

Asignación dinámica de haz de satélite

Campo

Las formas de realización se refieren, en general, a sistemas de comunicaciones por satélite geoestacionarios y, más en particular, a la asignación dinámica de terminales terrestres a haces puntuales fijos por satélite.

Antecedentes

En los sistemas de comunicaciones por satélite geoestacionarios, los datos pueden comunicarse entre terminales terrestres (por ejemplo, nodos de acceso por satélite y terminales de usuario) a través de un satélite. Para proporcionar servicios de comunicaciones a grandes números de terminales terrestres distribuidos en una gran zona geográfica, la zona generalmente se puede segmentar en zonas de cobertura más pequeñas. A modo de ejemplo, una zona geográfica se puede segmentar en disposición matricial hexagonal, y algunos o todos los hexágonos se pueden iluminar mediante haces puntuales respectivos para dar servicio a los terminales terrestres en esas zonas hexagonales. Aunque cada haz puntual se puede enfocar para iluminar una zona de cobertura particular, las zonas de cobertura de los haces puntuales pueden ser objeto de deriva desde sus posiciones nominales, en el transcurso del tiempo, debido a las deflexiones de los reflectores satelitales, los cambios en la actitud del satélite y/o los otros factores del mundo real.

A medida que las zonas de cobertura de haz puntual se reducen (por ejemplo, para satélites de alto rendimiento), dicha deriva puede tener un mayor impacto sobre la provisión fiable de servicios de comunicaciones por satélite. Un motivo es que los haces puntuales más pequeños se suelen producir usando aberturas de satélite de mayor magnitud (por ejemplo, reflectores más amplios), y esas características físicas de mayor magnitud del satélite pueden ser más propensas a la desviación. Otra razón es que, con zonas de cobertura de haz puntual más pequeñas, más terminales terrestres tenderán a estar cerca del borde de una zona de cobertura (lejos del centro de haz), por lo que la deriva de la zona de cobertura puede tender a impactar sobre la calidad del servicio para más terminales terrestres. Algunos métodos convencionales intentan proporcionar un apuntamiento satelital más preciso (por ejemplo, utilizando el control activo de actitud a bordo, el auto apuntamiento de asistencia terrestre, y similares). Sin embargo, dichos métodos pueden tender a consumir combustible apreciable y pueden no tener en cuenta la desviación de los reflectores y otras materias relacionadas. Otros métodos convencionales usan dirección de haz mecánica, formación de haz digital y/o las otras técnicas para mantener el apuntamiento deseado del haz. Sin embargo, dichos métodos pueden tender a aumentar el coste, la complejidad y el peso del satélite.

Breve resumen

Entre otras cosas, se describen sistemas y métodos para proporcionar asignación dinámica de haz puntual en una red de comunicaciones por satélite geoestacionario. A modo de ejemplo, un nodo de procesamiento terrestre en comunicación con terminales terrestres puede supervisar la ubicación de la zona de cobertura de haz puntual y puede detectar un iniciador de deriva de haz que indica una deriva actual de una o más zonas de cobertura. Se puede identificar un conjunto de terminales terrestres (p. ej., de conformidad con un mapa de asignación de haces) como atendidos por haces puntuales asociados con la zona o zonas de cobertura de deriva y experimentando un impacto en la calidad de la señal a partir de la deriva. El nodo de terminal terrestre puede calcular una actualización de un mapa de asignación de haz que tiene una reasignación de los terminales terrestres identificados desde sus haces puntuales actualmente en servicio a otro de los haces puntuales. El cálculo del mapa de asignación de haz actualizado puede tratar de abordar al menos parte del impacto en la calidad de la señal identificado como asociado con la deriva. En algunas formas de realización, el cálculo del mapa de asignación de haz actualizado puede considerar el equilibrio de carga y/o los otros factores. Los mensajes se pueden comunicar desde el nodo de procesamiento terrestre a los terminales terrestres

identificados (por ejemplo, a través del satélite y uno o más terminales de pasarela) dirigiendo a los terminales terrestres para que se ajusten de conformidad con el mapa de asignación de haz actualizado. La asignación dinámica de haz se puede realizar de una manera que mantenga comunicaciones de estado entre los terminales terrestres reasignados y el satélite.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se describe haciendo referencia a las Figuras adjuntas:

La Figura 1 muestra un sistema ilustrativo de comunicaciones por satélite geoestacionario, como un contexto para diversas formas de realización;

La Figura 2 muestra una zona geográfica ilustrativa atendida por múltiples zonas de cobertura de haz puntual superpuestas;

La Figura 3 muestra otra zona geográfica ilustrativa atendida por múltiples zonas de cobertura de haz puntual superpuestas;

Las Figuras 4A - 4C muestran otra zona geográfica ilustrativa atendida por múltiples zonas superpuestas de cobertura de haz puntual;

La Figura 5 muestra un diagrama de bloques para un sistema ilustrativo de asignación dinámica de haz en una red de comunicaciones por satélite geoestacionario, de conformidad con diversas formas de realización; y

La Figura 6 muestra un diagrama de flujo de un método ilustrativo de asignación dinámica de haz en una red de comunicaciones por satélite geoestacionario, de conformidad con diversas formas de realización.

5 En las figuras adjuntas, los componentes y/o características similares pueden tener la misma etiqueta de referencia. Además, se pueden distinguir varios componentes del mismo tipo siguiendo la etiqueta de referencia por una segunda etiqueta que distingue entre los componentes
10 similares. Si solo se utiliza la primera etiqueta de referencia en la especificación, la descripción es aplicable a cualquiera de los componentes similares que tienen la misma primera etiqueta de referencia con independencia de la segunda etiqueta de referencia.

15 **Descripción detallada**

En la siguiente descripción, se exponen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión exhaustiva de la presente invención. Sin embargo, un experto en esta técnica debería reconocer que la invención
20 se puede poner en práctica sin estos detalles específicos. En algunos casos, los circuitos, estructuras y técnicas no se han mostrado en detalle para evitar disminuir la claridad de la presente invención.

La Figura 1 muestra un sistema ilustrativo de
25 comunicaciones por satélite geoestacionario 100, como un contexto para diversas formas de realización. Según se

ilustra, un satélite geoestacionario 105 está en comunicación con varios terminales terrestres 110. Los terminales terrestres 110 pueden incluir terminales de usuario y terminales de pasarela. En algunas formas de
5 realización, los terminales terrestres 110 son estacionarios. En algunas formas de realización, el satélite 105 es un satélite tubular plegado. En otras formas de realización, el satélite 105 y los terminales terrestres 110 pueden poner en práctica una arquitectura de
10 comunicaciones de concentrador y radio, mediante la cual los terminales de usuario se comunican entre sí y con otras redes de comunicaciones a través de terminales de pasarela. A modo de ejemplo, las comunicaciones directas son desde terminales de pasarela a terminales de usuario a través del
15 satélite 105, y las comunicaciones de retorno son desde terminales de usuario a terminales de pasarela a través del satélite 105; y los terminales de usuario no se comunican directamente con otros terminales de usuario a través del satélite 105. En otras formas de realización, el sistema de
20 comunicaciones por satélite 100 se puede diseñar como una red de malla, una red entre homólogos o de conformidad con cualquier otra arquitectura adecuada.

El satélite 105 puede comunicarse con los terminales terrestres 110 iluminando las zonas de cobertura de haz 120
25 con haces puntuales 130. A modo de ejemplo, para proporcionar servicios de comunicaciones a un gran número

de terminales terrestres 110 distribuidos en una gran zona geográfica, la zona geográfica se suele poder segmentar en zonas de cobertura más pequeñas 120, y esas zonas de cobertura 120 pueden ser atendidas por haces puntuales 130.

- 5 Un haz puntual 130 es un haz de satélite enfocado en una región geográfica limitada de la Tierra. Las alimentaciones por satélite pueden usarse para producir los haces puntuales 130, y los terminales terrestres 110 dispuestos dentro de la región geográfica iluminada por el haz puntual
- 10 130 pueden comunicarse con el satélite 105 a través de esas alimentaciones. Según como se utiliza en el presente documento, una zona de cobertura 120 para un haz puntual 130 particular suele referirse a una región geográfica limitada de la Tierra en la que se puede proporcionar un
- 15 terminal terrestre al menos un nivel mínimo predeterminado de calidad de señal a través del haz puntual 130. A modo de ejemplo, una zona de cobertura 120 para un haz puntual 130 se puede definir de conformidad con una sección transversal de 3dB (u otro valor adecuado) del patrón de antena de haz
- 20 puntual 130, de modo que los terminales terrestres dentro de esa zona de cobertura 120 vean una intensidad de señal que está dentro de los 3dB de la intensidad de señal máxima sobre el haz puntual 130. Como otro ejemplo, una zona de cobertura 120 para un haz puntual 130 puede definirse de
- 25 conformidad con una relación de portadora a interferencia (C/I) que es un magnitud predeterminada inferior al valor

máximo dentro de la zona de cobertura 120 (por ejemplo, un C/I máxima en el centro del haz puntual 130).

