlace de retorno respectiva; una unión de las áreas de cobertura del enlace directo de todas las rutas directas durante la trama de haces conmutables define un área total de cobertura del enlace directo; una unión de las áreas de cobertura del enlace de retorno de todas las rutas de retorno durante la trama de haces conmutables define un área total de cobertura del enlace de retorno; y el área total de cobertura del enlace directo difiere del área total de cobertura del enlace de retorno. Especificar el conjunto de pesos y la definición de la trama de haces conmutables para la trama de haces conmutables incluye configurar las rutas de la pluralidad de rutas de manera que cada puerta de enlace transmita tráfico directo sobre al menos una ruta directa a una pluralidad de terminales y reciba tráfico de retorno en al menos una ruta de retorno desde la misma pluralidad de terminales, implementando una asignación de correspondencia unívoca entre puertas de enlace y las pluralidades de terminales del servicio de puertas de enlace. Especificar el conjunto de pesos y la definición de trama de haces conmutables para la trama de haces conmutables incluye configurar las rutas de la pluralidad de rutas de modo que cada puerta de enlace de una pluralidad de puertas de enlace opere en semidúplex para la transmisión del tráfico directo sobre al menos una ruta directa a una pluralidad respectiva de terminales, y todas las pluralidades de terminales transmiten tráfico de retorno en las rutas de retorno a la misma puerta de enlace de recepción compartida. El controlador es un terminal de tierra del sistema de comunicaciones vía satélite radial, de tubo doblado.

Un ejemplo de un satélite para la comunicación vía satélite radial, de tubo doblado, el satélite que contiene una pluralidad de rutas incluye: uno o más procesadores configurados para: obtener un conjunto de pesos especificado y una definición de la trama de haces conmutables especificada para una trama de haces conmutables, comprendiendo la trama de haces conmutables una pluralidad de ranuras de tiempo, comprendiendo el conjunto de pesos especificado una pluralidad de vectores de peso de recepción y una pluralidad de vectores de peso de transmisión para la generación de señales del haz

de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente en ranuras de tiempo de la trama de haces conmutables, definiendo la definición de la trama de haces conmutables especificada una pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una pluralidad de ganancias de ruta, estando asociada cada ranura de tiempo con un tiempo de permanencia; generar una pluralidad de pesos de recepción y una pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con el conjunto de pesos especificado; y fijando la pluralidad de ganancias de ruta de conformidad con la definición de la trama de haces conmutables especificada; y una o más redes de formación de haces configuradas para: generar las señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la pluralidad de pesos de recepción, la pluralidad de ganancias de ruta, y la pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales definidos por la definición de la trama de haces conmutables especificada, en donde el conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada soportan una asignación de capacidad entre tráfico directo, desde al menos una puerta de enlace a una pluralidad de terminales, y tráfico de retorno, desde la pluralidad de terminales a al menos una puerta de enlace.

Las realizaciones de un satélite de este tipo pueden incluir una o más de las siguientes características. El conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada son un primer conjunto de pesos y una primera definición de trama de haces conmutables que soportan una primera asignación de capacidad entre tráfico directo y tráfico de retorno, comprendiendo el primer conjunto de pesos una primera pluralidad de vectores de peso de recepción y una primera pluralidad de vectores de peso de transmisión, definiendo la primera definición de la trama de haces conmutables especificada una primera pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una primera pluralidad de ganancias de ruta; el uno o más procesadores se configuran además para: obtener un segundo conjunto de pesos especificado y una segunda definición de la trama de haces conmutables especificada para una trama de haces conmutables, comprendiendo el segundo conjunto de pesos especificado una segunda pluralidad de vectores de peso de recepción y una segunda pluralidad de vectores de peso de transmisión para la generación de señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente en ranuras de tiempo de la trama de haces conmutables, definiendo la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada una segunda pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una segunda pluralidad de ganancias de ruta; generar una segunda pluralidad de pesos de recepción y una segunda pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con el segundo conjunto de pesos especificado; y fijar la segunda pluralidad de ganancias de ruta de conformidad con la segunda definición de trama de haces conmutables especificada; y la una o más redes de formación de haces se configura además para: conmutar la generación de las señales del haz de enlace ascendente y las señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la primera pluralidad de pesos de recepción, la primera pluralidad de ganancias de ruta y la primera pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la primera pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales para la generación de las señales del haz de enlace ascendente y las señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la segunda pluralidad de pesos de recepción, la segunda pluralidad de ganancias de ruta, y la segunda pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la segunda pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales definidos por la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada, en donde el segundo conjunto de pesos y la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada soportan una segunda asignación de capacidad entre tráfico directo y tráfico de retorno. El conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada especifica la configuración de una primera fracción de la pluralidad de rutas como rutas directas dedicadas para todas las ranuras de tiempo en la trama de haces conmutables y la configuración de una segunda fracción de la pluralidad de rutas como rutas de retorno dedicadas para todas las ranuras de tiempo en la trama de haces conmutables. El conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada especifican, para al menos una ruta de la pluralidad de rutas, la configuración de la ruta como una ruta directa para una primera fracción de tiempo en la trama de haces conmutables y la configuración de la ruta como una ruta de retorno para una segunda fracción de tiempo en la trama de haces conmutables. El conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada especifican la configuración de al menos una ruta de la pluralidad de rutas como una ruta directa para al menos una ranura de tiempo en la trama de haces conmutables, y la configuración de al menos una ruta de la pluralidad de rutas como una ruta de retorno para al menos una ranura de tiempo en la trama de haces conmutables, en donde la configuración de una ruta como una ruta directa comprende configurar la ruta para la recepción de una señal multiplexada desde una puerta de enlace destinada a una pluralidad de terminales, estando ubicada la pluralidad de terminales en un área de cobertura del enlace directo respectiva; configurar una ruta como una ruta de retorno comprende configurar la ruta para la recepción de la señal compuesta derivada de una pluralidad de terminales y destinada a una puerta de enlace, estando ubicada la pluralidad de terminales en un área de cobertura del enlace de retorno respectiva; una unión de las áreas de cobertura del enlace directo de todas las rutas directas durante la trama de haces conmutables define un área total de cobertura del enlace directo; una unión de las áreas de cobertura del enlace de retorno para todas las rutas de retorno durante la trama de haces conmutables define un área total de cobertura del enlace de retorno; y el área total de cobertura del enlace directo difiere del área total de cobertura del enlace de retorno. El conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada especifica la configuración de las rutas de la pluralidad de rutas de manera que cada puerta de enlace transmita un tráfico directo sobre al menos una ruta directa a una pluralidad de terminales y reciba tráfico de retorno en al menos una ruta de retorno desde la misma pluralidad de terminales, implementando una asignación de correspondencia unívoca entre puertas de enlace y las pluralidades de terminales del servicio de puertas de enlace. El conjunto de pesos especificado y la definición de trama de haces conmutables especificada especifica

la configuración de las rutas de la pluralidad de rutas de modo que cada puerta de enlace de una pluralidad de puertas de enlace opere en semidúplex para la transmisión del tráfico directo sobre al menos una ruta directa a una pluralidad respectiva de terminales, y todas las pluralidades de terminales trasmitan tráfico de retorno en las rutas de retorno a la misma puerta de enlace de recepción compartida.

5 Un ejemplo de un método para la comunicación vía satélite radial, de tubo doblado que utiliza un satélite que contiene una pluralidad de rutas incluye: especificar un primer conjunto de pesos y una primera definición de la trama de haces conmutables para una trama de haces conmutables, comprendiendo la trama de haces conmutables una pluralidad de ranuras de tiempo, comprendiendo el primer conjunto de pesos especificado una primera pluralidad de vectores de peso de recepción y una primera pluralidad de vectores de peso de transmisión para la generación de señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente en ranuras de tiempo de la trama de haces conmutables, definiendo la primera definición de la trama de haces conmutables especificada una primera pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una primera pluralidad de ganancias de ruta, estando asociada cada ranura de tiempo con un tiempo de permanencia; operar el satélite para generar las señales del haz de enlace ascendente y las señales del haz de enlace descendente para rutas de conformidad con el primer conjunto de pesos especificado y la primera definición de la trama de haces conmutables especificada; especificar un segundo conjunto de pesos y una segunda definición de la trama de haces conmutables para una trama de haces conmutables, comprendiendo el segundo conjunto de pesos especificado una segunda pluralidad de vectores de peso de recepción y una segunda pluralidad de vectores de peso de transmisión para la generación de señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente en ranuras de tiempo de la trama de haces conmutables, definiendo la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada una segunda pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una segunda pluralidad de ganancias de ruta; y conmutar desde la operación del satélite de conformidad con el primer conjunto de pesos especificado y la primera definición de la trama de haces conmutables especificada a la operación del satélite para generar las señales del haz de enlace ascendente y las señales del haz de enlace descendente para rutas de conformidad con el segundo conjunto de pesos especificado y la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada, en donde el primer conjunto de pesos especificado y la primera definición de la trama de haces conmutables especificada soportan primeros objetivos de área de cobertura y asignación de capacidad basándose en una primera estimación del tráfico basado en el tiempo, y el segundo conjunto de pesos especificado y la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada soportan segundos objetivos de área de cobertura y asignación de capacidad basándose en una segunda estimación de tráfico basada en el tiempo.

Las realizaciones de este método pueden incluir la siguiente característica. El método además incluye: el precálculo y la carga en el satélite, para almacenamiento, de una pluralidad de conjuntos de pesos, que incluyen el primer conjunto de pesos y el segundo conjunto de pesos, y una pluralidad de definiciones de la trama de haces conmutables, que incluyen la primera definición de la trama de haces conmutables y la segunda definición de la trama de haces conmutables, en donde la conmutación comprende conmutar por el satélite en respuesta a la recepción de un comando transmitido desde una entidad terrena.

40 Un ejemplo de un método para la comunicación vía satélite radial, de tubo doblado que utiliza un satélite que contiene una pluralidad de rutas, el método realizado en el satélite incluye: obtener un primer conjunto de pesos y una primera definición de la trama de haces conmutables para una trama de haces conmutables, comprendiendo la trama de haces conmutables una pluralidad de ranuras de tiempo, comprendiendo el primer conjunto de pesos especificado una primera pluralidad de vectores de peso de recepción y una primera pluralidad de vectores de peso de transmisión para la generación de señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente en ranuras de tiempo de la trama de haces conmutables, definiendo la primera definición de la trama de haces conmutables especificada una primera pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una primera pluralidad de ganancias de ruta, estando asociada cada ranura de tiempo con un tiempo de permanencia; generar una pluralidad de pesos de recepción y una pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con el conjunto de pesos especificado; establecer la pluralidad de ganancias de ruta de conformidad con la definición de la trama de haces conmutables especificada; generar las señales del haz de enlace ascendente y las señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la pluralidad de pesos de recepción, la pluralidad de ganancias de ruta, y la pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales definidos por la definición de la trama de haces conmutables especificada; obtener un segundo conjunto de pesos y una segunda definición de la trama de haces conmutables para una trama de haces conmutables, comprendiendo el segundo conjunto de pesos una segunda pluralidad de vectores de peso de recepción y una segunda pluralidad de vectores de peso de transmisión para la generación de señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente en ranuras de tiempo de la trama de haces conmutables, definiendo la segunda definición de la trama de haces conmutables una segunda pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una segunda pluralidad de ganancias de ruta; generar una segunda pluralidad de pesos de recepción y una segunda pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con el segundo conjunto de pesos especificado; establecer la segunda pluralidad de ganancias de ruta de conformidad con la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada; y conmutar la generación de las señales del haz de enlace ascendente y las señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la primera pluralidad de pesos de recepción, la primera pluralidad de ganancias de ruta y la primera pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la primera pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales para la generación de las señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la segunda pluralidad de pesos de recepción, la segunda pluralidad de ganancias de ruta y la segunda pluralidad de pesos

de transmisión de conformidad con la segunda pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales definidos por la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada, en donde el primer conjunto de pesos especificado y la primera definición de la trama de haces conmutables especificada soportan primeros objetivos de área de cobertura y asignación de capacidad basándose en una primera estimación del tráfico basada en el tiempo; y el segundo conjunto de pesos especificado y la segunda definición de la trama de haces conmutables especificadas soportan segundos objetivos de área de cobertura y asignación de capacidad basándose en una segunda estimación del tráfico basada en el tiempo.

Las realizaciones de este método pueden incluir la siguiente característica. El método incluye además: recibir y almacenar una pluralidad de conjuntos de pesos, que incluyen el primer conjunto de pesos y el segundo conjunto de pesos, y una pluralidad de definiciones de la trama de haces conmutables, que incluyen la primera definición de la trama de haces conmutables y la segunda definición de la trama de haces conmutables, estando la pluralidad de conjuntos de pesos y la pluralidad de definiciones de la trama de haces conmutables precalculadas y cargadas en el satélite; y recibir un comando transmitido desde una entidad terrena, en donde la conmutación es en respuesta a la recepción del comando.

Un ejemplo de un sistema de comunicaciones vía satélite radial, de tubo doblado que incluye: una pluralidad de terminales; una pluralidad de puertas de enlace configuradas para comunicarse con la pluralidad de terminales; un controlador configurado para: especificar un primer conjunto de pesos y una primera definición de la trama de haces conmutables para una trama de haces conmutables, comprendiendo la trama de haces conmutables una pluralidad de ranuras de tiempo, comprendiendo el primer conjunto de pesos especificado una primera pluralidad de vectores de peso de recepción y una primera pluralidad de vectores de peso de transmisión para la generación de señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente en ranuras de tiempo de la trama de haces conmutables, definiendo la primera definición de la trama de haces conmutables especificada una primera pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una primera pluralidad de ganancias de ruta, estando asociada cada ranura de tiempo con un tiempo de permanencia; y especificar un segundo conjunto de pesos y una segunda definición de la trama de haces conmutables para una trama de haces conmutables, comprendiendo el segundo conjunto de pesos especificado una segunda pluralidad de vectores de peso de recepción y una segunda pluralidad de vectores de peso de transmisión para la generación de señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente en ranuras de tiempo de la trama de haces conmutables, definiendo la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada una segunda pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una segunda pluralidad de ganancias de ruta; y un satélite que contiene una pluralidad de rutas, estando configurado el satélite para: obtener el primer conjunto de pesos especificado y la primera definición de la trama de haces conmutables especificada para una trama de haces conmutables; generar una primera pluralidad de pesos de recepción y una primera pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con el primer conjunto de pesos especificado; establecer la primera pluralidad de ganancias de ruta de conformidad con la primera definición de la trama de haces conmutables especificada; generar las señales del haz de enlace ascendente y las señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la primera pluralidad de pesos de recepción, la primera pluralidad de ganancias de ruta y la primera pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la primera pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales definida por la primera definición de la trama de haces conmutables especificada; obtener el segundo conjunto de pesos especificado y la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada para una trama de haces conmutables; generar una segunda pluralidad de pesos de recepción y una segunda pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con el segundo conjunto de pesos especificado; establecer la segunda pluralidad de ganancias de ruta de conformidad con la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada; y conmutar la generación de las señales del haz de enlace ascendente y las señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la primera pluralidad de pesos de recepción, la primera pluralidad de ganancias de ruta, y la primera pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la primera pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales para la generación de las señales del haz de enlace ascendente y las señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la segunda pluralidad de pesos de recepción, la segunda pluralidad de ganancias de ruta, y la segunda pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la segunda pluralidad de los tiempos de permanencia secuenciales definidos por la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada, en donde el primer conjunto de pesos especificado y la primera definición de la trama de haces conmutables especificada soportan primeros objetivos de área de cobertura y asignación de capacidad basándose en una primera estimación del tráfico basada en el tiempo, y el segundo conjunto de pesos especificado y la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada soportan segundos objetivos de área de cobertura y asignación de capacidad basándose en una segunda estimación del tráfico basada en el tiempo.

Las realizaciones de un sistema de ese tipo pueden incluir la siguiente característica. El controlador se configura además para precalcular y cargar en el satélite, para almacenamiento, una pluralidad de conjuntos de pesos, que incluyen el primer conjunto de pesos y el segundo conjunto de pesos, y una pluralidad de definiciones de la trama de haces conmutables, que incluyen la primera definición de la trama de haces conmutables y la segunda definición de la trama de haces conmutables; y el satélite se configura para conmutar en respuesta a la recepción de un comando transmitido desde una entidad terrena.

Un ejemplo de un satélite para la comunicación vía satélite radial, de tubo doblado, conteniendo el satélite una pluralidad de rutas, incluye: uno o más procesadores configurados para obtener un primer conjunto de pesos y una primera definición de la trama de haces conmutables para una trama de haces conmutables, comprendiendo la trama de haces conmutables una pluralidad de ranuras de tiempo, comprendiendo el primer conjunto de pesos especificado una primera pluralidad de vectores de peso de recepción y una primera pluralidad de vectores de peso de transmisión para la generación de señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente en ranuras de

tiempo de la trama de haces conmutables, definiendo la primera definición de la trama de haces conmutables especificada una primera pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una primera pluralidad de ganancias de ruta, estando asociada cada ranura de tiempo con un tiempo de permanencia; generar una pluralidad de pesos de recepción y una pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con el conjunto de pesos especificado; establecer la pluralidad de ganancias de ruta de conformidad con la definición de la trama de haces conmutables especificada; obtener un segundo conjunto de pesos y una segunda definición de la trama de haces conmutables para una trama de haces conmutables, comprendiendo el segundo conjunto de pesos especificado una segunda pluralidad de vectores de peso de recepción y una segunda pluralidad de vectores de peso de transmisión para generar señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente en ranuras de tiempo de la trama de haces conmutables, definiendo la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada una segunda pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una segunda pluralidad de ganancias de ruta; generar una segunda pluralidad de pesos de recepción y una segunda pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con el segundo conjunto de pesos especificado; y establecer la segunda pluralidad de ganancias de ruta de conformidad con la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada; y una o más redes de formación de haces configuradas para: generar las señales del haz de enlace ascendente y las señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la pluralidad de pesos de recepción, la pluralidad de ganancias de ruta, y la pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales definidos por la definición de la trama de haces conmutables especificada; y conmutar la generación de las señales del haz de enlace ascendente y las señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la primera pluralidad de pesos de recepción, la primera pluralidad de ganancias de ruta y la primera pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la primera pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales para la generación de las señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la segunda pluralidad de pesos de recepción, la segunda pluralidad de ganancias de ruta y la segunda pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la segunda pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales definidos por la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada, en donde el primer conjunto de pesos especificado y la primera definición de la trama de haces conmutables especificada soportan primeros objetivos de área de cobertura y asignación de capacidad basándose en una primera estimación del tráfico basada en el tiempo; y el segundo conjunto de pesos especificado y la segunda definición de la trama de haces conmutables especificadas soportan segundos objetivos de área de cobertura y asignación de capacidad basándose en una segunda estimación del tráfico basada en el tiempo.

Las realizaciones de un satélite de ese tipo pueden incluir la siguiente característica. El uno o más procesadores se configuran además para: recibir y almacenar una pluralidad de conjuntos de pesos, que incluyen el primer conjunto de pesos y el segundo conjunto de pesos, y una pluralidad de definiciones de la trama de haces conmutables, que incluyen la primera definición de la trama de haces conmutables y la segunda definición de la trama de haces conmutables, estando la pluralidad de conjuntos de pesos y la pluralidad de definiciones de la trama de haces conmutables precalculadas y cargadas en el satélite; y recibir un comando transmitido desde una entidad terrena, en donde la una o más redes de formación de haces se configura para conmutar en respuesta a la recepción del comando.

Un ejemplo de un método para la comunicación vía satélite radial, de tubo doblado que incluye, realizada en un satélite: crear, en una antena de recepción en fase basada en el satélite y durante un primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, una primera señal del enlace ascendente en la ranura de tiempo, estando asociada la primera señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo con una primera área de cobertura de recepción; generar, en una antena de transmisión de fase basada en el satélite y durante el primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, una primera señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo, estando derivada la primera señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo de la primera señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo usando una ruta del tubo doblado a través del satélite, y estando asociada además la primera señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo con una primera área de cobertura de transmisión, en donde, durante el primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, la primera señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo comprende o: (a) una primera señal multiplexada desde una primera puerta de enlace destinada a una primera pluralidad de terminales, en cuyo caso la primera puerta de enlace está ubicada en la primera área de cobertura de recepción y la primera pluralidad de terminales está ubicada en la primera área de cobertura de transmisión, o (b) una primera señal compuesta derivada de la primera pluralidad de terminales y destinada a la primera puerta de enlace, en cuyo caso la primera pluralidad de terminales está ubicada en la primera área de cobertura de recepción y la primera puerta de enlace está ubicada en la primera área de cobertura de transmisión; crear, en la antena de recepción en fase basada en el satélite y durante un segundo tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, una segunda señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo, estando asociada la segunda señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo con una segunda área de cobertura de recepción; y generar, en la antena de transmisión en fase basada en el satélite y durante el segundo tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, una segunda señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo, estando derivada la segunda señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo de la segunda señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo usando la ruta de tubo doblado a través del satélite, y estando asociada además la segunda señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo con una segunda área de cobertura de transmisión, en donde, durante el segundo tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, la segunda señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo comprende o: (a) una segunda señal multiplexada desde una segunda puerta de enlace destinada a una segunda pluralidad de terminales, en cuyo caso la segunda puerta de enlace está ubicada en la segunda área de cobertura de recepción y la segunda

pluralidad de terminales seestá ubicada en la segunda área de cobertura de transmisión, o (b) una segunda señal compuesta derivada de la segunda pluralidad de terminales y destinada para la segunda puerta de enlace, en cuyo caso la segunda pluralidad de terminales está ubicada en la segunda área de cobertura de recepción y la segunda puerta de enlace está ubicada en la segunda área de cobertura de transmisión.

Las realizaciones de este método pueden incluir una o más de las siguientes características. La primera puerta de enlace difiere de la segunda puerta de enlace. La primera pluralidad de terminales difiere de la segunda pluralidad de terminales. Cada una de la primera señal multiplexada y la segunda señal multiplexada usa un esquema de multiplexado seleccionado del grupo que comprende MF-TDM, TDM, FDM, OFDM, y CDM. Cada una de la primera señal compuesta y la segunda señal compuesta es una señal compuesta de acceso múltiple creada utilizando un esquema de acceso múltiple seleccionado del grupo que comprende MF-TDMA, TDMA, FDMA, OFDMA, y CDMA. El método incluye además: seleccionar una definición de trama de haces conmutables que comprende una pluralidad de definiciones de ranuras de tiempo de haces conmutables secuenciales, estando asociada cada definición de ranura de tiempo de haces conmutables con un tiempo de permanencia en la ranura de tiempo respectivo y que comprende representaciones de peso de formación de haces respectivas indicativas de un área de cobertura de transmisión y de un área de cobertura de recepción; leer, a partir de la definición de la trama de haces conmutables seleccionada, una definición de la ranura de tiempo de haces conmutables actual de la pluralidad de definiciones de ranuras de tiempo de haces conmutables secuenciales, estando asociada la definición de la ranura de tiempo de haces conmutables actual con el primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo; determinar, a partir de la definición de la ranura de tiempo de haces conmutables actual, si una comunicación recibida durante el primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo de la definición de la ranura de tiempo de haces conmutables actual corresponde a un enlace directo o a un enlace de retorno; en respuesta a la determinación de que la comunicación corresponde a un enlace directo, seleccionar un control de ganancia seleccionable para el enlace directo; y en respuesta a la determinación de que la comunicación corresponde a un enlace de retorno, seleccionar un control de ganancia seleccionable para el enlace de retorno, en donde la generación de la primera señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo incluye derivar la primera señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo a partir de la primera señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo después de la aplicación de una ganancia de un amplificador de canal basándose en el control de ganancia seleccionable seleccionado.

Un ejemplo de un satélite para la comunicación radial, de tubo doblado incluye: una antena de recepción en fase basada en el satélite configurada para: crear, durante un primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, una primera señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo, estando asociada la primera señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo con una primera área de cobertura de recepción, y crear, durante un segundo tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, una segunda señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo, estando asociada la segunda señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo con una segunda área de cobertura de recepción; y una antena de transmisión en fase basada en el satélite configurada para: generar, durante el primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, una primera señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo, estando derivada la primera señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo de la primera señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo usando una ruta de tubo doblado a través del satélite, y estando asociada además la primera señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo con una primera área de cobertura de transmisión, y generar, durante el segundo tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, una segunda señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo, estando derivada la segunda señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo de la segunda señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo usando la ruta de tubo doblado a través de satélite, y estando asociada además la segunda señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo con una segunda área de cobertura de transmisión, en donde durante el primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, la primera señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo comprende o: (a) una primera señal multiplexada desde una primera puerta de enlace destinada a una primera pluralidad de terminales, en cuyo caso la primera puerta de enlace está ubicada en la primera área de cobertura de recepción y la primera pluralidad de terminales está ubicada en la primera área de cobertura de transmisión, o (b) una primera señal compuesta derivada de la primera pluralidad de terminales y destinada para la primera puerta de enlace, en cuyo caso la primera pluralidad de terminales está ubicada en la primera área de cobertura de recepción y la primera puerta de enlace está ubicada en la primera área de cobertura de transmisión; y en donde, durante el segundo tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, la segunda señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo comprende o: (a) una segunda señal multiplexada desde una segunda puerta de enlace destinada a una segunda pluralidad de terminales, en cuyo caso la segunda puerta de enlace está ubicada en la segunda área de cobertura de recepción y la segunda pluralidad de terminales está ubicada en la segunda área de cobertura de transmisión, o (b) una segunda señal compuesta derivada de la segunda pluralidad de terminales y destinada para la segunda puerta de enlace, en cuyo caso la segunda pluralidad de terminales está ubicada en la segunda área de cobertura de recepción y la segunda puerta de enlace está ubicada en la segunda área de cobertura de transmisión.

Las realizaciones de un satélite de este tipo pueden incluir una o más de las siguientes características. La primera puerta de enlace difiere de la segunda puerta de enlace. La primera pluralidad de terminales difiere de la segunda pluralidad de terminales. Cada una de la primera señal multiplexada y la segunda señal multiplexada usa un esquema de multiplexado seleccionado del grupo que comprende MF-TDM, TDM, FDM, OFDM, y CDM. Cada una de la primera señal compuesta y la segunda señal compuesta es una señal compuesta de acceso múltiple creada utilizando un esquema de acceso múltiple seleccionado del grupo que comprende MF-TDMA, TDMA, FDMA, OFDMA, y CDMA. El

satélite incluye además: un procesador de peso de haces configurado para: seleccionar una definición de trama de haces conmutables que comprende una pluralidad de definiciones de ranuras de tiempo de haces conmutables secuenciales, estando asociada cada definición de ranura de tiempo de haces conmutables con un tiempo de permanencia en la ranura de tiempo respectivo y que comprende representaciones de peso de formación de haces respectivas indicativas de un área de cobertura de transmisión y de un área de cobertura de recepción; leer, a partir de la definición de la trama de haces conmutables seleccionada, una definición de la ranura de tiempo de haces conmutables actual de la pluralidad de definiciones de ranuras de tiempo de haces conmutables secuenciales, estando asociada la definición de la ranura de tiempo de haces conmutables actual con el primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo; y determinar, a partir de la definición de la ranura de tiempo de haces conmutables actual, si una comunicación recibida durante el primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo de la definición de la ranura de tiempo de haces conmutables actual corresponde a un enlace directo o a un enlace de retorno; y un procesador configurado para: en respuesta al procesador de peso de haces que determina que la comunicación corresponde a un enlace directo, seleccionar un control de ganancia seleccionable para el enlace directo; y en respuesta al procesador de peso de haces que determina que la comunicación corresponde a un enlace de retorno, seleccionar un control de ganancia seleccionable para el enlace de retorno, en donde la antena de transmisión en fase basada en el satélite se configura para derivar la primera señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo a partir de la primera señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo después de la aplicación de una ganancia del amplificador de canal basándose en el control de ganancia seleccionable seleccionado.

Un ejemplo de un método para la comunicación vía satélite radial, de tubo doblado incluye: enviar señales entre al menos un terminal y al menos una puerta de enlace a través de un satélite durante un primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo y un segundo tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, en donde el envío de señales entre el al menos un terminal y la al menos una puerta de enlace comprende: crear, en una antena de recepción en fase basada en el satélite y durante el primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, una primera señal del enlace ascendente en la ranura de tiempo, estando asociada la primera señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo con una primera área de cobertura de recepción; generar, en una antena de transmisión en fase basada en el satélite y durante el primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, una primera señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo, estando derivada la primera señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo de la primera señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo usando una ruta del tubo doblado a través del satélite, y estando asociada además la primera señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo con una primera área de cobertura de transmisión, en donde, durante el primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, la primera señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo comprende o: (a) una primera señal multiplexada desde una primera puerta de enlace destinada a una primera pluralidad de terminales, en cuyo caso la primera puerta de enlace está ubicada en la primera área de cobertura de recepción y la primera pluralidad de terminales está ubicada en la primera área de cobertura de transmisión, o (b) una primera señal compuesta derivada de la primera pluralidad de terminales y destinada a la primera puerta de enlace, en cuyo caso la primera pluralidad de terminales está ubicada en la primera área de cobertura de recepción y la primera puerta de enlace está ubicada en la primera área de cobertura de transmisión; crear, en la antena de recepción en fase basada en el satélite y durante un segundo tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, una segunda señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo, estando asociada la segunda señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo con una segunda área de cobertura de recepción; y generar, en la antena de transmisión en fase basada en el satélite y durante el segundo tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, una segunda señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo, estando derivada la segunda señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo de la segunda señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo usando la ruta de tubo doblado a través del satélite, y estando asociada además la segunda señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo con una segunda área de cobertura de transmisión, en donde, durante el segundo tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, la segunda señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo comprende o: (a) una segunda señal multiplexada desde una segunda puerta de enlace destinada a una segunda pluralidad de terminales, en cuyo caso la segunda puerta de enlace está ubicada en la segunda área de cobertura de recepción y la segunda pluralidad de terminales está ubicada en la segunda área de cobertura de transmisión, o (b) una segunda señal compuesta derivada de la segunda pluralidad de terminales y destinada para la segunda puerta de enlace, en cuyo caso la segunda pluralidad de terminales está ubicada en la segunda área de cobertura de recepción y la segunda puerta de enlace está ubicada en la segunda área de cobertura de transmisión.

