

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 846 896**

51 Int. Cl.:

H04B 7/185 (2006.01)

H04B 7/204 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2017** **E 17275189 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.12.2020** **EP 3490166**

54 Título: **Sistema de sincronización de salto de haces**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
30.07.2021

73 Titular/es:
AIRBUS DEFENCE AND SPACE LIMITED (100.0%)
Gunnels Wood Road
Stevenage, Hertfordshire SG1 2AS, GB

72 Inventor/es:
LAWS, STEPHEN

74 Agente/Representante:
PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 846 896 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 sincronización de salto de haces

5 Campo

La presente invención se refiere a la sincronización entre segmentos terrestres y satelitales de un sistema de comunicación. En particular, la presente invención se refiere a la sincronización de actualizaciones a secuencias de cobertura de haces empleadas en el segmento satelital del sistema de comunicaciones con la conmutación de datos empleada en el segmento terrestre del sistema de comunicaciones.

Antecedentes técnicos

En un sistema de comunicaciones por satélite, las secuencias de conmutación de antenas se emplean típicamente para maximizar el rendimiento y optimizar el uso de los recursos disponibles. Una secuencia de conmutación de antena se define por un conjunto de coberturas, que representan el área geográfica de la Tierra que está cubierta por un haz satelital particular transmitido o recibido por la antena, en un tiempo particular, y un conjunto correspondiente de tiempos de permanencia que definen el periodo de tiempo durante el cual el haz satelital debe mantener una cobertura geográfica particular. En la conmutación, el control apropiado de las redes de conformación de haces en el satélite conduce a que un haz de transmisión o recepción se dirija hacia la siguiente área de cobertura en la secuencia, durante un tiempo de permanencia correspondiente. La conmutación continúa de esta manera hasta el final de la secuencia predefinida, momento en el que la secuencia se reinicia en ausencia de una instrucción en sentido contrario.

De esta manera, varias estaciones terrestres diferentes en diferentes ubicaciones respectivas pueden estar en comunicación con el mismo satélite en una base de división de tiempo, asegurando que todas las ubicaciones puedan ser atendidas por el hardware disponible en el sistema de comunicaciones por satélite. La conmutación es típicamente rápida, con tiempos de permanencia del orden de unos pocos milisegundos, y la conmutación puede emplearse junto con la gestión de potencia o espectro para compartir recursos de servicio entre diferentes regiones de manera eficiente.

La secuencia de conmutación de antena se denomina en esta invención secuencia de salto de haces (BHS), en la que un haz satelital "salta" entre áreas de cobertura basándose en una secuencia predeterminada de tiempos de permanencia. La BHS se carga desde un centro de control terrestre y se almacena en el satélite.

Con el fin de utilizar completamente la conectividad mejorada proporcionada por tal esquema de conmutación de antena, es necesario controlar el segmento terrestre de la red de comunicaciones de una manera correspondiente. Sin esto, los datos transmitidos a través del enlace ascendente pueden no llegar a su destino de manera eficiente, ya que, si bien pueden cargarse en una trama de datos particular, la trama en sí puede no estar alineada con la BHS. El efecto es que el salto de haces puede ocurrir en el satélite en un tiempo que está en la mitad de la trama con respecto a la conmutación de datos del segmento terrestre, de modo que una trama de datos del segmento terrestre se transmite parcialmente a diferentes áreas de cobertura a ambos lados de un conmutador en la BHS, mientras que habrá sido destinado a la transmisión a una única zona.

Por lo tanto, para que los datos se transmitan, utilizando multiplexación por división de tiempo (TDM), a un satélite que emplee una BHS, se requiere la sincronización entre el esquema de multiplexación del segmento terrestre de la red y la conmutación dentro de la BHS.

Para proporcionar total flexibilidad y control al centro de control terrestre, para adaptarse a entornos cambiantes, fuentes de interferencia, requisitos de tráfico, capacidad disponible, etc., es posible modificar una BHS cargando una nueva BHS en la red satelital, para que la red satelital pueda adaptarse en consecuencia. Por lo tanto, existe un nivel adicional de sincronización que se requiere entre el segmento terrestre y el segmento satelital, concretamente, la sincronización entre una actualización a la BHS y el esquema de conmutación de datos (por ejemplo, TDM) empleado en el segmento terrestre. Sin dicha sincronización, habrá un período en el que los datos se conmutarán en el segmento terrestre sobre la base de un esquema diferente al de la conmutación de antena del segmento satelital.

COMSAT Technical Review, Volume 22 (1992) describe un esquema de multiplexación de "acceso múltiple por división de tiempo conmutado por satélite" (SSTDMA) para proporcionar conmutación de haz dinámico en un satélite que se puede sincronizar con un esquema TDMA empleado en el segmento terrestre. El esquema SSTDMA se basa en la estructuración de tramas de datos para incluir secciones en las que se transmitirán datos de sincronización para permitir que una unidad de adquisición y sincronización determine la sincronización entre los segmentos terrestre y satelital. Por lo tanto, el esquema requiere la eliminación de una parte de transporte de tráfico de cada trama de datos

para alojar dichos datos de sincronización y, por lo tanto, no puede implementar un cambio continuo en la conmutación de antena debido al tiempo que se requiere para la adquisición de dichos datos de sincronización y el procesamiento posterior.

- 5 System Synchronisation For Beam Hopping in Multi-beam Satellite Networks, de Airbus Defence and Space (Alberty *et al.*), describe una técnica en la que se puede cargar una nueva BHS en un satélite desde un controlador terrestre para su activación al final de una BHS anterior. El tiempo proyectado para la aplicación del nuevo plan de salto de haces se envía tanto al satélite como a una puerta de enlace en tierra, sujeto a un desfase de propagación entre los dos tiempos de aplicación proyectados. La alineación entre la puerta de enlace y el satélite se logra sobre la base de
10 que el satélite y la puerta de enlace comparten una referencia de tiempo común con una precisión mejor que la mitad de la duración de una secuencia BHS.

- La solicitud de patente de Estados Unidos 2017/289822 describe un sistema de comunicación por satélite que comprende un satélite no geoestacionario configurado para proporcionar una pluralidad de haces puntuales usando
15 salto de haces en el dominio temporal entre los haces puntuales.

Resumen de la invención

- Las realizaciones de la presente invención tienen como objetivo proporcionar un procedimiento mejorado y hardware
20 asociado para permitir que un satélite conmute las coberturas de antena según secuencias repetitivas predefinidas y alinee la conmutación de la secuencia de antena con la conmutación de secuencia de datos terrestre.

Según un aspecto de la presente invención, se proporciona una carga útil para un satélite según la reivindicación 1.

- 25 Según otro aspecto de la invención, se proporciona un sistema de comunicación según la reivindicación 9.

Las características opcionales se exponen en las reivindicaciones dependientes.

- Las realizaciones de la presente invención permiten cambiar una BHS sin perder la conectividad entre los segmentos
30 satelital y terrestre del sistema de comunicaciones.

- Las realizaciones de la presente invención logran esta sincronización de una manera que no requiere la interpretación de una señal de sincronización, por el segmento terrestre, sino que se basa en la anticipación del momento exacto en el que se produce el cambio en la BHS en el satélite.
35

Las realizaciones proporcionan una sincronización más eficaz y más precisa entre los segmentos terrestre y satelital que la que está disponible actualmente.

Breve descripción de los dibujos

- 40 Se describirán realizaciones de la presente invención, solo a modo de ejemplo, con respecto a las siguientes ilustraciones, en las que:

- 45 La figura 1 ilustra un sistema de comunicación según las realizaciones de la presente invención;
la figura 2 ilustra una puerta de enlace para su uso en una realización de la presente invención;
las figuras 3A y 3B ilustran el principio de conmutación de secuencia de salto de haces como se usa en las realizaciones de la presente invención;
la figura 4 ilustra un procedimiento de control para ordenar la actualización de una secuencia de salto de haces como se usa en realizaciones de la presente invención;
50 la figura 5 ilustra una carga útil satelital según realizaciones de la presente invención; y
la figura 6 es un diagrama de sincronización que ilustra la actualización de una secuencia de salto de haces según realizaciones de la presente invención.