Los terminales terrestres 110 pueden incluir equipos que permiten la comunicación con el satélite 105 a través
5 de los diversos haces puntuales 130, y pueden ubicarse dentro de la zona de cobertura 120 de al menos un haz puntual 130. A cada terminal terrestre 110 se le puede asignar un haz puntual 130 e incluir equipos (por ejemplo, una antena, un transceptor, etc.) que se pueden configurar
10 para la comunicación a través de ese haz puntual asignado 130. El equipo de cada terminal terrestre 110 puede, en respuesta a un mensaje de reasignación, ser también reconfigurado, de forma automática, para la comunicación con un haz puntual 130 recién asignado que puede tener
15 características de haz diferentes (p. ej., frecuencia portadora, polarización, etc.) que el haz puntual 130 asignado con anterioridad. Configurar y reconfigurar el equipo del terminal terrestre 110 pueden incluir la actualización de una o más configuraciones de comunicación
20 del equipo con el fin de transmitir y recibir datos modulados a través del haz puntual asignado 130. Las configuraciones de comunicación pueden, por ejemplo, ser una o más de entre: una frecuencia portadora particular, una orientación de polarización particular, información de
25 paquete particular (por ejemplo, puesta en práctica como un preámbulo, post-preámbulo, preámbulo intermedio, o en

cualquier otra manera adecuada), sistemas particulares de modulación y/o codificación, etc. Típicamente, el satélite 105 puede iluminar una amplia región geográfica de la Tierra utilizando un gran número de haces puntuales 130, y el satélite 105 puede mantener una posición compatible (por ejemplo, ranura orbital) con respecto a la Tierra manteniendo una órbita geoestacionaria. Aunque la posición del satélite 105 puede mantenerse estrechamente, los errores de apuntamiento de haz puntual 130 pueden resultar en variaciones todavía más pequeñas en factores dichos como actitud del satélite, desviación del reflector, gradientes térmicos, iniciadores del propulsor y otras maniobras del satélite.

Las antenas de satélite con mayor direccionalidad y mayores aberturas se pueden usar para producir haces puntuales más estrechos 130 que iluminen zonas de cobertura respectivas más pequeñas 120. Los haces puntuales más estrechos 130 pueden proporcionar una ganancia superior por haz puntual 130, lo que puede producir una mejor relación de señal a ruido (SNR) en los terminales de usuario y puede permitir mayores tasas de transferencia de datos entre el satélite 105 y los terminales terrestres 110. Además, los haces puntuales más estrechos 130 pueden permitir una mayor reutilización de la frecuencia, lo que puede proporcionar aumentos aún mayores en el rendimiento de datos de un sistema de comunicaciones por satélite 100. Sin embargo,

las zonas de cobertura 120 de los haces puntuales 130 pueden derivarse desde su ubicación nominal en el transcurso del tiempo, y la deriva puede tener un mayor impacto en el servicio en el contexto de haces puntuales más estrechos 130.

A modo de ejemplo, tal como se ilustra, el satélite 105 puede incluir varias características físicas utilizadas para producir haces puntuales 130, dichos como estructuras de alimentación 140 y estructuras de reflectores 150. El movimiento del satélite 105 y/o estas características incluso dentro de unas pocas milésimas de un grado (p. ej., debido a las deflexiones de los reflectores 150, los cambios en la actitud del satélite 105, etc.) pueden causar una deriva apreciable en la zona geográfica cubierta por los haces puntuales 130. A menudo se utiliza un único reflector de satélite 150 para producir un gran número de haces puntuales 130, de modo que una ligera desviación de ese único reflector 150 puede causar que muchas zonas de cobertura 120 se deriven de manera simultánea. Además, los satélites 105 que tienen múltiples reflectores 150 pueden experimentar una deflexión diferente para cada reflector 150, haciendo que incluso las zonas de cobertura adyacentes 120 en el suelo puedan derivar en diferentes direcciones y/o en diferentes magnitudes. Los haces puntuales más estrechos 130 se suelen producir usando reflectores de mayor magnitud 150, y los reflectores de mayor magnitud 150

tienden a ser más propensos a la desviación. Además, con zonas de cobertura de haz puntual más pequeñas 120, más terminales terrestres 110 tenderán a estar cerca de los bordes de las zonas de cobertura 120 (lejos del centro del haz puntual 130), de modo que la deriva de la zona de cobertura 120 puede degradar más probablemente el servicio para más terminales terrestres 110.

Algunos métodos convencionales intentan proporcionar un apuntamiento por satélite 105 más preciso. Sin embargo, dichos métodos pueden tender a consumir magnitudes apreciables de combustible y pueden no tener en cuenta la deflexión de los reflectores 150 y circunstancias similares. Otros métodos convencionales usan dirección de haz mecánica, formación de haz digital y/o las otras técnicas para mantener el apuntamiento deseado del haz puntual 130. Sin embargo, dichos métodos pueden tender a aumentar el coste, la complejidad y el peso del satélite 105.

Las formas de realización descritas en el presente documento incluyen un nuevo método para mantener la calidad del servicio a los terminales terrestres en el contexto de la deriva de la zona de cobertura 120 detectando la degradación de la calidad de la señal resultante de tal deriva y reasignando dinámicamente los terminales terrestres a los haces puntuales 130 de una manera que contrarreste la degradación. El sistema de comunicaciones por satélite geoestacionario 100 puede incluir uno o más

5 nodos de procesamiento terrestre (no ilustrados en la Figura 1). En algunas formas de realización, los nodos de procesamiento terrestre pueden estar dentro de una red terrestre en comunicación con algunos de los terminales terrestres 110 (por ejemplo, terminales de pasarela), tales como la ubicación conjunta o integrada dentro de uno o más nodos centrales, centros de operaciones de red (NOC), etc. En algunas formas de realización, los nodos de procesamiento terrestre pueden ubicarse o integrarse dentro de uno o más terminales de pasarela. Según se describe con más detalle a continuación, los nodos de procesamiento terrestre pueden usar datos de medición de enlace que indican la calidad de la señal (por ejemplo, intensidad de la señal, relación señal a ruido, relación de portadora a interferencia, relación de portadora a interferencia más ruido), error de paquetes y/o datos perdidos, etc.) en ubicaciones dentro de las zonas de cobertura 120 iluminadas por los haces puntuales 130 para detectar un iniciador de deriva de haz que indica una deriva actual de una o más zonas de cobertura 120 de uno o más haces puntuales 130. Según se utiliza en el presente documento, los datos de medición de enlace se suelen referir a una recogida de datos medidos de una o más señales comunicadas a través de los haces puntuales entre el satélite y los terminales terrestres que indican la calidad de la señal en las ubicaciones de dichos terminales terrestres. Se puede

identificar un conjunto de terminales terrestres como asignados actualmente a los haces puntuales en deriva y como experimentando una degradación de la calidad de la señal a partir de la deriva actual. Los nodos de procesamiento terrestre pueden calcular, en respuesta al iniciador de deriva del haz, un mapa de asignación de haz actualizado que contrarreste al menos parcialmente la degradación de la calidad de la señal reasignando cada uno del conjunto de terminales terrestres desde sus respectivos haces puntuales 130 asignados actualmente a otros de los haces puntuales 130. En formas de realización en las que los terminales terrestres incluyen terminales de usuario, los mensajes de reasignación pueden comunicarse a través del satélite 105 (por ejemplo, desde los nodos de procesamiento terrestre a través de los terminales de pasarela) a los terminales de usuario afectados que indican asignaciones actualizadas de haz puntual 130 de conformidad con el mapa de asignación de haz calculado. Los terminales de usuario pueden actualizar sus configuraciones de comunicaciones (p. ej., frecuencia portadora, orientación de polarización, intervalos de tiempo de comunicación, sistema de modulación y/o codificación, identificador de haz y/o los otros ajustes) de su equipo para efectuar comunicaciones con el haz puntual recién asignado 130 de conformidad con el mapa de asignación de haz actualizado. En formas de realización en las que los terminales

terrestres incluyen terminales de pasarela, los mensajes de reasignación pueden comunicarse a los terminales de pasarela afectados a través de la red terrestre y/o a través del satélite 105. Los terminales de pasarela
5 afectados pueden actualizar entonces sus configuraciones de comunicación de su equipo para efectuar comunicaciones con el haz puntual 130 recién asignado. Tal como se describe en el presente documento, las formas de realización pueden efectuar la reasignación de haz de una manera que mantenga
10 comunicaciones de estado entre los terminales terrestres reasignados y el satélite. A modo de ejemplo, la asignación de haz convencional puede implicar asignar una nueva dirección de protocolo de Internet (IP), eliminar y restablecer conexiones enchufables, etc. Según se describe
15 en el presente documento, la reasignación de haz puede ponerse en práctica de tal manera que las sesiones de navegación actuales, la transmisión de medios y/o las otras transacciones de red no se interrumpen (por ejemplo, utilizando protocolos tales como IP móvil, servidores proxy
20 y técnicas similares).