Las realizaciones de un sistema de este tipo pueden incluir una o más de las siguientes características. La primera puerta de enlace difiere de la segunda puerta de enlace. El primer grupo de terminales difiere del segundo grupo de terminales. Cada una de la primera señal multiplexada y la segunda señal multiplexada usa un esquema de multiplexado seleccionado del grupo que comprende MF-TDM, TDM, FDM, OFDM, y CDM. Cada una de la primera señal compuesta y la segunda señal compuesta es una señal compuesta de acceso múltiple creada utilizando un esquema de acceso múltiple seleccionado del grupo que comprende MF-TDMA, TDMA, FDMA, OFDMA, y CDMA. El satélite se configura además para: seleccionar una definición de trama de haces conmutables que comprende una pluralidad de definiciones de ranuras de tiempo de haces conmutables secuenciales, estando asociada cada definición de ranura de tiempo de haces conmutables con un tiempo de permanencia en la ranura de tiempo respectivo y que comprende representaciones de peso de formación de haces respectivas indicativas de un área de cobertura de transmisión y de un área de cobertura de recepción; leer, a partir de la definición de la trama de haces conmutables

seleccionada, una definición de la ranura de tiempo de haces conmutables actual de la pluralidad de definiciones de ranuras de tiempo de haces conmutables secuenciales, estando asociada la definición de la ranura de tiempo de haces conmutables actual con el primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo; determinar, a partir de la definición de la ranura de tiempo de haces conmutables actual, si las señales enviadas durante el primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo de la definición de la ranura de tiempo de haces conmutables actual corresponde a un enlace directo o a un enlace de retorno; en respuesta a la determinación de que las señales enviadas corresponden a un enlace directo, seleccionar un control de ganancia seleccionable para el enlace directo; y en respuesta a la determinación de que las señales enviadas corresponden a un enlace de retorno, seleccionar un control de ganancia seleccionable para el enlace de retorno, en donde la generación de la primera señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo incluye derivar la primera señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo a partir de la primera señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo después de la aplicación de una ganancia del amplificador de canal basándose en el control de ganancia seleccionable seleccionado.

Un ejemplo de un sistema de comunicaciones vía satélite radial, de tubo doblado incluye: una pluralidad de terminales; una pluralidad de puertas de enlace configuradas para comunicarse con la pluralidad de terminales; y un satélite configurado, durante un primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, para crear una primera señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo asociada con una primera área de cobertura de recepción y para generar una primera señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo derivada de la primera señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo usando una ruta de tubo doblado a través de satélite, estando asociada la primera señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo con una primera área de cobertura de transmisión, configurado además el satélite, durante un segundo tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, para crear una segunda señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo asociada con una segunda área de cobertura de recepción y para generar una segunda señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo derivada de la segunda señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo usando la ruta de tubo doblado a través del satélite, estando asociada la segunda señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo con una segunda área de cobertura de transmisión, en donde, durante el primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, la primera señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo comprende o: (a) una primera señal multiplexada desde una primera puerta de enlace de la pluralidad de puertas de enlace, destinada la primera señal multiplexada a un primer grupo de terminales de la pluralidad de terminales, en cuyo caso la primera puerta de enlace está ubicada en la primera área de cobertura de recepción y el primer grupo de terminales está ubicada en la primera área de cobertura de transmisión, o (b) una primera señal compuesta derivada del primer grupo de terminales y destinada a la primera puerta de enlace, en cuyo caso el primer grupo de terminales está ubicada en la primera área de cobertura de recepción y la primera puerta de enlace está ubicada en la primera área de cobertura de transmisión; y en donde, durante el segundo tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, la segunda señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo comprende o: (a) una segunda señal multiplexada desde una segunda puerta de enlace de la pluralidad de puertas de enlace, destinada la segunda señal multiplexada a un segundo grupo de terminales, en cuyo caso la segunda puerta de enlace está ubicada en la segunda área de cobertura de recepción y el segundo grupo de terminales está ubicada en la segunda área de cobertura de transmisión, o (b) una segunda señal compuesta derivada del segundo grupo de terminales y destinada para la segunda puerta de enlace, en cuyo caso el segundo grupo de terminales está ubicada en la segunda área de cobertura de recepción y la segunda puerta de enlace está ubicada en la segunda área de cobertura de transmisión.

Las realizaciones de un sistema de este tipo pueden incluir una o más de las siguientes características. La primera puerta de enlace difiere de la segunda puerta de enlace. El primer grupo de terminales difiere del segundo grupo de terminales. Cada una de la primera señal multiplexada y la segunda señal multiplexada usa un esquema de multiplexado seleccionado del grupo que comprende MF-TDM, TDM, FDM, OFDM, y CDM. Cada una de la primera señal compuesta y la segunda señal compuesta es una señal compuesta de acceso múltiple creada utilizando un esquema de acceso múltiple seleccionado del grupo que comprende MF-TDMA, TDMA, FDMA, OFDMA, y CDMA. El satélite se configura además para: seleccionar una definición de trama de haces conmutables que comprende una pluralidad de definiciones de ranuras de tiempo de haces conmutables secuenciales, estando asociada cada definición de ranura de tiempo de haces conmutables con un tiempo de permanencia en la ranura de tiempo respectivo y que comprende representaciones de peso de formación de haces respectivas indicativas de un área de cobertura de transmisión y de un área de cobertura de recepción; leer, a partir de la definición de la trama de haces conmutables seleccionada, una definición de la ranura de tiempo de haces conmutables actual de la pluralidad de definiciones de ranuras de tiempo de haces conmutables secuenciales, estando asociada la definición de la ranura de tiempo de haces conmutables actual con el primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo; determinar, a partir de la definición de la ranura de tiempo de haces conmutables actual, si una comunicación recibida durante el primer tiempo de permanencia en la ranura de tiempo de la definición de la ranura de tiempo de haces conmutables actual corresponde a un enlace directo o a un enlace de retorno; en respuesta a la determinación de que la comunicación corresponde a un enlace directo, seleccionar un control de ganancia seleccionable para el enlace directo; y en respuesta a la determinación de que la comunicación corresponde a un enlace de retorno, seleccionar un control de ganancia seleccionable para el enlace de retorno, en donde la generación de la primera señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo incluye derivar la primera señal del haz de enlace descendente en la ranura de tiempo a partir de la primera señal del haz de enlace ascendente en la ranura de tiempo después de la aplicación de una ganancia del amplificador de canal basándose en el control de ganancia seleccionable seleccionado.

Breve descripción de los dibujos

- Una mayor comprensión de la naturaleza y las ventajas de la presente invención puede llevarse a cabo mediante referencia a los siguientes dibujos. En las figuras anexas, los componentes o características similares pueden tener la misma etiqueta de referencia. Además, se pueden distinguir varios componentes del mismo tipo mediante la siguiente etiqueta de referencia con un guion y una segunda etiqueta que distingue entre los componentes similares. Si sólo se utiliza la primera etiqueta de referencia en la memoria descriptiva, la descripción es aplicable a uno cualquiera de los componentes similares que tienen la misma etiqueta de referencia independientemente de la segunda etiqueta de referencia.
- La FIG. 1 es un diagrama simplificado de un sistema de comunicación vía satélite ilustrativo en el que los sistemas y métodos descritos en la presente descripción pueden utilizarse de conformidad con realizaciones de la presente invención;
- Las FIGS. 2A-2E muestran las ubicaciones de haces de usuario ilustrativas de conformidad con una realización de la presente invención;
- La FIG. 3 muestra una trama de haces conmutables ilustrativa de conformidad con una realización de la presente invención;
- La FIG. 4 es un diagrama de bloques simplificado de un satélite ilustrativo de conformidad con una realización de la presente invención;
- La FIG. 5 es un diagrama de bloques simplificado de una red de formación de haces de recepción ilustrativa de conformidad con una realización de la presente invención;
- La FIG. 6 es un diagrama de bloques funcional de una red de formación de alimentación de transmisión de conformidad con una realización de la presente invención;
- La FIG. 7 es un diagrama en bloques simplificado de un procesador de peso de haces ilustrativo de conformidad con una realización de la presente invención;
- La FIG. 8A muestra un subconjunto simplificado de una ruta de ranura de tiempo de conformidad con una realización de la presente invención;
- La FIG. 8B muestra una tabla de definiciones de ranuras de tiempo ilustrativa de conformidad con una realización de la presente invención;
- La FIG. 8C muestra rutas de ranuras de tiempo ilustrativas de acuerdo con la tabla de definiciones de ranuras de tiempo de la FIG. 8B de conformidad con una realización de la presente invención;
- La FIG. 9 muestra un proceso ilustrativo para el soporte de comunicación vía satélite de conformidad con una realización de la presente invención;
- La FIG. 12A muestra una asignación de ranuras de tiempo sincronizadas ilustrativas de conformidad con una realización de la presente invención;
- La FIG. 12B muestra una tabla de definiciones de ranuras de tiempo ilustrativas y rutas de ranuras de tiempo ilustrativas de conformidad con una realización de la presente invención;
- La FIG. 13A muestra una asignación de ranura de tiempo intercalada ilustrativa de conformidad con una realización de la presente invención;
- La FIG. 13B muestra una tabla de definiciones de ranuras de tiempo ilustrativas y rutas de ranuras de tiempo ilustrativas de conformidad con una realización de la presente invención;
- La FIG. 14A muestra una asignación de ranuras de tiempo intercaladas ilustrativas de conformidad con una realización de la presente invención;
- La FIG. 14B muestra una tabla de definiciones de ranuras de tiempo ilustrativas y rutas de ranuras de tiempo ilustrativas de conformidad con una realización de la presente invención;
- La FIG. 15A muestra una asignación de rutas dedicadas ilustrativas de conformidad con una realización de la presente invención;

La FIG. 15B muestra una tabla de definiciones de ranuras de tiempo ilustrativas y rutas de ranuras de tiempo ilustrativas de conformidad con una realización de la presente invención;

5 La FIG. 15C muestra una tabla de definiciones de ranuras de tiempo ilustrativas de conformidad con una realización de la presente invención;

La FIG. 15D muestra una tabla de definiciones de ranuras de tiempo ilustrativas de conformidad con una realización de la presente invención;

10 La FIG. 15E muestra rutas de ranuras de tiempo ilustrativas de conformidad con una realización de la presente invención;

La FIG. 16A muestra áreas de cobertura del enlace directo y de retorno no congruentes ilustrativas de conformidad con una realización de la presente invención; y

15 La FIG. 16B muestra rutas de ranuras de tiempo ilustrativas de conformidad con una realización de la presente invención.

La FIG. 17 muestra un diagrama ilustrativo del número de puertas de enlace requeridas en comparación con el número de rutas directas asignadas de conformidad con una realización de la presente invención.

20 La FIG. 18A muestra un patrón de haces conmutables ilustrativo de un único haz para los tiempos de permanencia en la ranura de tiempo de una trama de haces conmutables de conformidad con una realización de la presente invención.

La FIG. 18B muestra un horario de permanencia en la ranura de tiempo ilustrativa de conformidad con una realización de la presente invención.

25 La FIG. 18C muestra una trama de haces conmutables ilustrativa de conformidad con una realización de la presente invención.

30 La FIG. 19A muestra las ubicaciones de la puerta de enlace ilustrativas y las ubicaciones de haces de usuario de conformidad con una realización de la presente invención.

La FIG. 19B muestra una tabla de puertas de enlace ilustrativa de conformidad con una realización de la presente invención.

35 La FIG. 19C muestra ubicaciones para la colocación de puertas de enlace ilustrativas de conformidad con una realización de la presente invención.

La FIG. 20 es un diagrama simplificado de un sistema de comunicaciones vía satélite ilustrativo de conformidad con una realización de la presente invención.

40 **Descripción detallada de la invención**

La presente invención proporciona una arquitectura de comunicación vía satélite más flexible de alta capacidad. Se utilizan matrices de fases para dirigir los haces puntuales sobre áreas de cobertura deseadas en una geografía determinada de cobertura del sistema (p. ej., áreas de alta población en Norteamérica). Los haces puntuales (o rutas) se pueden saltar rápidamente de ubicación a ubicación de acuerdo con los vectores de peso de un conjunto de pesos y las definiciones de ranuras de tiempo de haces conmutables incluidas en una definición de trama de haces conmutables. Las definiciones de ranuras de tiempo de haces conmutables incluyen tiempos de permanencia asociados y ganancias de ruta para todos los haces durante una ranura de tiempo. Las definiciones de ranuras de tiempo de haces conmutables incluidas en una definición de la trama de haces conmutables pueden repetirse automáticamente hasta que se reciba una nueva definición de trama de haces conmutables o se señalice una interrupción, permitiendo cambios dinámicos en el área de cobertura de transmisión y recepción y las ubicaciones del haz.

La FIG. 1 es un diagrama simplificado de un sistema de comunicación vía satélite 100 de ejemplo en el que pueden implementarse los sistemas y métodos descritos en la presente descripción. El sistema de comunicaciones vía satélite 100 incluye una red 120 interrelacionada con uno o más terminales de la puerta de enlace (GW) 115. El terminal 115 de la puerta de enlace está configurado para comunicarse con uno o más terminales de usuario 130 a través del satélite 105. Tal como se usa en la presente memoria, el término “comunicar” se refiere a transmitir o a recibir (es decir, comunicación unidireccional) cuando se aplica a una determinada ruta para una determinada polarización en un instante de tiempo determinado.

El terminal 115 de la puerta de enlace se denomina a veces en la presente memoria como un centro o estación terrena. El terminal 115 de la puerta de enlace presta servicio al enlace ascendente 135 y al enlace descendente 140 a y desde el satélite 105. El terminal 115 de la puerta de enlace también programa el tráfico a los terminales de usuario 130. De forma alternativa, la programación puede realizarse en otras partes del sistema de comunicaciones vía satélite 100 (p. ej., en uno o más centros de operaciones de la red (NOC) y/o centros de mando de la puerta de enlace (no mostrados)). Aunque solo

se muestra un terminal 115 de la puerta de enlace en la FIG. 1 para evitar la complicación excesiva del dibujo, las realizaciones de la presente invención pueden implementarse en sistemas de comunicación vía satélite que tienen una pluralidad de terminales de puerta de enlace cada uno de los cuales puede acoplarse entre sí y/o a una o más redes.

En algunos sistemas de comunicaciones vía satélite, puede haber una cantidad limitada de espectro de frecuencia disponible para la transmisión. Los enlaces de comunicación entre el terminal 115 de la puerta de enlace y el satélite 105 pueden usar frecuencias iguales, superpuestas, o distintas como enlaces de comunicación entre el satélite 105 y los terminales de usuario 130. El terminal 115 de la puerta de enlace también puede ubicarse lejos de los terminales de usuario 130 para permitir la reutilización de frecuencias.

La red 120 puede ser cualquier tipo de red y puede incluir, por ejemplo, Internet, una red IP, una intranet, una red de área extensa (WAN), una red de área local (LAN), una red privada virtual (VPN), una LAN virtual (VLAN), una red de fibra óptica, una red híbrida fibra-coaxial, una red por cable, una red telefónica pública conmutada (PSTN), una red pública de conmutación de datos (PSDN), una red móvil terrestre pública, y/o cualquier otro tipo de red que soporte comunicaciones entre dispositivos tal como se describe en la presente memoria. La red 120 puede incluir tanto conexiones por cable como inalámbricas así como enlaces ópticos. La red 120 puede conectar el terminal 115 de la puerta de enlace con otros terminales de puerta de enlace que pueden estar en comunicación con el satélite 105 o con otros satélites.

El terminal 115 de la puerta de enlace puede proporcionar una interfaz entre la red 120 y el satélite 105. El terminal 115 de la puerta de enlace se puede configurar para recibir datos e información dirigida a uno o más terminales de usuario 130. El terminal 115 de la puerta de enlace puede formatear los datos e información para su entrega a los terminales de usuario 130 respectivos. De forma similar, el terminal 115 de la puerta de enlace puede configurarse para recibir señales desde el satélite 105 (p. ej., desde uno o más terminales de usuario 130) dirigida a un destino accesible a través de la red 120. El terminal 115 de la puerta de enlace también puede formatear las señales recibidas para la transmisión en la red 120.

El terminal 115 de la puerta de enlace puede usar la antena 110 para transmitir la señal del enlace ascendente directa 135 al satélite 105. En una realización, la antena 110 puede comprender un reflector parabólico con alta directividad en la dirección del satélite 105 y directividad baja en otras direcciones. La antena 110 puede comprender una variedad de configuraciones alternativas e incluir características operativas tales como aislamiento alto entre polarizaciones ortogonales, alta eficacia en las bandas de frecuencia operativas, bajo ruido, y similares.

El satélite 105 puede ser un satélite geoestacionario que está configurado para recibir señales del enlace ascendente directo 135 desde la ubicación de la antena 110. El satélite 105 puede usar, por ejemplo, un reflector, una antena en fase, una antena, o cualquier otro mecanismo conocido en la técnica para la recepción de tales señales. El satélite 105 puede recibir las señales 135 desde el terminal 115 de la puerta de enlace y enviar las señales del enlace descendente 150 correspondientes a uno o más de los terminales de usuario 130. Las señales pueden hacerse pasar a través de una antena de reflector de transmisión (p. ej., una antena en fase) para formar el patrón de radiación de transmisión (p. ej., un haz puntual). Los satélites 105 pueden funcionar en un modo de múltiples haces puntuales, transmitiendo varios haces estrechos dirigidos a una región diferente de la Tierra. Esto puede permitir la segregación de los terminales de usuario 130 en los diversos haces estrechos.

El satélite 105 puede configurarse como un satélite de "tubo doblado". En esta configuración, el satélite 105 puede realizar la conversión de frecuencia y polarización de las señales de la portadora recibidas antes de la retransmisión de las señales a su destino. Un haz puntual puede usar una sola portadora, es decir, una frecuencia, o un intervalo de frecuencias contiguo por haz. Puede usarse vía satélite 105 una diversidad de técnicas de modulación de transmisión de la capa física y de codificación (p. ej., codificación y modulación adaptativa).

El sistema de comunicaciones vía satélite 100 puede utilizar distintas arquitecturas de red que consisten en segmentos espaciales y terrestres. El segmento espacial puede incluir uno o más satélites mientras que el segmento terrestre puede incluir uno o más terminales de usuario, terminales de puerta de enlace, centros de operaciones de la red (NOC), y centros de mando del satélite y terminales de puertas de enlace. Los terminales se pueden conectar mediante una red en malla, una red en estrella, o similares como será evidente para los expertos en la técnica.

Las señales de enlace descendente directo 150 pueden transmitirse desde el satélite 105 a uno o más terminales de usuario 130. Los terminales de usuario 130 pueden recibir señales del enlace descendente 150 usando la antena 127. En una realización, la antena 127 y el terminal del usuario 130 juntos comprenden un terminal de muy pequeña apertura (VSAT), con una antena 127 que mide aproximadamente 0,6 metros de diámetro y que tiene aproximadamente 2 vatios de potencia. En otras realizaciones, se puede usar una diversidad de otros tipos de antenas 127 en los terminales de usuario 130 para recibir señales del enlace descendente 150 desde el satélite 105. Cada uno de los terminales de usuario 130 puede comprender un único terminal de usuario o, de forma alternativa, puede comprender un centro o enrutador (no mostrado) que se acopla a múltiples terminales de usuario. Cada terminal de usuario 130 puede conectarse a diversos equipos en las instalaciones del consumidor (CPE) que comprenden, por ejemplo, ordenadores, redes de área local, aparatos de internet, redes inalámbricas y similares.

En algunas realizaciones, se usa un esquema Multi-Frequency Time-Division Multiple Access (MF-TDMA) para los enlaces ascendentes 140 y 145, permitiendo el flujo eficiente de tráfico mientras se mantiene la flexibilidad en

la capacidad de asignación entre cada uno de los terminales de usuario 130. En estas realizaciones, se asigna un número de canales de frecuencia que pueden ser fijos, o que pueden asignarse de manera más dinámica. También se puede emplear un esquema Time Division Multiple Access (TDMA) en cada canal de frecuencia. En este esquema, cada canal de frecuencia puede dividirse en varias ranuras de tiempo que pueden asignarse a una conexión (es decir, a un terminal del usuario 130). En otras realizaciones, uno o más de los enlaces ascendentes 140, 145 pueden configurarse utilizando otros esquemas, tales como Frequency Division Multiple Access (FDMA), Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA), Code Division Multiple Access (CDMA), o cualquier número de esquemas híbridos u otros conocidos en la técnica.

El terminal de usuario 130 puede transmitir datos e información a una red 120 de destino mediante el satélite 105. El terminal de usuario 130 puede transmitir las señales a través del enlace ascendente 145 al satélite 105 mediante el uso de la antena 127. El terminal de usuario 130 puede transmitir las señales de acuerdo con una variedad técnicas de modulación y codificación de la transmisión de la capa física, incluyendo, por ejemplo, las definidas con los estándares DVB-S2, WiMAX, LTE, y DOCSIS. En varias realizaciones, las técnicas de la capa física pueden ser las mismas para cada uno de los enlaces 135, 140, 145, 150, o pueden ser diferentes.

El satélite 105 puede soportar una arquitectura no procesada de tubo doblado con antenas en fase (por ejemplo, antenas en fase) usadas para producir los pequeños haces puntuales. El satélite 105 contiene K rutas genéricas, cada una de las cuales puede asignarse como una ruta directa o una ruta de retorno en cualquier instante de tiempo. Los reflectores grandes pueden iluminarse mediante una matriz de fases que proporciona la capacidad de hacer patrones de haces arbitrarios dentro de las restricciones establecidas por el tamaño del reflector y el número y colocación de los elementos de antena. Se pueden emplear reflectores alimentados con matriz de fases para ambas señales del enlace ascendente en recepción 135, 145, o ambas, y señales del enlace descendente en transmisión 140, 150, o ambas. Las redes de formación de haces (BFN) asociadas con las matrices de fases de recepción (Rx) y transmisión (Tx) pueden ser dinámicas, lo que permite el movimiento rápido de las ubicaciones de los haces tanto de Tx como de Rx. Las BFN dinámicas se pueden usar para saltar rápidamente tanto en las posiciones de haz de Tx como de Rx. La BFN puede permanecer en un patrón de haces conmutables (p. ej., haces tanto de Tx como de Rx) durante un período de tiempo denominado tiempo de permanencia en la ranura de tiempo. Las ranuras de tiempo individuales pueden asociarse todas ellas con el mismo tiempo de permanencia o diferentes tiempos de permanencia. Un número Q de estas ranuras de tiempo, con cada ranura de tiempo asociada a un patrón de ubicaciones de haces de recepción y transmisión potencialmente diferentes, se dispone en una secuencia denominada una trama de haces conmutables. Estas tramas pueden repetirse, pero también pueden ser dinámicas y variables en el tiempo. La duración y ubicación de los haces de recepción y transmisión asociados con las ranuras de tiempo de haces conmutables pueden variar también, tanto entre tramas como dentro de una trama.

Un ejemplo de ubicaciones de haces de usuario se muestra en las FIGS. 2A-2E. En este ejemplo, el espectro asignado es W Hz, y hay disponibles dos polarizaciones (por ejemplo LHP y RHP). En cualquier instante de tiempo, pueden estar activos 40 haces de usuarios, 20 LHP y 20 RHP, aunque pueden estar activos más o menos haces en las implementaciones reales. Cada haz de usuario puede utilizar todos los W Hz del espectro asignado, pero solo una polarización. En otras realizaciones, cada haz de usuarios puede usar sólo una porción del espectro asignado. En el ejemplo descrito, una trama consiste en Q = 4 ranuras de tiempo, aunque las implementaciones reales pueden usar tramas con más o menos ranuras de tiempo. Durante cada ranura de tiempo, el usuario que recibe y transmite haces puede residir en distintos lugares. El patrón de conmutación se puede repetir automáticamente al concluir cada trama o puede aplicarse una nueva definición de trama para variar el patrón de conmutación. Por ejemplo, la FIG. 2A incluye un mapa 200 de haces que muestra ubicaciones de haces de ejemplo durante la primera ranura de tiempo de la trama. Un haz marcado con una "L" en el centro indica un haz LHP y un haz marcado con una "R" indica un haz de RHP, aunque puede usarse cualquier número de polarizaciones diferentes en otras realizaciones. Debido a los pequeños diámetros de haz, la gran extensión deseada del área de cobertura, y el número relativamente pequeño de haces activos en un momento dado, los haces que usan la misma polarización durante una ranura de tiempo determinada pueden estar relativamente separados entre sí. Esto puede conducir a bajos niveles de interferencia entre los haces. La alta relación resultante entre portadora e interferencia (C/I) puede contribuir a aumentar la capacidad por haz. La FIG. 2B incluye un mapa 210 de haces que muestra ubicaciones de haces de ejemplo durante la segunda ranura de tiempo de la trama. La FIG. 2C incluye un mapa 220 de haces que muestra ubicaciones de haces de ejemplo durante la tercera ranura de tiempo de la trama. La FIG. 2D incluye un mapa 230 de haces que muestra ubicaciones de haces de ejemplo durante la cuarta ranura de tiempo de la trama. Como se describe con más detalle a continuación, cada haz que se muestra en las FIGS. 2A-2D pueden ser parte de una ruta de recepción dedicada, una ruta de transmisión dedicada, o una ruta híbrida transmisión/recepción.

En cada uno de los mapas de haces mostrados en las FIGS. 2A-2D, los haces de una misma polarización están generalmente espaciados muy alejados entre sí (p. ej., a la máxima distancia posible). Esta separación permite grandes valores de C/I minimizando la interferencia desde otros haces activos de la misma polarización. La selección de las ubicaciones reales para los haces puede depender de factores tales como el área de cobertura del sistema deseada, el diámetro de cobertura para cada haz, el número de polarizaciones usadas, y el número de ranuras de tiempo por trama. Las FIGS. 2A-2D proporcionan sólo un ejemplo. Finalmente, la FIG. 2E incluye un mapa de cobertura 240 que muestra una superposición compuesta de todos los haces durante las cuatro ranuras de tiempo (por ejemplo, el área de cobertura del sistema). Solo los haces de la misma ranura de tiempo

en la FIG. 2E son activos al mismo tiempo. Solo los haces de la misma ranura de tiempo y la misma polarización (por ejemplo LHP o RHP) presentan el potencial para una interferencia significativa. Como se ha mencionado anteriormente, la ubicación de estos haces se debe seleccionar para maximizar su separación espacial. Se pueden usar varios modelos geométricos para maximizar la separación de haces de polarizaciones similares.

La FIG. 3 muestra una trama de haces conmutables 300 ilustrativa con $Q = 16$ ranuras de tiempo por trama. En el ejemplo representado, cada ranura de tiempo ocupa un intervalo de 1,5 ms que da como resultado una duración total de la trama de haces conmutables de 24 ms. Un haz, por lo tanto, puede ser activo en un área determinada durante un mínimo de 1,5 ms o 1 ranura de tiempo, aunque un haz puede estar activo en la misma célula durante más de 1 ranura de tiempo consecutiva dependiendo de las definiciones de ranuras de tiempo incluidas en la definición de la trama de haces conmutables. En algunas realizaciones, una sola región dentro del área de cobertura compuesta, denotada como una célula, podría tener solamente un haz activo en la región para una ranura de tiempo en la trama de haces conmutables. La longitud de la trama de haces conmutables, por lo tanto, puede representar la posible duración de espera antes de que pueda transmitirse o recibirse la información. Puede ser deseable usar esta arquitectura para aplicaciones de baja latencia, tal como la voz, de tal manera que este retardo de la trama de haces conmutables debería hacerse insignificante con respecto a otros retardos inevitables. Por ejemplo, para un satélite en una órbita geo-síncrona (GSO), el tiempo de retardo de la ruta unidireccional es aproximadamente de 250 ms y es un retardo inevitable. Por lo tanto, la selección de una longitud de la trama de haces conmutables de aproximadamente 1/10 de este valor o menor hace que el retardo de la trama sea insignificante con respecto al tiempo de retardo inevitable de la ruta unidireccional. Por lo tanto para un satélite GSO un tamaño de trama del orden de 25 ms es generalmente adecuado. Los tamaños de trama más cortos pueden no cambiar significativamente el retardo total experimentado, ya que está dominado por el tiempo de retardo de la ruta unidireccional, y por lo general dará como resultado mayor sobrecarga y aumento de la complejidad debido al hecho de que los haces están siendo conmutados más rápidamente. Por lo tanto, para la mayoría de las aplicaciones es adecuado un tamaño de trama de haces conmutables de aproximadamente 25 ms.

En otras realizaciones, más de un haz puede estar activo en una célula durante una sola trama. Por ejemplo, pueden asignarse prioridades a las regiones o células indicativas del máximo retardo aceptable para las aplicaciones soportadas con la región o célula. Pueden usarse a continuación las prioridades asignadas, al menos en parte, para determinar el número de haces activos en una región o célula en particular por trama. Por ejemplo, para soportar aplicaciones de mayor ancho de banda o de latencia más baja dentro de una región o célula, se puede asignar a la región o célula una prioridad más alta que una región o célula que soporta un ancho de banda inferior o aplicaciones de latencia más alta. Las células o regiones que tienen asignadas prioridades más altas pueden tener más de un haz activo cubriendo esa célula o región en una sola trama. Se puede definir cualquier número de prioridades que corresponden a cualquier número de haces activos para una célula individual por trama. Una sola célula puede tener un máximo de Q haces de transmisión y Q haces de recepción activos en esa célula en una sola trama (por ejemplo, los haces están activos en la célula durante todas las ranuras de tiempo). En algunas realizaciones, un haz de transmisión y un haz de recepción pueden estar activos en la misma célula durante la misma ranura de tiempo, lo que permite la transmisión y recepción de datos en la misma ranura de tiempo.

Diagrama de bloques de carga útil de satélite

La FIG. 4 muestra un diagrama de bloques para parte de una arquitectura de satélite 400 de ejemplo construida de conformidad con la presente invención. Se muestran los elementos de antena 402 y 404 tanto para LHP como RHP para soportar polarizaciones múltiples. En algunas realizaciones (no mostradas), la arquitectura satelital soporta solamente una única polarización. En otras realizaciones, la arquitectura satelital funciona con una única polarización a pesar de que soporta múltiples polarizaciones. Se usan dos sistemas de antena separados en el ejemplo de la FIG. 4, uno para Rx y uno para Tx, pero también podría usarse un sistema de antena Tx/Rx integrado. Cada sistema de antena puede incluir un reflector grande 406, 408 que es iluminado por una matriz de fases que consiste en elementos de antena L en la matriz. El ejemplo de la FIG. 4 utiliza una serie de reflectores alimentados por matriz de fases como su sistema de antena, pero pueden utilizarse en otras realizaciones Matrices de Radiación Directa (DRA) o cualquier otro tipo de sistema de antenas basado en matrices de fases que utilice una red de formación de haces. El sistema de Rx puede consistir en elementos L_{rx} en la matriz de fases, la salida de cada puerto de elemento se puede conectar a un amplificador de bajo ruido, LNA. Cada LNA puede ubicarse cerca del elemento de alimentación asociado para minimizar la temperatura del ruido del sistema. Idealmente, los LNA pueden estar unidos directamente a los elementos de alimentación, lo que dará como resultado una cifra óptima de ruido. La salida de cada uno de los $2 \times LNA$ L_{rx} se dirige hacia la red de formación de haces de Rx 410, que está compuesta por ambas secciones LHP y RHP. Dado que la cifra de ruido del sistema está prácticamente fijada por los LNA, la red de formación de haces de Rx 410, puede ubicarse lejos del LNA con una interconexión de, por ejemplo, un cable coaxial o una guía de ondas. La red formadora del haz de Rx 410 podría tomar las $2 \times$ entradas L_{rx} y proporcionar K señales de salida, cada una correspondiente a uno de los K haces de Rx. La red formadora del haz de Rx 410 puede funcionar a la frecuencia de Rx y no proporciona una traducción de frecuencia, en este ejemplo.