Descripción detallada

- 55 La figura 1 ilustra un sistema de comunicación 10 según realizaciones de la presente invención. El sistema de comunicación 10 comprende un segmento terrestre 12 y un satélite 14. El segmento terrestre 12 contiene una puerta de enlace 16 denominada en esta invención puerta de enlace de referencia, que se ilustra atendiendo a uno o más terminales de usuario i8a-f a través del satélite 14, aunque se apreciará que no hay ninguna restricción sobre el número
60 de terminales de usuario que pueden ser atendidos. La puerta de enlace de referencia 16 está en comunicación con

el satélite 14 y transmite datos al satélite 14 a través de un enlace ascendente y recibe datos del satélite a través de un enlace descendente.

La puerta de enlace de referencia 16 contiene un controlador de red (no mostrado) que controla y gestiona las funciones operativas del segmento terrestre 12, tal como la sincronización de secuencias de conmutación de datos, como se describe a continuación. En las presentes realizaciones, el controlador de red también controla y gestiona las funciones operativas del satélite 14, que se describirán a continuación. En otras realizaciones, la función de gestión y control satelital se realiza mediante un centro de control satelital, SCC, que está posicionado por separado en el segmento terrestre 12 de la puerta de enlace de referencia 16.

El satélite 14 está configurado en cualquier órbita o combinación de órbitas apropiadas para atender las necesidades del sistema de comunicaciones 10. El satélite 14 se comunica con la puerta de enlace de referencia 16 según una BHS, en la que las redes de conformación de haces en el satélite 14 configuran un haz de transmisión o recepción para dar atender a un terminal de usuario particular en un área geográfica particular durante un tiempo de permanencia correspondiente, antes de conmutar para dar atender a un terminal de usuario diferente en un área geográfica diferente para un nuevo tiempo de permanencia correspondiente. Cada uno de una pluralidad de haces de transmisión, una pluralidad de haces de recepción, o una combinación de haces de transmisión y recepción, se puede configurar según una BHS respectiva.

La configuración del satélite 14 se controla desde una estación terrestre que, en las realizaciones de la figura 1, es la puerta de enlace de referencia 16. La puerta de enlace de referencia 16 en las presentes realizaciones es responsable de cargar las secuencias de salto de haces en el satélite 14, y configurar parámetros operativos tales como esquemas de frecuencia y energía, según los cambios en el tráfico, el entorno, la interferencia, el uso, etc.

La figura 2 ilustra una configuración detallada de la puerta de enlace de referencia 16 de la figura 1 según una realización de la presente invención. La puerta de enlace de referencia 16 comprende un transmisor 21 para irradiar una señal al satélite 14 a través de un enlace ascendente 22, y un receptor 23 para recibir una señal del satélite 14 a través de un enlace descendente 24. La comunicación con el satélite 14 puede emplear cualquiera de una serie de esquemas de multiplexación, tales como división de tiempo, división de frecuencia o combinaciones entre los mismos.

La puerta de enlace de referencia 16 comprende un módulo de procesamiento 25 para procesar señales para la transmisión y para el procesamiento de señales recibidas, como se conoce en la técnica, incluyendo medios de conversión de analógico a digital, medios de conversión de digital a analógico, amplificadores, medios de modulación y demodulación, filtrado y similares. La puerta de enlace de referencia 16 también comprende un controlador de red 26 y un contador de tramas 27, que se describirán a continuación. El controlador de red 26 está implementado por uno o más procesadores y la memoria asociada y se comunica con el satélite a través de un canal de control 28 que está separado de los canales de tráfico usados en el enlace ascendente 22 y el enlace descendente 24, y también se comunica con el módulo de procesamiento 25. La puerta de enlace de referencia 16 puede comprender un medio de comunicación 29 para la comunicación con otras redes externas, tales como la red mundial.

El módulo de procesamiento 25 implementa un esquema de conmutación de datos en el que se aplica un esquema de multiplexación, tal como una multiplexación por división de tiempo (TDM) a intervalos de tiempo en tramas de datos de transmisión y recepción de señales desde un satélite.

La figura 3A ilustra un ejemplo de una trama de una secuencia de conmutación de datos de una señal digital que se transmitirá según una primera secuencia de conmutación de datos 31, en la que los datos se transmitirán desde un terminal de usuario en un área geográfica local a terminales de usuario de tres áreas geográficas remotas diferentes a través del satélite 14 basándose en un esquema de multiplexación por división de tiempo. El intervalo de tiempo t_1 incluye los datos que se transmitirán al terminal de usuario A. El intervalo de tiempo t_2 incluye los datos que se transmitirán al terminal de usuario B. El intervalo de tiempo t_3 incluye los datos que se transmitirán al terminal de usuario C. Después de t_3 , comienza una nueva trama, y los datos se transmiten al terminal de usuario A de nuevo. Los límites entre el intervalo de tiempo t_1 y t_2 , y entre el intervalo de tiempo t_2 y t_3 se denominan en esta invención tiempos de conmutación de datos.

La figura 3B ilustra una trama de datos utilizada en la transmisión de señal según una segunda secuencia de conmutación de datos 32. El intervalo de tiempo t_4 incluye los datos que se transmitirán al terminal de usuario A. El intervalo de tiempo t_5 incluye los datos que se transmitirán al terminal de usuario C. El intervalo de tiempo t_6 incluye los datos que se transmitirán al terminal de usuario B.

En los ejemplos mostrados en las figuras 3A y 3B, los intervalos de tiempo t_1 - t_6 pueden tener la misma duración entre sí, o pueden tener cada uno una duración diferente.

El satélite 14 implementa una BHS para transmitir los datos a los terminales de usuario A, B y C en una base por división de tiempo, y el ajuste de la BHS en el satélite 14 de la secuencia A->B->C a la secuencia A->C->B requiere un cambio correspondiente en la secuencia de conmutación de datos terrestre desde la primera secuencia de la figura 3A a la segunda secuencia de la figura 3B.

Con el fin de optimizar el enrutamiento de datos a los terminales de usuario en las realizaciones de la presente invención, la BHS se alinea con los intervalos de tiempo de la trama de datos en la transmisión de señal de modo que la conmutación de datos terrestre y la conmutación de antena estén alineadas, según un procedimiento que se describirá con más detalle a continuación. La alineación es con respecto a un reloj maestro que puede derivarse de un oscilador maestro en el satélite, o una señal de reloj proporcionada desde una referencia externa que puede ser una estación terrestre u otro satélite en el segmento satelital. Cuando la conmutación de datos terrestre y la conmutación de antena están alineadas, los tiempos de conmutación de datos en el segmento terrestre corresponden a los tiempos de conmutación de datos en el satélite, sujetos a un retardo de propagación, τ , para tener en cuenta la propagación de señales desde el segmento terrestre al segmento satelital. El retardo de propagación puede ser fijo o determinarse dinámicamente por el controlador de red de la puerta de enlace de referencia, basándose en el conocimiento de la posición relativa del satélite y la puerta de enlace de referencia.

Un ejemplo de una BHS para un solo haz de transmisión en el satélite 14, que corresponde a la primera secuencia de conmutación de datos 31 de la figura 3A, se ilustra en la figura 3A con líneas discontinuas 33, mostrando el salto del haz de transmisión desde el área A al área B al área C.

Alineación de conmutación de antena y conmutación de datos terrestre

Antes de la alineación de la conmutación de secuencia en tierra y en el satélite, para reflejar una actualización de BHS, que se describirá con más detalle a continuación, se realiza un procedimiento para verificar la alineación de la conmutación dentro de las tramas de datos en el segmento terrestre y la antena del satélite, según realizaciones de la presente invención.

La puerta de enlace de referencia 16 alinea la conmutación de datos para el segmento terrestre 12 como un conjunto basándose en la observación de al menos un salto en una secuencia. La puerta de enlace de referencia 16 puede observar un salto en la secuencia de haces identificando, con respecto al reloj maestro, el momento en el que la puerta de enlace de referencia 16 deja de estar en un área de cobertura de haces en la que se encontraba previamente, o bien el momento en el que comienza la cobertura de la puerta de enlace de referencia 16. El tiempo de observación del salto corresponderá al tiempo del salto según se implementa en el satélite 14, sumado al retardo de propagación τ . La observación de más de un salto permite a la puerta de enlace de referencia 16 verificar sus propios tiempos de observación, realizar promedios, etc., lo que puede evitar problemas de observación causados por la obstrucción instantánea de la recepción de señal, por ejemplo.