La Figura 2 muestra una zona geográfica ilustrativa
200 atendida por múltiples zonas de cobertura de haz puntual superpuestas. En aras de una mayor claridad, solo se muestran tres zonas de cobertura y dos terminales
25 terrestres 110. En la siguiente exposición, los dos terminales terrestres 110 de la Figura 2 son terminales de

usuario. Las líneas continuas se usan para mostrar las ubicaciones iniciales 210 de las zonas de cobertura por primera vez, y las líneas discontinuas se usan para mostrar las ubicaciones derivadas 220 de las zonas de cobertura por

5 segunda vez. A modo de ejemplo, la desviación de un reflector de satélite utilizado para producir los haces puntuales asociados con las zonas de cobertura hace que una primera zona de cobertura de un primer haz puntual se derive desde su ubicación inicial 210a a una ubicación

10 derivada respectiva 220a. La dirección y la magnitud de deriva se ilustran por la flecha 215.

Según se ilustra, por primera vez, un primer terminal de usuario 110a está ubicado justo fuera de una primera ubicación inicial de zona de cobertura 210a del primer haz

15 puntual y dentro de una segunda ubicación inicial de zona de cobertura 210b de un segundo haz puntual. En consecuencia, el primer terminal de usuario 110a puede asignarse actualmente al segundo haz puntual que ilumina la ubicación inicial de la segunda zona de cobertura 210b.

20 Después de algún tiempo, la primera zona de cobertura del primer haz puntual se desplaza a su ubicación derivada 220a, y la segunda zona de cobertura del segundo haz puntual se desplaza a su ubicación derivada 220b. Después de la deriva, el primer terminal de usuario 110a se encuentra justo fuera

25 de la segunda zona de cobertura derivada 220b y dentro de la primera zona de cobertura derivada 220a. En consecuencia,

el primer terminal de usuario 110a puede experimentar un servicio degradado a través del segundo haz puntual al que está asignado actualmente. Las formas de realización pueden detectar la deriva (por ejemplo, y/o la degradación del servicio), pueden determinar que la reasignación del primer terminal de usuario 110a al primer haz puntual que ilumina la primera zona de cobertura derivada 220a proporcionaría un servicio mejorado al terminal de usuario 110a, y puede dar instrucciones al primer terminal de usuario 110a para que ajuste su configuración de comunicaciones para comenzar a comunicarse a través del primer haz puntual al que ha sido reasignado.

La Figura 3 muestra otra zona geográfica ilustrativa 300 atendida por múltiples zonas de cobertura de haz puntual superpuestas. Según se describió con anterioridad, un satélite puede incluir uno o más reflectores. Se puede suponer que, en la Figura 2, las zonas de cobertura ilustradas están iluminadas por haces puntuales producidos usando el mismo reflector, y la deriva se muestra como relativamente compatible entre las diferentes zonas de cobertura. En la Figura 3, cada una de las zonas de cobertura ilustradas está iluminada por un haz puntual producido utilizando un reflector diferente (es decir, el satélite incluye al menos tres reflectores). La desviación de cada reflector hace que sus zonas de cobertura de haz puntual asociadas se desvíen, y la deriva respectiva de

cada zona de cobertura puede ser independiente y diferente de la deriva de las otras zonas de cobertura, según se indica con las flechas 215. A modo de ejemplo, algunas formas de realización pueden utilizar diferentes reflectores para producir haces puntuales adyacentes de diferente orientación de polarización, color, etc., que pueden proporcionar mitigación de interferencia. En consecuencia, las zonas de cobertura adyacentes pueden derivar de manera diferente. Además, en algunas formas de realización, cada reflector de un satélite multi-reflector puede iluminar un amplio grupo de haces puntuales distribuidos en una zona geográfica de gran magnitud, y las zonas de cobertura de cada grupo de haces puntuales pueden desplazarse de una manera que sea consistente entre el punto haces dentro del grupo, incluso si es diferente de la deriva de otras zonas de cobertura de otros grupos de haces puntuales. En dichos casos, ciertos métodos convencionales pueden ser ineficaces. A modo de ejemplo, ajustar el acimut y/o la elevación del satélite puede ayudar a corregir la deriva en algunas zonas de cobertura, mientras exacerba la deriva en otras zonas de cobertura. Algunas formas de realización descritas en el presente documento pueden abordar y/o hacer mención de estas y otras características de la producción de haces puntuales, por ejemplo, calculando asignaciones de haces globalmente a través de un gran número de haces puntuales.

Según se describió con anterioridad, las formas de realización detectan un iniciador de deriva de haz que indica la deriva actual de una o más zonas de cobertura de haz puntual. Algunas formas de realización pueden medir la deriva en función de los datos de medición del enlace en 5 ubicaciones de un subconjunto de terminales terrestres y pueden predecir, según la deriva, qué terminales terrestres adicionales probablemente están experimentando una degradación en la calidad de la señal debido a la deriva.

10 Otras formas de realización pueden medir la deriva en función de los datos de medición del enlace en las ubicaciones de cada uno de un conjunto de terminales terrestres e identificar directamente qué terminales de usuario dentro de ese conjunto están experimentando 15 degradación en la calidad de la señal. La manera en que se mide la calidad de la señal en las ubicaciones de los terminales terrestres puede variar de una forma de realización a otra. A modo de ejemplo, según una forma de realización, los terminales terrestres pueden recibir 20 mensajes de enlace descendente (por ejemplo, mensajes de gestión) desde el satélite y pueden efectuar un seguimiento de la intensidad de esos mensajes y/o la otra información contenida en esos mensajes para controlar su calidad de señal en el transcurso del tiempo. Los terminales 25 terrestres pueden comunicar información que indican su calidad de su señal a uno o más nodos de procesamiento

terrestre (por ejemplo, a través del satélite), y la información se puede recopilar para generar los datos de medición de enlace utilizados para supervisar la deriva. Según otro ejemplo, el satélite puede iluminar haces
5 puntuales estrechos y uno o más haces de zona amplia. Los terminales terrestres pueden medir la intensidad de señal de las señales de enlace descendente recibidas a través de los haces puntuales en comparación con la intensidad de señal de las señales de enlace descendente recibidas a
10 través de los haces de zona amplia para controlar su calidad de señal desde los haces puntuales.

Las Figuras 4A - 4C muestran otra zona geográfica ilustrativa 400 atendida por múltiples zonas de cobertura de haz puntual superpuestas. En la siguiente exposición,
15 los terminales terrestres 410 de las Figuras 4A - 4C son terminales de usuario. Se muestra un grupo de terminales de usuario 410 situados en una ubicación inicial 210a de una primera zona de cobertura de un primer haz puntual asignado. En aras de mayor claridad, solo se muestran los terminales
20 410 de usuario asignados inicialmente al primer haz puntual. Los terminales de usuario 410 mostrados como círculos de sombreado negro indican terminales de usuario 410 ubicados correctamente dentro de la zona de cobertura y que tienen una buena calidad de servicio. Los terminales de usuario
25 410 ilustrados como círculos rellenos con patrones indican terminales de usuario 410 ubicados en el borde de

la zona de cobertura y que tienen una calidad de señal que actualmente es correcta, pero susceptible de degradarse con la deriva del haz. Los terminales de usuario 410 ilustrados como círculos rellenos de color blanco (en la Figura 4B) indican terminales de usuario 410 ubicados fuera de la zona de cobertura de sus zonas de cobertura asignadas 210 y que actualmente tienen una calidad de señal inaceptable.