Las K salidas de la red formadora de haz de Rx 410 de ambas secciones de LHP y RHP pueden alimentarse a través de K secciones de hardware de ruta de la señal. En algunas realizaciones, se usa el mismo número de rutas para cada polarización disponible (por ejemplo, LHP y RHP), aunque en general puede haber una cantidad diferente de rutas

conectadas a las señales recibidas de cada polarización. Cada ruta de la arquitectura de tubo doblado consiste por lo general en un proceso de conversión de frecuencia, filtrado, y amplificación de ganancia seleccionable. Otras formas de procesamiento (por ejemplo, desmodulación, remodulación, o reelaboración de las señales recibidas, como en un sistema “regenerativo”) no se realizan cuando se usa una arquitectura de tubo doblado. La frecuencia de conversión puede ser necesaria para convertir la señal del haz a la frecuencia del enlace ascendente a una frecuencia del enlace descendente separada, por ejemplo, en una arquitectura de tubo doblado. El filtrado consiste generalmente en un filtrado previo antes del reductor de frecuencia y filtrado posterior tras el reductor de frecuencia y está presente para establecer el ancho de banda de la señal a ser transmitida así como para eliminar los productos de intermodulación del mezclador no deseados. El amplificador de canal de ganancia seleccionable puede proporcionar ajustes de ganancia independientes para cada una de las K rutas del ejemplo de la FIG. 4.

La red de formación de haces de Tx 412, que puede incluir ambas secciones LHP y RHP, puede generar 2 x salidas L_{ix} a partir de las K señales de salida de la ruta. En algunas realizaciones, las señales de salida de la ruta que derivan de un haz de recepción LHP pueden sacarse en un haz de transmisión RHP, y viceversa. En otras realizaciones, las señales de salida de la ruta que derivan de un haz de recepción LHP pueden sacarse en un haz de transmisión LHP. La red de formación de haces de Tx 412 puede funcionar a la frecuencia de Tx y no puede proporcionar ninguna traducción de frecuencia en este ejemplo. Las salidas de la red de formación de haces de Tx 412 se enruta a los 2 x amplificadores de alta potencia (HPA) L_{ix} . Los filtros armónicos (HF) conectados a la salida de cada HPA pueden realizar un filtrado de paso bajo para proporcionar supresión del 2° armónico y los de orden más alto, por ejemplo, desde la salida de los HPA. La salida de los filtros armónicos puede introducirse a continuación en los 2 x elementos de alimentación L_{ix} en la matriz de fases de Tx. Cada HPA y filtro de armónicos puede estar ubicado cerca del elemento de alimentación de Tx asociado para minimizar las pérdidas. Idealmente, los HPA/HF se pueden unir directamente a los elementos de alimentación de Tx, lo que puede producir una potencia radiada óptima.

Como se muestra en la FIG. 4, se pueden usar reflectores 406, 408 y matrices de alimentación separadas para los haces de Tx y Rx. Sin embargo, como se ha descrito anteriormente, en algunas realizaciones se usa un solo reflector y una sola matriz de alimentación para realizar las funciones tanto de Tx como de Rx. En estas realizaciones, cada alimentación puede incluir dos puertos, uno para Tx y uno para Rx. Para un sistema que usa dos polarizaciones (por ejemplo, RHP y LHP), se puede incluir una alimentación de 4 puertos (2 para Tx y 2 para Rx). Para mantener un aislamiento de Tx a Rx aceptable, este planteamiento de un solo reflector puede emplear también diplexores u otros elementos de filtrado dentro de algunos o todos los elementos de alimentación. Estos elementos filtrantes pueden pasar la banda de Rx mientras proporcionan supresión en la banda de Tx. El número incrementado de elementos de alimentación y los requisitos de coincidencia de fase para los BFN puede hacer que este planteamiento sea más difícil de implementar pero puede reducir los costes asociados con múltiples reflectores y múltiples matrices de alimentación.

En algunas realizaciones, la red de formación de haces de Rx 410, la red de formación de haces de Tx 412, o ambas, pueden utilizar pesos de haces variables en el tiempo para cambiar de ubicación de haz de recepción, transmitir ubicaciones de haces, o ambas cosas, aproximadamente a lo largo del tiempo. Estos valores de pesos de haces se pueden almacenar en el Procesador de peso de haces (BWP) 414. El BWP 414 puede proporcionar también la lógica de control para generar los pesos de haces adecuados en los instantes apropiados. El BWP 414 puede estar conectado a la tierra mediante un enlace de datos bidireccional 416, que puede estar en la banda con los datos de tráfico o fuera de la banda con su propia antena y transceptor. El enlace bidireccional de datos 416 se muestra como bidireccional en el ejemplo de la FIG. 4 para garantizar que se han recibido los pesos de haces correctos por el BWP 414. Como tal, las técnicas de detección y/o corrección de errores, que incluyen solicitudes de retransmisión, pueden estar soportadas por el enlace bidireccional. En otras realizaciones, se usa un enlace unidireccional con detección y/o corrección de errores. En algunas realizaciones, se puede cargar un conjunto inicial de pesos de haces en la memoria del BWP 414 antes del lanzamiento.

El enlace de datos 416 puede utilizarse, por ejemplo, para recibir pesos de haces precalculados y entregar dichos pesos al BWP 414. En algunas realizaciones, los pesos de haces se generan en tierra en una entidad de gestión de la red tal como un Centro Operativo de la Red (NOC). Las ubicaciones deseadas de cada uno de los K haces de Tx y Rx, junto con los patrones de radiación del elemento de alimentación, pueden utilizarse para generar los valores de peso del haz. Existen varias técnicas para generar pesos de haces apropiados dadas las ubicaciones de los haces deseados. Por ejemplo, en un planteamiento, los pesos de haces pueden generarse en tierra en tiempo no real. Los pesos dinámicos se pueden cargar entonces al BWP 414 por medio de un enlace de datos 416, y entonces se pueden aplicar a las BFN de una manera dinámica para producir haces conmutables tanto en el enlace ascendente de Rx como en el enlace descendente de Tx.

La porción de enlace descendente del enlace de datos 416 puede utilizarse para informar del estado de las BFN y para proporcionar confirmación de la recepción correcta de los pesos de haces de enlace ascendente. La recepción correcta de los pesos de haces se puede determinar mediante el uso de un código de CRC tradicional, por ejemplo. En caso de recepción incorrecta, como lo indica un fallo en la comprobación del CRC, por ejemplo, la transmisión en el enlace descendente de los pesos de haces (o la porción de los pesos de haces que se considera incorrecta o no válida), se puede retransmitir. En algunas realizaciones, este proceso puede controlarse mediante un protocolo de retransmisión ARQ de solicitud de repetición automática (tales como, por ejemplo, ARQ

de repetición selectiva, ARQ de parar y esperar, o ARQ de N ida y vuelta, o cualquier otro protocolo de retransmisión, detección de errores, o corrección de errores adecuado) entre la estación terrena y el BWP 414.

En general, la arquitectura de satélite 400 proporciona K rutas de conmutación genéricas. Cada ruta consiste funcionalmente en un haz de Rx y un haz de Tx, conectados juntos a través de electrónica y sistemas de circuitos que proporcionan acondicionamiento de señal, tal como uno o más de entre filtrado, conversión de frecuencia, amplificación, y similares. Las rutas pueden estar representadas cada una como transpondedores de tubo doblado que pueden usarse en una configuración radial o una configuración en malla. Por ejemplo, en una realización con una configuración en malla, una ruta transporta señales entre una primera pluralidad de terminales y una segunda pluralidad de terminales vía satélite. De conformidad con los sistemas y métodos descritos en la presente, los puntos de terminación (por ejemplo, la ubicación del haz de Tx y la ubicación del haz de Rx) para cada ruta pueden ser dinámicos y programables, lo que da como resultado una arquitectura de comunicaciones vía satélite altamente flexible.

Red de formación de haces de recepción

La FIG. 5 muestra el diagrama de bloques 500 de una polarización de una red de formación de haces de recepción. La red puede tomar señales desde los elementos L_{rx} de alimentación y proporcionar las señales de haces formados con LHP y RHP K_p como salidas. En este ejemplo, hay $K_p = K/2$ haces de recepción LHP y $K/2$ haces de recepción RHP aunque pueden usarse números diferentes de haces de recepción de cada polarización en otras realizaciones. Cada señal de entrada de un elemento de alimentación se divide primero, mediante los divisores 502, en K copias idénticas, una para cada haz. Luego se realizan formadores de K_p haces paralelos. Cada formador del haz puede incluir, entre otros componentes, circuitos de ajuste de amplitud y fase 504 y sumador 506. Cada instancia de los circuitos de ajuste de amplitud y fase 504 puede tomar una señal de entrada desde uno de los divisores L_{rx} y proporcionar un ajuste de amplitud y fase a la señal. Las señales L_{rx} señales ajustadas en amplitud y fase pueden sumarse entonces utilizando el sumador 506 para producir la señal de un haz formado. Cada salida de haz de Rx puede alimentarse entonces a una de las K_p rutas de señal independientes tal como se analizó anteriormente. Los coeficientes usados para crear el haz de recepción de la ruta 1 del satélite se muestran por la línea discontinua 508 en la FIG. 5.

El proceso de ajustar la amplitud y fase de la señal se puede describir matemáticamente como la multiplicación de la representación en banda base compleja de la señal por un número complejo (por ejemplo, un peso complejo). Siendo representado el número complejo $w = I + jQ$, la magnitud de w es el ajuste de amplitud y la fase de w es el ajuste de fase. En la práctica el ajuste de amplitud y fase puede realizarse en un cierto número de maneras. Dos técnicas comunes en las antenas de matriz de fases son los circuitos multiplicadores vectoriales que toman como entrada los valores I y Q , y los circuitos que tienen mecanismos de ajuste de fase y amplitud independientes y toman como entrada los ajustes de amplitud y fase deseados. Se reconocerá $I + jQ$ como las coordenadas rectangulares del número complejo, w , y la amplitud/fase como las coordenadas polares del número complejo, w . Las BFN pueden proporcionar valores de peso complejos dinámicos (cambiantes) y programables en cada uno de los K formadores de haces en ambas mitades de las BFN. En la práctica, las BFN pueden tener generalmente etapas de amplificación dentro de la estructura BFN para tener en cuenta algunas o todas las pérdidas de inserción de los dispositivos usados para realizar las funciones BFN (por ejemplo, separación, ponderación, y combinación).

Red de formación de haces de transmisión (alimentación)

La FIG. 6 muestra el diagrama de bloques funcional 600 de una polarización de una red de formación de la alimentación de transmisión (FFN). La red admite las señales de las K_p rutas de señal (por ejemplo, las $K/2$ rutas con LHP y $K/2$ con RHP) y proporciona las señales para cada uno de los elementos de alimentación L_{tx} . Cada señal de entrada desde una ruta se divide primero, mediante divisores 602, en copias idénticas L_{tx} , una para cada elemento de alimentación. A continuación, se realizan los "formadores de alimentación" en paralelo L_{tx} . Cada formador de alimentación puede incluir un sistema de circuitos de ajuste de amplitud y fase 604 y un sumador 606. El sistema de circuitos de ajuste de amplitud y fase 604 puede tomar una señal de entrada desde uno de los K_p divisores y proporcionar un ajuste de amplitud y fase. Las señales de amplitud L_{tx} y fase ajustadas se suman a continuación mediante el uso del sumador 606 para producir la señal para la transmisión en una alimentación.

El proceso de ajuste de la amplitud y fase de la señal se puede describir matemáticamente como la multiplicación de la representación compleja en banda base de la señal por un número complejo (por ejemplo, un peso complejo). Siendo representado el número complejo $w = I + jQ$, la magnitud de w es el ajuste de amplitud y la fase de w es el ajuste de fase. En la práctica, el ajuste de amplitud y fase puede realizarse de varias maneras (como se describió anteriormente con respecto a la FIG. 5). Los coeficientes primero y último utilizados para formar el haz de transmisión de la ruta 1 del satélite se muestran mediante la línea discontinua 608. Los coeficientes restantes no se muestran explícitamente en el ejemplo de la FIG. 6.

Como se describió anteriormente con respecto a la red de formación de haces de recepción, la FFN puede proveer valores de peso complejos dinámicos (cambiantes) y programables en cada uno de los K formadores de alimentación en la FFN. En la práctica, la FFN pueden tener también etapas de amplificación dentro de la estructura FFN para componer algunas o todas las pérdidas de inserción de los dispositivos usados para realizar las funciones FFN (por ejemplo, separación, ponderación, y combinación).

Procesador de peso de haces

La FIG. 7 muestra el diagrama de bloques 700 de ejemplo de un Procesador de peso de haces (BWP). Puede utilizarse un ordenador de placa única o múltiples 702 (o equivalente) para interactuar con un enlace de datos bidireccional (p. ej., el enlace de datos 416 (FIG. 4)) a una estación de control, que es de forma típica una estación terrena de control tal como una NOC. Generalmente, la NOC es diferente de la estación de Telemetría, Rastreo, y Control (TT&C), pero puede implementarse en la TT&C si se desea. Los pesos de haces pueden recibirse para todos los haces y todas las ranuras de tiempo. El ordenador 702, que puede incluir uno o más procesadores acoplados a una memoria, puede implementar un protocolo ARQ proporcionando datos de retroalimentación al transmisor del enlace de datos para la transmisión descendente a la estación de control. Los datos de retroalimentación pueden incluir una notificación de la recepción con éxito o no de los datos del enlace ascendente. Los datos del enlace ascendente pueden incluir, por ejemplo pesos de haces, tiempos de permanencia, ganancias de la ruta, comandos, y cualesquiera otros datos adecuados.

El hardware tanto del BWP o asociado puede proporcionar el almacenamiento en masa para una pluralidad de matrices de peso. Una matriz de peso puede incluir el conjunto de todos los vectores de peso utilizados para la transmisión y la recepción de todos los haces en una ranura de tiempo. Un vector de peso puede incluir el grupo de pesos complejos individuales L_{tx} o L_{rx} utilizados para crear un haz durante una ranura de tiempo. Por lo tanto, un vector de peso de transmisión incluye pesos de transmisión complejos individuales, mientras que un vector de peso de recepción incluye pesos de recepción complejos individuales. Las matrices de peso se calculan generalmente en la estación de control basándose en las ubicaciones del haz deseadas (por ejemplo, las ubicaciones deseadas de los haces de transmisión, los haces de recepción, o ambos) para cada ranura de tiempo en la trama de haces conmutables. Una trama de haces conmutables puede incluir una secuencia de ranuras de tiempo de haces conmutables, teniendo cada ranura de tiempo un tiempo de permanencia asociado. El tiempo de permanencia puede fijarse para todas las ranuras, o el tiempo de permanencia puede ser variable de ranura de tiempo a ranura de tiempo, cambiando potencialmente los tiempos de permanencia de trama a trama. En un ejemplo, un tiempo de permanencia puede ser la duración de un número variable de ranuras de tiempo, en donde cada ranura de tiempo es de duración fija. En otro ejemplo, un tiempo de permanencia puede ser la duración de una o más ranuras de tiempo, en donde las duraciones de las ranuras de tiempo varían.

En algunas realizaciones, un conjunto de pesos incluye el conjunto de todos los vectores de peso utilizados para la transmisión y la recepción de todos los haces en todas las ranuras de tiempo de una trama de haces conmutables. Adicional o alternativamente, una definición de la trama de haces conmutables puede incluir una lista enlazada de ranuras de tiempo de haces conmutables. En el planteamiento de lista enlazada, puede incorporarse fácilmente un tiempo de permanencia dinámico para cada ranura de tiempo en la lista enlazada. También se puede utilizar cualquier otra estructura de datos adecuada para las definiciones de trama. La definición de la trama de haces conmutables también puede incluir ganancias de la ruta para establecer un amplificador de canal de ganancia seleccionable para cada ruta, por ejemplo, como se ilustra en la FIG. 4.

En un satélite de ejemplo que utiliza el planteamiento de establecimiento del peso del haz, un número pequeño (por ejemplo, decenas) de conjuntos de pesos se puede precalcular y cargar en el BWP en el satélite. Estos conjuntos de pesos se pueden conmutar en funcionamiento en cualquier momento a través de un solo comando desde tierra que indique qué conjunto de pesos utilizar y en qué momento. Esto permite la conmutación de los conjuntos de pesos sin requerir que se suba una cantidad significativa de información al BWP. Por ejemplo, en algunas realizaciones, se precalculan, cargan y almacenan en el ordenador del BWP 24 conjuntos de pesos completos. Una vez a la hora (o con cualquier otro horario adecuado), se puede seleccionar un conjunto de pesos diferente para su utilización por el BWP a través del enlace de datos. Esto permite la asignación de cobertura y capacidad para el seguimiento, por ejemplo, de las variaciones horarias de la demanda en una base diaria o de 24 horas.

Un conjunto de pesos de haces puede incluir una cantidad significativa de datos. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un conjunto de pesos puede incluir datos correspondientes a elementos de alimentación $L_{tx} + L_{rx}$ (por ejemplo, 1024) x K rutas (por ejemplo, 80) x Q ranuras de tiempo (por ejemplo, 64) x el número de bits requerido por peso (por ejemplo, 12, 6 bits para I y 6 bits para Q). Por ejemplo, en la FIG. 7, esto suma hasta aproximadamente 16 MB de datos por conjunto de pesos. El enlace ascendente de datos y comandos al satélite de forma típica puede no ser muy rápido. Incluso en un enlace de datos a 1 Mbps, tardaría 128 segundos en cargar el conjunto de pesos de 16 MB. Así, la precarga previa de muchos conjuntos de pesos no en tiempo real puede ser más conveniente para ciertas aplicaciones.

Uno de los conjuntos de pesos almacenados en el BWP puede seleccionarse como un conjunto de pesos activo y utilizarse en la generación de los haces conmutables. Este conjunto de pesos activo puede almacenarse en la memoria 704, tal como en una RAM de puerto dual, que permite al ordenador 702 cargar el siguiente conjunto de pesos activo y alguna lógica externa para acceder dinámicamente a los vectores de peso individuales del conjunto de pesos activo actual. Los vectores de peso individuales del conjunto de pesos activo pueden enviarse entonces como pesos de haces en el momento adecuado bajo control de la lógica secuencial 706. Un ejemplo de lógica secuencial 706 puede incluir un contador de ranuras de tiempo 708 que se incrementa una vez por ranura de tiempo. El contador de las ranuras de tiempo 708 puede ser un contador de 6 bits simple en algunas realizaciones y puede manejar tramas con hasta $2^6 = 64$ ranuras de tiempo por trama. El valor del contador puede representar el número de ranuras (por ejemplo, 1...64) de la trama de haces conmutables. La lógica secuencial 706 toma la salida del contador de la ranura de tiempo 708 y puede

generar (1) las direcciones adecuadas para la memoria 704, (2) las direcciones para los fijadores en los módulos BFN, y (3) las señales de control para colocar los pesos de haces en el bus de datos. La lógica secuencial 706 puede cargar entonces estos datos en los fijadores adecuados en los módulos de formación de haces 710.

Dentro de los módulos de formación de haces 710, los datos se pueden enclavar doblemente para permitir que todos los pesos de los haces dentro de cada vector de pesos cambien al mismo tiempo. Esto puede asegurar la conmutación de todos los haces de modo síncrono dentro de los límites de la ranura de tiempo. Los datos pueden cargarse en el primer fijador basándose en las señales de habilitación, que se descodifican desde la dirección del fijador por el descodificador 712. A continuación, todos los datos pueden cargarse simultáneamente en los convertidores digital a analógico (D/A) de modo síncrono con una señal estroboscópica de la lógica secuencial. El estrobo se puede generar dentro de la lógica secuencial 706 para que ocurra al inicio de cada ranura de tiempo.

En el ejemplo de la FIG. 7, ciertos componentes se muestran dentro de los módulos BFN. Este planteamiento puede ser ventajoso ya que puede reducir o minimizar el número de conexiones entre el BWP y los módulos BFN, pero pueden utilizarse otras implementaciones posibles. Por ejemplo, las señales de interconexión pueden estar limitadas al bus de datos de 48 bits, el bus de dirección del fijador, más una línea estroboscópica. El bus de datos 48 bits puede permitir la carga de 4 pesos complejos en un tiempo (basado en 6 bits para I + 6 bits para Q x 4 pesos = 48 bits). En este ejemplo, hay un total de $L = 1024$ elementos de alimentación x $K = 80$ rutas x 2 (para Tx y Rx), para un total de 163.840 pesos complejos. La carga de 4 pesos complejos en un momento requiere 40.960 ubicaciones direccionables, o un bus de dirección de fijador de 16 bits dando lugar a un total de interconexión de $48 + 16 + 1 = 65$ líneas.

En algunas realizaciones, la dirección de descodificación, los fijadores y los D/A se incorporan en el BWP en sí. Esto puede simplificar los módulos BFN, pero aumentar significativamente el número requerido de interconexiones. Por ejemplo, usar $L = 1024$ elementos x $K = 80$ rutas x 2 (para Tx y Rx) x 2 (I y Q) = 327.680 líneas de tensión analógica (salida del D/A).

Satélite y rutas de ejemplo

La FIG. 8A muestra el subconjunto 800 de la carga útil de un satélite de $K = 4$ rutas. El flujo de señal instantánea (por ejemplo, una ranura de tiempo) para una ruta ilustrativa de ejemplo que transporta tráfico que se origina en Cleveland (haz designado 124) y que su destino es para Pittsburgh (haz designado 319) se muestra dentro de la línea discontinua 802. El Procesador de peso de Haces 804 establecerá los coeficientes mostrados en la FIG. 5 a los valores adecuados para enfocar los elementos LHP de la antena de recepción de matriz de fases sobre el área designada como el haz de Cleveland. Los terminales, ya sean concentradores o terminales de abonado, dentro del área de cobertura de recepción designada se emitirán a la frecuencia del enlace ascendente designada a través de una antena polarizada a la izquierda. La versión recibida de esta(s) señal(es) se enviará desde las BFN a la ruta 1 y a continuación irá a través de la ruta de procesamiento como se ha analizado anteriormente. La salida de la ruta 1 se introducirá a continuación en la red de formación de haces (alimentación). El Procesador de peso de Haces 804 configurará los coeficientes (como se muestra en la FIG. 6) a los valores adecuados para enfocar los elementos RHP de la antena de transmisión de matriz de fases en el área designada como el haz de Pittsburgh. Los terminales, ya sean concentradores o terminales de abonado, dentro del área de cobertura de transmisión designada se recibirán en la frecuencia del enlace descendente designada a través de una antena polarizada a la derecha.

Desde la perspectiva del satélite, las señales del enlace ascendente se reciben por el satélite desde los terminales de usuario o desde la puerta de enlace de transmisión ubicada en el área de cobertura de recepción del satélite. Las señales del enlace descendente se transmiten desde el satélite a los terminales de usuario de recepción o a las puertas de enlace de recepción ubicadas en el área de cobertura de transmisión del satélite. Desde la perspectiva de los equipos de tierra (por ejemplo, terminales de usuario y puertas de enlace), el área de cobertura de recepción y el área de cobertura de transmisión pueden invertirse.

La FIG. 8B muestra una tabla de configuración 810 de la configuración instantánea del satélite de ejemplo. Cada fila corresponde a una ruta. La columna 812 incluye el número de la ruta, 1...K. La columna 816 incluye

1. una designación única del haz de recepción del enlace ascendente, que puede ser una cadena alfanumérica
2. una 'flecha' alfanumérica para designar la dirección de desplazamiento de la señal
3. el haz de transmisión del enlace descendente correspondiente, que también puede ser una cadena alfanumérica

En estos ejemplos, las rutas pueden cruzar polarizaciones, de conformidad con la práctica industrial típica. La convención para los satélites de ejemplo en el presente documento es que las primeras K/2 rutas reciben haces del enlace ascendente con LHP y transmiten haces del enlace descendente con RHP, mientras que las segundas K/2 rutas reciben haces del enlace ascendente con RHP y transmiten haces del enlace descendente con LHP.

La FIG. 8C muestra un ejemplo de área de cobertura de la ranura de tiempo superpuesta sobre el mapa de áreas 820. Como se ha analizado previamente, la ruta 1 tiene un enlace ascendente polarizado a la izquierda desde

Cleveland y un enlace descendente polarizado a la derecha para Pittsburgh. El satélite se muestra para esta ruta, pero se omite para las otras tres rutas mostradas en esta figura. Por ejemplo, la ruta 3 tiene un enlace ascendente polarizado a la derecha de Washington, D.C. y un enlace descendente polarizado a la izquierda para Columbus y se indica con una línea recta en la figura.

En cualquier ranura de tiempo en la trama de haces conmutables, la capacidad directa en cada haz puede calcularse mediante la realización de un análisis del enlace que incluye las características del equipo en tierra. Al realizar un análisis de enlace estándar, se puede calcular la relación de portadora a ruido más interferencia de extremo a extremo, $E_s / (N_0 + I_0)$, para un punto particular en el haz. La relación de portadora a ruido de extremo a extremo, E_s / N_0 , incluye típicamente los efectos del ruido térmico, C/I, distorsión de intermodulación, y otros términos de interferencia tanto en el enlace ascendente como en el enlace descendente. Desde la $E_s / (N_0 + I_0)$ de extremo a extremo resultante, pueden seleccionarse la modulación y la codificación desde una biblioteca de forma de onda que maximiza la capacidad. Un ejemplo de una librería de forma de onda está contenida en la especificación DVB-S2, aunque se puede usar cualquier librería de forma de onda adecuada. La forma de onda seleccionada (modulación y codificación) da como resultado una eficiencia espectral, medida en bps/Hz, para ese punto específico en el haz.

Para la entrega de datos de emisión, la eficacia espectral se puede calcular en el punto más desventajoso dentro del haz (por ejemplo, en el peor presupuesto de enlace). Para el suministro de datos multidifusión, la eficacia espectral se puede calcular en la ubicación del usuario más desventajoso en el grupo multidifusión. Para el suministro de datos unidifusión, puede emplearse una Codificación y Modulación Adaptativa (ACM), en donde los datos suministrados a cada punto en el haz se codifican individualmente para ajustarse al presupuesto del enlace para ese punto particular en el haz. Este es también el caso con el estándar DVB-S2. Cuando se emplea ACM, la eficiencia espectral promedio es relevante. Como se describe en la Publicación de Solicitud de Patente de EE. UU. N.º 2009-0023384 para Mark J. Miller, presentada el 21 de julio de 2008, que se incorpora por referencia en la presente memoria en su totalidad, el promedio de la eficiencia espectral puede ser generado calculando el promedio ponderado de la eficiencia espectral para cada punto en el haz.

La capacidad del enlace en un haz puede calcularse entonces como el producto de la eficiencia espectral (bps/Hz) y el ancho de banda asignado en el haz. La capacidad total durante una ranura de tiempo en la trama de haces conmutables es la suma de capacidades de todos los haces que están activos durante esa ranura de tiempo. La capacidad total es el promedio de las capacidades de las tramas de haces conmutables individuales. Para maximizar la capacidad total, los pesos de haces se pueden fijar para todos los haces y todas las ranuras de tiempo para producir la mayor directividad de la antena. Los haces que se forman en la misma ranura de tiempo y usan la misma polarización y espectro deben espaciarse lo más posible para maximizar la relación C/I (y por ello minimizar la interferencia en otros haces). Bajo estos requerimientos, no es inusual que la eficiencia espectral de cada haz sea aproximadamente igual para todos los haces en todas las ranuras de tiempo. Bajo esta suposición, la capacidad directa del sistema puede aproximarse de conformidad con:

$$C_F = K_F \cdot \eta_{Hz} \cdot W \quad (1)$$

en donde η_{Hz} es la eficiencia espectral en bps/Hz, K_F es el número de haces directos, y W es el espectro asignado por haz. A partir de la ecuación (1), puede observarse que al aumentar cualquiera de los parámetros aumenta la capacidad.

La cantidad máxima de pares de haces que pueden estar activos en un instante, K_F , está esencialmente determinada por los presupuestos de masa y volumen del satélite. Las limitaciones de potencia en el satélite también pueden afectar al valor de K_F , pero las restricciones de volumen y masa generalmente son más limitativas.

La arquitectura de satélite descrita en la presente memoria es muy efectiva para maximizar η_{Hz} y W . Debido al pequeño tamaño de los haces, y al número relativamente pequeño de haces que pueden estar activos en un instante (debido al tamaño de carga útil, peso, y límites de potencia en K_F), todo el espectro asignado puede usarse dentro de cada haz con una interferencia mínima entre los haces. Para lograrlo, los haces de la misma polarización que están activos en la misma ranura de tiempo deben colocarse tan separados como sea posible. De forma alternativa, se podría usar sólo una fracción del espectro por haz con el fin de mejorar así la C/I, pero debido a la naturaleza de la conmutación de haces de la arquitectura presente esto puede dar como resultado una menor capacidad. Por ejemplo, supóngase que cada haz usa la mitad del espectro disponible, o $W/2$ Hz. Entonces en cualquier instante de tiempo, habría tantos como la mitad de los haces que comparten la frecuencia y presentan el potencial de interferencia. La C/I resultante aumentaría, incrementando por tanto ligeramente la eficiencia espectral, η_{Hz} , dado que C/I es solo uno de los muchos componentes en el presupuesto de extremo a extremo $E_s / (N_0 + I_0)$ y la eficiencia espectral generalmente varía según el logaritmo de la $E_s / (N_0 + I_0)$. Pero el ancho de banda por haz se reduce por un factor de 2, y como se esperaba, la capacidad total se reducirá, ya que el número de haces está limitado por el número de rutas de señal en la carga útil del satélite.

La eficacia espectral por haz es bastante alta mediante el uso de la presente arquitectura porque los haces activos pueden estar espaciados y la directividad de los haces puede ser grande. Lo primero es el resultado de las grandes áreas de cobertura, los pequeños tamaños del haz, y el número relativamente pequeño de haces que pueden estar activos en un instante. Lo último es un resultado de los pequeños tamaños del haz.

En algunas realizaciones, también puede ser deseable aumentar la eficiencia espectral de un haz reduciendo el área de cobertura de un haz con respecto a su diámetro del haz. Típicamente, el área de cobertura en los sistemas de haz de puntos puede extenderse hacia los límites de -3 dB de un haz o más allá. Algunos sistemas extienden el área de cobertura fuera de los límites de -6 dB. Estas regiones de límite bajo son indeseables por muchas razones. En primer lugar, pueden reducir el E_s/N_0 del enlace descendente y reducir el C/I del enlace descendente. La reducida C/I es el resultado de la señal reducida de energía (C) y el aumento de interferencia (I) como las localizaciones en el borde de un haz están más cerca de otros haces. Al calcular la capacidad promedio ponderada (por ejemplo, para el suministro de datos en unidifusión) o el límite de la capacidad del haz (por ejemplo, para el suministro de datos de emisión), esta gran caída de la antenna en el borde del haz puede reducir la capacidad. De conformidad con la presente arquitectura, sin embargo, el área de cobertura del haz podrá limitarse a regiones dentro del haz en las que la caída de la antenna es mucho menor, tal como aproximadamente -1,5 dB. Esto puede aumentar la eficacia espectral ya que no hay ubicaciones en el haz en los niveles -3 a -6 dB con respecto al centro del haz. El área de cobertura del haz puede ser más pequeña, sin embargo, pero esto se compensa por conmutaciones a más áreas dentro de la trama de haces conmutables (por ejemplo, aumentando el número de ranuras de tiempo por trama).

La capacidad de enlace puede mejorarse mediante:

- El uso de un espectro completo asignado por haz.
- Uso de pequeños haces dando como resultado una alta directividad del haz y gran E_s/N_0 del enlace ascendente y finalmente mejor eficiencia espectral del enlace de retorno.
- Las áreas grandes de servicio realizadas por haces pequeños saltando alrededor en una trama de haces conmutables con muchas ranuras por trama da como resultado un número relativamente pequeño de haces activos en un instante y la dispersión sobre un área de servicio grande. Por lo tanto, los haces pueden alejarse dando como resultado altos valores de C/I que conducen a una eficiencia espectral más alta.
- Definir áreas de cobertura del haz más pequeñas de manera que el borde de caída del haz sea relativamente pequeño, tal como aproximadamente -1,5 dB. Esto aumenta el promedio de la eficiencia espectral, y la capacidad por haz, cuando las ubicaciones del haz de caída relativamente alta que degradan tanto el C/I como el E_s/N_0 del enlace descendente se han eliminado.