El tiempo observado se correlaciona con el tiempo de conmutación de datos del segmento terrestre 12, que es conocido y controlado por el controlador de red 26. Si ya hay alineación, no se requiere ajuste. Sin embargo, si las tramas de comunicación de datos en el segmento terrestre 12 no están alineadas con la sincronización del salto, el controlador de red 26 realiza uno o más ajustes de la tasa de símbolos de datos y el tiempo de inicio de la trama de datos adelantando o retardando el inicio de una trama utilizada en el esquema de multiplexación por división de tiempo.

Además de realizar este procedimiento antes de implementar la alineación de la conmutación de secuencia, la alineación también se puede mantener de forma continua durante las operaciones de tráfico. En estas circunstancias, el controlador de red 26 puede anticipar pequeñas desviaciones debido, por ejemplo, a ligeros cambios de posición relativos entre la puerta de enlace de referencia 16 y el satélite 14, o desviaciones en las señales de reloj, y puede realizar una "sintonización fina" en contraste con una "sintonización aproximada" que podría emplearse antes de la alineación de secuencia como se ha descrito anteriormente. Si bien se puede realizar una sintonización aproximada usando el ajuste de la tasa de símbolos y la aplicación de retardo de tiempo o avance a las tramas de datos, y se puede realizar una sintonización fina usando señales piloto en el flujo de datos.

Las señales piloto son eficazmente símbolos ficticios que no tienen contenido de información, que representan un solo ciclo de reloj. Las señales piloto pueden insertarse en una trama de datos para aumentar la longitud de la trama de datos, o eliminarse de la trama de datos para disminuir la longitud de la trama. De esta manera, el periodo de la trama de datos se puede ajustar con precisión basándose en un número particular de ciclos de reloj sin cambiar el contenido de información de la trama de datos y sin comprometer el uso del esquema de multiplexación.

La sincronización del formato de datos a través del segmento terrestre 12 como un conjunto se logra sincronizando en primer lugar las tramas de datos en la puerta de enlace de referencia 17, y los terminales de usuario locales asociados a los saltos de haz en el satélite 14 como se ha descrito anteriormente, y a continuación la información de sincronización (tal como la información que especifica los tiempos con respecto al reloj maestro), teniendo en cuenta los retardos de propagación, se envía a los terminales de usuario 18a-f a través del "enlace directo", concretamente, el enlace ascendente 22 entre la puerta de enlace de referencia 16 y el satélite 14 y el enlace descendente entre el satélite 14 y los terminales de usuario 18a-f.

Actualización de la secuencia de salto de haces

Las secuencias de salto de haces en el satélite 14 pueden actualizarse con el tiempo por el controlador de red 26. En algunas realizaciones, el controlador de red 26 almacena una pluralidad de BHS para utilizarse durante un periodo de tiempo futuro particular, tal como una semana, reflejando una programación de comunicación particular. Por ejemplo, en el caso de un sistema en el que los datos que se van a transmitir reflejan el contenido de la televisión local que se va a proporcionar a una pluralidad de áreas geográficas diferentes, se pueden emplear una pluralidad de BHS diferentes basándose en una programación de programas de televisión. Por ejemplo, el número de terminales de usuario que se atenderán puede ser diferente durante la noche que durante el día, y el número de terminales de usuario que se atenderán en cualquier momento en particular puede variar según la zona horaria particular correspondiente a la ubicación geográfica del terminal de usuario. Sin embargo, la secuencia de salto de haces puede ajustarse por otras razones, tales como la preservación de la seguridad al obstruir el acceso fraudulento a los datos transmitidos.

El controlador de red 26 de la puerta de enlace de referencia 16 está sincronizado con un reloj maestro, como se ha descrito anteriormente, y es capaz de determinar una hora actual usando la Hora Universal Coordinada (UTC), por ejemplo, aunque se apreciará que se pueden utilizar otros sistemas de tiempo. Las BHS almacenadas por el controlador de red 26, se almacenan con un tiempo de implementación correspondiente, denominado en esta invención "etiqueta de tiempo", de modo que el controlador de red 26 puede determinar a partir de la hora actual cuándo es el momento de que se emplee una BHS particular. En realizaciones de la presente invención, el controlador de red 26 anticipa la implementación con una anticipación sustancial, tal como un día, antes del tiempo de implementación, con el fin de preparar el satélite 14 para implementar una nueva BHS sin retardo, lo que garantiza tiempos de actualización de la BHS rápidos y predecibles en el satélite 14.

Cuando se determina que la hora actual es un periodo predeterminado, tal como 24 horas antes de una hora de BHS programada, basándose en la monitorización de la hora UTC proporcionada por el reloj maestro, el controlador de red 26 inicia una técnica de "cargar", "armar", "disparar", descrita a continuación con referencia a la figura 4, instigada por la determinación de que la hora actual es un tiempo predeterminado antes de la implementación de BHS en la etapa S41. La etapa de "cargar" S42 implica la carga de una o más nuevas BHS al satélite 14 a través del enlace ascendente 22. La una o más BHS pueden cargarse como una señal de control desde el controlador de red 26 al satélite 14, transportarse en un control canal en una frecuencia separada de la transmisión de datos a los terminales de usuario, tal como contenido (por ejemplo, contenido de televisión, multimedia, mensajes, datos de Internet, etc.). En otras realizaciones, la una o más BHS pueden incluirse dentro de un canal de tráfico. La una o más BHS actualizadas se almacenan en una memoria integrada del satélite.

Los datos cargados contienen una indicación de un haz particular que tiene una BHS a actualizar, los nuevos tiempos de permanencia de cobertura para la nueva BHS, y la etiqueta de tiempo para la BHS basada en UTC. La provisión de las etiquetas de tiempo significa que el comando "disparar" S44, que se describirá a continuación, se envía eficazmente al satélite 14 un día antes de que se requiera, en este ejemplo. En algunas realizaciones, la indicación de un haz puede basarse en un esquema de indexación de haz, que se define y se acuerda de antemano entre el controlador de red 26 y el satélite 14.

La figura 5 ilustra una carga útil satelital 50 de un satélite 14 según realizaciones de la presente invención. Las operaciones del satélite 14 están controladas por un controlador 51, que controla las redes de conformación de haces de recepción y transmisión 52 para que una antena de comunicaciones 53 se comunique con una estación terrestre, utilizando una pluralidad de haces de transmisión, Tx, y de recepción, Rx, y que se comunica con un controlador de red 26 en tierra a través de un canal de control 54.

Las redes de conformación de haces 52 pueden tener una forma convencional, permitiendo orientar los haces de transmisión y recepción usando, por ejemplo, direccionamiento ponderado de elementos en un conjunto de antenas en fase, y se omite la descripción detallada de las mismas en aras de claridad. La orientación de cada haz de transmisión y recepción se controla según una BHS respectiva. El controlador 51 es capaz de derivar el

direccionamiento ponderado requerido de los elementos, y la secuenciación asociada de una BHS respectiva, y controlar las redes de conformación de haces 52 para aplicar el direccionamiento ponderado en la secuencia requerida para cada uno de los haces de comunicación requeridos. El controlador 51 utiliza un contador de saltos 55 proporcionado por un reloj integrado para determinar cuándo ha expirado un tiempo de permanencia particular para un haz de transmisión o recepción, según lo definido por su BHS respectiva, y para ordenar a las redes de conformación de haces 52 que redireccionen el haz a su nueva área de cobertura. El reloj sirve como reloj maestro con el que se sincroniza la puerta de enlace de referencia 16.

El controlador 51 implementa una o más BHS que se almacenan en una memoria de secuencia de conmutación 56, y el controlador 51 es capaz de comunicarse con una puerta de enlace de referencia 16 en el segmento terrestre 12 para recibir información de control de un controlador de red 26, incluyendo una nueva BHS. La memoria de secuencia de conmutación 56 comprende almacenamiento para las BHS implementadas actualmente y las BHS actualizadas que se emplearán en algún momento en el futuro. El almacenamiento puede disponerse como dos ubicaciones de memoria discretas o como componentes direccionables de una única memoria, y la memoria puede implementarse utilizando medios convencionales tales como una memoria de estado sólido o un disco duro, y también puede almacenar información operativa adicional tal como la información de control recibida desde el controlador de red 26 con respecto a la configuración del sistema, la potencia de transmisión, las instrucciones de cancelación de interferencia, etc.