Según se ilustra en la Figura 4A, en un momento inicial, dos zonas de cobertura adyacentes están en sus ubicaciones iniciales (210a, 210b); el terminal de usuario 410c está dentro de la primera zona de cobertura; y los terminales de usuario 410a y 410b están en el borde de la primera zona de cobertura. Tal como se ilustra en la Figura 4B, por segunda vez, las dos zonas de cobertura adyacentes se han desplazado a las ubicaciones derivadas respectivas, 220a y 220b. En esta situación, el terminal de usuario 410b está dentro de la primera zona de cobertura; el terminal de usuario 410c está en el borde de la primera zona de cobertura; y el terminal de usuario 410a (así como otros terminales de usuario, tales como 410d, 410e y 410f) está completamente fuera de la primera zona de cobertura. Según se ilustra en la Figura 4C, en respuesta a la deriva de las zonas de cobertura, por tercera vez, los terminales de usuario afectados 410 pueden reasignarse a un segundo haz puntual asociado con la segunda zona de cobertura. En aras de mayor claridad, solo se muestra que ciertos terminales

de usuario afectados (410a, 410d, 410e y 410f) para ilustrar la reasignación de esos terminales de usuario 410 a la segunda zona de cobertura del segundo haz puntual. En este momento, el terminal de usuario 410a está dentro de la
5 segunda zona de cobertura a la que ha sido reasignado; y los terminales de usuario 410d, 410e y 410f están en el borde de la segunda zona de cobertura a la que han sido reasignados.

En dichos métodos, la calidad de la señal en las
10 ubicaciones de algunos o todos los terminales terrestres puede participar en la detección de la deriva de haz. En algunas formas de realización, se puede usar un mapa de asignación de haz actual para identificar un subconjunto de muestra de terminales terrestres en una o más zonas de
15 cobertura estadísticamente propensas a proporcionar datos de medición de enlace suficientes para indicar la deriva de haz. En otras formas de realización, los terminales terrestres pueden seleccionarse para participar en base a datos de geolocalización para los terminales terrestres con
20 respecto a las ubicaciones de la zona de cobertura. A modo de ejemplo, los datos del satélite de posicionamiento global (GPS), la información de la cuenta (por ejemplo, los datos del código postal, los datos de la base de datos de direcciones, etc.) y/o cualquier otro dato adecuado se
25 pueden usar para determinar la ubicación geográfica de los terminales terrestres. Algunos terminales terrestres se

pueden seleccionar, por ejemplo, como ubicados dentro de una cierta distancia del borde de una zona de cobertura, en función de una cierta distancia desde el centro de una zona de cobertura, etc.

5 La Figura 5 muestra un diagrama de bloques para un sistema ilustrativo de asignación dinámica de haz 500 en una red de comunicaciones por satélite geoestacionario, de conformidad con diversas formas de realización. Múltiples terminales de pasarela 560 pueden comunicarse con múltiples
10 terminales de usuario 570 a través del satélite 105. A modo de ejemplo, los terminales de usuario 570 están ubicados en zonas de cobertura de terminal de usuario iluminadas por haces puntuales del satélite 105, y cada terminal de usuario 570 puede asignarse en cualquier momento particular
15 para comunicarse con el satélite 105 a través de uno particular de entre los haces puntuales. En algunas formas de realización, el satélite 105 es un satélite geoestacionario 105, y los haces puntuales son haces puntuales fijos. Tal como se utiliza en el presente
20 documento, un haz puntual fijo tiene una zona de cobertura que ilumina una ubicación geográfica nominalmente fija, de modo que cualquier cambio en la ubicación geográfica fija es causado por la deriva del haz. A modo de ejemplo, cualquier cambio de este tipo en la ubicación geográfica
25 fija de la zona de cobertura de haz puntual fijo no se debe a la reconfiguración del satélite, las alimentaciones y/o

el reflector (por ejemplo, el haz puntual fijo no se puede dirigir mecánica o digitalmente). Los terminales de pasarela 560 están en comunicación con uno o más nodos de procesamiento terrestre a través de una red terrestre 550.

5 A modo de ejemplo, la red terrestre 550 puede ser cualquier red adecuada, tal como una red que incluye infraestructura de red troncal de Internet.

Al menos uno de los nodos de procesamiento terrestre puede incluir la estructura de nodo de procesamiento terrestre ilustrada 540. Las formas de realización de la estructura de nodo de procesamiento terrestre 540 pueden incluir un almacenamiento de datos 505 que tiene un mapa de asignación de haz 525 almacenado en el mismo. El almacenamiento de datos 505 se puede poner en práctica como uno o más dispositivos de almacenamiento físico ubicados dentro de, o en comunicación con, otros componentes de la estructura de nodo de procesamiento terrestre 540. El mapa de asignación de haz 525 puede indicar una asignación de haz para cada uno (por ejemplo, de algunos o todos) terminal de usuario 570 y terminal de pasarela 560. En el mapa de asignación de haz 525, los terminales de usuario 570 y los terminales de pasarela 560 pueden identificarse de cualquier manera adecuada y pueden incluir cualquier información adecuada sobre los terminales de usuario 570 y los terminales de pasarela 560, respectivamente. A modo de ejemplo, los terminales de usuario 570 y los terminales de

pasarela 560 pueden asociarse con identificadores únicos (por ejemplo, un número de serie, un número de índice, una dirección de control de acceso a medios (MAC), etc.), información de ubicación (por ejemplo, coordenadas de satélite de posicionamiento global (GPS), una dirección de calle, etc.). El mapa de asignación de haces 525 también puede incluir cualquier información adecuada relacionada con la asignación de haces a los terminales de usuario 570 y terminales de pasarela. A modo de ejemplo, el mapa de asignación de haz 525 puede incluir información sobre una asignación de haz actual (por ejemplo, un identificador de haz para el haz asignado actualmente, un grupo de haz asociado con el haz asignado actualmente, etc.), configuraciones de comunicaciones (por ejemplo, una frecuencia portadora actual, orientación de polarización, sistema de modulación y codificación, información de protocolo, etc.), información para ayudar con las determinaciones de reasignación (por ejemplo, haces adyacentes al haz asignado actualmente, tiempo transcurrido desde una última reasignación para ese terminal de usuario 570 o terminal de pasarela 560, etc.). Algunas formas de realización del almacenamiento de datos 505 (por ejemplo, el mapa de asignación de haz 525 y/o la otra información almacenada) pueden incluir información adicional relacionada con asignaciones de haz dinámico. A modo de ejemplo, las formas de realización pueden almacenar

información relacionada con umbrales (por ejemplo, una medición de intensidad de señal mínima programable que inicia una reasignación de haz, etc.), datos de posición de haz (por ejemplo, un mapa actual de zonas de cobertura),
5 información de carga de haz (por ejemplo, capacidad actualmente disponible de haces, demanda actual y/o prevista de recursos de haces, etc.), agrupamiento de haces y/o información de dependencia (por ejemplo, mapeado de correspondencia entre reflectores del satélite 105 y los
10 haces iluminados por esos reflectores, haces agrupados por tipo o categoría del terminal de usuario 110, haces agrupados por sistema de modulación y codificación, haces agrupados por región geográfica, etc.).

Las formas de realización de la estructura de nodo de
15 procesamiento terrestre 540 pueden incluir una estructura de seguimiento de haz 530, una estructura de asignación de terminal 520 y una estructura de interfaz de comunicaciones 510. La estructura de interfaz de comunicaciones 510 puede incluir una entrada de datos de red y una salida de datos
20 de red que pueden estar acopladas, de forma comunicativa, con el satélite 105 a través de la red terrestre 550 y los terminales de pasarela 560. A modo de ejemplo, la estructura de interfaz de comunicaciones 510 puede incluir cualquier hardware y/o software adecuado para proporcionar
25 una interfaz entre la red terrestre 550 y otros componentes de la estructura de nodos de procesamiento terrestre 540.

La estructura de seguimiento de haz 530 puede incluir una entrada de datos de medición de enlace, que se puede acoplar con la estructura de interfaz de comunicaciones 510, para recibir los datos de medición de enlace aquí descritos.

5 La estructura de seguimiento de haz 530 también puede incluir una salida de señal de activación que incluye (por ejemplo, indica) un iniciador de deriva de haz 535 cuando la entrada de datos de medición de enlace indica una deriva actual de una zona de cobertura iluminada por al menos uno
10 de entre los haces puntuales del satélite 105.

Las formas de realización incluyen varias técnicas para determinar cuándo los datos de medición de enlace recibidos a través de la entrada de datos de medición de enlace indican una deriva actual de una zona de cobertura
15 iluminada por al menos uno de los haces puntuales del satélite 105. Algunas formas de realización determinan la deriva de una solo zona de cobertura de haz, grupos de zonas de cobertura de haz, todas las zonas de cobertura de haz asociadas con un reflector particular, todas las zonas
20 de cobertura de haz asociadas con el satélite 105, etc. A modo de ejemplo, se pueden generar iniciadores de deriva de haz separados 535 en asociación con diferentes reflectores, donde múltiples reflectores en el satélite 105 pueden experimentar una desviación independiente y/o de cualquier
25 otro modo pueden causar que diferentes grupos de zonas de cobertura se deriven de manera diferente.