La FIG. 9 muestra un proceso ilustrativo 900 para el soporte de comunicación vía satélite de conformidad con la presente invención. El proceso ilustrativo 900 corresponde a una ruta (tal como la ruta mostrada dentro de la línea discontinua 802 de la FIG. 8A), que puede dar servicio a un enlace directo y/o de retorno de un sistema de comunicación vía satélite radial, tal como el sistema de comunicaciones vía satélite 100 (FIG. 1). Debería entenderse que en aplicaciones prácticas, un gran número de estas rutas estará activo durante un único tiempo de permanencia en la ranura de tiempo, y por lo tanto un gran número correspondiente de estos procesos estará operando en paralelo.

En la etapa 902 de la FIG. 9, se selecciona una trama actual. Por ejemplo, el procesador de peso de haces 414 (FIG. 4) puede recibir uno o más conjuntos de pesos precalculados a través del enlace de datos 416 (FIG. 4). La trama seleccionada en la etapa 902 incluirá una o más definiciones de ranuras de tiempo y una o más matrices de peso. Por ejemplo, el procesador de peso de haces 414 (FIG. 4) o el hardware asociado puede proporcionar el almacenamiento en masa para una pluralidad de definiciones de ranuras de tiempo de haces conmutables y una pluralidad de matrices de peso. Una matriz de peso puede incluir el conjunto de todos los vectores de peso complejos utilizados para la transmisión y la recepción de todos los haces en una ranura de tiempo. Un vector de peso puede incluir el grupo de pesos complejos individuales $L_{tx} + L_{rx}$ utilizados por una matriz de fases para crear un haz durante una ranura de tiempo. Una definición de ranura de tiempo de haces conmutables puede incluir el conjunto de todas las ganancias de ruta de todos los haces en una ranura de tiempo y puede especificar todos los tiempos de permanencia asociados con la ranura de tiempo.

En la etapa 904, se seleccionan para la trama actual una primera definición de ranura de tiempo y una primera matriz de pesos. Por ejemplo, la lógica secuencial 706 (FIG. 7) del procesador de peso de haces 700 (FIG. 7) puede incluir un contador para seleccionar una ranura de tiempo. Definiciones y/o ranura de temporización matrices de peso también puede incluir los datos de localización utilizado para crear uno o más haces recibir, transmitir una o más haces, o ambos. Por ejemplo, los datos de ubicación pueden incluir el conjunto de todos los vectores de peso complejos usados para generar los haces activos para la ranura de tiempo.

En la etapa 906, se realiza una determinación de si la comunicación es parte de un enlace directo o un enlace de retorno. Como se explicó anteriormente, en un sistema radial, una puerta de enlace (por ejemplo, la puerta de enlace 115 de la FIG. 1) puede comunicarse con los terminales del usuario (por ejemplo, los terminales del usuario 130 de la FIG. 1) utilizando enlaces descendentes (por ejemplo, directos), mientras los terminales de usuario (por ejemplo, los terminales de usuario 130 de la FIG. 1) pueden comunicarse con una puerta de enlace (por ejemplo, la puerta de enlace 115 de la FIG. 1) utilizando enlaces ascendentes (por ejemplo, de retorno). La puerta de enlace da servicio a sus propios enlaces ascendentes y descendentes a y desde un satélite (por ejemplo, el satélite 105 de la FIG. 1). La puerta de enlace también puede programar el tráfico a y desde los terminales de usuario. De forma alternativa, la programación puede realizarse en otras partes del sistema de comunicaciones vía satélite (por ejemplo, en uno o más

centros de operaciones de la red (NOC) y/o centros de mando de la puerta de enlace). Por ejemplo, en algunas realizaciones, los ajustes de ganancia incluidos en la definición de trama (por ejemplo, como parte de cada definición de ranura de tiempo) pueden utilizarse para determinar si una comunicación es un enlace directo o un enlace de retorno.

5 Si, en la etapa 906, se está procesando un enlace directo, después en la etapa 908 la ganancia para la ruta puede ajustarse, si es necesario, para soportar un enlace directo. Por ejemplo, un amplificador de canal de ganancia seleccionable puede proporcionar la configuración de ganancia para la ruta en uso, como se muestra en la FIG. 4. La configuración de la ganancia puede determinarse a partir de la primera definición de ranura de tiempo. En la etapa 910, se crea una señal de haz de recepción durante la duración del tiempo de permanencia en la ranura de tiempo. Por ejemplo, una matriz de fases de recepción basada en satélite que incluye una red de formación de haces de recepción (por ejemplo, BFN 410 de la FIG. 4) puede configurarse para crear uno o más haces de satélite de recepción durante la duración del tiempo de permanencia en la ranura de tiempo. Los haces de recepción se pueden usar para recibir una o más señales multiplexadas (por ejemplo, una señal multiplexada de una puerta de enlace, tal como la compuerta 115 (FIG. 1)) destinados a una pluralidad de terminales. Por ejemplo, la señal multiplexada puede destinarse a los terminales de usuario 130 (FIG. 1). Al menos algunas de las señales componentes individuales de la señal multiplexada pueden diferir en contenido, por ejemplo, si se destinan a diferentes terminales de usuario. La señal multiplexada puede ser multiplexada utilizando cualquier esquema de multiplexado adecuado, incluyendo, por ejemplo, MF-TDM, TDM, FDM, OFDM, y CDM. En general, se usa TDM para simplificar.

20 Si, en la etapa 906, se está procesando un enlace de retorno, después en la etapa 912 la ganancia puede ajustarse, si es necesario, para soportar un enlace de retorno. Por ejemplo, un amplificador de canal de ganancia seleccionable puede proporcionar ajustes de ganancia independientes para la ruta en uso, como se muestra en la FIG. 4. La configuración de la ganancia puede determinarse a partir de la primera definición de ranura de tiempo. En la etapa 914, se crea una señal de haz de recepción durante la duración del tiempo de permanencia en la ranura de tiempo. Por ejemplo, una matriz de fases de recepción basada en satélite que incluye una red de formación de haces de recepción (por ejemplo, BFN 410 de la FIG. 4) puede configurarse para crear uno o más haces de satélite de recepción durante la duración del tiempo de permanencia en la ranura de tiempo. El haz de recepción se usa para recibir una o más señales compuestas de acceso múltiple (por ejemplo, una señal compuesta derivada de una pluralidad de terminales, tales como los terminales de usuario 130 (FIG. 1)) destinadas a una puerta de enlace (por ejemplo, la puerta de enlace 115 (FIG. 1)). La señal compuesta de acceso múltiple puede formarse usando cualquier esquema de acceso múltiple adecuado, incluyendo, por ejemplo, MF-TDMA, TDMA, FDMA, OFDMA, y CDMA. Los accesos múltiples durante el período de la ranura pueden ser todos aleatorios, todas las transmisiones programadas, o una mezcla de acceso aleatorio y transmisiones programadas.

35 En la etapa 916, una matriz de fases de transmisión basada en satélite que incluye una red de formación de haces de transmisión (por ejemplo, BFN 412 de la FIG. 4) se configura para generar una señal de haz de transmisión durante la duración del tiempo de permanencia en la ranura de tiempo. La señal del haz de transmisión se deriva de la señal compuesta multiplexada o de acceso múltiple recibida con el uso de una ruta de tubo doblado en el satélite. Por ejemplo, puede realizarse uno o más de entre conversión de frecuencia, filtrado, y amplificación de ganancia seleccionable en la señal recibida para crear la señal de transmisión.

En la etapa 918, el período de permanencia en la ranura de tiempo ha pasado y se realiza una determinación de si existen ranuras de tiempo adicionales a procesar en la definición de la trama. Por ejemplo, la lógica secuencial 706 (FIG. 7) puede ser instruida para mover en bucle automáticamente las ranuras de tiempo incluidas en una definición de trama a la conclusión de cada trama. Como se ha descrito anteriormente, las definiciones y los conjuntos de pesos pueden variar con el tiempo y ajustarse dinámicamente localmente en el satélite (por ejemplo, por la lógica secuencial 706 (FIG. 7) u ordenador 702 (FIG. 7), o remotamente en una instalación de tierra que usa el enlace de datos 416 (FIG. 4)). Si, en la etapa 918, hay más ranuras de tiempo para procesar, a continuación en el paso 920 puede seleccionarse la siguiente ranura de tiempo para su procesamiento. Por ejemplo, puede seleccionarse una nueva ranura de tiempo inmediatamente después de que haya transcurrido el tiempo de permanencia en la ranura de tiempo de la ranura de tiempo seleccionada en la etapa 904. En la práctica, pueden cargarse múltiples definiciones de ranuras de tiempo y múltiples conjuntos de pesos en la memoria 704 (Fig. 7) del BWP 700 (FIG. 7) y puede accederse a las definiciones de ranuras de tiempo y matrices de peso siguiendo un puntero, por ejemplo, de una lista relacionada u otra estructura de datos. El proceso ilustrativo 900 puede entonces volver a la etapa 906 para crear nuevas señales del haz de recepción y generar nuevas señales del haz de transmisión para el nuevo tiempo de permanencia en la ranura de tiempo. Si, en la etapa 918, se determina que no hay más ranuras de tiempo que procesar en la trama, entonces en la etapa 919 se realiza la determinación de si se ha recibido o no una nueva definición de trama o un nuevo conjunto de pesos. Por ejemplo, puede haberse recibido un comando para cambiar las definiciones de trama y/o conjuntos de pesos (por ejemplo, desde el ordenador 702 (FIG. 7) o desde un programador remoto) o puede haberse cargado en el satélite una nueva definición de trama y/o un nuevo conjunto de pesos. Si, en la etapa 919, no se ha recibido ni una nueva definición de trama ni un nuevo conjunto de pesos, entonces puede procesarse de nuevo la trama actual (por ejemplo, se repite automáticamente). Si se ha recibido una nueva definición de trama o un nuevo conjunto de pesos, se puede seleccionar para su procesamiento esta nueva definición de trama o este nuevo conjunto de pesos.

65 Como ejemplo de la alta capacidad ofrecida, considérese un sistema con los siguientes parámetros:

- Un reflector de 5,2 m en satélite con una potencia 15 kW disponible para su uso por la carga útil.
 - Operación en la banda Ka con un espectro asignado de 1,5 GHz en cada una de 2 polarizaciones.
- 5 • Las restricciones de volumen de carga útil y de masa soportan hasta 100 rutas, cada una de 1,5 GHz de ancho (usando todo el espectro en una polarización), activas en un instante. Suponiendo que se usan 50 rutas para tráfico directo y 50 rutas para el tráfico de retorno, conduciendo a un total de $50 \times 1,5 \text{ GHz} = 75 \text{ GHz}$ de espectro en cada dirección.
- 10 • Un terminal de usuario de 75 cm. Para grandes separaciones del haz (área de cobertura grande), el presupuesto del enlace directo resultante soporta una eficiencia espectral de aproximadamente 3 bps/Hz dando como resultado aproximadamente 225 Gbps de capacidad directa
- El presupuesto del enlace de retorno soporta 1,8 bps/Hz dando como resultado 135 Gbps de capacidad del enlace de retorno. La capacidad total es de aproximadamente 360 Gbps.

15 Asignación flexible entre la capacidad directa y de retorno

Como se muestra en la Figura 4, el satélite contiene K conjuntos genéricos de rutas. Cada ruta consiste en un haz de recepción formado y un haz de transmisión formado que se interconectan mediante una ruta electrónica que consiste normalmente en filtros, un convertidor reductor, y amplificadores. De conformidad con una realización de la presente invención que emplea una arquitectura del sistema radial, estas K rutas se pueden usar para asignar de manera flexible y programable la capacidad entre la dirección directa (puerta de enlace a terminales de usuario) y la dirección de retorno (terminales de usuario a puerta de enlace). La asignación es flexible ya que los recursos totales pueden dividirse entre directo y retorno en cualquier proporción deseada que dé como resultado cualquier relación deseada entre la capacidad del canal directo y de retorno. Las asignaciones son programables porque la división de los recursos se puede alterar en cada trama, cambiando así rápidamente la relación entre la capacidad directa y de retorno. Esto es particularmente útil para cambiar la asignación de capacidad directa/de retorno para acomodar nuevas aplicaciones y en evolución utilizando transferencia de datos/información sobre un sistema de satélite.

30 La asignación flexible de la capacidad se logra mediante una asignación flexible de recursos en la arquitectura satelital. Los recursos de interés en este caso son el número de rutas físicas en el satélite y las fracciones de tiempo en cada trama de haces conmutables. Se presentan dos planteamientos para la asignación de capacidad flexible. El planteamiento 1 asigna de manera flexible los recursos de tiempo, mientras que el planteamiento 2 asigna de manera flexible los recursos de hardware.

35 Planteamiento 1: Asignación flexible de recursos de tiempo

En este planteamiento, se asigna a una o más rutas para su uso en la dirección directa una fracción del tiempo, α_F . El resto del tiempo ($1 - \alpha_F$) se usa para el tráfico de retorno. Supóngase que hay Q ranuras de tiempo de longitud fija en la trama de haces conmutables. Entonces para $Q_F \approx \alpha_F Q$ de las Q ranuras de tiempo la ruta se configura para el tráfico directo. Alternativamente, las ranuras de tiempo directo y las ranuras de tiempo de retorno pueden variar en longitud por la misma relación, aunque los ejemplos que siguen se limitarán al caso de ranuras de tiempo de longitud fija.

45 Configurado para tráfico directo significa que el haz de Rx utiliza un vector de peso que tiene el haz apuntado a un emplazamiento de puerta de enlace, el haz de transmisión utiliza un vector de peso que tiene el haz apuntado a un área de servicio del usuario, y el amplificador de canal asociado con la ruta se ajusta para obtener una ganancia neta del satélite que sea consistente con el canal directo. Configurado para tráfico de retorno significa que el haz de Rx utiliza un vector de peso que tiene el haz apuntado a un área de servicio del usuario, el haz de transmisión utiliza un vector de peso que tiene el haz apuntado a emplazamiento de puerta de enlace, y el amplificador de canal asociado con la ruta se ajusta para obtener una ganancia neta del satélite que sea consistente con el canal de retorno.

En muchas, si no la mayoría, de las aplicaciones radiales los tamaños del terminal de usuario y del terminal de la puerta de enlace son bastante diferentes. A modo de ejemplo, el terminal de la puerta de enlace podría ser de 7 m de diámetro con 100 vatios de capacidad de potencia de salida en el HPA detrás de él y el terminal de usuario puede ser menor de 1 m de diámetro con sólo varios vatios de capacidad de salida potencia en el HPA detrás de él. En tales escenarios, es común que la ganancia electrónica neta deseada del satélite sea diferente en dirección directa respecto a la dirección de retorno. Por lo tanto, en general, el amplificador de canal en una ruta necesita configurarse para obtener diferentes ganancias en las direcciones directa y de retorno.

60 En un ejemplo extremo, sea $Q_F=Q$ para todas las rutas. El resultado es un sistema de Solo Enlace Directo (FLO) en el cual se asigna toda la capacidad al enlace directo y no se asigna capacidad al enlace de retorno. Esto es útil para un sistema de emisión de medios. Sin embargo, el mismo satélite se puede configurar (mediante la carga de un conjunto de pesos de haces y conjunto de ganancias del amplificador diferentes) para asignar el 75 % (por ejemplo) de las ranuras de tiempo para transmisión directa y el 25 % para la transmisión de retorno. Esto daría como resultado una capacidad en la dirección directa del 75 % del FLO de ejemplo y una capacidad de retorno del 25 % del máximo de lo que podría lograrse. En general, sea $C_{F_máx}$ la capacidad del canal directo con todas

las ranuras de tiempo asignadas a la dirección directa y sea $C_{R_m\acute{a}x}$ la capacidad del canal de retorno con todas las ranuras de tiempo asignadas a la dirección de retorno. Entonces para Q_F asignaciones de ranura de tiempo directa y $Q_R = Q - Q_F$ asignaciones de ranura de tiempo del canal de retorno, la capacidad directa y de retorno es

$$C_F = \frac{Q_F}{Q} \cdot C_{F_m\acute{a}x} \quad y \quad (2)$$

$$C_R = \left(1 - \frac{Q_F}{Q}\right) \cdot C_{R_m\acute{a}x}$$

en donde Q_F puede asumir cualquier valor de 0 (todo tráfico de retorno) a Q (todo tráfico directo). Es claro a partir de (2) que la asignación de capacidad entre directo y de retorno puede adoptar cualquier proporción arbitraria limitada solamente por el valor de Q , el número de ranuras de tiempo por trama de haces conmutables. Para tamaños razonables de Q , tales como $Q = 64$, esta limitación no es muy limitativa dado que permite la asignación de capacidad en incrementos de $1/64$ del valor máximo.

En este planteamiento, todas las K rutas se usan exclusivamente para el tráfico directo o exclusivamente para el tráfico de retorno en cualquier instante de tiempo. Los requisitos para el número total de localizaciones de GW se pueden determinar de la siguiente manera. Sea que hay K rutas cada una utilizando W Hz de espectro en una única polarización. Además, debe haber N_{GW} sitios de puerta de enlace, cada uno capaz de usar W Hz del espectro en cada una de las dos polarizaciones. En cualquier instante, el espectro del enlace de usuario total es KW Hz, que se está usando para transmisiones tanto en el enlace directo como en el enlace de retorno (pero nunca en ambos). El espectro del enlace de alimentación total utilizado en cualquier instante dado es $2N_{GW}W$, que se usa también para o bien la transmisión del enlace directo o bien la transmisión del enlace de retorno, pero nunca en ambos. La igualación de las dos cantidades de espectro da como resultado el número requerido de puertas de enlace, $N_{GW}=K/2$.

Este planteamiento es ineficiente ya que una puerta de enlace no está transmitiendo y recibiendo el 100 % del tiempo. La fracción de tiempo que emplea la puerta de enlace en transmitir añadido a la fracción de tiempo que emplea la puerta de enlace en recibir es igual a 1. Sin embargo, una puerta de enlace podría tanto transmitir como recibir el 100 % del tiempo y por lo tanto es ineficiente e infrautilizada.

Este planteamiento se dice que está sincronizado, como se ilustra en la Figura 12A que muestra una asignación 50 %-50 % de tiempo de recursos entre el enlace directo y de retorno para cada ruta.

Las rutas se sincronizan porque todas ellas dan servicio al enlace directo en algunos momentos y todas dan servicio al enlace de retorno en otros momentos. Como puede verse en la figura, el total del espectro del enlace de alimentación usado es siempre KW Hz, y siempre es o bien todo el espectro del enlace directo o todo el espectro del enlace de retorno. Tal como se ha explicado anteriormente, este sistema sincronizado requiere $K/2$ puertas de enlace.

La Figura 12B muestra un ejemplo de sistema de asignación de tiempo sincronizado sobre una demostración de 8 rutas de satélite con 8 haces de usuario y 4 puertas de enlace. En la ranura 1, Figura 12B, las cuatro puertas de enlace GW1, GW2, GW3 y GW4 están transmitiendo a haces B1-B8 como se muestra en la tabla de configuración de ranuras. Por debajo de las ranuras, se detalla el uso de la ruta (PW) de la ranura. En la ranura 1, se usan todas las 8 rutas para enlaces directos, de ahí la entrada 8F. En la ranura 2, los terminales en todos los haces se transmiten a sus respectivas puertas de enlace, de modo que el uso de las rutas se denota como 8R. A la derecha de la tabla, se enumera el uso de ranuras para cada ruta. Para todas las rutas, la primera ranura es directa y la segunda ranura es de retorno, de tal manera que cada entrada de uso de ranura es FR.

En este ejemplo, las puertas de enlace pueden ser autónomas entre sí, aunque de forma equivalente la puerta de enlace de transmisión a un haz de usuario podría ser diferente de la puerta de enlace de recepción para ese haz de usuario. En ese caso, sería necesario que las puertas de enlace cooperaran para proporcionar una comunicación bidireccional coherente a y desde los terminales de usuario. Debe mencionarse que en todos estos casos sincronizados, podrían desplegarse terminales de usuario semidúplex (transmitir y recibir en tiempos diferentes), dado que todos los haces de usuario pueden programarse de modo que el terminal de usuario transmita en ranuras que no se superpongan con ranuras de recepción correspondientes.

El planteamiento puede mejorarse al intercalar las asignaciones de tiempo directo y de retorno como se muestra en la Figura 13A. Las asignaciones de tiempo directa y de retorno para cada ruta se estructuran de modo que en cualquier instante de tiempo, la mitad de las rutas se usen para tráfico directo y la mitad se usen para tráfico de retorno. Esto da como resultado que el requisito de espectro de enlace de alimentación total en cualquier instante de tiempo sea el mismo (KW Hz), pero se dividen uniformemente entre el enlace directo y el enlace de retorno. Dado que una puerta de enlace tiene $2W$ Hz del espectro para usar en la dirección directa y $2W$ Hz para usar en la dirección de retorno, el número total

de puertas de enlace requerido es de $K/4$. Esto es la mitad del número de puertas de enlace que se requería cuando se sincronizan las asignaciones de tiempo directo y de retorno, y por ello es la forma preferida de operación.

La Figura 13B muestra un ejemplo de asignación de tiempo 50 %-50 % similar para 8 rutas de satélite y 8 haces de usuario como en la Figura 12B. Ahora, sin embargo, se requieren sólo dos puertas de enlace, GW1 y GW2. En la Figura 13B, GW1 está transmitiendo con LHP a B1 (que lo recibe con RHP) y transmitiendo con RHP a B2 (que lo recibe con LHP). Debido a la polarización separada, no existe una interferencia de señal entre los haces, aun cuando estén físicamente adyacentes y podrían incluso superponerse parcial o totalmente. En el mismo tiempo exacto (durante esa primera ranura en el tiempo), los terminales en B7 y B8 están transmitiendo a GW1. También durante esta primera ranura de tiempo de la Figura 13B, GW2 está transmitiendo a B3 y B4, mientras que B5 y B6 están transmitiendo a GW2. En la segunda ranura, como en la Figura 12B, las direcciones se invierten respecto a las de la ranura 1. Comparando la Figura 13B con la Figura 12B, puede observarse que cada haz de usuario tiene exactamente el mismo número de oportunidades de transmisión y de recepción. Debe mencionarse que en este caso específico, se podrían desplegar terminales de usuario semidúplex, ya que los haces de usuario se programan de manera que las ranuras de transmisión del terminal de usuario no se superpongan con las ranuras de recepción correspondientes. Podría usarse un horario diferente que lograría también el 50 %-50 % de asignación de tiempo, pero con superposición de la ranura de transmisión y recepción del haz de usuario, posiblemente requiriendo que los terminales de usuario operen en dúplex completo, donde podrían transmitir y recibir al mismo tiempo.

En este ejemplo, de nuevo las puertas de enlace podrían ser autónomas entre sí, dado que cada haz de usuario tiene una única puerta de enlace tanto para sus transmisiones directas (al haz de usuario) como de retorno (a la puerta de enlace). También de forma equivalente al escenario de la Figura 12B, la puerta de enlace de transmisión a un haz de usuario podría ser diferente de la puerta de enlace de recepción para ese haz. En ese caso, sería necesario que las puertas de enlace cooperaran para proporcionar una comunicación bidireccional coherente a y desde los terminales de usuario.

El ejemplo mostrado en la Figuras 13A-B empleó 50 %-50 % de asignación de recursos de tiempo. El ejemplo de la Figura 14A muestra un planteamiento de asignación de tiempo intercalado para una asignación de tiempo 75 %-25 % entre el tráfico directo y de retorno. En este ejemplo, el 75 % de las rutas se usan para el tráfico directo en cada instante de tiempo. El 25 % restante se usa para el tráfico de retorno. Cada ruta individual también se usa para tráfico directo durante el 75 % de la trama de haces conmutables y el tráfico de retorno durante el 25 % de la trama de haces conmutables. El resultado es que en cualquier y cada instante de tiempo, el ancho de banda utilizado para el tráfico directo es $3KW/4$ y el ancho de banda usado para el tráfico de retorno es $KW/4$. Puesto que cada puerta de enlace puede usar $2W$ Hz de ancho de banda para el tráfico directo y $2W$ Hz de ancho de banda para el tráfico de retorno, el número total de puertas de enlace requerido es de $3K/8$ y está limitado por la utilización de ancho de banda del enlace directo. Este número es aún más pequeño que el valor $K/2$ requerido para el planteamiento sincronizado para una asignación de recursos de tiempo 50 %-50 %, como se muestra en las Figuras 12A-B.

La Figura 14B muestra 4 ranuras de tiempo de un sistema de ejemplo que incluye los ocho haces de usuario y cuatro puertas de enlace de la Figura 12B. Como en ese ejemplo, las puertas de enlace transmiten o reciben durante cada ranura, pero nunca transmiten y reciben en la misma ranura. El resumen de uso en la parte inferior de la tabla de configuración muestra que cada ranura tiene 6 rutas directas (puerta de enlace-usuario) y 2 rutas de retorno (usuario-puerta de enlace).

En la primera ranura, los terminales de usuario en B1 y B2 transmiten a GW1, mientras que todos los otros terminales de usuario reciben. En la segunda ranura, los terminales de usuario B7 y B8 transmiten, mientras que los otros reciben. En la tercera ranura, los terminales de usuario B3 y B4 son los únicos para transmitir, mientras que en la cuarta ranura, los terminales de usuario en B5 y B6 son los únicos transmisores. La tabulación de las ranuras confirmará que cada haz de usuario tiene 3 rutas directas desde una única puerta de enlace al haz, y una ruta de retorno desde el haz de usuario a la misma puerta de enlace. En este caso, se utilizan $K/2=4$ puertas de enlace, aunque el número mínimo de puertas de enlace es de $3K/8=3$ puertas de enlace.

Si se asignara el 100 % del tráfico al enlace directo, se usarían todas las rutas para el tráfico directo el 100 % del tiempo. Esto daría como resultado que el total del espectro directo de KW Hz y el número requerido de puertas de enlace sería $K/2$, el mismo número que en el planteamiento sincronizado.

En el caso general, cada ruta se asigna para ser una ruta directa durante una fracción α_F del tiempo en la trama de haces conmutables. Las asignaciones están intercaladas con el objetivo de tener una fracción α_F de las K rutas totales funcionando como trayectos directos en cada instante de tiempo. El resto, $K(1-\alpha_F)$, funcionaría como rutas del enlace de retorno. En cada instante de tiempo, el espectro de enlace directo requerido es $KW \alpha_F$ y el espectro de enlace de retorno requerido es $KW (1-\alpha_F)$. Por lo tanto el número total de puertas de enlace requerido es de $N_{GW}=\text{Max}(\alpha_F, 1-\alpha_F)K/2$. Debe mencionarse que esto puede requerir coordinación entre las puertas de enlace.

Planteamiento 2: Asignación flexible de recursos de hardware

En este planteamiento, cualquier ruta simple está o bien dedicada totalmente (todas las ranuras de tiempo en la trama de haces conmutables) a la transmisión del enlace directo o bien dedicada totalmente a las transmisiones

del enlace de retorno. Lo que es flexible es el número de rutas que se dedican a rutas directas y el número de rutas que se dedican a rutas de retorno. Esto se ilustra en la Figura 15A para una asignación de ejemplo del 75 % de las rutas a los enlaces directos y el 25 % a enlaces de retorno.

La figura 15B muestra las ranuras de tiempo para una asignación de rutas del 75 %-25 % de 4 tramas de ranura para el ejemplo de 8 rutas del sistema de comunicación vía satélite como se ha analizado anteriormente. Aquí, las rutas se identifican mediante el número en la vista del mapa. La ruta 1 (LHP→RHP) y la ruta 5 (RHP→LHP) se dedican al tráfico de retorno, mientras que las rutas restantes se dedican al tráfico directo.

En la ranura 1, GW1 recibe datos de los haces de usuario B1 y B2, mientras que las tres puertas de enlace transmiten a los restantes haces de usuario. En la ranura 2, B3 y B4 transmiten a GW1, mientras que las tres puertas de enlace transmiten a los haces de usuario restantes. En la ranura 3, B5 y B6 transmiten a GW1, mientras que las tres puertas de enlace transmiten a los haces de usuario restantes. En la ranura 4, B7 y B8 transmiten a GW1, mientras que las tres puertas de enlace transmiten a los haces de usuario restantes.

Considérese una polarización de este sistema de dos polos de ejemplo. Aún tenemos tres puertas de enlace, GW1 – GW3 (cada una de ellas operando en una de las dos polaridades disponibles), pero ahora solo se consideran los haces de usuario B1 – B4 y rutas 1-4. Hay aún 4 ranuras por trama y por lo tanto 4 rutas x 4 ranuras = 16 ranuras totales disponibles. Se ha asignado el 75 % (12) de estas ranuras al tráfico directo y el 25 % (4) de estas ranuras al tráfico de retorno. Las 4 ranuras de retorno llenan toda la trama exactamente. Las 12 ranuras directas necesitan distribuirse a través de los 4 haces de usuario, de modo que cada haz de usuario tenga 3 ranuras. Estas mismas 12 ranuras directas, sin embargo, necesitan distribuirse a través de 3 puertas de enlace, de manera que cada puerta de enlace debe llenar 4 ranuras directas. Por lo tanto, no puede haber una asignación de correspondencia unívoca entre puertas de enlace y haces de usuario de manera que todo el tráfico para cualquier haz de usuario pase a través de la misma puerta de enlace.

La cuidadosa atención prestada al número de haces, ranuras, puertas de enlace y rutas puede proporcionar flexibilidad en la asignación de puertas de enlace a haces de usuario. Las Figuras 15C-E muestran dos realizaciones de ejemplo más de una asignación flexible de recursos de hardware. En este caso, existen 6 haces de usuario que requieren una asignación de rutas del 75 %-25 % en el ejemplo de 8 rutas de satélite, 3 puertas de enlace del sistema de comunicación como se ha analizado previamente. Debido a que sólo hay 6 haces de usuario B1-B6, sólo se requieren 3 ranuras de tiempo. Los terminales de usuario generalmente funcionarán en modo dúplex completo (recepción y transmisión simultáneas) durante sus ranuras de tiempo de haces conmutables activas. Ahora hay 4 rutas x 3 ranuras = 12 ranuras a ser asignadas por polaridad. El 75 % de 12 (9) ranuras se usan para el tráfico directo, mientras que el 25 % de 12 (3) ranuras se usan para el tráfico de retorno. Las 3 ranuras de retorno llenan nuevamente una trama, que corresponde a la ruta asignada al tráfico de retorno por polaridad. Ahora, sin embargo, las 9 ranuras directas (3 por ruta) por polaridad se pueden dividir de modo que haya exactamente 3 ranuras por puerta de enlace y 3 ranuras por haz de usuario, permitiendo de este modo una asignación de correspondencia unívoca entre los haces de usuario y las puertas de enlace.