Al actualizar una BHS, se borra el almacenamiento de la BHS anterior y la memoria borrada se usa para almacenar una BHS recién recibida del controlador de red 26. Siguiendo la etapa de "cargar" de la figura 4, se almacena la BHS actualizada en una ubicación de memoria disponible, reemplazando así el almacenamiento de una BHS anterior que ha finalizado. De esta manera, la memoria de secuencia de conmutación 56 siempre tiene disponible la BHS actual y la BHS siguiente (cuando sea necesario) para cada haz, de manera que la conmutación de antena se pueda realizar sin problemas.

La siguiente fase ilustrada en la figura 4 es una instrucción "armar" S43. La instrucción armar es un mecanismo para preparar un subconjunto de los haces de comunicaciones del satélite 14 a actualizar. Habiendo armado el haz o haces de comunicación requeridos, se puede emitir un solo comando disparar S44 para ordenar la actualización, y solo el haz o haces armados se actualizarán a través de la configuración correspondiente de la red o redes de conformación de haces respectivas 52. Esta técnica evita la necesidad de emitir instrucciones de actualización independientes para cada haz requerido.

Típicamente, el procedimiento de armado tiene lugar en el orden de unos pocos segundos, en una realización tres segundos, antes de la emisión del comando disparar S44. El registro previo del comando disparar a través de la operación de carga S42 explicada anteriormente significa que el controlador satelital 51 puede anticipar que el comando disparar debe requerirse, y puede prepararse para armar los haces requeridos algunos segundos antes.

El armado de un haz se puede realizar de varias formas. Como se ha descrito anteriormente, el almacenamiento de memoria de secuencia de conmutación 56 almacena una BHS que se aplicará a cada haz. Por ejemplo, el haz de transmisión n.º 1 puede circular entre las áreas geográficas A, B y C.

El haz de transmisión n.º 2 puede circular, en paralelo con el haz de transmisión n.º 1, entre las áreas geográficas D, E y F. Debido a una actualización requerida en la configuración, en el presente ejemplo, el haz de transmisión n.º 2 debe circular entre las áreas geográficas B, F y G según la nueva BHS, pero el haz de transmisión n.º 1 permanecerá sin cambios. En algunas realizaciones, el controlador está configurado para almacenar un indicador particular en asociación con cada haz en la memoria de secuencia de conmutación. Al recibir la nueva BHS del controlador de red, el indicador se puede configurar como cero, o "No", para un haz que no se actualizará, y como uno, o "Sí", para una configuración de haz que debe tener una nueva BHS. En el presente ejemplo, el indicador de actualización "0" se almacenaría en relación con el haz de transmisión n.º 1, mientras que el indicador de actualización "1" se almacenaría en relación con el haz de transmisión n.º 2.

El controlador satelital 51 determina que se va a armar un haz analizando la información de BHS recién recibida que se recibe del controlador de red 26 y comparándola con la BHS empleada actualmente para cada haz con el fin de identificar las diferencias entre las mismas. Como alternativa, la información de BHS recién recibida incluye también el índice/índices de haz correspondientes, de modo que el haz o haces a actualizar se pueden identificar directamente a partir de la información recibida de BHS. La información de BHS recién recibida puede contener todas las BHS que se aplicarán a todos los haces, ya sean actualizadas o iguales a una BHS anterior, procesando el controlador satelital 51 la información recibida como se ha descrito anteriormente. Como alternativa, la información recibida del controlador de red ya puede reflejar un "delta" o instrucción para cambiar la BHS de un haz particular, de modo que si no se

proporciona ninguna instrucción de cambio de BHS desde el controlador de red 26, el controlador satelital 51 continúa implementando la una o más BHS actualmente activas.

Las fases finales en la secuencia de la figura 4 son la etapa de "disparar" S44, asociada con la implementación de una actualización a la secuencia de salto de haces, y una etapa de espera S45 después de la cual el sistema esperará una nueva instrucción para actualizar una BHS para iniciar un nuevo ciclo desde la etapa S41. El bucle de la etapa S45 puede romperse S41 y la secuencia de la figura 4 puede finalizar al proporcionar una señal de control a ese efecto desde el controlador de red 26.

El procedimiento de actualización de secuencia de salto de haces se inicia mediante la liberación de un pulso de sincronización generado por un generador de pulsos de sincronización 57 en la carga útil satelital 50 que genera continuamente pulsos de sincronización de forma periódica. El pulso de sincronización es una señal de control de una intensidad y duración de señal predeterminadas, pero en otras realizaciones puede comprender una secuencia de control o palabra predeterminadas. El pulso de sincronización está configurado ventajosamente para que sea lo más sencillo posible de interpretar por el controlador satelital 51, a fin de evitar retardos de implementación innecesarios y permitir que las actualizaciones de BHS se produzcan sin problemas.

La liberación del pulso de sincronización comprende proporcionar el pulso al controlador 51 a través de un enlace de datos alámbrico o inalámbrico entre el generador de pulsos de sincronización 57 y el controlador 51, y a las redes de conformación de haces 52. Sin una instrucción de liberación, el generador de pulsos de sincronización generará un pulso que se registra en una memoria intermedia, o similar, y se borra o se reemplaza por un pulso generado posteriormente. La liberación puede adoptar la forma de la transmisión desde la memoria intermedia al controlador satelital 51 y las redes de conformación de haces 52, pero en otras realizaciones, puede representar simplemente un control de conmutación implementado según un periodo de contador que se describirá a continuación, en el que un cambio entre el generador de pulsos de sincronización 57 y el controlador satelital 51 y las redes de conformación de haces 52 se cierra periódicamente.

Al configurar el generador de pulsos de sincronización 57 para generar un pulso periódicamente, no es necesario realizar un procedimiento de ordenar al generador 57 que genere un pulso siempre que se requiera específicamente, lo que podría estar asociado con un retardo de implementación, y es solo necesario para determinar el punto en el que se va a liberar un pulso generado.

En algunas realizaciones, el generador de pulsos de sincronización 57 está configurado para generar pulsos de sincronización en una pluralidad de diferentes periodos de contador, uno para cada uno de una pluralidad de haces a emplear. En otras realizaciones, se usa una pluralidad de generadores de pulsos de sincronización. En la siguiente descripción, las referencias al generador de pulsos de sincronización 57 se entenderán como aplicables a una pluralidad de generadores de pulsos de sincronización.

En respuesta a, o un tiempo predeterminado después de la liberación del pulso de sincronización, se aplican una o más nuevas BHS que se han cargado de antemano en la memoria de conmutación de secuencia 56, a las respectivas redes de conformación de haces 52 del satélite 14, para su aplicación a uno o más haces particulares armados como se ha descrito anteriormente. Las redes de conformación de haces 52 están configuradas, en la fase de armado S43, para responder al pulso de sincronización (ignorando el pulso de sincronización o recibiendo instrucciones para cambiar a una nueva BHS) liberado a todas las redes de conformación de haces 52, en función del estado del indicador, por ejemplo, como se ha ilustrado anteriormente. Por lo tanto, la actualización a la BHS se realiza en un momento que está sincronizada con (al mismo tiempo o con un retardo conocido desde) la liberación del pulso de sincronización.

El comando disparar S44 es un comando de control emitido por el controlador satelital 41, o en otras realizaciones, por el controlador de red 26, al generador de pulsos de sincronización 57 basándose en una comparación entre una etiqueta de tiempo para una BHS particular y la hora actual, medida basándose en el reloj satelital. En las presentes realizaciones, el comando disparar S44 se emite dentro de una tolerancia predeterminada (del orden de 500 ms en algunas realizaciones) de un tiempo establecido por la programación UTC.

El comando disparar S44 habilita el tiempo suficiente para que se genere y se libere el siguiente pulso de sincronización en la secuencia. En algunas realizaciones, es deseable que el comando disparar S44 se emita del orden de décimas de segundo, por ejemplo, 100 ms, antes de la liberación programada del pulso de sincronización, lo que puede lograrse por el controlador satelital 51 con conocimiento del periodo de contador, pero en otras realizaciones, puede lograrse mediante el controlador de red 26 una vez sincronizado con la conmutación de antena.

60

Una vez que se libera el pulso de sincronización al controlador 51, se aplica la nueva BHS. Como se ha descrito anteriormente, en algunas realizaciones, el punto de inicio de la nueva BHS puede tener lugar en un periodo de tiempo fijo después de la liberación del pulso de sincronización. En algunas realizaciones, el periodo de tiempo fijo se configura para permitir que la nueva BHS comience al final de la BHS anterior, de modo que si un periodo de contador expira durante una BHS, la BHS se completa.