En algunas formas de realización, la salida de señal de activación genera el iniciador de deriva de haz 535 cuando una diferencia entre una primera ubicación de la zona de cobertura calculada de conformidad con la entrada de datos de medición de enlace por primera vez y una segunda ubicación de la zona de cobertura calculada de conformidad con la entrada de datos de medición de enlace en un segundo momento indica al menos una magnitud umbral de deriva (por ejemplo, una distancia umbral de deriva, un cambio de porcentaje umbral en la posición durante un período de tiempo particular, un número umbral de muestras que indican una posición fuera de la posición nominal, etc.) entre la primera ubicación y la segunda ubicación. En algunas formas de realización, la estructura de seguimiento de haz 530 emite el iniciador de deriva de haz 535 solo cuando también se cumplen otros criterios. A modo de ejemplo, las formas de realización de la estructura de seguimiento de haz 530 pueden supervisar los perfiles del patrón de deriva de haz, tales como fluctuaciones periódicas, y pueden determinar no generar el iniciador de deriva de haz 535 cuando se detectan dichos perfiles de patrón de deriva.

En una forma de realización, las indicaciones de la calidad de la señal son comunicadas por algunos o todos los terminales de usuario 570 actualmente asignados a un haz particular, y la estructura de seguimiento de haz 530

recibe los datos como datos de medición de enlace 515. A modo de ejemplo, los datos de medición de enlace 515 puede incluir un conjunto de puntos de datos, cada uno de los cuales tiene una ubicación asociada que indica la ubicación
5 (por ejemplo, una ubicación bidimensional o tridimensional en las coordenadas del mapa o cualquier otra coordenada adecuada) del terminal de usuario 570 desde el que se recibieron esos datos, y que tiene un valor de calidad de señal asociado que indica una calidad de señal actual para
10 ese terminal de usuario 570 (por ejemplo, medido como un valor instantáneo, como un promedio estadístico en una ventana temporal, o de cualquier otra manera adecuada). En otras formas de realización, los datos de medición de enlace 515 pueden recibirse también o, de forma alternativa,
15 obtenerse de conformidad con mediciones realizadas en algunos o todos los terminales de pasarela 560, en uno o más controladores terrestres, y/o de cualquier otra manera adecuada. Además, las mediciones utilizadas para los datos de medición de enlace 515 pueden incluir mediciones de
20 calidad de señal de enlace ascendente y/o de enlace descendente, mediciones de calidad de señal de enlace directo y/o de enlace de retorno, y/o cualquier otra medición adecuada.

La estructura de seguimiento de haz 530 puede usar los
25 datos de medición de enlace 515 para estimar una zona de cobertura actual para ese haz, por ejemplo, ajustando una

forma ovalada u otra forma adecuada a las del conjunto de puntos de datos que corresponden a terminales terrestres (por ejemplo, terminales de usuario 570 y/o terminales de pasarela 560) que experimentan al menos alguna magnitud

5 umbral de calidad de señal. La zona de cobertura actual estimada se puede comparar con una zona de cobertura nominal almacenada para ese haz puntual (por ejemplo, para determinar una desviación actual respecto a la nominal), en comparación con una última zona de cobertura registrada

10 para ese haz puntual (por ejemplo, para determinar un cambio desde la última medición), en comparación con una última serie de zonas de cobertura registradas para ese haz puntual (por ejemplo, para determinar una tendencia a la deriva), etc. En lugar de estimar una zona de cobertura

15 actual ajustando una forma, algunas formas de realización pueden efectuar un seguimiento de cambios diferenciales en conjuntos de terminales terrestres para detectar la activación de perfiles de deriva. A modo de ejemplo, si un terminal de usuario particular 570 (por ejemplo, o un grupo

20 de terminales de usuario 570) ubicado cerca de un límite oriental de una zona de cobertura comienza a experimentar una degradación de la calidad de la señal, y otro terminal de usuario particular 570 (por ejemplo, o un grupo de terminales de usuario 110) ubicado justo cerca de un límite

25 occidental de la misma zona de cobertura, al mismo tiempo comienza a experimentar una calidad de señal mejorada, la

estructura de seguimiento de haz 530 puede determinar estas circunstancias como una indicación de que la zona de cobertura (y el haz puntual asociado) se están desplazando hacia el oeste. En otra forma de realización, la estructura de seguimiento de haz 530 puede usar datos de medición de enlace 515 de múltiples zonas de cobertura para desarrollar una base geográficamente más amplia para estimar la deriva de haz. A modo de ejemplo, los cambios en la calidad de la señal a través de un muestreo estadístico de las ubicaciones del terminal de usuario 570 y/o las ubicaciones del terminal de pasarela 560 distribuidas en toda la zona de cobertura del satélite completo 105 pueden manifestar ciertos patrones que indican la desviación de uno o más reflectores, cambios en la actitud general del satélite 105 (p. ej., acimut y/o elevación, etc.) y/o los otros cambios; que puede ser utilizado por la estructura de seguimiento de haz 530 para estimar la deriva de haz.

Las formas de realización de la estructura de asignación de terminal 520 pueden incluir una entrada de señal de iniciador junto con la salida de iniciador de haz. La estructura de asignación de terminal 520 también puede incluir una salida de señal de asignación que incluye mensajes de cambio de asignación de haz que indican una reasignación de haz de cada uno de un conjunto identificado de terminales terrestres desde un respectivo haz puntual actualmente asignado a un respectivo haz puntual reasignado.

Los mensajes de cambio de asignación de haz pueden indicar una o más actualizaciones al mapa de asignación de haz 525 calculado (por ejemplo, en respuesta a la detección del iniciador de deriva de haz 535 en la entrada de señal de
5 iniciador) para contrarrestar, al menos parcialmente, la degradación de la calidad de la señal del conjunto identificado de terminales terrestres resultantes de la deriva actual. A modo de ejemplo, la reasignación se puede determinar para proporcionar resultados mejorados en la
10 intensidad de la señal, en la relación de señal a ruido, en la relación de portadora a interferencia, en la relación de portadora a interferencia más ruido, error de paquete y/o datos perdidos, eficiencia espectral, bits superiores por hertzio y/o cualquier otro criterio adecuado para mejorar
15 la calidad de la señal. La estructura de asignación de terminal 520 puede identificar el conjunto de terminales terrestres para reasignar en diversas formas. La identificación puede basarse en el conjunto de terminales terrestres determinados por la estructura de seguimiento de
20 haz 530 de conformidad con los datos de medición de enlace 515 que actualmente experimentan al menos un umbral de degradación en la calidad de la señal (un "conjunto actualmente degradado" de terminales terrestres). A modo de ejemplo, los datos de medición de enlace 515 pueden
25 recibirse desde todos los terminales terrestres, de modo que un nivel de calidad de señal actual para cada terminal

terrestre puede medirse directamente o de otro modo puede determinarse de forma directa. De manera alternativa, los datos de posición de haz 515 pueden recibirse solamente desde un subconjunto designado de terminales terrestres
5 (por ejemplo, un muestreo estadístico predeterminado, o similar), y la calidad de señal actual de otros terminales terrestres puede estimarse de conformidad con su proximidad (y/o cualquier otra similitud adecuada) a las del subconjunto designado.

10 En algunas formas de realización, todo el conjunto de terminales terrestres actualmente degradado se identifica como terminales terrestres candidatos de reasignación 110. A modo de ejemplo, para cada uno de los terminales terrestres candidatos de reasignación, la estructura de
15 asignación de terminales 520 puede identificar uno o más haces de reasignación candidatos (diferente de haz asignado actualmente de ese terminal terrestre) y puede calcular un cambio previsto en la calidad de la señal si el terminal terrestre candidato de reasignación se reasignó a ese haz
20 de reasignación candidato. Cada terminal terrestre candidato de reasignación puede reasignarse si se predice que uno de los haces candidatos de reasignación proporcionará una calidad de señal mejorada (por ejemplo, o solo si se predice que proporcionará al menos un nivel
25 umbral predeterminado de mejora de la calidad de la señal). Si la estructura de asignación de terminal 520 determina

que múltiples haces candidatos de reasignación proporcionarían mejoras de servicio, se puede seleccionar uno de cualquier manera adecuada. A modo de ejemplo, el que proporciona la mejora máxima puede seleccionarse para la reasignación, uno puede seleccionarse en función de una tendencia de deriva de haz (por ejemplo, si se determina que los haces se desplazan hacia el este, un haz candidato de reasignación situado al este del haz asignado actualmente puede tener una mayor ponderación para la selección), se puede seleccionar uno de conformidad con los agrupamientos de haces (p. ej., un conjunto de terminales terrestres geográficamente próximos o de cualquier otro modo similares, pueden analizarse como un grupo para determinar qué haz candidato de reasignación proporcionaría una mejora máxima en calidad de señal para todo el conjunto), se puede seleccionar uno de conformidad con la carga de haz actual (por ejemplo, se puede dar preferencia a los haces candidatos de reasignación que tienen actualmente más capacidad no utilizada), etc.