En las figuras 15C y 15D, se representan ambas polaridades. Las rutas directas 2-4 y 6-8 se dedican cada una a una única puerta de enlace: las rutas 2 y 6 (para las dos polaridades) para la puerta de enlace 2, las rutas 3 y 7 para la puerta de enlace 3 y las rutas 4 y 8 para la puerta de enlace 1. En la Figura 15C, las rutas de retorno se comparten entre las tres puertas de enlace de modo que cada puerta de enlace recibe desde los mismos haces a los que transmite, implementando así una asignación de correspondencia unívoca entre los haces de usuario y las puertas de enlace que les prestan servicio. De forma alternativa, en la Figura 15D, las rutas de retorno están todas dirigidas a la puerta de enlace 1. En este caso, la puerta de enlace 1 se considera una puerta de enlace de recepción compartida y las puertas de enlace 2 y 3 pueden funcionar en semidúplex solamente como transmisión. En esta realización de puerta de enlace de recepción compartida, un número de puertas de enlace transmiten a un número de terminales de usuario, aunque esos terminales de usuario solamente transmiten (si es que transmiten algo) a una única puerta de enlace, típicamente una de las puertas de enlace de transmisión. La Figura 15E muestra la primera ranura de tiempo del sistema de o bien 15C o bien 15D, ya que es la misma en ambos casos.

La puerta de enlace de recepción compartida puede tener utilidad, por ejemplo, si hay terminales de usuario que transmiten solicitudes de información que está situada en una puerta de enlace, o si una puerta de enlace es la interfaz entre la red en tierra de puertas de enlace y una red externa. En este caso, tener todas las solicitudes de información de terminales de usuario directamente desde esa puerta de enlace evitará el problema de tener las otras solicitudes directas de puertas de enlace para esa puerta de enlace de interfaz.

También es posible lo contrario: un sistema de puerta de enlace de transmisión compartida en el que los terminales de usuario, tal vez los terminales de sensores, transmiten una gran cantidad de información, pero solo necesita recibir una pequeña cantidad. Por ejemplo, podría implementarse un 25 %-75 % de tiempo de asignación conmutando la dirección de los haces en la Figura 15B. Por lo tanto, GW1 sería el transmisor común para todos los haces de servicio (de usuario). En estas realizaciones de puerta de enlace compartida, se pueden desplegar puertas de enlace en semidúplex si el operador del sistema tiene una red de cadena principal que conecta las puertas de enlace para que el tráfico se pueda dirigir y programar adecuadamente.

Sea K_F el número de rutas directas y sea K_R el número de rutas de retorno en las que $K_F + K_R = K$ es el número total de rutas. Puesto que cada ruta siempre se utiliza en su totalidad en la dirección directa o de retorno, no es necesario cambiar dinámicamente la ganancia electrónica neta a lo largo de la ruta para cada ranura de tiempo. Por lo tanto, el ajuste dinámico de la ganancia del amplificador de canal para cada ranura puede no ser necesario.

Estableciendo $K_F = K$ y $K_R = 0$, se tiene todo el tráfico directo, (FLO). Estableciendo $K_R = K$ y $K_F = 0$, se tiene todo el tráfico de retorno, (Enlace de Retorno Solamente o RLO). En general, la asignación de capacidad en cada dirección es,

$$C_F = \frac{K_F}{K} \cdot C_{F_m\acute{a}x} \quad y \quad (3)$$

$$C_R = \frac{K_R}{K} \cdot C_{R_m\acute{a}x} = \left(1 - \frac{K_F}{K}\right) \cdot C_{R_m\acute{a}x}$$

en las que K_F puede asumir cualquier valor desde 0 (todo tráfico de retorno) a K (todo tráfico directo). Es claro a partir de (3) que la asignación de capacidad entre directo y de retorno puede adoptarse en cualquier proporción arbitraria limitada solamente por el valor de K , el número de puertas de enlace en el satélite. Para tamaños razonables de K , tales como $K=100$, esta limitación no es muy limitativa dado que permite la asignación de capacidad en incrementos de 1/100 del valor máximo.

En este planteamiento, en cualquier instante de tiempo el espectro de enlace de usuario total utilizado en la dirección directa es $K_F W$. En la dirección de retorno, el espectro total usado es $K_R W$. Nuevamente, se asume que cada puerta de enlace tiene W Hz disponibles para su utilización en cada una de dos polarizaciones. El espectro de enlace del alimentador total disponible para su utilización es $2N_{GW}W$ en cada dirección (directa y de retorno). Por lo tanto el número de puertas de enlace en cooperación (no autónomas) requerido es, de $N_{GW} = \text{Max}(K_F, K_R)/2$, que es el mismo que en el planteamiento cuando se eligió una asignación cuidadosa de las ranuras de transmisión y recepción para minimizar la cuenta de puertas de enlace. Sin embargo, el planteamiento 2 tiene la ventaja de no necesitar cambiar dinámicamente la ganancia neta de la ruta durante la trama de haces conmutables para adaptarse al cambio dinámico entre las configuraciones directa y de retorno. La Figura 17 muestra un diagrama ilustrativo 1700 del número de puertas de enlace en cooperación requeridas respecto al número rutas directas asignadas cuando $K=100$. Como se muestra en la Figura 17, el número de puertas de enlace en cooperación requerido es mínimo cuando $K_F=K_R$, mientras que el número de puertas de enlace en cooperación requerido es el máximo para RLO (es decir, $K_F=0$) y FLO (es decir, $K_R=0$).

En todos los planteamientos analizados, debería estar claro que el enlace directo y el enlace de retorno pueden funcionar como dos sistemas de transmisión independientes. La asignación de capacidad entre los dos sistemas de transmisión puede dividirse en justamente aproximadamente cualquier proporción deseada, dado que está posiblemente limitada por K o Q . Entonces cada sistema de transmisión puede extender independientemente su capacidad alrededor del área de cobertura de cualquier manera deseada mediante la configuración adecuada de los vectores de peso que crean los haces de usuario en cada ranura de tiempo. En general, se establecería el área de cobertura para el enlace directo y los enlaces de retorno para que sea la misma área física. Esto proporciona a todos los puntos en el área de cobertura oportunidades para la recepción de datos de enlace directo y transmisión de datos del enlace de retorno. En general, estas oportunidades no siempre se producirán en las mismas ranuras de tiempo. También puede observarse que la relación tráfico directo a retorno no necesita ser la misma en todos los puntos del área de cobertura. Esto permite que la relación de tráfico directo a de retorno se personalice en cada área de cobertura del haz. El mecanismo para personalizar esta relación es el ajuste del número (y/o tamaño) de las ranuras de tiempo directas y de recepción asignadas a cada ubicación física del haz.

También es posible tener áreas de cobertura no congruentes para el servicio de enlace directo y de retorno. Esto se representa en la Figura 16A. El área de cobertura del enlace directo es la unión del área de cobertura del haz de usuario del enlace directo individual formada durante una trama de tiempo de haces conmutables. De la misma forma, el área de cobertura del enlace de retorno es la unión del área de cobertura del haz de usuario del enlace de retorno individual formada durante una trama de tiempo de haces conmutables. La unión de las áreas de cobertura directa y de retorno puede repartirse en 3 regiones. La región 1 es el área en donde el conjunto de pesos de haces proporciona haces de enlace directo pero no haces de enlace de retorno. Esta región podría soportar solamente tráfico del enlace directo. La región 2 es el área en donde el conjunto de pesos de haces proporciona haces del enlace de retorno pero no haces del enlace directo. Esta región podría soportar tráfico del enlace de retorno pero no tráfico del enlace directo. La región 3 es la región en donde los pesos de haces proporcionan haces tanto directo como de retorno, aunque no necesariamente en la misma ranura de tiempo. Puede estar soportado tanto el tráfico del enlace directo como el de retorno. Además, la relación de la capacidad directa a la de retorno puede personalizarse en cada ubicación física del haz dentro de la región 3.

Se ilustra en la Figura 16B un sistema simple de puerta de enlace, 4 rutas. En este caso, la Región 1 de enlace directo contiene los Haces 1 y 2, la Región 2 de enlace de retorno contiene los Haces 5 y 6, mientras que la Región 3 bidireccional contiene Haces 3, 4, 7 y 8. Esto ilustra que mientras que la Región 3 se muestra en la Figura 16A como una única zona lógica, no es necesario que los haces que comprenden la Región 3 sean

contiguos. De hecho, las Regiones 1 y 2, mostradas en este ejemplo como contiguas, podrían también haber estado compuestas de un cierto número de áreas diferentes.

En la Ranura 1, la puerta de enlace transmite a los terminales en la Región 1, B1 y B2, y recibe desde los terminales en la Región 2, B5 y B6. Los terminales en la Región 3 son inactivos durante esta ranura, mientras que los terminales en las Regiones 1 y 2 están inactivos durante las restantes ranuras. En la Ranura 2, la puerta de enlace transmite a los terminales en B3 y B4 y recibe desde los terminales en B7 y B8. En la Ranura 3, la puerta de enlace recibe desde los terminales en B3 y B4 y transmite a los terminales en B7 y B8.

La presente invención proporciona una arquitectura de comunicación vía satélite flexible de alta capacidad. Las características de esta arquitectura pueden incluir una o más de las siguientes:

1. alta capacidad;
2. asignación flexible entre la capacidad directa y de retorno;
3. distribución de capacidad y áreas de cobertura flexibles;
4. áreas de cobertura y asignación de capacidad reconfigurables;
5. ubicaciones de puerta de enlace flexibles, por ejemplo, utilizando haces conmutables para permitir que las puertas de enlace ocupen el mismo espectro y la misma ubicación que los haces de usuario; y la capacidad para mover las ubicaciones de puerta de enlace durante la vida útil del satélite;
6. despliegue de puertas de enlace incremental;
7. independencia de la ranura de órbita;
8. asignación dinámica de la potencia radiada isotrópicamente equivalente (EIRP) a través de las puertas de enlace para mitigar el desvanecimiento por lluvia, por ejemplo, en la que los requerimientos de margen se basan en una suma del desvanecimiento por lluvia en todas las diversas rutas más que en estadísticas de una ruta individual;
9. operación con terminales semidúplex; y
10. operación con hardware de carga útil de redundancia reducida.

Se han descrito las características (1) y (2). Más adelante se proporcionan detalles adicionales de las características (3) a (10).

Distribución de capacidad y áreas de cobertura flexibles

Un pequeño número de células puede estar activo en cualquier instante de tiempo. En un ejemplo, $K_F = 40$ a 60 haces de usuario de transmisión (enlace descendente al terminal de usuario). Los vectores de peso del haz pueden cambiarse de forma dinámica según un horario cargado. Tómese un ejemplo en donde el número total de las células de usuario es igual a $K_F \times Q$, donde $Q =$ número de ranuras de tiempo y $1 \leq Q \leq 64$. En este caso, el área de cobertura se incrementa en un factor de Q . El ciclo de trabajo promedio de un haz $= 1/Q$. La velocidad del enlace directo para un haz se reduce en un factor de Q . Es preferible que el terminal de usuario sea capaz de desmodular todas las portadoras en el ancho de banda de W Hz. Para $W = 1500$ MHz, $\eta_{Hz} = 3$ bps/Hz, y $Q = 16$, la velocidad promedio del enlace descendente a un terminal de usuario es de aproximadamente 281 Mbps.

Pasando al enlace de retorno, en un ejemplo, $K_R = 40$ a 60 haces de usuario de recepción (enlace ascendente al terminal de usuario). Los vectores de peso del haz pueden cambiarse de forma dinámica según un horario cargado. Tómese un ejemplo en donde el número total de las células de usuario es igual a $K_R \times Q$, donde $Q =$ número de ranuras de tiempo y $1 \leq Q \leq 64$. En este caso, el área de cobertura se incrementa en un factor de Q . El ciclo de trabajo promedio de un haz $= 1/Q$. La velocidad del enlace de retorno para un haz se reduce en un factor de Q . Es preferible que el terminal del usuario use una ráfaga HPA con elevada capacidad de potencia de pico pero menor potencia promedio. Para 12 W de HPA de pico con 3 W de límite promedio de potencia, 40 Msps en el enlace descendente, 2,25 bits/símbolo, y $Q = 16$, la velocidad promedio del enlace ascendente desde un terminal de usuario es 5,625 Mbps.

La arquitectura de comunicaciones vía satélite de alta capacidad descrita en la presente memoria también puede proporcionar una distribución de capacidad no uniforme. La capacidad puede asignarse a diferentes células en proporciones casi arbitrarias al asignar números diferentes de ranuras por célula. Nuevamente, hay Q ranuras de tiempo en una trama de haces conmutables. Cada célula utiliza q_i ranuras de tiempo, de manera que

$$\sum_{j=1}^J q_j = Q \quad (4)$$

en la que J es el número de ubicaciones a las que salta un haz en la trama de haces conmutables. La capacidad de cada célula es:

$$C_j = C_b \frac{q_j}{Q} \quad (5)$$

en la que la capacidad instantánea por haz = C_b .

Un ejemplo de haces conmutables con distribución no uniforme de capacidad se muestra en las Figuras 18A-C. La Figura 18A muestra un patrón ilustrativo de haces conmutables 1800 de un único haz durante 8 tiempos de permanencia en la ranura de tiempo no uniforme de una trama de haces conmutables. En el ejemplo, $Q = 32$ y $C_b = 4,5$ Gbps. Las ubicaciones de célula en el patrón de haces conmutables 1800 se muestran como contiguas para facilitar la ilustración. La Figura 18B muestra un tiempo de permanencia en la ranura de tiempo ilustrativo para la tabla 1810 del patrón de haces conmutables 1800. Para cada uno de los 8 tiempos de permanencia en la ranura de tiempo de la tabla de tiempos de permanencia en la ranura de tiempo 1810, se muestra el número de ranuras de tiempo q_j asignadas a la ubicación de célula correspondiente y la capacidad de área C_j en Mbps. La Figura 18C muestra una trama de haces conmutables 1820 ilustrativa para la tabla de tiempos de permanencia en la ranura de tiempo 1810. La trama de haces conmutables 1820 incluye K haces. Los tiempos de permanencia en la ranura de tiempo no uniforme para el haz n° 1 de la trama de haces conmutables 1820 coinciden con los tiempos de permanencia ilustrados en la tabla de tiempos de permanencia en la ranura de tiempo 1810. Es preferible tener todos los haces cambiando las ubicaciones al mismo tiempo. Esto minimiza la interferencia entre haces ya que cada haz solo se superpone en el tiempo con K-1 otros haces. Sin embargo, el sistema puede funcionar sin esta restricción. Entonces más haces pueden interferir entre sí, y las ubicaciones del haz deberían elegirse teniendo esto en cuenta.

Áreas de cobertura y asignación de capacidad reconfigurables

Se definen ubicaciones del haz por los vectores de peso utilizados en las redes de formación de haces. La capacidad por célula se fija por la duración de la trama de haces conmutables en la que el haz permanece apuntando a una célula (tiempo de permanencia). Tanto los vectores de peso del haz como los tiempos de permanencia (por ejemplo, como definiciones de trama de haces conmutables) pueden almacenarse en el procesador de peso de haces (BWP). Estos valores pueden cargarse en el BWP mediante un enlace de datos desde tierra. Tanto las ubicaciones del haz (área de cobertura) como el tiempo de permanencia (asignación de capacidad) pueden cambiarse. Por ejemplo, las ubicaciones de los haces y/o los tiempos de permanencia pueden cambiarse en ocasiones cargando nuevos conjuntos de esos y nuevas definiciones de haces conmutables, o con frecuencia en respuesta a variaciones diaria (p. ej., desplazamiento de capacidad que coincida con la hora más ocupada) dirigiendo el BWP para que use uno de varios conjuntos de pesos y definiciones de la trama de haces conmutables previamente almacenados. Un conjunto de pesos contiene pesos de haces y una definición de la trama de haces conmutables contiene tiempos de permanencia para todos los haces en todas las ranuras en el tiempo en una trama de haces conmutables.

Ubicaciones flexibles de la puerta de enlace

Las puertas de enlace pueden colocarse fuera de un área de servicio o en un área de servicio a costa de un pequeño aumento en el número de puertas de enlace. Para facilitar la asignación de ubicaciones de puertas de enlace, se puede usar el número de colores disponibles desde las puertas de enlace. El número total de colores = colores de tiempo x colores de polarización x colores de frecuencia. Tómese un ejemplo con $Q = 4$, $W = 1500$ MHz (banda completa), y doble polarización. El número total de colores = 4 veces x 2 polos x 1 frecuencia = 8. El número de puertas de enlace, N_{GW} , se determina por

$$\sum_{i=1}^{N_{GW}} C_i \geq K \cdot Q = M = \text{núm. de haces de usuario} \quad (6)$$

en la que C_i = el número de colores que pueden servirse por la puerta de enlace n° i.

La Figura 19A muestra ubicaciones de puerta de enlace ilustrativas y ubicaciones del haz de usuario para un ejemplo con 23 puertas de enlace (22 de operación + 1 puerta de enlace de compañía). Las ubicaciones del haz de usuario se muestran como células y las ubicaciones de la puerta de enlace se muestran como círculos de línea discontinua en el mapa 1900 de la Figura 19A. La Figura 19B muestra una tabla de puertas de enlace 1910 ilustrativa para el mapa 1900. La tabla 1910 de puertas de enlace muestra, por cada puerta de enlace, la ubicación

de la puerta de enlace, el número de problemas de haz (es decir, el número de colores no utilizables), y el número de colores que pueden servirse por la puerta de enlace, C_i . Para $K = 40$, $Q = 4$, $M = 160$ haces, y la C_i ilustrada en la tabla de puertas de enlace 1910, $\sum C_i = 168 \geq 160$. Así, para este ejemplo, el sistema puede operar con 22 cualesquiera de las 23 puertas de enlace. Colocar todas las puertas de enlace con ninguna infracción del haz requeriría $K/2=20$ puertas de enlace. En este ejemplo, solo se requieren 2 puertas de enlace adicionales para permitir cierta superposición espacial entre las puertas de enlace y los haces de usuario.

En un ejemplo extremo, todas las puertas de enlace están ubicadas en el área de servicio. En este caso, $K = 40$, $Q = 24$, y $M = 960$ haces para cobertura completa CONUS y a un tiempo de permanencia = $1/24$ de la trama de haces conmutables para todos los haces. El número total de colores es $48 = 24$ veces $\times 2$ polos. Si las puertas de enlace se ubicaran fuera del área de servicio, el número mínimo de puertas de enlace sería de 20. Sin embargo, para este ejemplo extremo con todas las puertas de enlace ubicadas en el área de servicio, se asume que el número máximo de colores inservibles es 7. Por lo tanto, $C_i \geq 41 = 48 - 7$ para todas las puertas de enlace. Se supone además que 6 puertas de enlace se ubican donde el número de colores inservible es ≤ 4 (por ejemplo, límites de cobertura tales como regiones costeras). Para estas 6 puertas de enlace, $C_i = 48 - 4 = 44$. El número de puertas de enlace requerido es igual a 23, donde $\sum C_i = (6 \times 44) + (17 \times 41) = 961 \geq 960$. Esto da como resultado un aumento del 15 % (es decir, de 20 a 23) en las puertas de enlace requeridas, pero con flexibilidad total en la ubicación de 17 de 23 puertas de enlace, todas las cuales están dentro del área de servicio.

La flexibilidad en las ubicaciones de puertas de enlace también se puede lograr con tiempos de permanencia de conmutación no uniformes. El número de puertas de enlace necesarias se define mediante una ecuación similar

$$\sum_{j=1}^{N_{GW}} C_j \geq K \cdot Q \quad (7)$$

en la que C_j = número total de periodos de permanencia de conmutación utilizables por la puerta de enlace j . El valor máximo posible de C_j es $2Q$ (es decir, 2 colores de polarización, 1 color de frecuencia). La colocación óptima de puertas de enlace es, primero, en regiones sin servicio (es decir, C_j = valor máximo), y segundo, en células de tiempo de permanencia de baja conmutación y luego a las células de tiempo de permanencia de baja conmutación. La colocación de puertas de enlace en consecuencia dará como resultado menos cantidad de puertas de enlace adicionales, en comparación con los ejemplos anteriores donde los tiempos de permanencia de conmutación son uniformes.

La Figura 19C muestra situaciones ilustrativas 1920 de ubicaciones de puertas de enlace. En este ejemplo, $Q = 32$ permanencias de conmutación por trama de haces conmutables, hay 2 colores de polarización y 1 color de frecuencia. La primera colocación, en la que $C_j = 64$ = valor máximo, coloca la puerta de enlace en una región sin servicio. Las otras tres colocaciones, donde $C_j < 64$, coloca las puertas de enlace en células con un tiempo de permanencia de baja conmutación y, a continuación, a las células con un tiempo de permanencia de baja conmutación.

Despliegue incremental de las puertas de enlace

El despliegue incremental de las puertas de enlace se describe para un sistema de ejemplo con $K = 40$, $Q = 4$, y $N_{GW} = 20$. El número de haces $M = 160$, y el promedio de ciclo de trabajo = $1/Q = 25\%$. En un primer ejemplo, si el servicio se ha iniciado con 1 puerta de enlace ($K = 2$ rutas), 1 puerta de enlace da servicio a 2 haces a la vez. Estableciendo el número de ranuras de tiempo $Q = 80$ proporciona todos los 160 haces. Sin embargo, el ciclo de trabajo resultante = $1/80$. Por lo tanto, en este primer ejemplo, hay una reducción en la velocidad y capacidad. El ciclo de trabajo puede aumentarse cuando el número de puertas de enlace aumenta.

En un segundo ejemplo, si el servicio se inicia con 4 puertas de enlace y solo 40 haces, el área de cobertura resultante es el 25 % del área de cobertura inicial. Obsérvese que puede ser cualquier 25 %. Con $K = 8$ rutas, ajustar $Q = 5$ proporciona 40 haces, con un ciclo de trabajo = $1/5$. Por lo tanto, en este segundo ejemplo, hay una reducción mínima en la velocidad y la capacidad del haz. El área de cobertura puede aumentarse cuando el número de puertas de enlace aumenta. Estos planteamientos son un compromiso entre el área de cobertura inicial y/o la velocidad/capacidad para un número reducido de puertas de enlace iniciales.

Independencia de la ranura de órbita

Los vectores de pesos, y por lo tanto las ubicaciones del haz, son flexibles en la arquitectura de comunicación vía satélite descrita en la presente. El cambio de una ranura de órbita se puede lograr cargando un nuevo conjunto de vectores de pesos de haces para permitir la cobertura de las mismas áreas desde una ranura de órbita diferente. Esto ofrece varias ventajas. La ranura de órbita puede estar indefinida en el momento en que se está construyendo el satélite. La ranura de órbita puede cambiarse en cualquier momento durante la vida útil del satélite. Se puede usar un diseño de satélite genérico para cualquier ranura de órbita y cualquier definición de área de servicio dentro del intervalo de barrido razonable del reflector.

Asignación dinámica de EIRP en las puertas de enlace para mitigar el desvanecimiento por lluvia

En un sistema de Tx de haz formado, es muy fácil asignar la potencia de Tx a cada haz puerta de enlace de manera no uniforme y dinámica. La potencia de Tx a un haz es proporcional a la suma de la magnitud al cuadrado de los pesos de haces. El escalado de los pesos de los haces hacia arriba o hacia abajo aumentará o disminuirá la potencia al haz. La potencia también puede ajustarse a través de la atenuación del amplificador de canal.

La potencia puede asignarse a cada haz de puerta de enlace en proporción inversa a la atenuación de desvanecimiento por lluvia. Esta asignación puede ser dinámica basándose en la atenuación de desvanecimiento real por lluvia, o estática basándose en el desvanecimiento por lluvia que se asocia con una disponibilidad particular.

En una realización, la potencia de transmisión se asigna a las puertas de enlace basándose en la SNR del enlace descendente. Para N_{GW} puertas de enlace, la potencia total de transmisión PGW en el satélite que se asigna a transmisiones a las puertas de enlace es

$$\sum_{n=1}^{N_{GW}} P_n = P_{GW} \quad (8)$$

en la que P_n = potencia de Tx asignada a la puerta de enlace número n. La asignación de potencia apropiada para igualar el SNR del enlace descendente es

$$P_n = P_{GW} \cdot \frac{L_n R_n}{D_n} \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^{N_{GW}} \frac{L_i R_i}{D_i}} \quad (9)$$

en la que R_n = ganancia de la antena de satélite para la puerta de enlace número n; D_n = degradación de la SNR el enlace descendente debido a la atenuación por lluvia en la puerta de enlace número n; y L_n = la pérdida en la ruta en espacio libre para la puerta de enlace número n.

En un planteamiento estático, las asignaciones de potencia se pueden seleccionar basándose en la atenuación por lluvia en la disponibilidad del enlace objetivo. Estas asignaciones de potencia fijas pueden determinarse por el planificador de la red antes de la operación de la red. La atenuación por la lluvia, A_n , puede determinarse en cada puerta de enlace que corresponde a la disponibilidad deseada. La degradación por lluvia, D_n , puede calcularse a partir de A_n y los parámetros de HW de la puerta de enlace. Las pérdidas en la ruta en espacio libre, L_n , pueden calcularse para cada puerta de enlace. La ganancia de la antena de Tx en cada puerta de enlace, R_n , puede determinarse a partir de los pesos de los haces y los patrones de radiación de los haces componentes. Las potencias asignadas, P_n , y la configuración de atenuación de amplitud de canal requerida se pueden calcular para producir esas potencias.

El ajuste del atenuador de amplitud del canal puede enviarse al satélite en el enlace ascendente y mantenerse en ese ajuste hasta que (y si) se desea cambiar el concepto de operación de la red (por ejemplo, ubicaciones de puertas de enlace, disponibilidad del enlace descendente, potencia total asignada a las puertas de enlace en el enlace descendente, etc.).

En un planteamiento dinámico, las asignaciones de potencia se pueden seleccionar basándose en la atenuación por lluvia observada en cada puerta de enlace. Las configuraciones de potencia de Tx, P_n , cambiarán dinámicamente a medida que las atenuaciones por lluvia cambian. En algunas realizaciones, se utiliza un sistema de medición de atenuación por lluvia, y un sitio de procesamiento central (por ejemplo, un NOC) para recolectar todas las atenuaciones por lluvia medidas, calcular dinámicamente las asignaciones de potencia, y enviar en el enlace descendente la información de asignación de potencia (por ejemplo, como un aumento de ganancia de amplitud del canal o un vector de pesos de haces) al satélite. La Figura 20 es un diagrama simplificado de un sistema 2000 de comunicación vía satélite ilustrativo que puede soportar este planteamiento dinámico.

En otra realización, la potencia de transmisión se asigna a las puertas de enlace basándose en la relación de señal a interferencia más ruido (SINR). Para los enlaces descendentes de la puerta de enlace que tienen gran cantidad de interferencia “de haz de puntos”, puede ser mejor asignar potencia con un objetivo para igualar el SINR del enlace descendente.

Tanto el planteamiento estático como el planteamiento dinámico pueden adaptarse a esto utilizando una ecuación diferente para calcular las asignaciones de potencia. En este caso las asignaciones de potencia son

$$\mathbf{x} = [\mathbf{R}_{\text{gw}} \mathbf{C} - \lambda \mathbf{G} \mathbf{C} (\mathbf{R} - \mathbf{R}_{\text{gw}})]^{-1} \lambda \mathbf{D} \mathbf{g} \quad (10)$$

en la que λ se elige para forzar la igualdad

$$\sum_{n=1}^N x_n = P_{\text{GW}} \quad (11)$$

y se aplican las siguientes definiciones.

x: Un vector columna Nx1, que contiene las asignaciones de potencia de Tx para cada puerta de enlace.

R: Una matriz NxN de ganancia del haz. El componente Rij es la ganancia del haz apuntado a la puerta de enlace j en la dirección de la puerta de enlace i. El componente diagonal r_{ii} es la ganancia de la antena para la puerta de enlace i.

R_{gw}: Una matriz diagonal NxN que contiene la ganancia para la puerta de enlace n. Los elementos diagonales de **R_{gw}** = los elementos diagonales de **R**.

D: Una matriz diagonal NxN cuyos elementos contienen el desvanecimiento por lluvia de cada puerta de enlace. Esto se calcula a partir de los valores medidos de **A_n**.

C: Una matriz diagonal NxN cuyos elementos contienen las constantes del enlace de cada puerta de enlace. Específicamente,

$$C = \text{Diag}[c_n]$$

en la que (12)

$$c_n = \frac{G_i(n)}{T} \cdot \frac{1}{L_p(n)} \cdot \frac{1+\alpha}{kW}$$

G: Una matriz diagonal NxN cuyos elementos diagonales contienen la SINR del enlace descendente relativo objetivo para cada puerta de enlace. Si se desea que todas las puertas de enlace tengan la misma SINR que el enlace descendente, entonces **G** = matriz identidad de NxN.

g: Un vector columna Nx1 cuyos elementos son iguales a los elementos diagonales de **G**.

λ : Un parámetro escalar libre que debe elegirse de tal manera que las asignaciones de potencia, x_n , sumen hasta la potencia total de Tx asignada a la puerta de enlace, P_{GW} .

La ecuación (10) se puede resolver con una técnica iterativa.

Debería observarse que los métodos, sistemas, y dispositivos analizados anteriormente se pretende que sean meramente ejemplos. Debe enfatizarse que diversas realizaciones pueden omitir, sustituir, o agregar diversos procedimientos o componentes según sea apropiado. Por ejemplo, debe apreciarse que, en realizaciones alternativas, los métodos pueden realizarse en un orden diferente al descrito, y que se pueden agregar, omitir, o combinar diversas etapas. Además, las características descritas con respecto a ciertas realizaciones pueden combinarse en diversas otras realizaciones. Los diferentes aspectos y elementos de las realizaciones pueden combinarse de una manera similar. También, debe destacarse que la tecnología evoluciona y, por lo tanto, muchos de los elementos son de naturaleza ejemplar y no deben interpretarse como limitativos del alcance de la invención.

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

También, se observa que las realizaciones pueden describirse como un proceso que se representa como un diagrama de flujo o diagrama de bloques. Aunque cada una pueden describir las operaciones como un proceso secuencial, muchas de las operaciones pueden realizarse en paralelo o simultáneamente. Además, el orden de las operaciones se puede reorganizar. Un proceso puede tener pasos adicionales no incluidos en la figura.