En algunas realizaciones, el periodo de contador se define en la información de actualización de BHS proporcionada por el controlador de red 26. En otras realizaciones, el controlador de red 26 proporciona el periodo de contador por separado y puede actualizarse sobre la marcha por el controlador satelital 51. El periodo de contador se elige para que sea acorde con la incertidumbre de liberación, es decir, el periodo de tiempo entre la orden disparar S44 y la liberación del pulso de sincronización, y un retardo de implementación entre la actualización entre la liberación del pulso de sincronización y la actualización de la BHS. En otras palabras, el periodo de contador es suficientemente largo para asegurar que una orden disparar S44 pueda ejecutarse con suficiente antelación con respecto a un punto de liberación de pulso de sincronización deseado para permitir la implementación.

Una BHS actualizada puede tener un periodo de contador diferente de una BHS anterior y, por lo tanto, el periodo de contador puede reiniciarse y actualizarse cuando se actualiza una BHS. En algunas realizaciones, el periodo de contador está configurado para tener una duración que sea un múltiplo entero del periodo de BHS y, en tales casos, se liberará un pulso de sincronización al final de una BHS. En otras realizaciones, sin embargo, no es necesario definir el periodo de contador, de modo que pueda producirse una actualización de BHS durante una BHS anterior y, por lo tanto, incompleta.

Una vez completada la actualización de BHS, todos los haces se desactivan, mediante la eliminación del indicador de actualización para cada haz, por ejemplo, hasta que se reciba una BHS nueva.

Sincronización de conmutación de secuencia de antena y conmutación de secuencia de datos terrestre

La descripción anterior ilustra el principio por el cual se realiza una actualización a una secuencia de salto de haces en el satélite 14. A continuación se describe el procedimiento por el cual la actualización a una BHS se sincroniza con una actualización correspondiente a la conmutación de secuencia de datos terrestre.

En términos generales, el principio de sincronización de la conmutación de secuencia se basa en la determinación de una secuencia de momentos futuros exactos en los que el segmento terrestre 12 puede esperar que se produzca una actualización de BHS, de modo que una actualización de BHS pueda reflejarse en la conmutación de secuencia de datos terrestre sin problemas.

El contador de saltos, 55 es utilizado por el controlador satelital para indicar lo que se denomina en esta invención un "periodo de contador", concretamente, un periodo de tiempo predeterminado que representa un número particular de ciclos de reloj entre instantes de tiempo que se denominarán en esta invención "tiempos de reinicio". Los tiempos de reinicio son instantes en el tiempo en los que el periodo de contador se puede reiniciar y ajustar a un nuevo periodo de contador, aunque no es necesario reiniciar el periodo de contador cada vez que tiene lugar un tiempo de reinicio. La determinación de la duración de un periodo de contador se describe con más detalle a continuación.

El generador de pulsos de sincronización 57 es controlado por el controlador 51 para generar pulsos de sincronización periódicamente, en el punto de un reinicio de contador, es decir, en un tiempo de reinicio. Se libera un pulso de sincronización generado, es decir, se proporciona al controlador como se ha descrito anteriormente, cuando se va a actualizar una BHS. De ello se deduce que el procedimiento de actualización de BHS se inicia en un momento que puede predecirse con respecto a los tiempos de reinicio, y así lo que se requiere del segmento terrestre 12 es la visibilidad y sincronización con los tiempos de reinicio.

Para lograr esto, la puerta de enlace de referencia 16 captura en primer lugar una instancia de la liberación del pulso de sincronización observando una actualización a una BHS. La puerta de enlace de referencia 16 realiza la observación de una actualización a una BHS de manera similar a la identificación de uno o más saltos en el procedimiento de alineación de conmutación descrito anteriormente. La puerta de enlace de referencia 16 identifica que una secuencia de cobertura ha cambiado, por ejemplo, observando un cambio en el tiempo de permanencia de una cobertura de haz particular, o identificando un cambio en la secuencia de coberturas de haz de haces particulares. La puerta de enlace de referencia registra un tiempo de observación, correspondiente al tiempo de cambio percibido de la BHS en el satélite 14, el tiempo de observación determinado con respecto al reloj maestro. El tiempo de observación corresponderá, en la práctica, al tiempo en el que se produjo la BHS en el satélite 14, con un retardo de propagación adicional, τ .

A continuación, la puerta de enlace de referencia 16 correlaciona el tiempo de observación con una posición en su secuencia de conmutación de datos. La conmutación de datos terrestre y la conmutación de antena se alinean como resultado del procedimiento de alineación ilustrado anteriormente, por lo que si se conoce el retardo de propagación, τ , el tiempo de observación puede correlacionarse exactamente con la secuencia de conmutación de datos. Por consiguiente, el inicio de una actualización de BHS se puede sincronizar con la secuencia de conmutación de datos.

Como se ha expuesto anteriormente, una nueva BHS puede tener un periodo diferente de la BHS anterior, reflejando un número mayor o menor de áreas de cobertura y/o tiempos de permanencia. Cuando se realiza una actualización de BHS en el satélite 14, el cambio en la duración de la nueva BHS con respecto a la BHS anterior se refleja mediante una actualización del periodo de contador por parte del controlador satelital 51, que cambia el periodo de tiempo en el que se genera un pulso de sincronización 57 y, por consiguiente, cambia la secuencia de posibles instancias de liberación de pulsos de sincronización. En algunos casos, sin embargo, el periodo de contador después de una actualización es el mismo que el periodo de contador antes de la actualización.

El nuevo periodo de contador, implementado por el controlador satelital 51 y aplicado al contador de saltos 55, es conocido por el controlador de red 26 de la puerta de enlace de referencia 16 ya que está programado de antemano, junto con la BHS, en el controlador de red 26, y cargado en el satélite 14. Como tal, la puerta de enlace de referencia 16 conoce, una vez que se implementa una actualización de BHS en el satélite 14, tanto la posición, con respecto a la secuencia de conmutación de datos, de la actualización, como el periodo de tiempo en el que podrían producirse actualizaciones futuras, que serán múltiplos enteros del nuevo periodo de contador, medidos a partir del tiempo de observación.

La puerta de enlace de referencia 16 comunica esta información a los terminales de usuario 18a-f en el segmento terrestre 12 a través del enlace directo, e implementa un cambio en la secuencia de conmutación de datos que se emplea para reflejar la BHS actualizada en el satélite 14. Dado que los terminales de usuario 18a-f son informados, por la puerta de enlace de referencia 16, del nuevo periodo de contador y el tiempo de observación de la actualización BHS anterior, con respecto a la secuencia de conmutación de datos, y la serie de instancias o puntos potenciales en el tiempo en el que se pueden producir actualizaciones de BHS en el segmento satelital, es posible que los terminales de usuario 18a-f anticipen y observen el momento exacto en el que puede producirse una actualización de BHS, e implementar un cambio en la secuencia de conmutación de datos del enlace de retorno sin problemas.

En un futuro punto de actualización de BHS, la puerta de enlace de referencia 16 puede funcionar anticipando un punto de actualización y actualizando el segmento terrestre 12, pero no se requiere la observación de la futura actualización de BHS.

La anticipación de un punto de actualización de BHS se realiza de manera particularmente ventajosa en realizaciones en las que el periodo de contador se elige para que sea un múltiplo entero de la duración de BHS. De esta manera, es posible que las estaciones terrestres anticipen los puntos de actualización de BHS potenciales basándose en el recuento de las tramas de BHS, ya que se sabrá que una actualización de BHS solo se realizará al final de una trama de BHS. En algunas realizaciones, el recuento de las tramas de BHS se realiza mediante un contador de tramas, tal como el contador de tramas 27 en la puerta de enlace de referencia 16, que registra la aparición de un salto observado y aumenta un contador de tramas 27 para cada aparición. En otras realizaciones, el contador de tramas 27 puede integrarse con otra arquitectura de procesamiento de una puerta de enlace, tal como el módulo de procesamiento 25 de la puerta de enlace de referencia 16.