En otras formas de realización, solo una parte del conjunto de terminales terrestres actualmente degradado se identifica como terminales terrestres candidatos de reasignación. A modo de ejemplo, todo el conjunto de terminales terrestres actualmente degradados puede identificarse inicialmente como terminales terrestres candidatos de reasignación, y ese conjunto identificado

inicial puede seleccionarse en función de uno o más factores; o la identificación inicial de los terminales terrestres candidatos a la reasignación puede explicar uno o más factores. Como uno de esos factores, puede

5 determinarse para un terminal terrestre candidato de reasignación particular que la reasignación a un nuevo haz no proporcionaría una mejora suficiente, o incluso ninguna, en la calidad de la señal. En tal caso, algunas formas de realización todavía pueden reasignar el terminal terrestre

10 a un nuevo haz (por ejemplo, por simplicidad algorítmica, en aras de mantener un agrupamiento de haces con el terminal terrestre y otros terminales terrestres que puedan reasignarse, o para cualquier otra razón adecuada), mientras que otras formas de realización pueden determinar

15 no reasignar el terminal terrestre. Como otro factor, se puede aplicar un factor de adherencia para limitar la frecuencia con la que se puede reasignar un terminal terrestre en particular. A modo de ejemplo, tras la reasignación de un terminal terrestre, se puede activar un

20 temporizador y se puede evitar cualquier reasignación con posterioridad de ese terminal terrestre hasta que haya transcurrido una magnitud de tiempo predeterminada (por ejemplo, o, en algunos casos, si un nivel de umbral más alto de la degradación del servicio se determina para ese

25 terminal terrestre que el umbral típico utilizado para la reasignación). Como otro factor adicional, algunos

terminales terrestres (por ejemplo, terminales más antiguos) solo pueden ser capaces de comunicarse con una orientación de polarización fija, de modo que algunos tipos de reasignación pueden no estar permitidos (por ejemplo, a un haz que opera en una polarización diferente). Como otro factor, los cálculos de reasignación pueden dar cuenta de los sistemas de comunicaciones de nivel superior del sistema de comunicaciones por satélite. A modo de ejemplo, la reasignación de terminales terrestres puede afectar los sistemas de conmutación de haces, los protocolos de acceso múltiple por división de tiempo con conmutación por satélite (SS-TDMA) o similares; y la estructura de asignación de terminal 520 puede tener en cuenta dichos sistemas en el cálculo de las reasignaciones. Como otro factor, las reasignaciones pueden considerar el uso actual de los recursos de haz por terminales terrestres. A modo de ejemplo, la reasignación puede considerar el hecho de si un terminal de usuario 110 está en la parte central de los medios de transmisión, está interactuando con contenido de tasas binarias adaptativas, está utilizando protocolos de aplicación en tiempo real (por ejemplo, voz sobre protocolo de Internet (VoIP), juegos online, etc.), etc. Y como otro factor, la reasignación puede tener en cuenta las consideraciones de control de potencia. A modo de ejemplo, los cálculos de reasignación pueden buscar mejorar la eficiencia espectral maximizando bits por hertzios de una

manera que optimice los niveles de potencia a través de los haces (por ejemplo, mantiene el control de potencia en un nivel deseado, no máximo).

En algunas formas de realización, los terminales terrestres candidatos a la reasignación se identifican de conformidad con el conjunto actualmente degradado de terminales terrestres 110, pero pueden incluir algunos, todos o incluso terminales terrestres adicionales. A modo de ejemplo, el conjunto de terminales terrestres actualmente degradado puede usarse para generar el iniciador de deriva de haz 535, que puede iniciar cálculos por la estructura de asignación de terminal 520 de reasignaciones de haz. Los cálculos pueden implicar varios tipos de optimizaciones dirigidas a maximizar y/o minimizar características particulares de la red en cualquier nivel adecuado (por ejemplo, sobre todo el satélite 105, sobre un sistema de comunicación completo que incluye el satélite 105, sobre uno o más haces particulares, sobre uno o más grupos de terminales terrestres, etc.). A modo de ejemplo, un cálculo de optimización puede buscar maximizar la calidad de señal media en toda la red de terminales terrestres mientras se minimiza el número de terminales terrestres que se reasignan. De manera alternativa, un cálculo de optimización puede buscar maximizar la satisfacción del usuario, por ejemplo, reasignando preferentemente aquellos terminales terrestres que

actualmente consumen recursos de infraestructura (por ejemplo, los terminales de usuario 110 de usuarios que actualmente transmiten medios, descargan archivos, etc.).

Algunas formas de realización de la estructura de
5 asignación de terminal 520 incluyen un monitor de carga de haz 522 que tiene un sistema de equilibrio de carga de haz almacenado y mantiene una carga actual de un conjunto (por ejemplo, algunos o todos) de los haces puntuales con respecto al sistema de equilibrio de carga de haz. A modo
10 de ejemplo, en cualquier momento particular, a cada haz se le asigna una cierta magnitud de recursos de infraestructura (por ejemplo, ancho de banda), y se consume un cierto porcentaje de esos recursos asignados para dar servicio a los terminales de usuario 110 en la zona de
15 cobertura de ese haz. La magnitud de recursos de haz que se utilizan para dar servicio a los terminales de usuario 110 (por ejemplo, la carga de un haz) puede verse afectada por el número de terminales de usuario 110 a los que da servicio el haz, la magnitud de demanda presente y futura
20 de recursos de haz de dichos terminales de usuario 110, los sistemas de comunicaciones utilizados por esos terminales de usuario (por ejemplo, diferentes protocolos de comunicaciones, sistemas de modulación y/o codificación, y/o similares pueden afectar el consumo de ancho de banda),
25 etc. La reasignación de terminales de usuario 110 desde haces actualmente asignados a haces reasignados pueden

afectar a la carga de los haces actualmente asignados y los haces reasignados. En consecuencia, algunas formas de realización de la estructura de asignación de terminales 520 calculan el mapa de asignación de haces 525 de conformidad con el esquema de equilibrio de carga de haces según la carga actual, tal como lo indica el monitor de carga de haces 522. En algunas formas de realización, después de identificar los terminales de usuario candidatos de reasignación 110 y de determinar los haces de reasignación candidatos, la estructura de asignación de terminales 520 puede calcular una reasignación de haces optimizada que busca mejorar (por ejemplo, maximizar) la calidad de la señal para al menos parte del conjunto de terminales de usuario 110 actualmente degradado, mientras mantiene o incluso mejora la carga de haces actualmente asignados y de haces de reasignación candidatos. En algunas de dichas formas de realización, algunos terminales de usuario 110 no identificados como parte del conjunto actualmente degradado todavía pueden reasignarse con el fin de mejorar el equilibrio de carga en el contexto de reasignar otros terminales de usuario que son parte del conjunto actualmente degradado.

En algunas formas de realización, la salida de datos de red de la estructura de la interfaz de comunicaciones 510 incluye (por ejemplo, indica) la salida de señal de asignación en respuesta a, o de otra manera en asociación

con, los datos de medición de enlace de comunicación de entrada de datos de red (por ejemplo, datos de posición de haz 515) a la entrada de datos de medición de enlace de la estructura de seguimiento de haz 530. A modo de ejemplo, la

5 estructura de interfaz de comunicaciones 510 puede recibir datos de posición de haz 515. La estructura de seguimiento de haz 530 puede comunicar el iniciador de deriva de haz 535 en respuesta a la detección de ciertos cambios en los datos de posición de haz recibidos 515. La estructura de

10 asignación de terminal 520 puede calcular y comunicar mensajes de reasignación de haz en respuesta a la detección del iniciador de deriva de haz 535. La estructura de interfaz de comunicaciones 510 puede enviar los mensajes de reasignación de haz a las pasarelas de enlace 560 a través

15 de la red terrestre 550, y/o a los terminales de usuario 110 a través de las pasarelas de enlace 560 y del satélite 105. Y cada terminal terrestre afectado puede ajustar sus configuraciones de comunicaciones para comunicarse a través de su haz puntual recientemente asignado en respuesta a los

20 mensajes de cambio de asignación de haz. Algunas formas de realización pueden usar diversas técnicas para aumentar la eficiencia de la reasignación a nuevos haces. A modo de ejemplo, reasignar un terminal de usuario 110 que es parte de un grupo de multidifusión puede potencialmente causar

25 una interrupción en el servicio, un retardo en la reasignación o tener otros impactos. En tal caso, algunas

formas de realización pueden preasignar recursos de grupo de multidifusión (por ejemplo, definir identificadores de portadora, identificadores de flujo de multidifusión, direcciones de canales de control, direcciones de canales de datos, etc.) al haz reasignado antes de dirigir el terminal de usuario 110 para cambiar su configuración de comunicación, lo que permite una reasignación menos brusca. Otras formas de realización abordan problemáticas similares manteniendo la conectividad de estado entre los terminales de usuario 110 y el satélite 105.