- Más aún, como se describe en la presente memoria, el término “memoria” o “unidad de memoria” puede representar uno o más dispositivos para almacenar datos, incluida la memoria de sólo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), RAM magnética, memoria central, medios de almacenamiento en disco magnético, medios de almacenamiento óptico, dispositivos de memoria flash, u otros medios legibles por ordenador para almacenar información. El término “medio legible por ordenador” incluye, pero sin limitarse a, dispositivos de almacenamiento portátiles o fijos, dispositivos de almacenamiento óptico, canales inalámbricos, una tarjeta SIM, otras tarjetas inteligentes, y otros diversos medios capaces de almacenar, contener, o transportar instrucciones o datos.
- Además, las realizaciones pueden implementarse mediante hardware, software, firmware, middleware, microcódigo, lenguajes de descripción de hardware, o cualquier combinación de los mismos. Cuando se implementa en software, firmware, middleware, o microcódigo, el código de programa o los segmentos de código para realizar las tareas necesarias se puede almacenar en un medio legible por ordenador tal como un medio de almacenamiento. Los procesadores pueden realizar las tareas necesarias.
- Habiendo descrito diversas realizaciones, será reconocido por los expertos en la materia que pueden usarse diversas modificaciones, construcciones alternativas, y equivalentes sin desviarse del alcance de la invención. Por ejemplo, los elementos anteriores pueden ser simplemente un componente de un sistema más grande, en donde otras reglas pueden tomar precedencia sobre o de cualquier otra forma modificar la aplicación de la invención. Además, se pueden llevar a cabo un cierto número de etapas antes, durante, o después de considerar los elementos anteriores. Por consiguiente, la descripción anterior no debe tomarse como una limitación del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un satélite (105) para la comunicación vía satélite, conteniendo el satélite una pluralidad de rutas y comprendiendo:

uno o más procesadores configurados para:

obtener un conjunto de pesos especificado y una definición de la trama de haces conmutables especificada para una trama de haces conmutables, comprendiendo la trama de haces conmutables una pluralidad de ranuras de tiempo, comprendiendo el conjunto de pesos especificado una pluralidad de vectores de peso de recepción y una pluralidad de vectores de peso de transmisión para generar señales de haz de enlace ascendente y señales de haz de enlace descendente en ranuras de tiempo de la trama de haces conmutables, definiendo la definición de la trama de haces conmutables especificada una pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una pluralidad de ganancias de ruta, estando asociada cada ranura de tiempo con un tiempo de permanencia; generar una pluralidad de pesos de recepción y una pluralidad de pesos de transmisión de acuerdo con el conjunto de pesos especificado; y establecer la pluralidad de ganancias de ruta de conformidad con la definición de la trama de haces conmutables especificada; y

una o más redes de formación de haces configuradas para:

generar las señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la pluralidad de pesos de recepción, la pluralidad de ganancias de ruta, y la pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales definidos por la definición de la trama de haces conmutables especificada, **caracterizado por que** el conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada admiten una asignación de capacidad entre tráfico directo, desde al menos una puerta de enlace (115) a una pluralidad de terminales (130), y tráfico de retorno, desde una pluralidad de terminales a al menos una puerta de enlace, en donde el conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada especifican la configuración de al menos una ruta de la pluralidad de rutas como una ruta directa para al menos una ranura de tiempo en la trama de haces conmutables, y la configuración de al menos una ruta de la pluralidad de rutas como una ruta de retorno para al menos una ranura de tiempo en la trama de haces conmutables,

en donde:

configurar una ruta como una ruta directa comprende configurar la ruta para la recepción de una señal multiplexada desde una puerta de enlace destinada a una pluralidad de terminales, estando ubicada la pluralidad de terminales en un área de cobertura del enlace directo respectiva; y

configurar una ruta como una ruta de retorno comprende configurar la ruta para la recepción de una señal compuesta derivada de una pluralidad de terminales y destinada a una puerta de enlace, estando ubicada la pluralidad de terminales en un área de cobertura del enlace de retorno respectiva.

2. El satélite de la reivindicación 1, en donde el conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada son un primer conjunto de pesos y una primera definición de la trama de haces conmutables que admiten una primera asignación de capacidad entre el tráfico directo y el tráfico de retorno, comprendiendo el primer conjunto de pesos una primera pluralidad de vectores de peso de recepción y una primera pluralidad de vectores de peso de transmisión, definiendo la primera definición de la trama de haces conmutables especificada una primera pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una primera pluralidad de ganancias de ruta; el uno o más procesadores se configuran además para:

obtener un segundo conjunto de pesos especificado y una segunda definición de la trama de haces conmutables especificada para una trama de haces conmutables, comprendiendo el segundo conjunto de pesos especificado una segunda pluralidad de vectores de peso de recepción y una segunda pluralidad de vectores de peso de transmisión para generar señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente en ranuras de tiempo de la trama de haces conmutables, definiendo la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada una segunda pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales y una segunda pluralidad de ganancias de ruta;

generar una segunda pluralidad de pesos de recepción y una segunda pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con el segundo conjunto de pesos especificado; y establecer la segunda pluralidad de ganancias de ruta de conformidad con la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada; y

la una o más redes de formación de haces se configuran además para:

conmutar la generación de señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la primera pluralidad de pesos de recepción, la primera pluralidad de ganancias de ruta, y la primera pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la primera pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales para generar las señales del haz de enlace ascendente y señales del haz de enlace descendente para rutas que usen la segunda pluralidad de pesos de recepción, la segunda pluralidad de ganancias de ruta y la segunda pluralidad de pesos de transmisión de conformidad con la segunda pluralidad de tiempos de permanencia secuenciales definidos por la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada,

en donde el segundo conjunto de pesos especificado y la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada admiten una segunda asignación de capacidad entre el tráfico directo y el tráfico de retorno.

3. El satélite de la reivindicación 1, en donde el conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada especifican la configuración de una primera fracción de la pluralidad de rutas como rutas directas dedicadas para todas las ranuras de tiempo en la trama de haces conmutables y la configuración de una segunda fracción de la pluralidad de rutas como rutas de retorno dedicadas para todas las ranuras de tiempo en la trama de haces conmutables.

4. El satélite de la reivindicación 1, en donde el conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada especifican, para al menos una ruta de la pluralidad de rutas, la configuración de la ruta como una ruta directa para una primera fracción de tiempo en la trama de haces conmutables y la configuración de la ruta como una ruta de retorno para una segunda fracción de tiempo en la trama de haces conmutables.

5. El satélite de la reivindicación 1, en donde una unión de las áreas de cobertura del enlace directo de todas las rutas directas durante la trama de haces conmutables define un área total de cobertura del enlace directo; una unión de las áreas de cobertura del enlace de retorno de todas las rutas de retorno durante la trama de haces conmutables define un área total de cobertura del enlace de retorno; y el área total de cobertura del enlace directo difiere del área total de cobertura del enlace de retorno.

6. El satélite de la reivindicación 1, en donde el conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada especifican la configuración de las rutas de la pluralidad de rutas de manera que cada puerta de enlace transmita un tráfico directo sobre al menos una ruta directa a una pluralidad de terminales y reciba tráfico de retorno en al menos una ruta de retorno desde la misma pluralidad de terminales, implementando una asignación de correspondencia unívoca entre puertas de enlace y las pluralidades de terminales del servicio de puertas de enlace.

7. El satélite de la reivindicación 1, en donde el conjunto de pesos especificado y la definición de la trama de haces conmutables especificada especifican la configuración de las rutas de la pluralidad de rutas de modo que cada puerta de enlace de una pluralidad de puertas de enlace opere en semidúplex para la transmisión del tráfico directo sobre al menos una ruta directa a una pluralidad respectiva de terminales, y todas las pluralidades de terminales transmitan tráfico de retorno en las rutas de retorno a la misma puerta de enlace de recepción compartida.

8. El satélite de la reivindicación 2, en donde el primer conjunto de pesos especificado y la primera definición de la trama de haces conmutables especificada admiten los primeros objetivos de área de cobertura y la asignación de capacidad basándose en una primera estimación del tráfico basada en el tiempo, y el segundo conjunto de pesos especificado y la segunda definición de la trama de haces conmutables especificada admiten segundos objetivos de área de cobertura y asignación de capacidad basándose en una segunda estimación del tráfico basada en el tiempo.

9. El satélite de la reivindicación 8, en donde el uno o más procesadores se configuran además para:

recibir y almacenar una pluralidad de conjuntos de pesos, incluidos el primer conjunto de pesos y el segundo conjunto de pesos, y una pluralidad de definiciones de la trama de haces conmutables, incluidas la primera definición de la trama de haces conmutables y la segunda definición de la trama de haces conmutables, estando precalculadas y cargadas en el satélite la pluralidad de conjuntos de pesos y la pluralidad de definiciones de la trama de haces conmutables; y recibir un comando transmitido desde una entidad terrena,

en donde la una o más redes de formación de haces se configuran para conmutar en respuesta a la recepción del comando.