La figura 6 ilustra un diagrama de sincronización de señales incorporadas por la carga útil satelital de una realización de la presente invención, basándose en el principio descrito anteriormente. El diagrama ilustra (a) un tiempo de generación de pulsos de sincronización con un periodo de contador P_i antes y un periodo más corto P_2 después de una actualización de BHS, (b) el tiempo de los comandos "cargar", "armar" y "disparar" emitidos al controlador de red 26 según el diagrama de flujo de la figura 4, (c) la liberación de un pulso de sincronización generado por el generador de pulsos de sincronización 57, (d), la no actualización de una BHS (M_1) en el haz no armado M , y (e) la actualización de una BHS en un haz armado N de la BHS N_1 a la BHS N_2 . En la figura 6 (b), el tiempo entre los comandos "cargar" y "armar" se acorta de las realizaciones descritas anteriormente en las que el comando cargar se presenta mucho antes del comando armar, por conveniencia de la ilustración. Se ilustra un retardo de implementación, D_1 , entre la conclusión del comando armar en la figura 6(b) y el inicio del armado del haz N en la figura 6(e), mientras que se ilustra un retardo predeterminado, D_2 , entre la ejecución de la actualización a la BHS para el haz N , con respecto a la liberación del pulso de sincronización en la Figura 6(c). También se ilustra una ventana de tiempo, D_3 , entre la conclusión de la orden disparar en la figura 6(b) y la liberación del pulso de sincronización en la figura 6(c).

Modificaciones

Son posibles varias modificaciones a las realizaciones descritas anteriormente que están dentro del alcance de la presente invención, como se define en las reivindicaciones. Además, las combinaciones de características de realizaciones compatibles, como entenderá el examinador, también están dentro del alcance de la presente invención.

El segmento satelital se ha descrito anteriormente en relación con un solo satélite, pero se apreciará que puede haber una pluralidad de satélites presentes, comunicándose entre sí a través de enlaces entre satélites, y los principios de sincronización de la invención pueden aplicarse a la pluralidad de satélites de la misma manera que a un solo satélite.

En la carga útil satelital, se ha ilustrado un controlador en las realizaciones anteriores, pero en otras realizaciones, se pueden usar controladores separados para el control de conmutación, implementar los principios descritos anteriormente, mientras que se puede utilizar un controlador integrado separado, OBC, para implementar otras funciones de la carga útil, por ejemplo, comunicación de información de control al controlador de red.

En la estación terrestre se ha descrito que la puerta de enlace de referencia comprende un controlador de red. En otras realizaciones, el controlador de red para el segmento satelital adopta la forma de un SCC autónomo dedicado a configurar y gestionar el segmento satelital. El SCC está configurado para operar sobre la base de instrucciones determinadas en un horario definido por la UTC, mientras que el controlador de conmutación en la carga útil satelital está configurado para operar sobre la base de la señal de reloj maestro.

Los diversos componentes de las realizaciones de la presente invención se pueden implementar usando hardware, software o una combinación de ambos. Por ejemplo, el controlador satelital puede implementarse como un procesador de ordenador programado con software, programable desde el controlador de red, pero en otras realizaciones puede implementarse basándose en una matriz de puertas lógicas y conmutadores.

Por lo tanto, el experto en la técnica apreciará que las implementaciones específicas dependen de la arquitectura de la red y de las secuencias de salto de haces específicas que se utilizarán, y que la presente invención no se limita a ninguna de las realizaciones específicas descritas.

REIVINDICACIONES

1. Una carga útil (50) para un satélite (14) que comprende:
 - 5 una pluralidad de redes de conformación de haces (52);
un medio de comunicación dispuesto para recibir datos en una secuencia de datos desde una estación terrestre (12) de una red de comunicaciones y para transmitir los datos recibidos a través de una pluralidad respectiva de haces satelitales creados por la pluralidad de redes de conformación de haces;
medio de almacenamiento dispuesto para almacenar una secuencia de salto de haces;
 - 10 un controlador (51) dispuesto para controlar la transmisión de datos por el medio de comunicación según la secuencia de salto de haces almacenada de una manera sincronizada con la secuencia de datos de la estación terrestre; y
un generador de pulsos de sincronización (57) dispuesto para generar un pulso de sincronización en tiempos de reinicio de contador separados por un periodo de tiempo predeterminado, medidos por un contador, derivados de una señal de reloj maestro común a la carga útil satelital y la estación terrestre;
 - 15 donde el controlador está dispuesto para:
 - (i) recibir una actualización a la secuencia de salto de haces desde la estación terrestre;
 - (ii) determinar uno o más de la pluralidad de haces satelitales para los que se actualizará la secuencia de salto de haces y configurar una o más redes de conformación de haces respectivas asociadas con el uno o más haces satelitales determinados para que respondan a la recepción de un pulso de sincronización;
 - (iii) emitir un comando de control al generador de pulsos de sincronización para liberar un pulso de sincronización generado a cada una de la pluralidad de redes de conformación de haces en un tiempo de reinicio de contador, y hacer que la una o más redes de conformación de haces configuradas respondan a la recepción de un pulso de sincronización para implementar el esquema de salto de haces actualizado en un tiempo sincronizado con el tiempo de reinicio de contador para permitir que el tiempo de reinicio de contador pueda observarse en la estación terrestre; y
 - (iv) actualizar la secuencia de salto de haces almacenada.
- 20 2. Una carga útil según la reivindicación 1, que comprende un generador de reloj maestro dispuesto para generar la señal de reloj maestro.
3. Una carga útil según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, donde una secuencia de salto de haces almacenada define una pluralidad de tiempos de permanencia para la pluralidad respectiva de haces satelitales, y la pluralidad de tiempos de permanencia se implementa según la señal de reloj maestro.
- 35 4. Una carga útil según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el tiempo de reinicio de contador coincide con el inicio de un ciclo de reloj de la señal de reloj maestro, y el periodo predeterminado entre un primer tiempo de reinicio de contador y un segundo tiempo de reinicio de contador es tal que el primer y segundo tiempos de reinicio de contador están separados por un múltiplo entero de ciclos de reloj de la señal de reloj maestro.
- 40 5. Una carga útil según la reivindicación 4, donde el controlador está dispuesto para determinar un primer número entero de ciclos de reloj entre el primer tiempo de reinicio de contador y el segundo tiempo de reinicio de contador, y para actualizar el primer número entero a un segundo número entero diferente en el segundo tiempo de reinicio de contador para definir el número de ciclos de reloj entre el segundo tiempo de reinicio de contador y un tercer tiempo de reinicio de contador, cuando el segundo tiempo de reinicio de contador corresponde a un tiempo de actualización de la secuencia de salto de haces.
- 45 6. Una carga útil según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el periodo predeterminado corresponde a un múltiplo entero de la duración de una secuencia de salto de haces.
7. Una carga útil según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el comando de control se emite en un tiempo predeterminado antes de que se produzca el siguiente tiempo de reinicio de contador, definido por una etiqueta de tiempo asociada con la señal de reloj maestro.
- 55 8. Una carga útil según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el medio de almacenamiento comprende al menos una primera ubicación de memoria y una segunda ubicación de memoria, donde la primera ubicación de memoria está dispuesta para almacenar la secuencia de salto de haces y la segunda ubicación de memoria está dispuesta para almacenar la secuencia de salto de haces actualizada.

60

9. Un sistema de comunicación que comprende:

una carga útil satelital (50) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8; y
una estación terrestre (12), donde la estación terrestre comprende:

5

un medio de comunicación (29) dispuesto para transmitir una pluralidad de tramas de datos a una carga útil satelital a través de un enlace ascendente y para transmitir información de control a la carga útil satelital a través de un canal de control; y

10

un controlador (26) dispuesto para controlar el medio de comunicación para transmitir las tramas de datos según una secuencia de datos sincronizada con una señal de reloj maestro común a la estación terrestre y la carga útil satelital, y para transmitir información a la carga útil que define una secuencia de salto de haces actualizada para la carga útil satelital;

15

donde el controlador está configurado para observar una actualización a la secuencia de salto de haces en la carga útil satelital, y determinar un primer punto en el tiempo en el que se liberó una instrucción para actualizar la secuencia de salto de haces,

20

donde el controlador está dispuesto para determinar una serie de segundos puntos en el tiempo, calculados basándose en el primer punto en el tiempo, en el que una instrucción futura para actualizar la secuencia de salto de haces puede liberarse, y para comunicar la serie de segundos puntos a uno o más terminales de usuario (18a-f) de modo que una secuencia de datos respectiva utilizada por el respectivo uno o más terminales de usuario se actualice en un momento correspondiente a uno de los segundos puntos en el tiempo en respuesta a una actualización adicional a la secuencia de salto de haces que se produce en un tiempo sincronizado con el de los segundos puntos en el tiempo.