En algunas formas de realización, la estructura de interfaz de comunicaciones 510 incluye, o está en comunicación con, uno o más servidores de red 512. Algunas formas de realización de los servidores de red 512 operan para mantener un identificador de red independiente de haz asociado con cada uno del conjunto de terminales de usuario 110, con el fin de preservar la conectividad de estado entre el cada uno del conjunto de terminales de usuario 110 y el satélite 105 al poner en práctica la reasignación de haz de conformidad con los mensajes de cambio de asignación de haz. A modo de ejemplo, una forma de realización utiliza una dirección de Protocolo de Internet (IP) independiente de la ubicación (por ejemplo, una dirección de "IP móvil" o similar) para enrutar datagramas a través de la red, de modo que cada terminal de usuario 110 esté identificado en la red por una dirección particular sin tener en cuenta una

asignación de haz actual. Dicha forma de realización puede incluir asignar a cada terminal de usuario 110 una dirección particular y una dirección denominada "a cuidado de", que pueden mantener efectivamente la conectividad de estado (por ejemplo, mantener las conexiones del protocolo de control de transmisión (TCP)) entre cada terminal de usuario 110 y la red a través de un agente proxy u otro intermediario de la red. Otro tipo de forma de realización puede utilizar un agente de red, tal como un proxy de mejora del rendimiento TCP dividido (PEP). La división de TCP puede interrumpir las conexiones extremo a extremo entre los terminales de usuario 110 y la red en múltiples sub-conexiones, y cada sub-conexión se puede configurar por separado para las características de transferencia de datos deseadas (por ejemplo, para abordar las problemáticas del tamaño de la ventana de TCP en el contexto de tiempos de ida y retorno largos del satélite). En dichas formas de realización, algunas de las sub-conexiones se pueden personalizar para mantener una conectividad de estado.

La Figura 6 muestra un diagrama de flujo de un método ilustrativo 600 para la asignación dinámica de haz en una red de comunicaciones por satélite geoestacionaria, de conformidad con diversas formas de realización. Las formas de realización del método 600 pueden realizarse usando los sistemas descritos con referencia a las Figuras 1 a 5 u otros sistemas adecuados. Las formas de realización del

método 600 comienzan en la etapa 604 al recibir datos de medición de enlace que indican la calidad de la señal en múltiples ubicaciones dentro de múltiples zonas de cobertura de múltiples haces puntuales de un satélite geoestacionario. Según se describió con anterioridad, los
5 datos de medición del enlace pueden recibirse desde algunos o todos los terminales de usuario, desde múltiples terminales de pasarela u otros nodos de acceso, desde múltiples controladores terrestres, etc.

10 En la etapa 608, las formas de realización pueden detectar un iniciador de deriva de haz de conformidad con los datos de medición del enlace. El iniciador de deriva de haz puede indicar una deriva actual de una zona de cobertura iluminada por un haz puntual del satélite. A modo
15 de ejemplo, el iniciador de deriva de haz puede indicar que uno o más haces se han desviado al menos una distancia umbral, así como que la deriva actual de uno o más haces se predice para superar una magnitud umbral dentro de un intervalo de tiempo cercano, que la deriva de uno o más
20 haces se ha incrementado en una determinada magnitud durante dicho intervalo de tiempo (por ejemplo, basado en la integración de datos históricos recientes, etc.), etc. Además, el iniciador de deriva de haz se puede detectar de forma independiente para cada uno de los múltiples
25 reflectores, cuando la arquitectura satelital física lo permite para la desviación independiente de reflectores, o

similares. En algunas formas de realización, la recepción en la etapa 604 incluye recibir datos de medición del primer enlace por primera vez y recibir datos de medición del segundo enlace en una segunda vez posterior a la primera vez; y la detección en la etapa 608 incluye calcular una primera ubicación de la zona de cobertura por primera vez de conformidad con los datos de medición del primer enlace, calcular una segunda ubicación de la zona de cobertura la segunda vez de conformidad con los datos de medición del segundo enlace y calcular al menos un umbral de deriva entre la primera ubicación y la segunda ubicación.

En la etapa 612, las formas de realización pueden identificar un conjunto de terminales terrestres que experimentan una degradación de la calidad de la señal a partir de la deriva actual. Según se describió con anterioridad, el conjunto identificado de terminales terrestres puede ser algunos o la totalidad de los terminales terrestres que experimentan dicha degradación. A modo de ejemplo, en algunas formas de realización, la recepción en la etapa 604 incluye recibir los datos de medición del primer enlace por primera vez desde múltiples terminales terrestres distribuidos geográficamente en al menos la zona de cobertura, y recibir los datos de medición del segundo enlace desde los múltiples terminales terrestres por segunda vez con posterioridad a la primera vez; la detección en la etapa 608 incluye el modelado de la

deriva de la zona de cobertura comparando los datos de medición del segundo enlace con los datos de medición del primer enlace para determinar una magnitud de cambio en la calidad de la señal para al menos algunos de los múltiples terminales terrestres; y la identificación en la etapa 612 incluye identificar el conjunto de terminales terrestres para incluir el subconjunto de los terminales terrestres múltiples para los cuales la magnitud determinada de cambio en la calidad de servicio de la señal indica al menos un umbral predeterminado de degradación en la calidad de la señal. En algunas formas de realización, la identificación en la etapa 612 puede incluir, además, identificar características de los terminales terrestres, tal como identificar datos de ubicación (por ejemplo, datos de geolocalización, etc.), la magnitud de la degradación del servicio (por ejemplo, o la calidad actual de la señal, etc.), y/o cualquier otra característica adecuada. En algunas formas de realización, el conjunto de terminales terrestres se identifica, además, según las mismas características o diferentes. A modo de ejemplo, el conjunto de terminales terrestres puede identificarse como aquellos que experimentan una magnitud umbral de degradación del servicio y también se ubican dentro de una región geográfica particular y también consumen actualmente ancho de banda.

En la etapa 616, las formas de realización pueden calcular, en el nodo de procesamiento terrestre en respuesta a la detección del iniciador de deriva de haz en la etapa 608, una actualización de un mapa de asignación de haz que contrarreste al menos parcialmente la degradación de la calidad de la señal reasignando cada uno del conjunto de terminales terrestres desde un respectivo haz puntual actualmente asignado a un respectivo haz puntual reasignado de los haces puntuales múltiples del satélite. Según se describió con anterioridad, en algunos casos, el conjunto reasignado de terminales terrestres incluye algunos o la totalidad de los terminales terrestres identificados que experimentan una degradación del servicio debido a la deriva actual, y el conjunto reasignado de terminales terrestres también puede incluir otros terminales terrestres identificados para reasignación sobre la base de otros factores (por ejemplo, mantener un perfil deseado de carga de haz, etc.). En algunas formas de realización, el conjunto de terminales terrestres se identifica, además, en la etapa 612 como aquellos actualmente asignados al por lo menos un haz puntual de conformidad con el mapa de asignación de haces. En algunas formas de realización, el cálculo en la etapa 616 incluye, para cada uno del conjunto de terminales terrestres, asignar el terminal terrestre al respectivo haz reasignado, de modo que se determine que el respectivo haz puntual reasignado proporciona una calidad

de señal más alta que el respectivo haz puntual actualmente asignado de conformidad con los datos de medición del enlace recibidos. En otras formas de realización, el cálculo incluye determinar una carga actual de un conjunto
5 de haces puntuales con respecto a un esquema de equilibrio de carga de haces, y actualizar el mapa de asignación de haces, además, de conformidad con el esquema de equilibrio de carga de haces en función de la carga actual.

Algunas formas de realización del método 600 incluyen,
10 además, comunicar uno o más mensajes de reasignación a través del satélite en la etapa 620. En algunas formas de realización, los mensajes de reasignación proporcionan instrucciones al conjunto de terminales terrestres para actualizar sus configuraciones de comunicaciones de
15 conformidad con el mapa de asignación de haz actualizado mientras se mantiene la conectividad de estado con el satélite. La comunicación en la etapa 620 puede incluir la multidifusión del mensaje de reasignación a por lo menos el conjunto de terminales terrestres. El mensaje de
20 reasignación puede indicar cualquier información adecuada para la reasignación de los terminales terrestres, tal como, para cada uno del conjunto de terminales terrestres, lo que indica una actualización respectiva de al menos una de las frecuencias portadoras, orientación de polarización,
25 identificador de grupo de haces utilizado por el terminal de usuario para comunicarse con el satélite, etc.