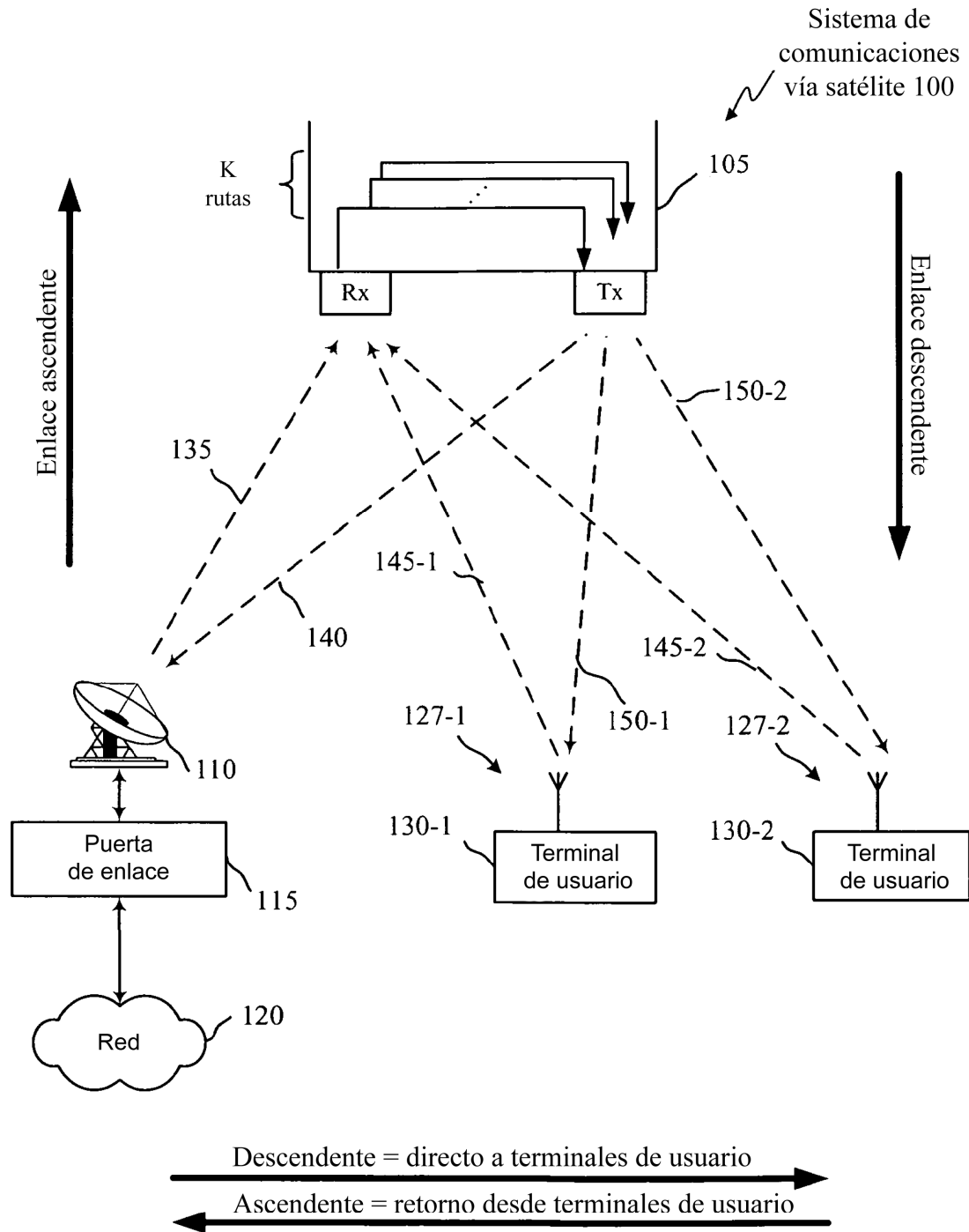


FIG. 1

200

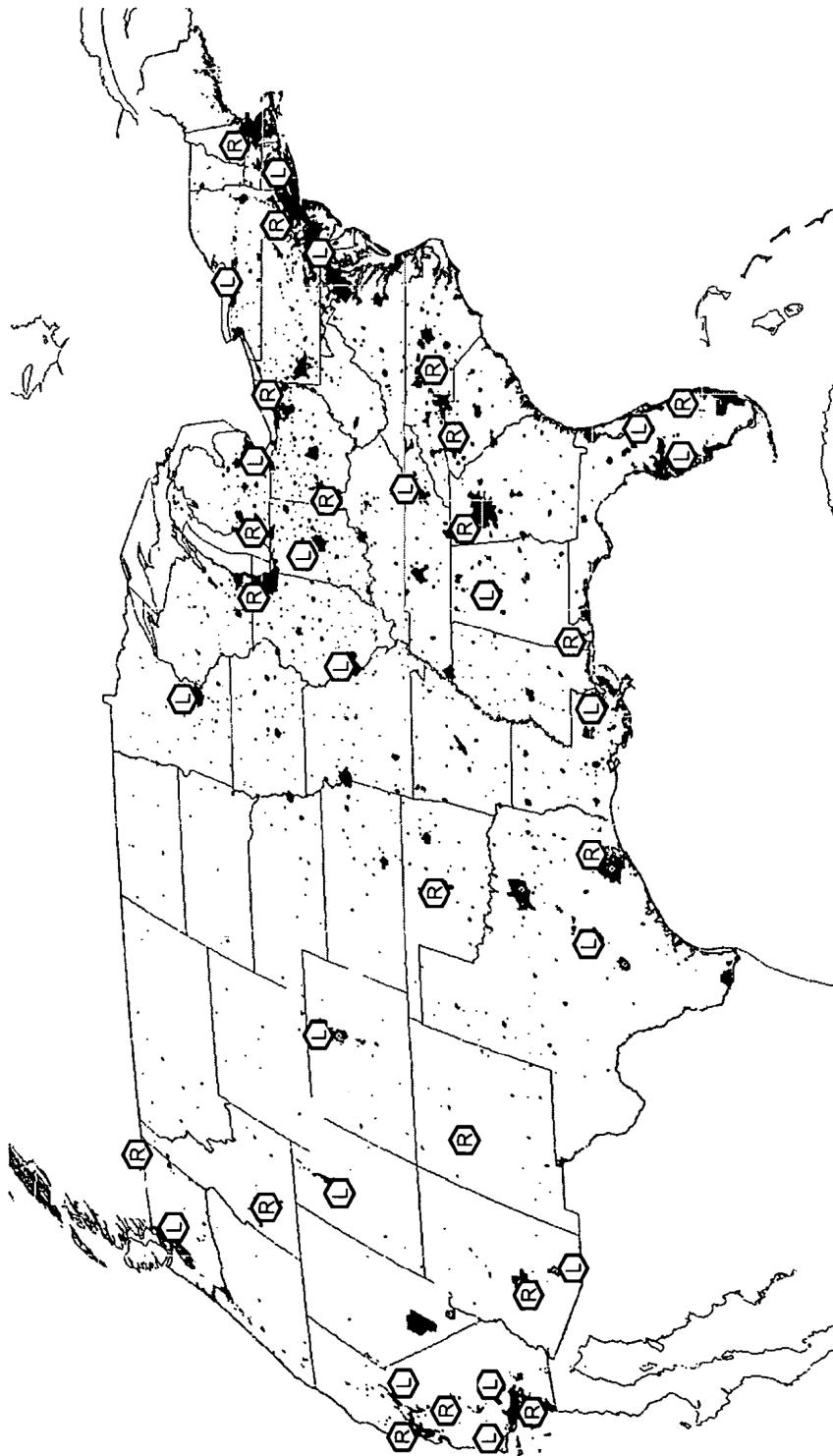


FIG. 2A

210

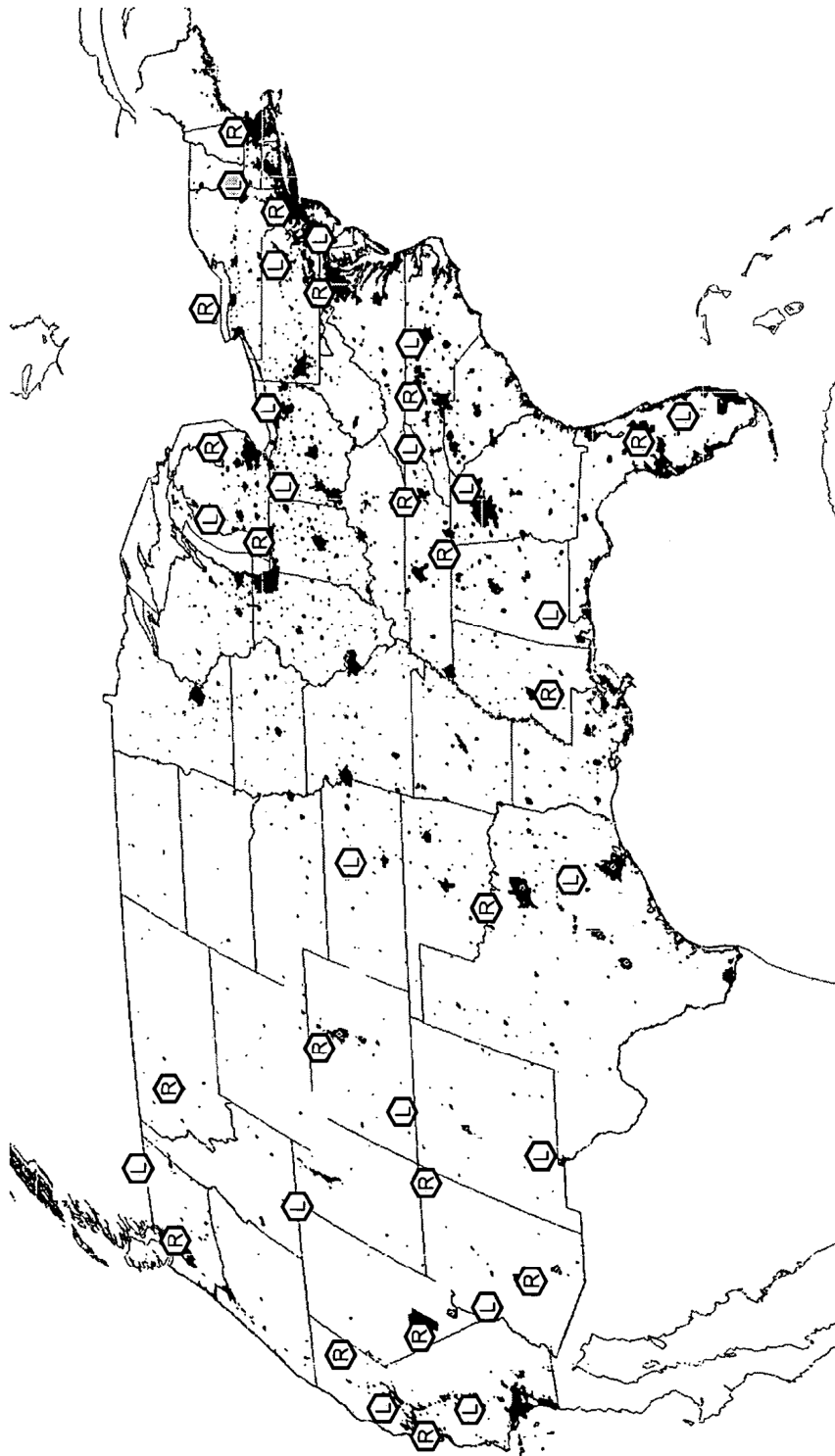


FIG. 2B

220

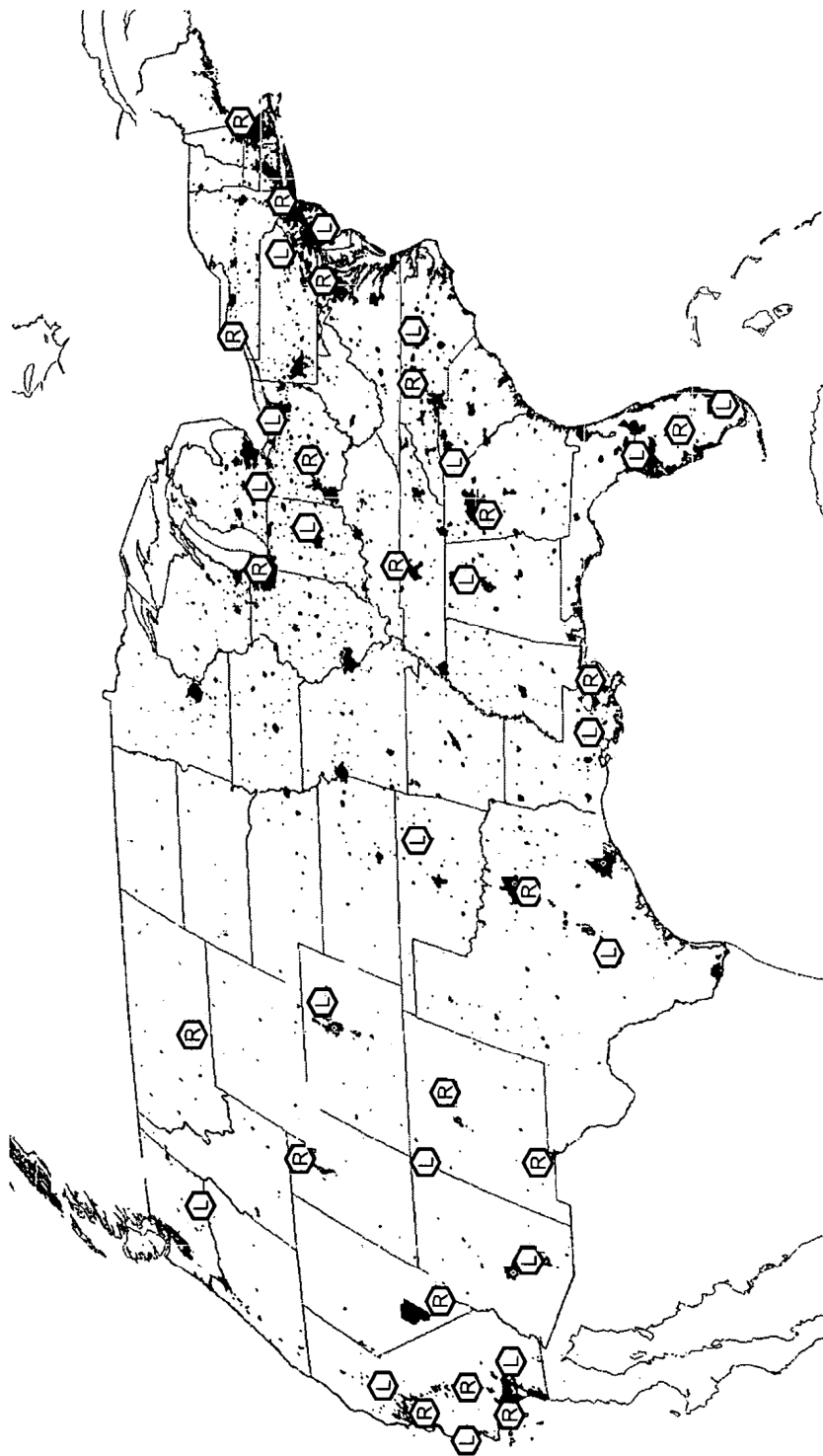


FIG. 2C

230

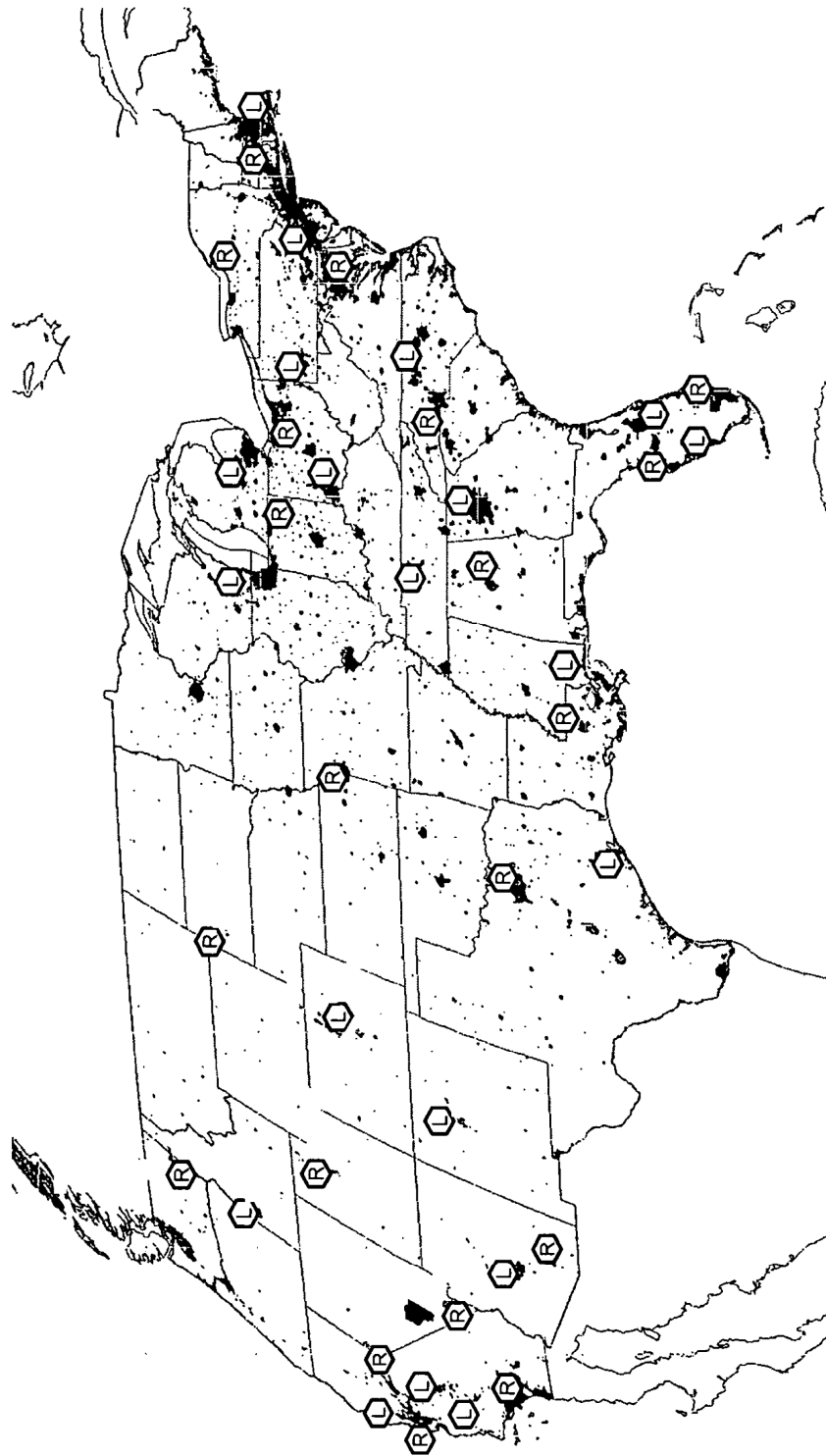


FIG. 2D

240

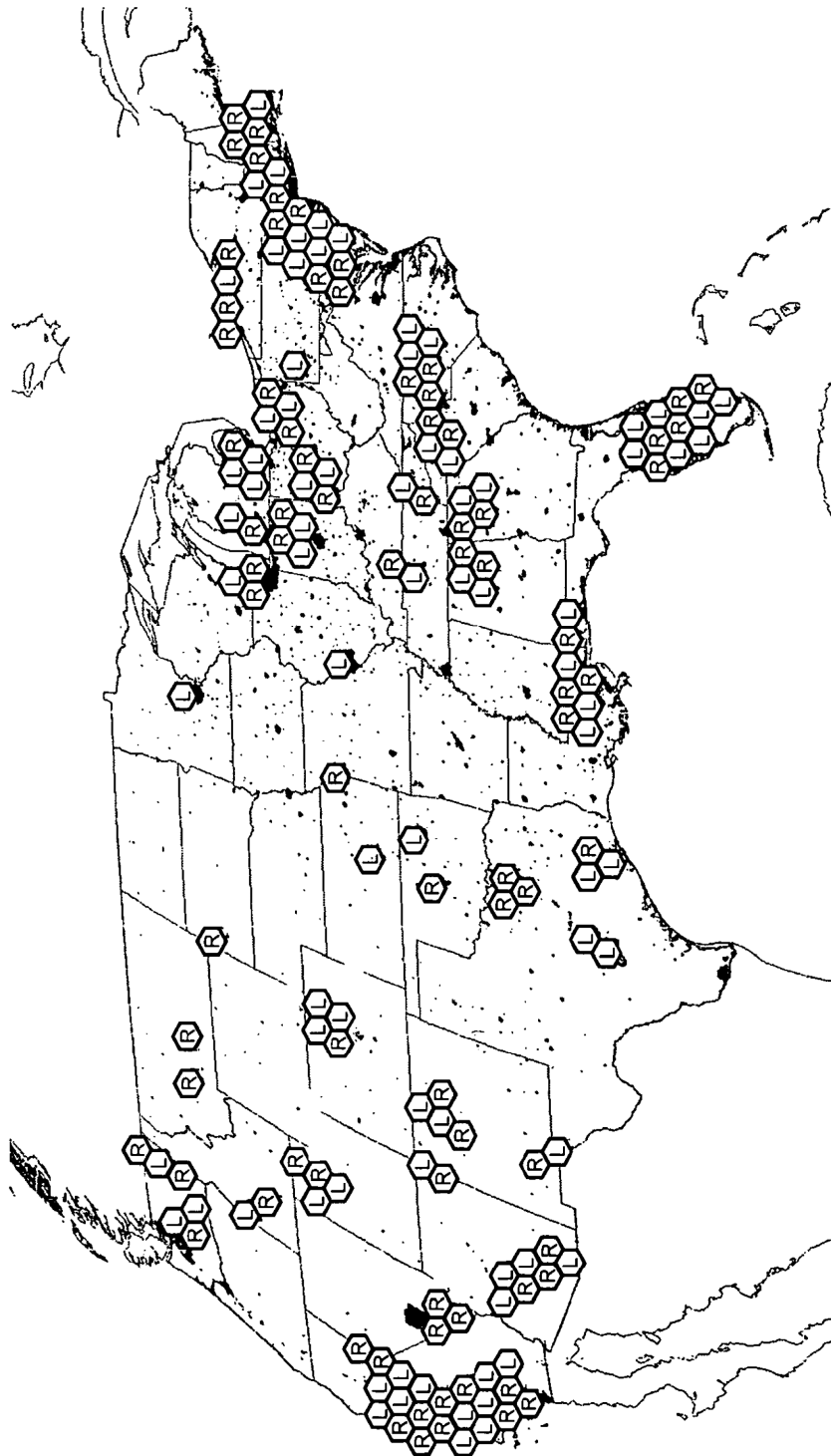


FIG. 2E

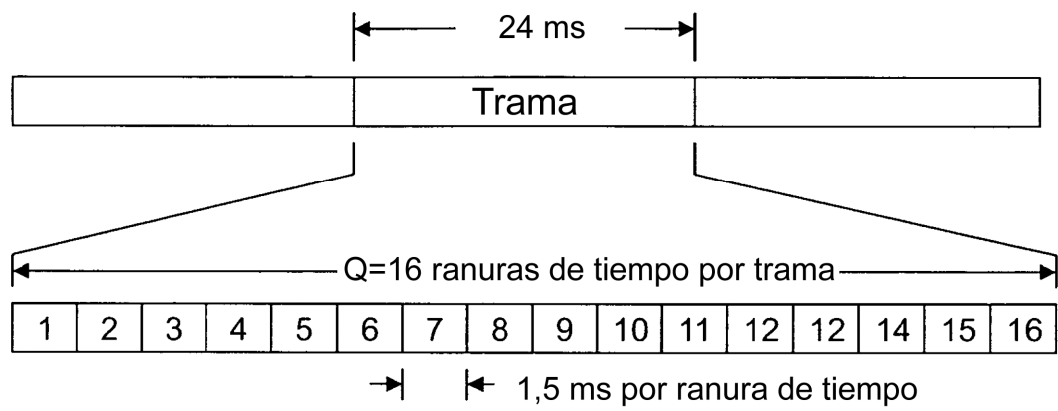


FIG. 3

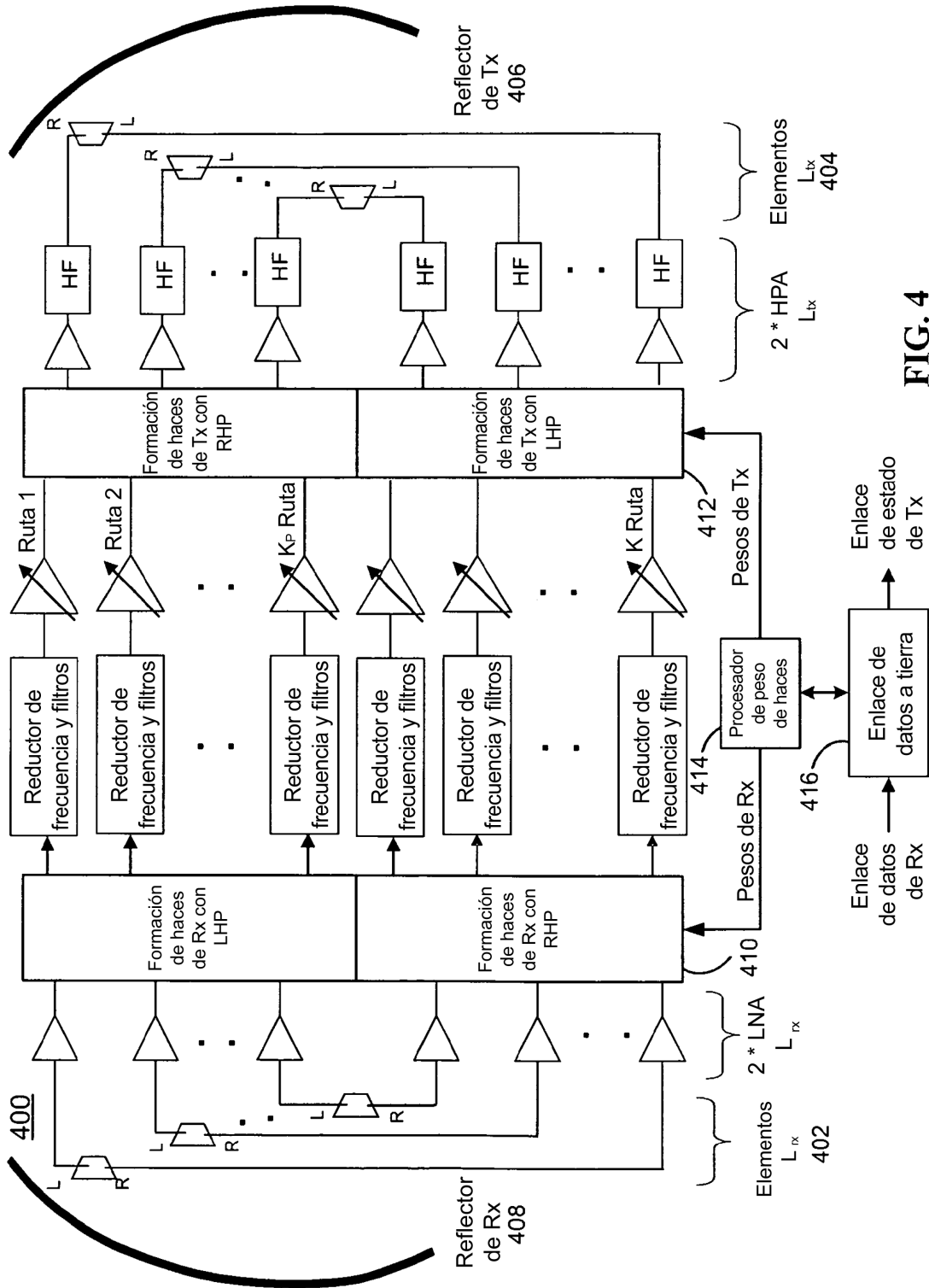


FIG. 4

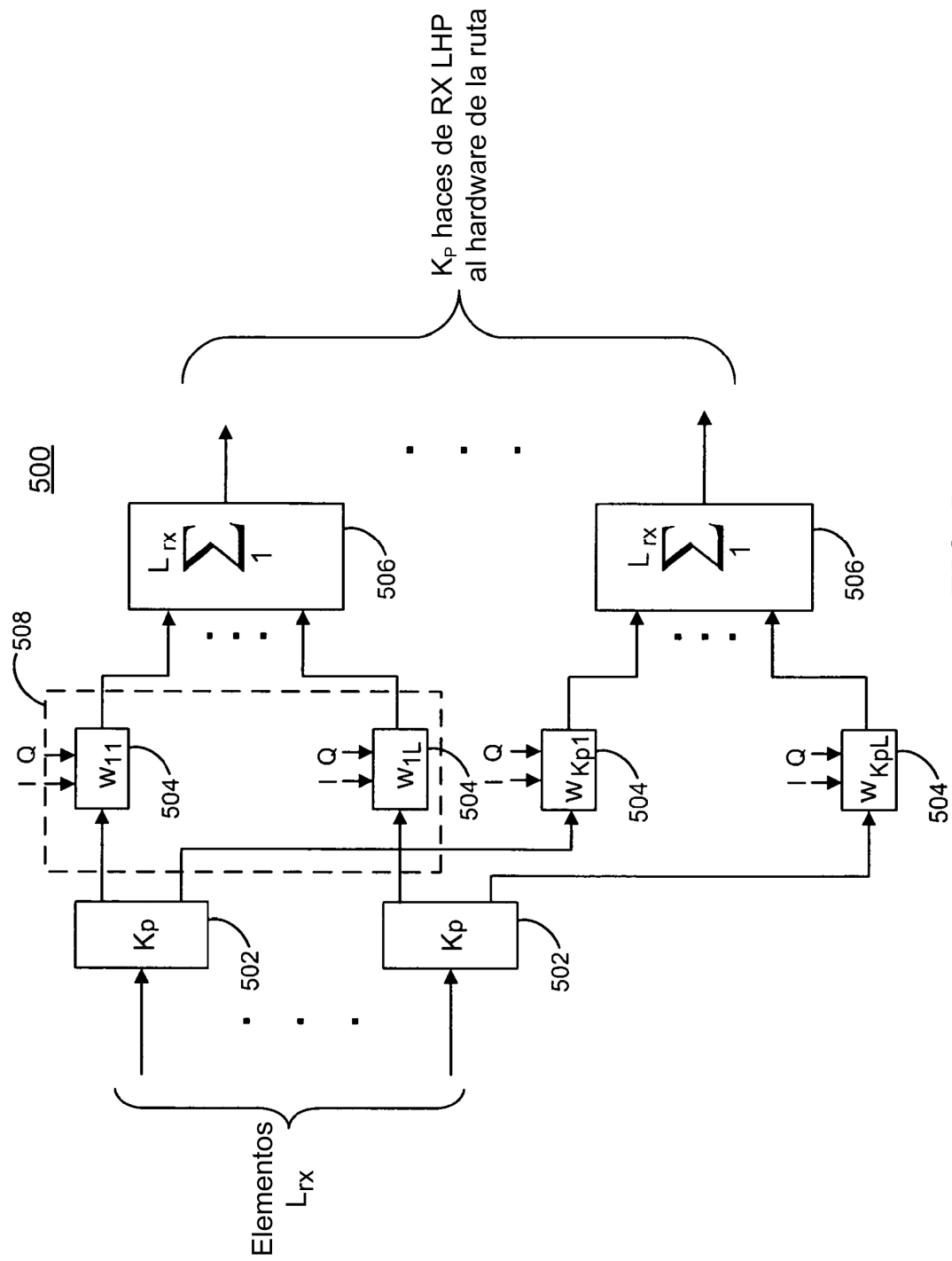
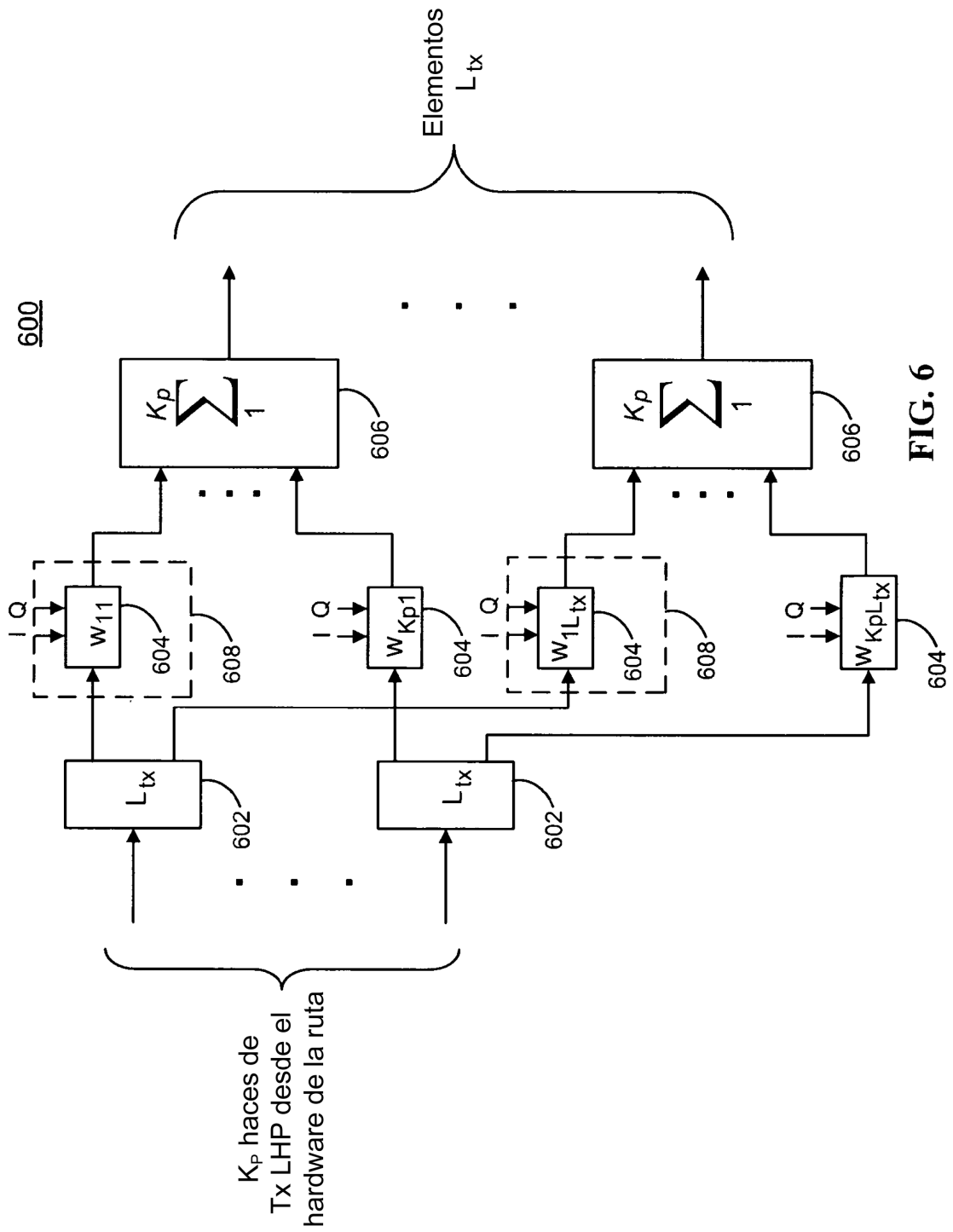


FIG. 5



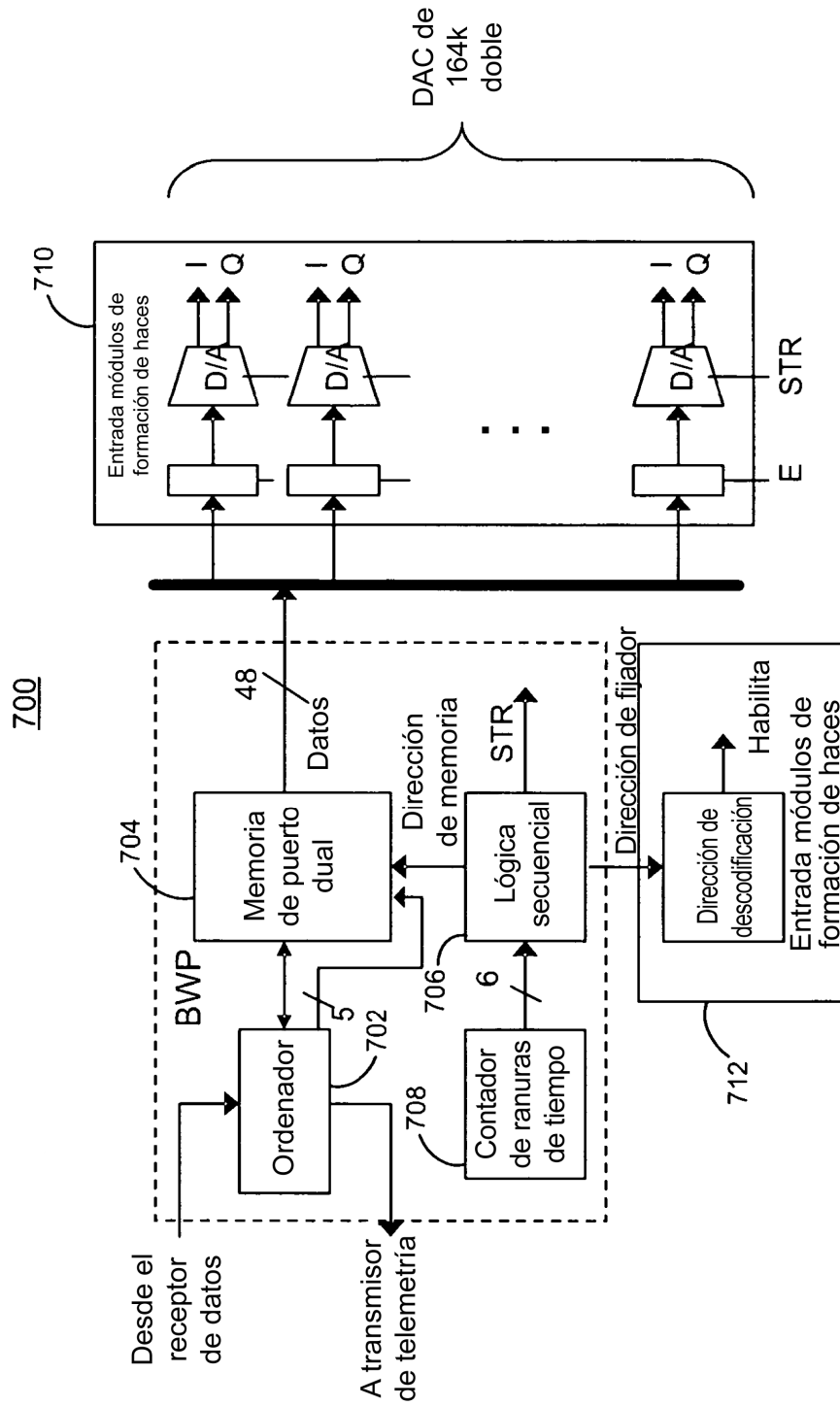


FIG. 7

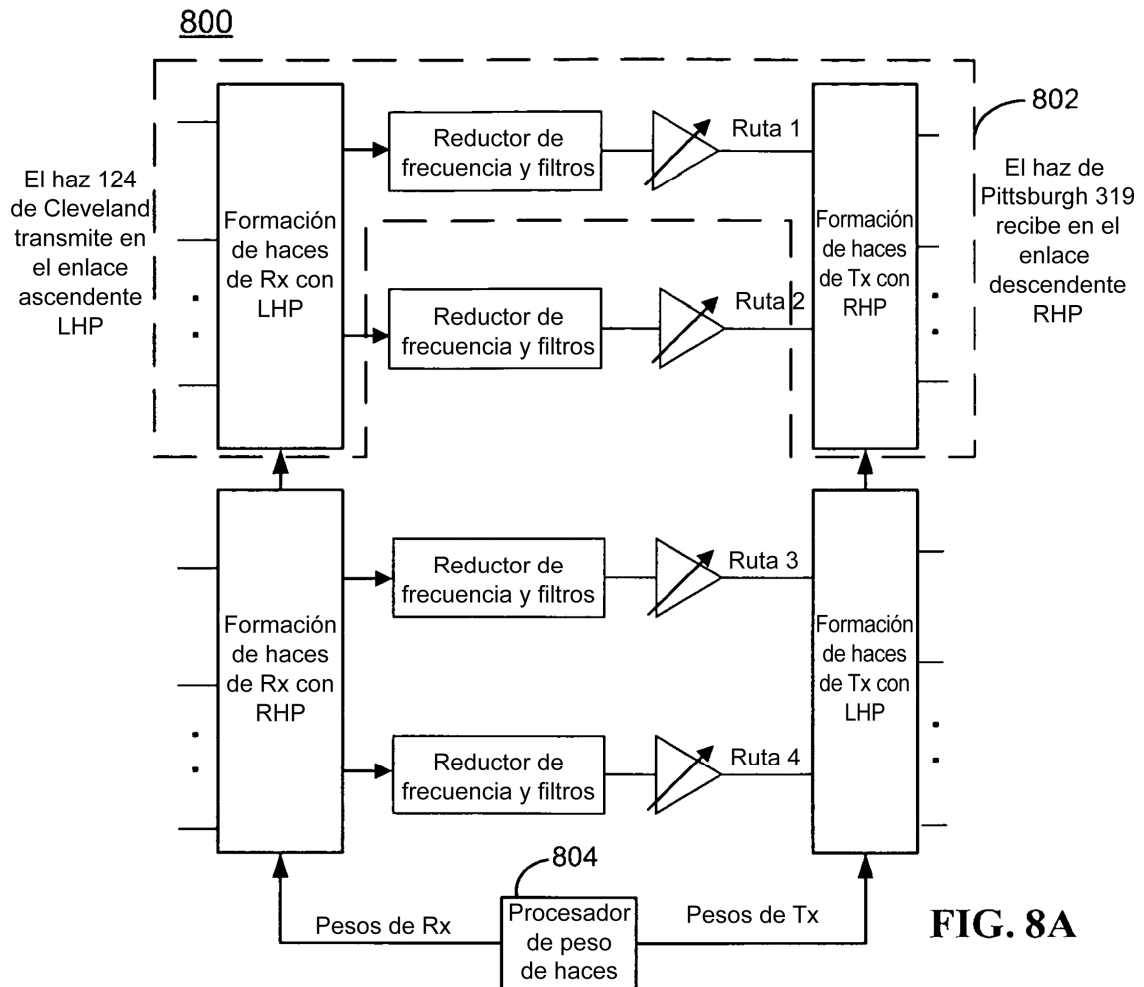


FIG. 8A

810

812

816

Ruta	Ranura1
1	Cleveland -> Pittsburgh
2	Indianapolis -> Atlanta
3	Washington -> Columbus
4	Raleigh -> Lexington

FIG. 8B

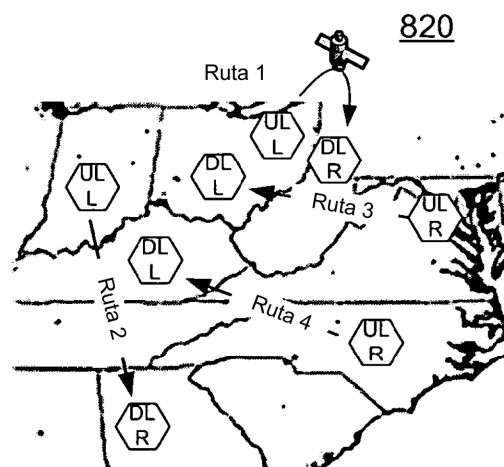


FIG. 8C

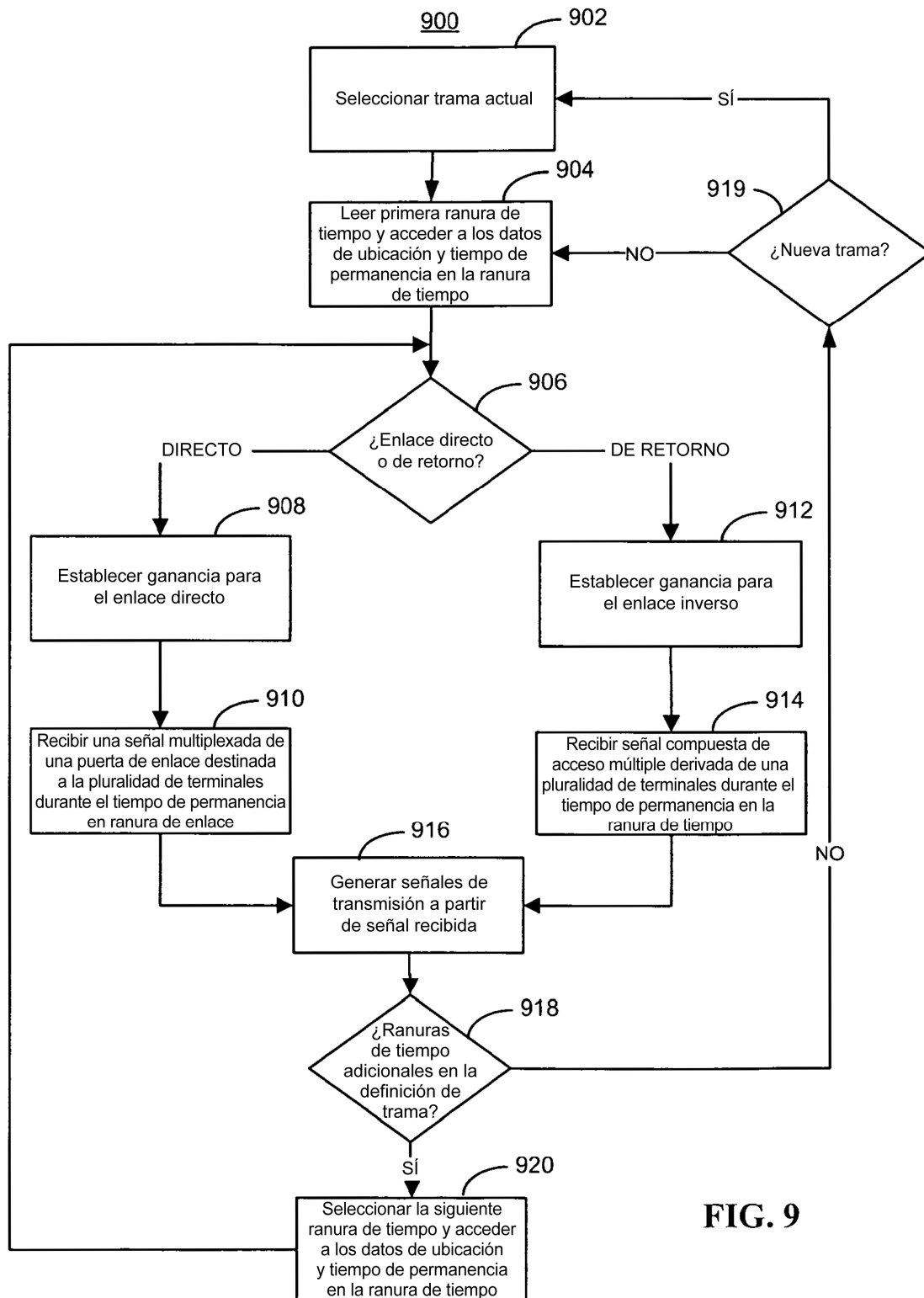


FIG. 9

FIG. 12A

Tiempo de asignación 50 % / 50 %

1200

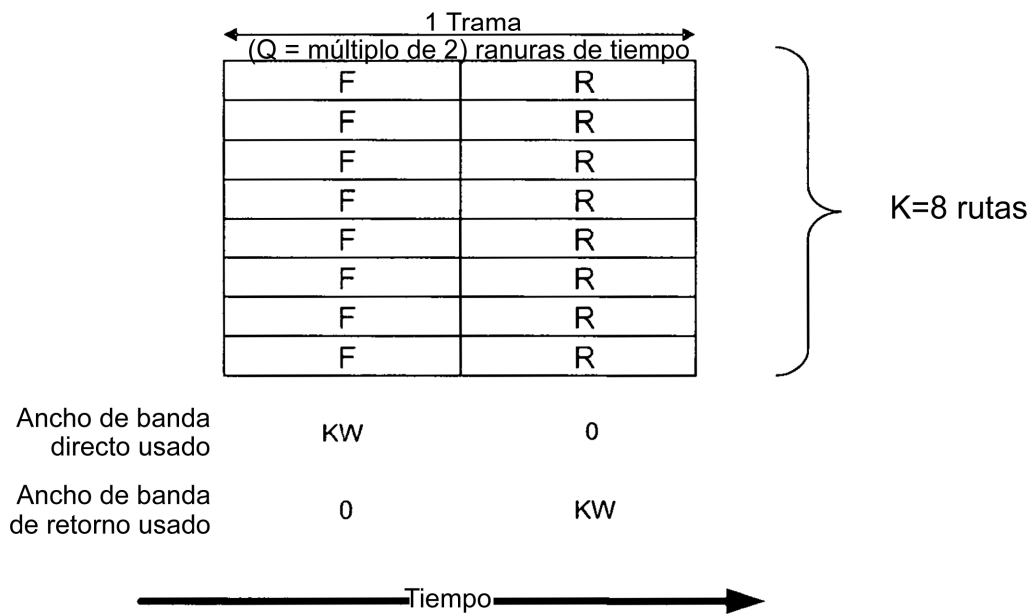


FIG. 12B

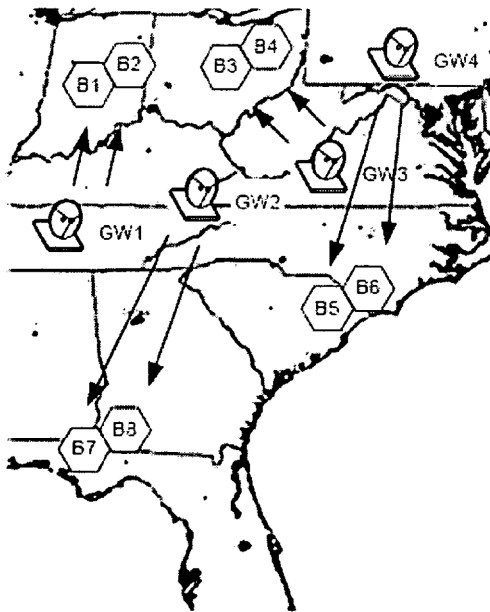
1210

Ruta	Ranura1	Ranura2	USO DE RANURA
1	GW1->B1	B1->GW1	FR
2	GW3->B3	B3->GW3	FR
3	GW2->B7	B7->GW2	FR
4	GW4->B5	B5->GW4	FR
5	GW1->B2	B2->GW1	FR
6	GW3->B4	B4->GW3	FR
7	GW2->B8	B8->GW2	FR
8	GW4->B6	B6->GW4	FR

USO DE PW 8F 8R

1220

Ranura 1



1230

Ranura 2

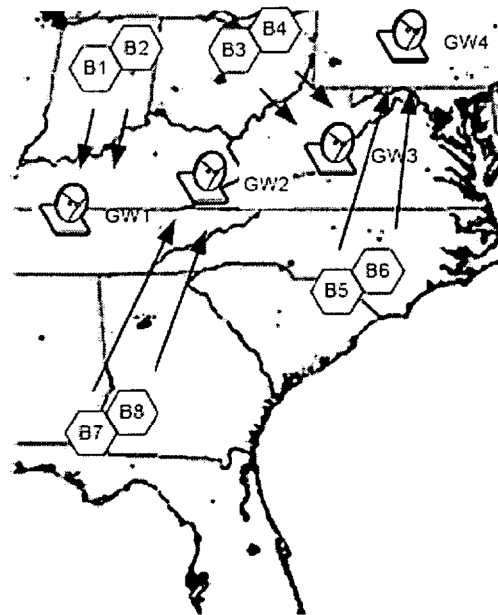


FIG. 13A

Tiempo de asignación 50 % / 50 % 1300

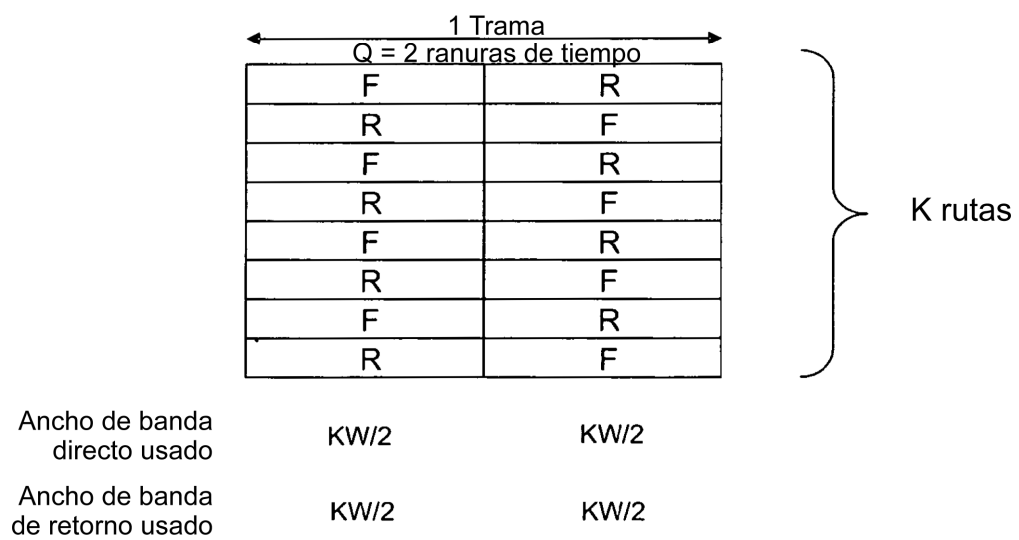


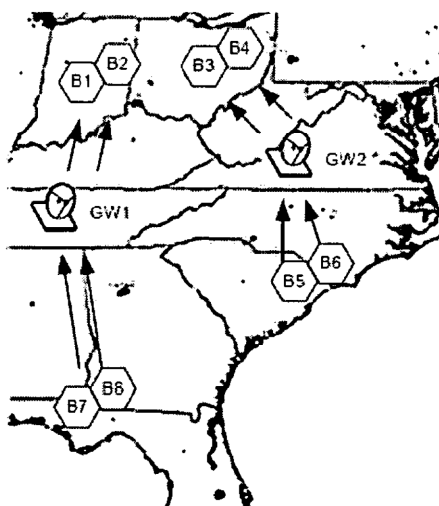
FIG. 13B

1310

Ruta	Ranura1	Ranura2	USO DE RANURA
1	GW1->B1	B1->GW1	FR
2	B7->GW1	GW1->B7	RF
3	GW2->B3	B3->GW2	FR
4	B5->GW2	GW2->B5	RF
5	GW1->B2	B2->GW1	FR
6	B8->GW1	GW1->B8	RF
7	GW2->B4	B4->GW2	FR
8	B6->GW2	GW2->B6	RF
USO DE PW 4F,4R 4F,4R			