Los métodos descritos en este documento incluyen una o más acciones para lograr el método descrito. El método y/o las acciones pueden intercambiarse entre sí sin desviarse por ello del alcance de las reivindicaciones. Dicho de otro modo, a no ser que se especifique un orden específico de acciones, el orden y/o el uso de acciones específicas se puede modificar sin desviarse por ello del alcance de las reivindicaciones.

Las funciones descritas pueden ponerse en práctica en hardware, software, firmware o cualquiera de sus combinaciones. Si se pone en práctica en software, las funciones se pueden almacenar como una o más instrucciones en un soporte legible por ordenador no transitorio. Un soporte de almacenamiento puede ser cualquier medio tangible disponible al que pueda acceder un ordenador. A modo de ejemplo, y sin limitación, dichos soportes legibles por ordenador pueden incluir RAM, ROM, memoria EEPROM, CD-ROM u otro almacenamiento en disco óptico, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio tangible que pueda utilizarse para transmitir o almacenar un código de programa deseado en la forma de instrucciones o estructuras de datos y a la que se pueda acceder mediante un ordenador. Un disco o disquete, según aquí se utiliza, incluyen disco compacto (CD), disco láser, disco óptico, disco versátil digital (DVD), disco flexible y disco Blu-ray® donde los

discos generalmente reproducen datos magnéticamente, mientras que los disquetes reproducen datos ópticamente con láseres.

Un producto de programa informático puede realizar
5 ciertas operaciones presentadas en este documento. A modo de ejemplo, dicho producto de programa informático puede ser un soporte tangible legible por ordenador que tiene instrucciones tangiblemente almacenadas (y/o codificadas) en el mismo, siendo las instrucciones ejecutables por uno o
10 más procesadores para realizar las operaciones aquí descritas. El producto del programa informático puede incluir material de empaquetado. El software o las instrucciones también se pueden transmitir a través de un medio de transmisión. A modo de ejemplo, el software se
15 puede transmitir desde un sitio web, servidor u otra fuente distante utilizando un medio de transmisión tal como un cable coaxial, cable de fibra óptica, par trenzado, línea de abonado digital (DSL) o tecnología inalámbrica tal como infrarrojos, radio, o microondas.

20 Además, los módulos y/o los otros medios apropiados para realizar los métodos y técnicas descritos en este documento pueden descargarse y/o la obtención de otro modo mediante terminales adecuados y/o acoplados a servidores, o dispositivos similares, para facilitar la transferencia de
25 medios para realizar los métodos aquí descritos. De manera alternativa, se pueden proporcionar varios métodos

descritos en este documento a través de soportes de almacenamiento (por ejemplo, memoria RAM, memoria ROM, un medio de almacenamiento físico tal como un CD o disquete, etc.), de modo que un terminal de usuario y/o estación base
5 pueda obtener los diversos métodos al acoplar o proporcionar los medios de almacenamiento al dispositivo. Además, se puede utilizar cualquier otra técnica adecuada para proporcionar los métodos y técnicas aquí descritos a un dispositivo. Las funciones de puesta en práctica de
10 características pueden estar también físicamente ubicadas en varias posiciones, incluida la distribución de manera que dichas partes o funciones se pongan en práctica en diferentes ubicaciones físicas.

Al describir la presente invención, se utilizará la
15 siguiente terminología: las formas singulares "uno", "una" y "la" incluyen referentes plurales a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Así, por ejemplo, la referencia a un elemento incluye referencia a uno o más elementos. El término "unos" se refiere a uno, dos o más, y
20 se suele aplicar a la selección de parte o la totalidad de una magnitud. El término "pluralidad" se refiere a dos o más de un elemento. El término "aproximadamente" significa que las magnitudes, dimensiones, tamaños, formulaciones, parámetros, formas y otras características no necesitan ser
25 exactas, pero pueden ser aproximadas y/o mayores o menores, según se desee, lo que refleja tolerancias aceptables,

factores de conversión, redondeo, error de medición y similares y otros factores conocidos para los expertos en esta técnica. El término "sustancialmente" significa que la característica, el parámetro o el valor mencionados no
5 necesitan ser alcanzados exactamente, sino que las desviaciones o variaciones incluyen, por ejemplo, tolerancias, errores de medición, limitaciones de precisión de medición y otros factores conocidos por los expertos en esta técnica, que pueden ocurrir en magnitudes que no
10 excluyen el efecto de la característica que se pretendía proporcionar. Los datos numéricos se pueden expresar o presentar aquí en un formato de margen. Debe entenderse que dicho formato de margen se utiliza simplemente por conveniencia y brevedad y, por lo tanto, debe interpretarse
15 de manera flexible para incluir no solo los valores numéricos expresados explícitamente como los límites del margen, sino que también debe interpretarse para incluir todos los valores numéricos individuales o sub-márgenes abarcados dentro de ese margen como si cada valor numérico
20 y sub-margen se indique de forma explícita. Como una ilustración, un margen numérico de "aproximadamente 1 a 5" debe interpretarse para incluir no solo los valores explícitamente indicados de aproximadamente 1 a aproximadamente 5, sino también incluyendo valores
25 individuales y sub-márgenes dentro del margen indicado. De este modo, se incluye en este margen numérico a valores

individuales tales como 2, 3 y 4 y sub-márgenes tales como 1-3, 2-4 y 3-5, etc. Este mismo principio se aplica a los márgenes que indican solamente un valor numérico (p. ej., "mayor que aproximadamente 1") y debe aplicarse

5 independientemente de la amplitud del margen o las características que se describen. Se puede presentar una pluralidad de elementos en una lista común por conveniencia. Sin embargo, estas listas deben interpretarse como si cada elemento de la lista se identificara individualmente como

10 un elemento separado y único. Por lo tanto, ningún elemento individual de dicha lista debe interpretarse como un equivalente de facto de cualquier otro elemento de la misma lista únicamente en función de su presentación en un grupo común sin indicaciones en contrario. Además, cuando los

15 términos "y" y "o" se utilizan junto con una lista de elementos, deben interpretarse de manera amplia, ya que uno o más de los elementos enumerados se pueden utilizar solos o en combinación con otros elementos enumerados. El término "alternativamente" se refiere a la selección de una de dos

20 o más alternativas, y no pretende limitar la selección solo a las alternativas enumeradas o solo a una de las alternativas enumeradas a la vez, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. El término "acoplado", tal como se utiliza en el presente documento, no requiere que

25 los componentes estén directamente conectados entre sí. En cambio, el término pretende incluir también configuraciones

con conexiones indirectas donde uno o más componentes pueden incluirse entre componentes acoplados. A modo de ejemplo, dichos otros componentes pueden incluir amplificadores, atenuadores, aisladores, acopladores
5 direccionales, interruptores de redundancia y dispositivos similares. Además, tal como se utiliza en este documento, incluidas las reivindicaciones, "o" como se utiliza en una lista de elementos precedidos por "al menos uno de" indica una lista disyuntiva tal que, por ejemplo, una lista de "al
10 menos uno de entre A, B, o C" significa A o B o C o AB o AC o BC o ABC (es decir, A y B y C). Además, el término "a modo de ejemplo" no significa que el ejemplo descrito sea preferido o mejor que otros ejemplos. Según aquí se utiliza, un "conjunto" de elementos pretende significar "uno o más"
15 de dichos elementos, excepto cuando se requiere explícitamente que el conjunto tenga más de uno o se permita explícitamente que sea un conjunto nulo.

Se pueden hacer varios cambios, sustituciones y alteraciones a las técnicas descritas en el presente
20 documento sin desviarse por ello de la tecnología de las enseñanzas según se define por las reivindicaciones adjuntas. Además, el alcance del contenido de la invención y de las reivindicaciones no está limitado a los aspectos particulares del proceso, máquina, fabricación, composición
25 de la materia, medios, métodos y acciones descritas con anterioridad. Procesos, máquinas, fabricación,

composiciones de materia, medios, métodos o acciones, actualmente existentes o que se desarrollarán con posterioridad, que realicen prácticamente la misma función o consigan prácticamente el mismo resultado que los
5 correspondientes aspectos aquí descritos se pueden utilizar a ese respecto. En consecuencia, las reivindicaciones adjuntas incluyen dentro de su alcance dichos procesos, máquinas, fabricación, composiciones de materia, medios, métodos o acciones.

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