1320

Ranura 1



Ranura 2

1330

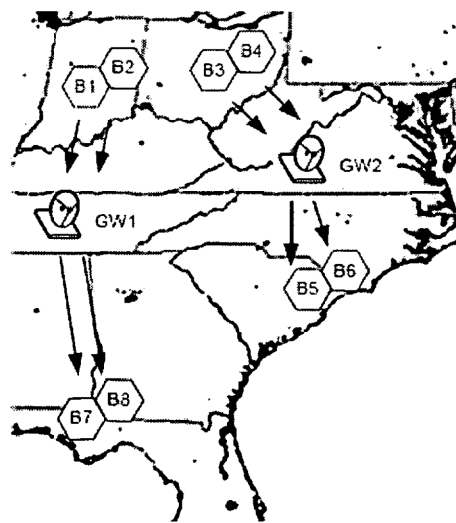


FIG. 14A

Tiempo de asignación 75% / 25%

1400

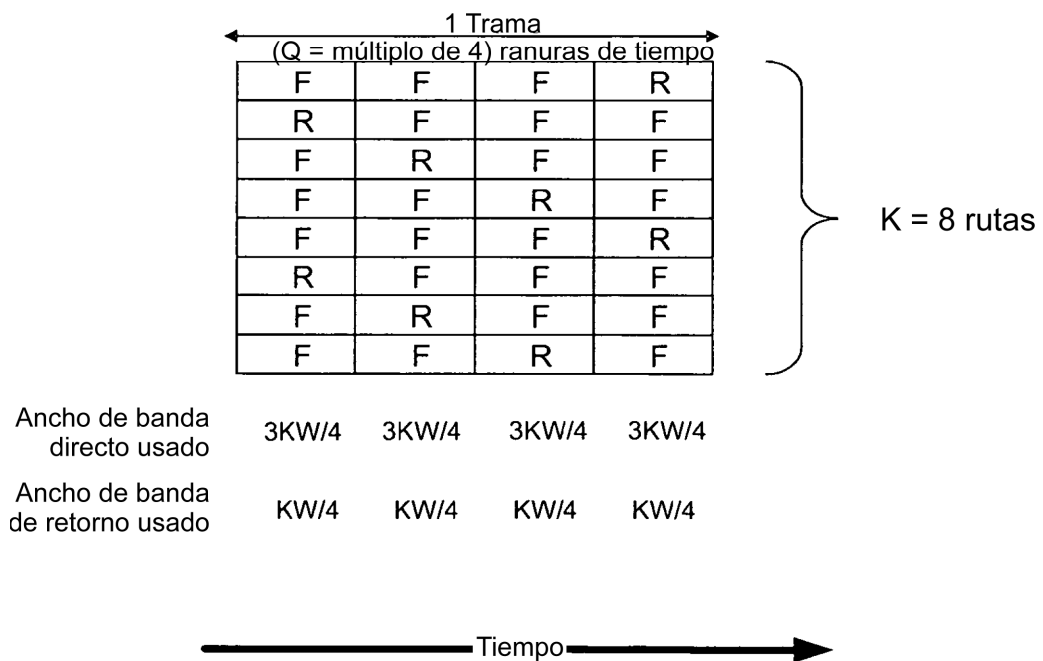
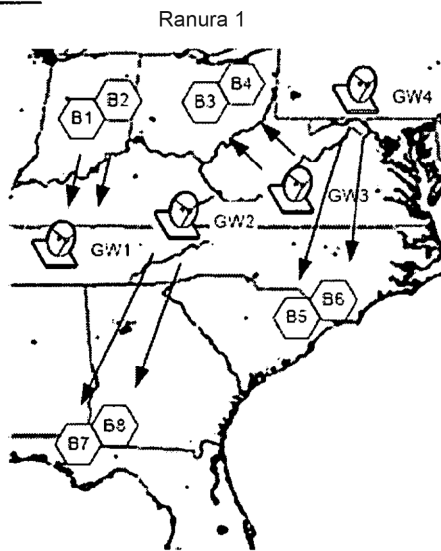


FIG. 14B

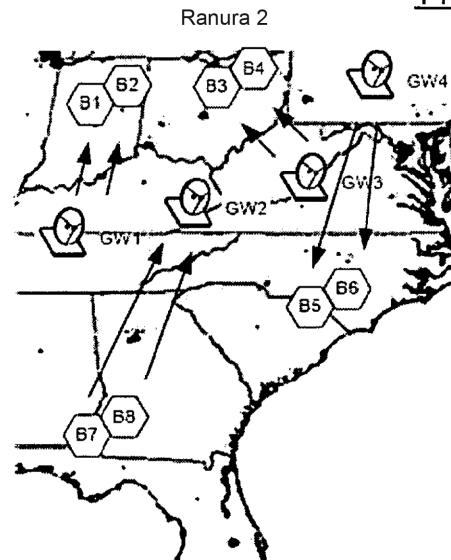
1410

Ruta	Ranura1	Ranura2	Ranura3	Ranura4	USO DE RANURA
1	B1->GW1	GW1->B1			RFFF
2	GW2->B7	B7->GW2	GW2->B7		FRFF
3	GW3->B3		B3->GW3	GW3->B3	FFRF
4	GW4->B5			B5->GW4	FFFR
5	B2->GW1	GW1->B2			RFFF
6	GW2->B8	B8->GW2	GW2->B8		FRFF
7	GW3->B4		B4->GW3	GW3->B4	FFRF
8	GW4->B6			B6->GW4	FFFR
USO DE PW	6F,2R	6F,2R	6F,2R	6F,2R	

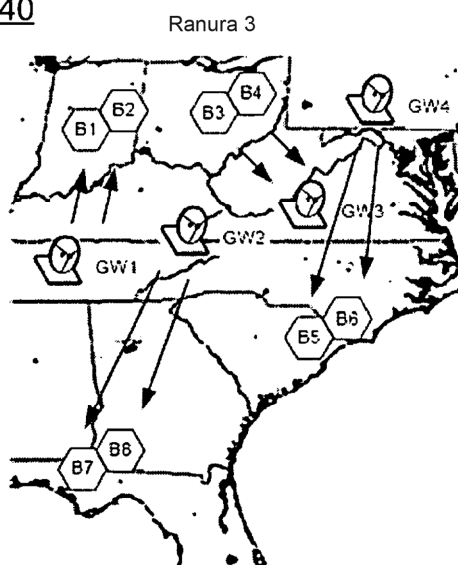
1420



1430



1440



1450

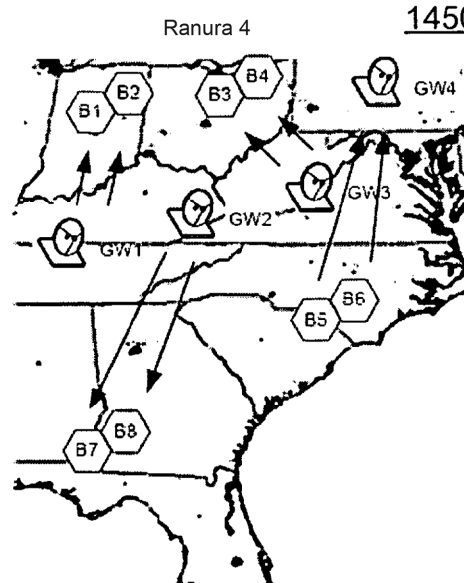
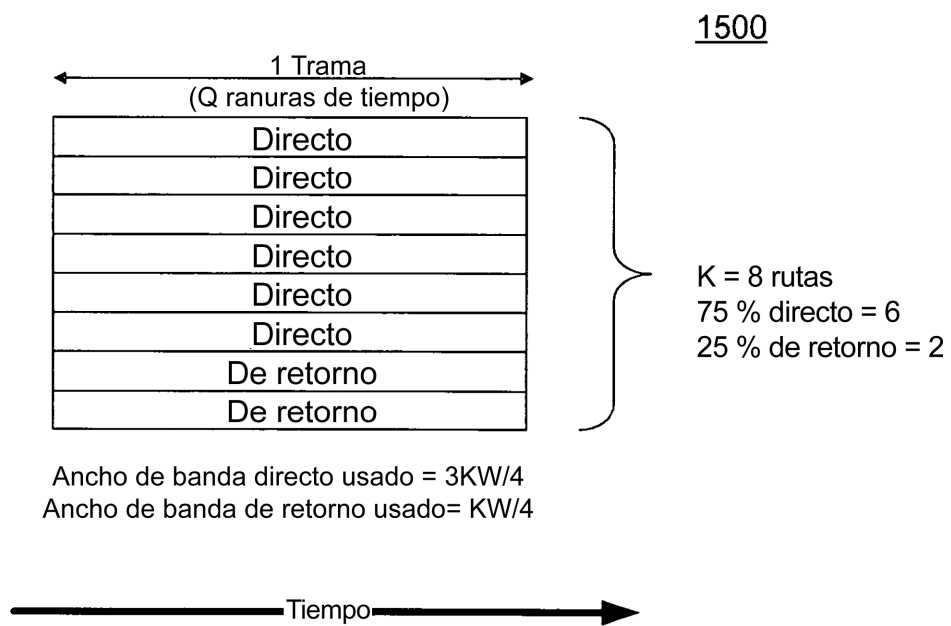


FIG. 15A

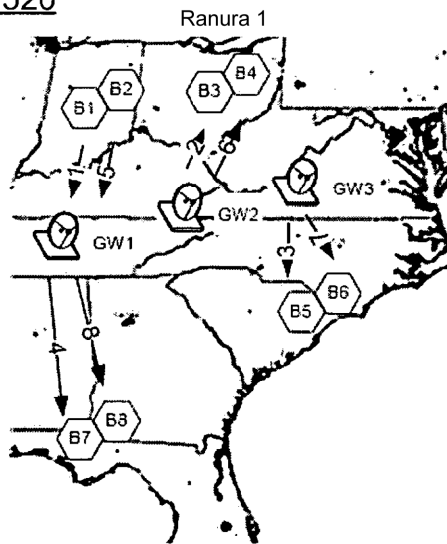


1510

FIG. 15B

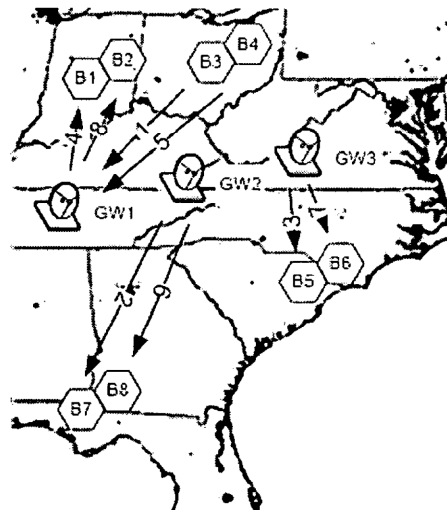
Ruta	Ranura1	Ranura2	Ranura3	Ranura4	USO DE RANURA
1	B1->GW1	B3->GW1	B5->GW1	B7->GW1	R
2	GW2->B3	GW2->B7	GW2->B3	GW2->B3	F
3	GW3->B5	GW3->B5	GW3->B7	GW3->B5	F
4	GW1->B7	GW1->B1	GW1->B1	GW1->B1	F
5	B2->GW1	B4->GW1	B6->GW1	B8->GW1	R
6	GW2->B4	GW2->B8	GW2->B4	GW2->B4	F
7	GW3->B6	GW3->B6	GW3->B8	GW3->B6	F
8	GW1->B8	GW1->B2	GW1->B2	GW1->B2	F
USO DE PW					6F,2R
					6F,2R
					6F,2R
					6F,2R

1520



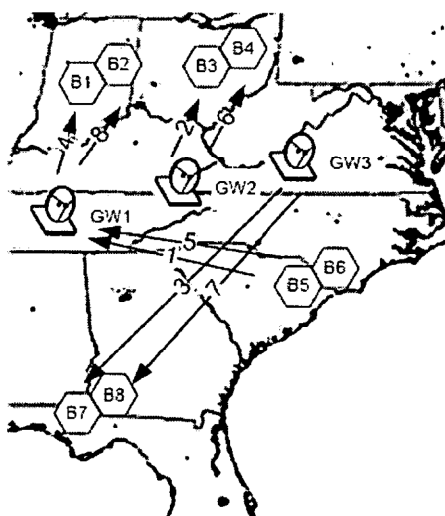
Ranura 2

1530



1540

Ranura 3



Ranura 4

1550

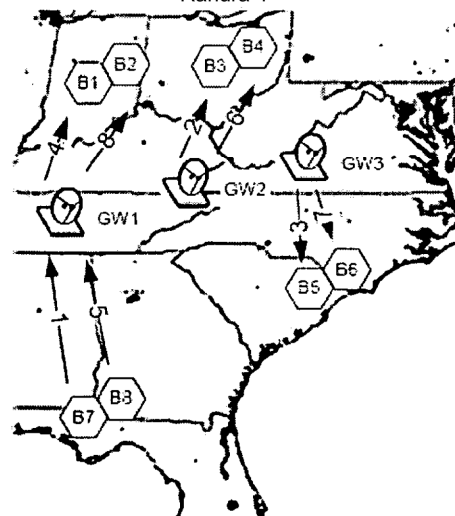


FIG. 15C

1560

	Ruta	Ranura1	Ranura2	Ranura3
USO DE GW				
COMPARTIDA	1	B1->GW1	B3->GW2	B5->GW3
GW2	2		GW2->B3	
GW3	3		GW3->B5	
GW1	4		GW1->B1	
COMPARTIDA	5	B2->GW1	B4->GW2	B6->GW3
GW2	6		GW2->B4	
GW3	7		GW3->B6	
GW1	8		GW1->B2	
USO DE PW	6F,2R	6F,2R	6F,2R	

FIG. 15D

1570

	Ruta	Ranura1	Ranura2	Ranura3
USO DE GW				
COMPARTIDA	1	B1->GW1	B3->GW1	B5->GW1
GW2	2		GW2->B3	
GW3	3		GW3->B5	
GW1	4		GW1->B1	
COMPARTIDA	5	B2->GW1	B4->GW1	B6->GW1
GW2	6		GW2->B4	
GW3	7		GW3->B6	
GW1	8		GW1->B2	
USO DE PW	6F,2R	6F,2R	6F,2R	

FIG. 15E

1580

Mapa de ranura 1

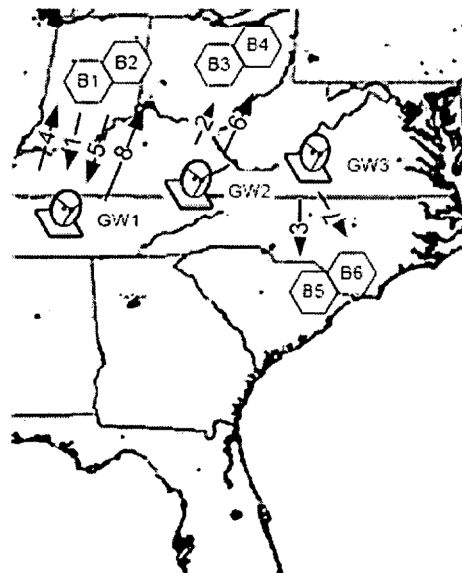


FIG. 16A

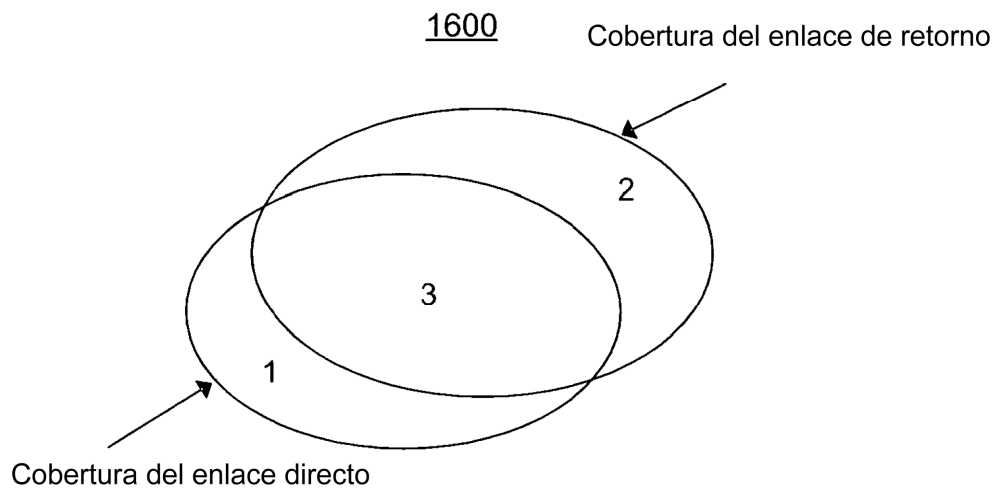


FIG. 16B

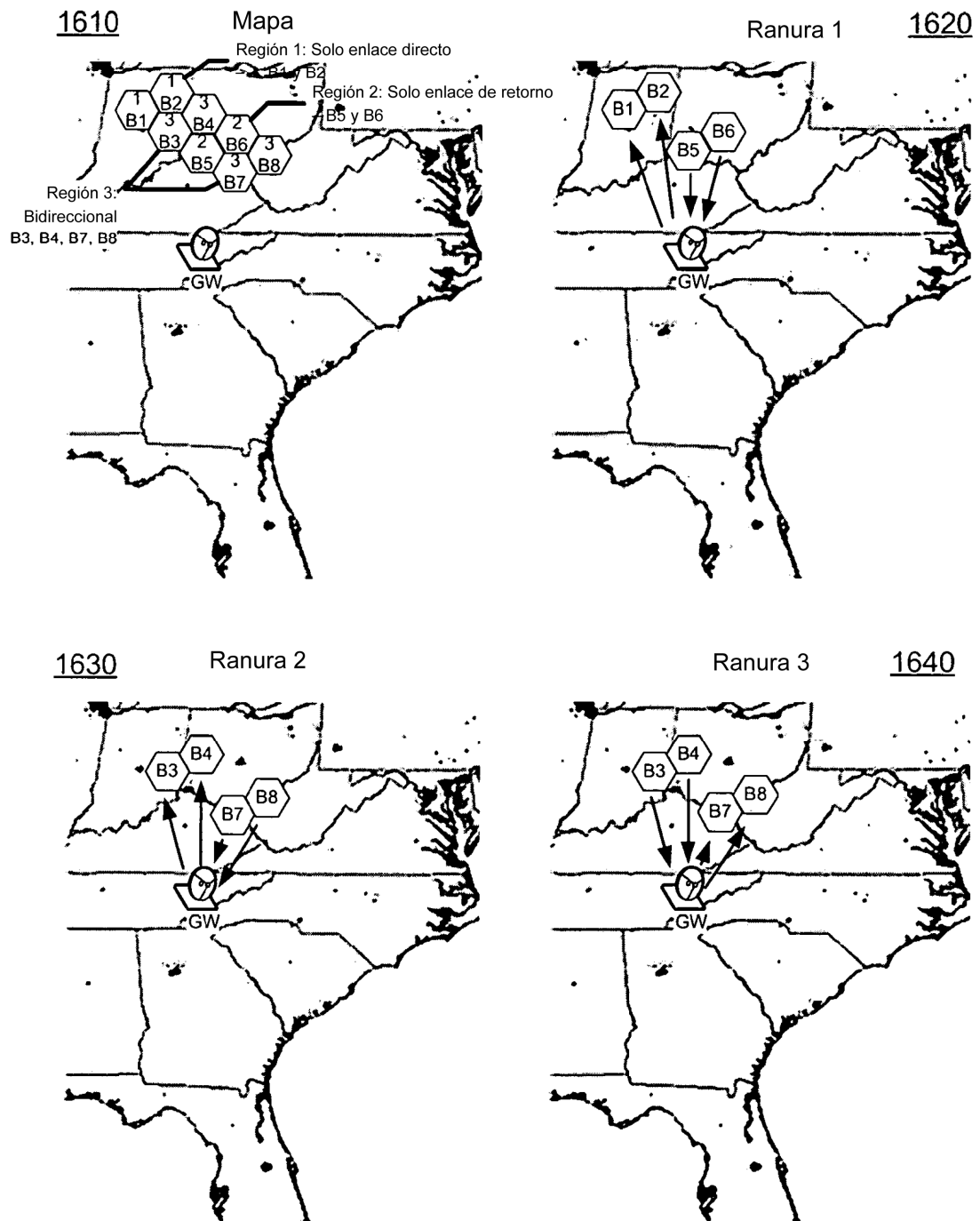


FIG. 17

1700

Total de 100 rutas

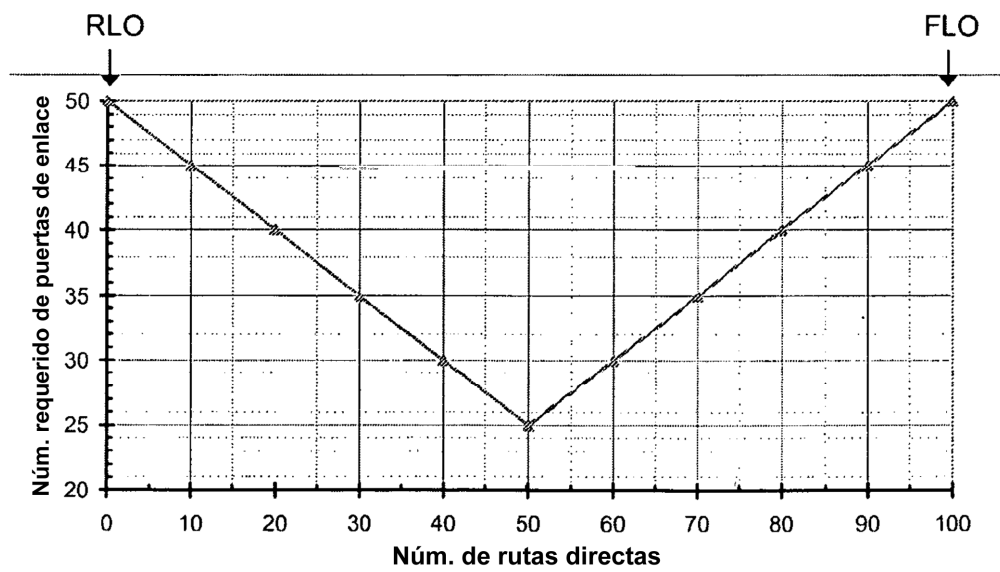
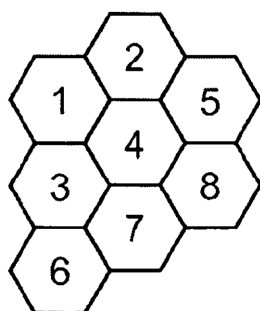


FIG. 18A

1800

Ejemplo con 8 tiempos de permanencia, $Q=32$ y $C_b=4,5$ Gbps



Ubicación celular para el haz n.º 1 a 8 intervalos de tiempo diferentes en la trama de haces conmutables

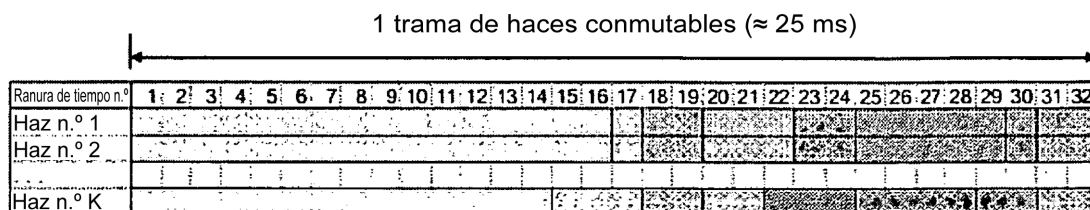
FIG. 18B

1810

Núm. de tiempo de permanencia	qj, núm. de ranuras asignadas	Capacidad de área, Mbps
1	16	2250
2	1	141
3	2	281
4	3	422
5	2	281
6	5	703
7	1	141
8	2	281
Total	32	4500

FIG. 18C

1820



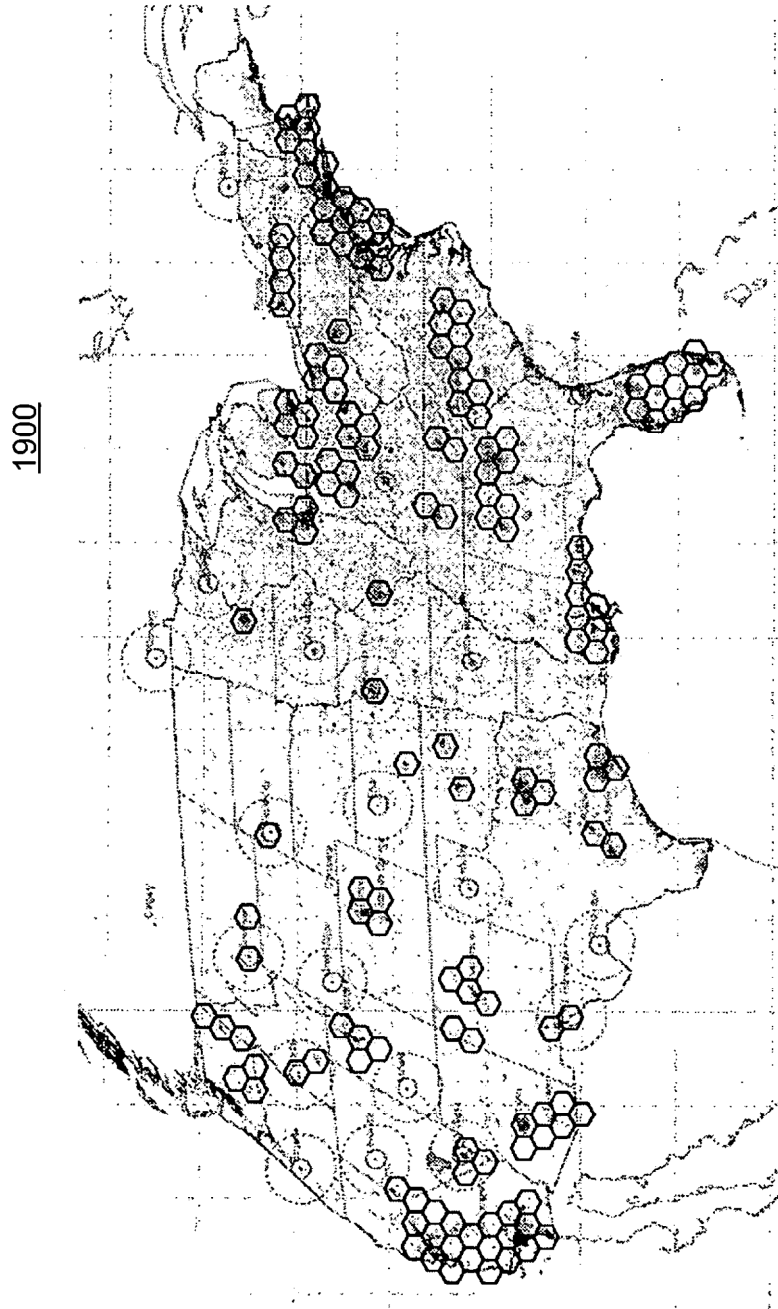
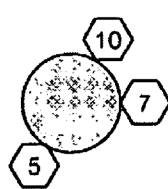


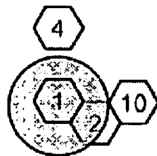
FIG. 19A

FIG. 19B1910

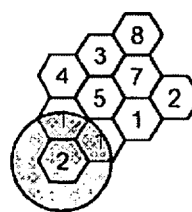
N.º de GW	Ubicación	N.º de problemas de haz	Ci
1	Sanderson, TX	0	8
2	Ft. Hancock, TX	2	6
3	Amarillo, TX	0	8
4	Milford, UT	0	8
5	Ellis, KN	0	8
6	Lovelock, NV	1	7
7	Green River, WY	0	8
8	Boise, ID	2	6
9	Rapid City, SD	1	7
10	Bozeman, MT	2	6
11	Winnipeg, Canada	0	8
12	Duluth, MI	0	8
13	Syracuse, NY	2	6
14	Little Rock, AK	0	8
15	St. Louis, MO	1	7
16	Louisville, KY	1	7
17	Kansas City, MO	1	7
18	Las Vegas, NV	3	5
19	Montreal	0	8
20	Eugene, OR	0	8
21	Jacksonville, FL	0	8
22	Savannah, GE	0	8
23	Des Moines, IO	0	8
Total			168

FIG. 19C1920

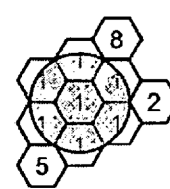
$$C_i = 64 \text{ (Máx)}$$



$$C_i = 64 - 3 = 61$$



$$C_i = 64 - 4 = 60$$



$$C_i = 64 - 7 = 57$$

2000

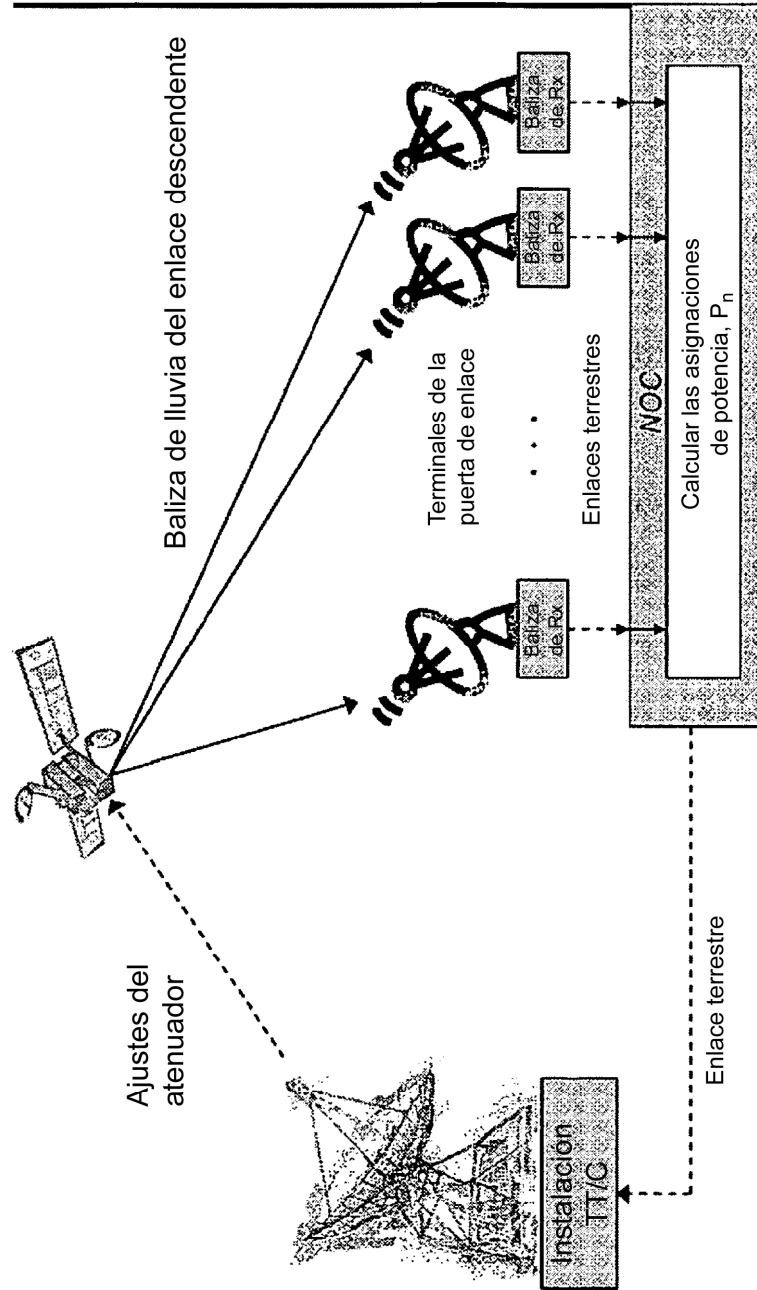


FIG. 20