10. Un sistema de comunicación según la reivindicación 9, donde el controlador de la estación terrestre está configurado además para alinear las tramas de datos en la secuencia de tramas de datos con la conmutación definida por una secuencia de salto de haces mediante al menos uno de:

25

ajustar la tasa de símbolos de datos en la transmisión de datos;

ajustar el tiempo de inicio de la trama de datos para la transmisión de datos;

30

insertar o eliminar señales piloto de las tramas de datos.

11. Un sistema de comunicación según la reivindicación 9 o la reivindicación 10, donde la carga útil está dispuesta para comunicarse con uno o más terminales de usuario y está dispuesta para sincronizarse con uno o más terminales de usuario utilizando información proporcionada por la estación terrestre.

35

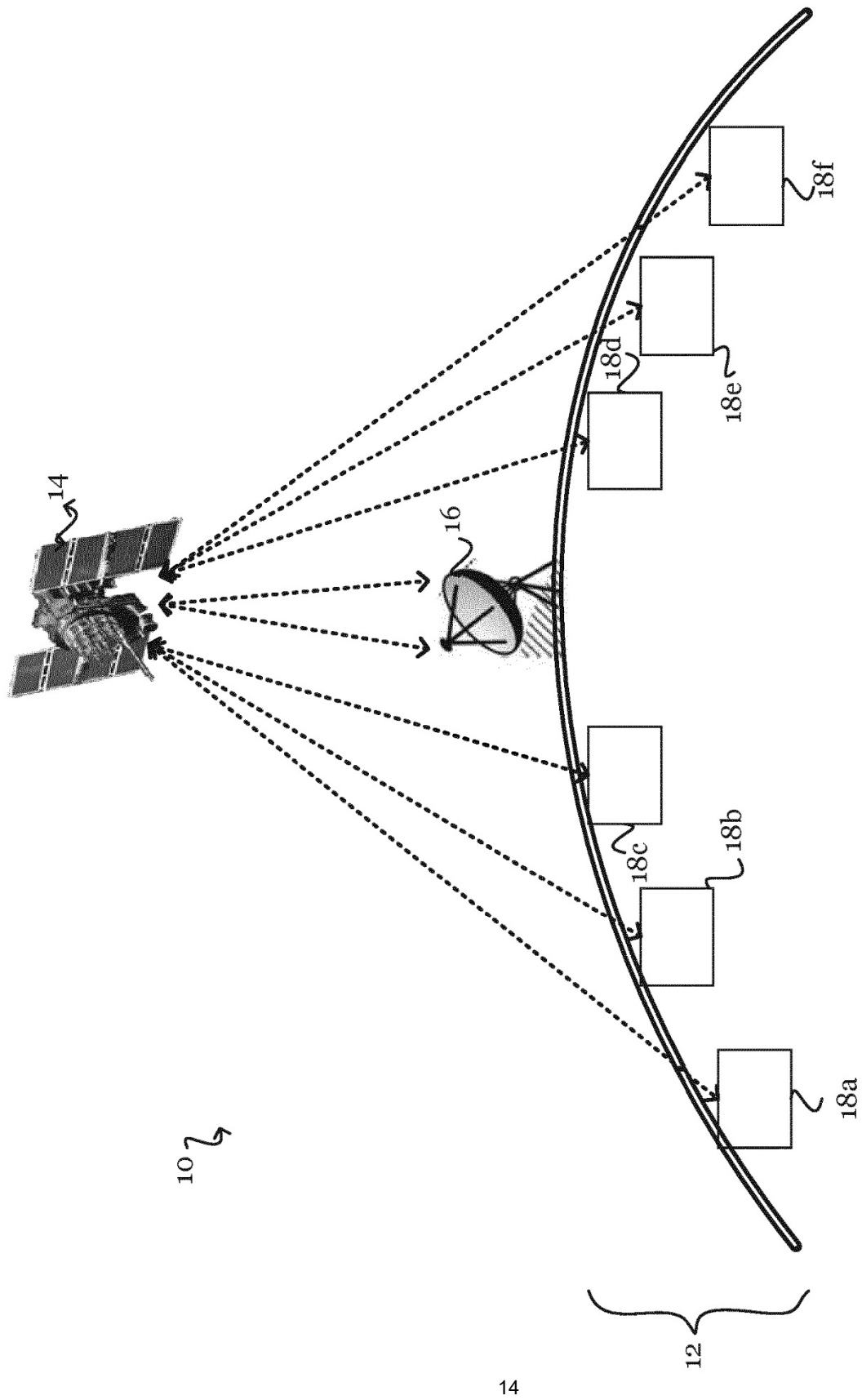


FIGURA 1

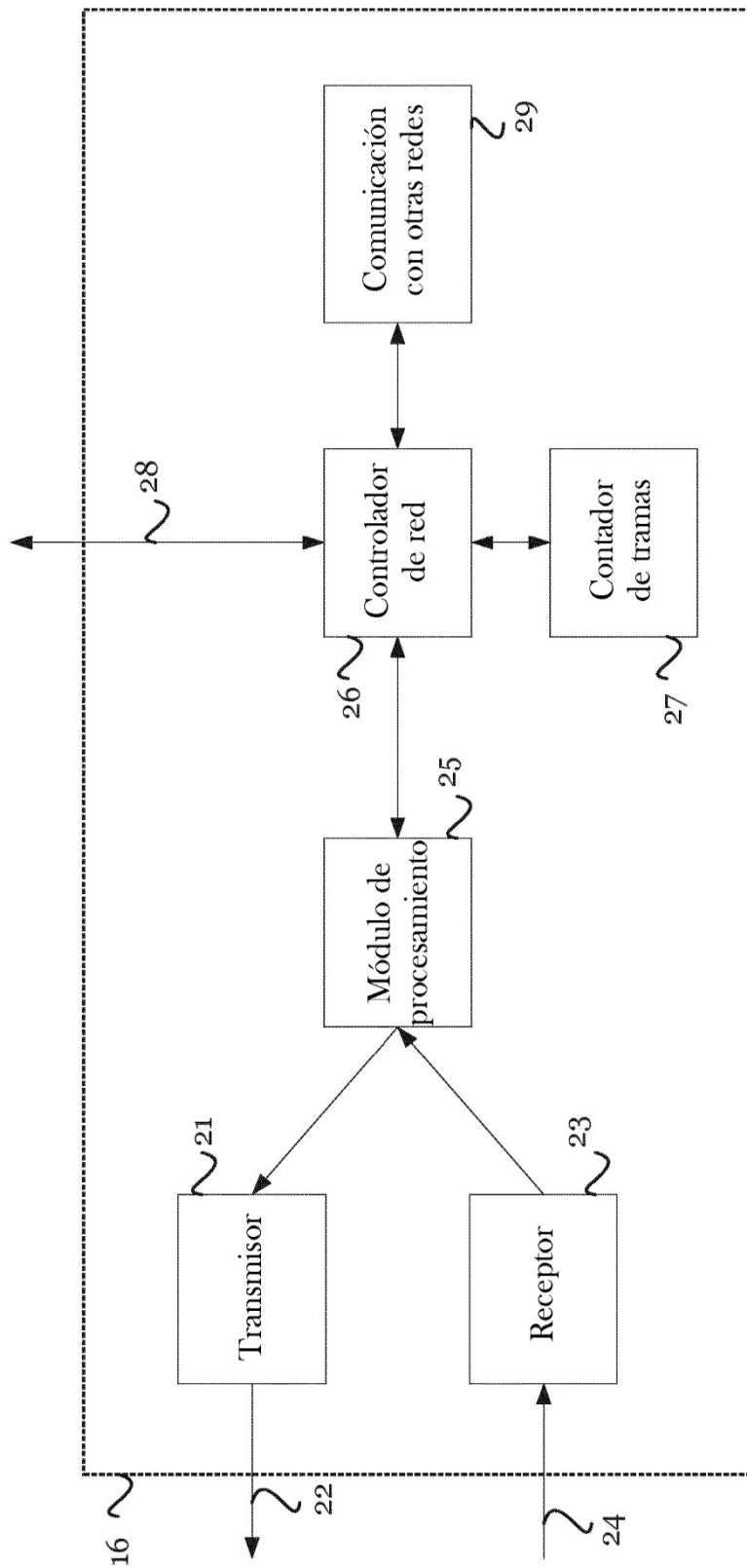
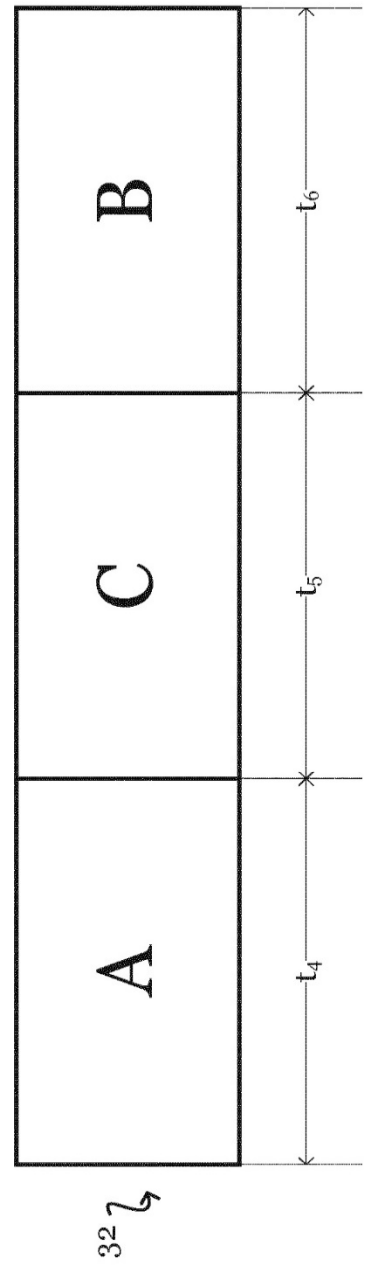
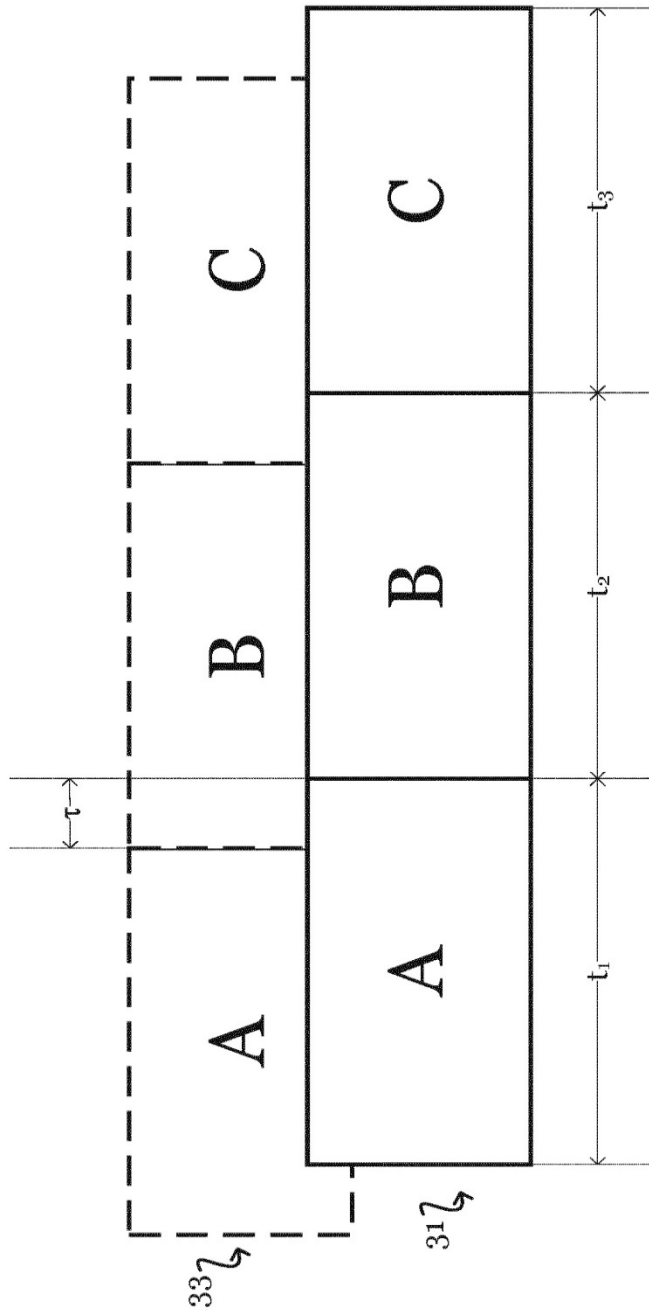


FIGURA 2



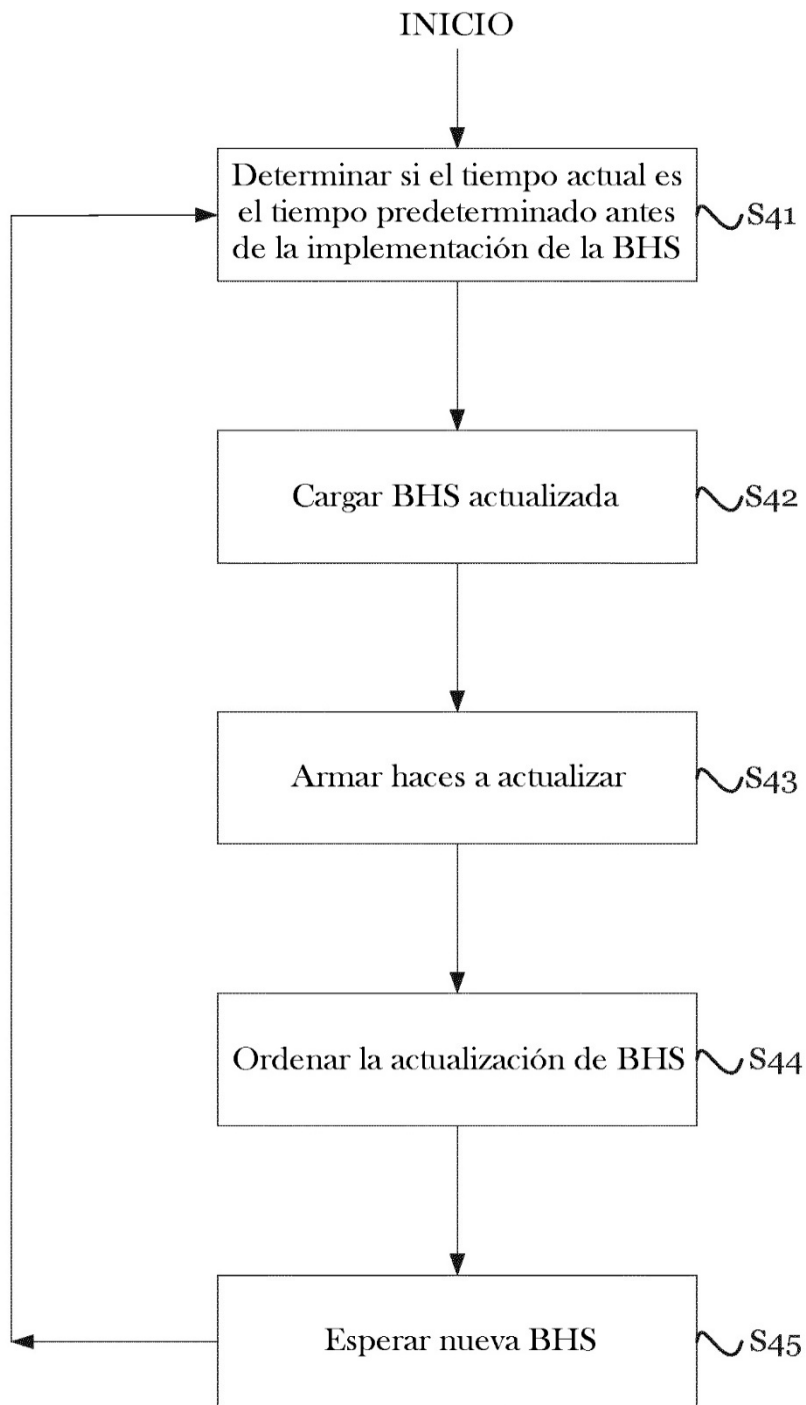


FIGURA 4

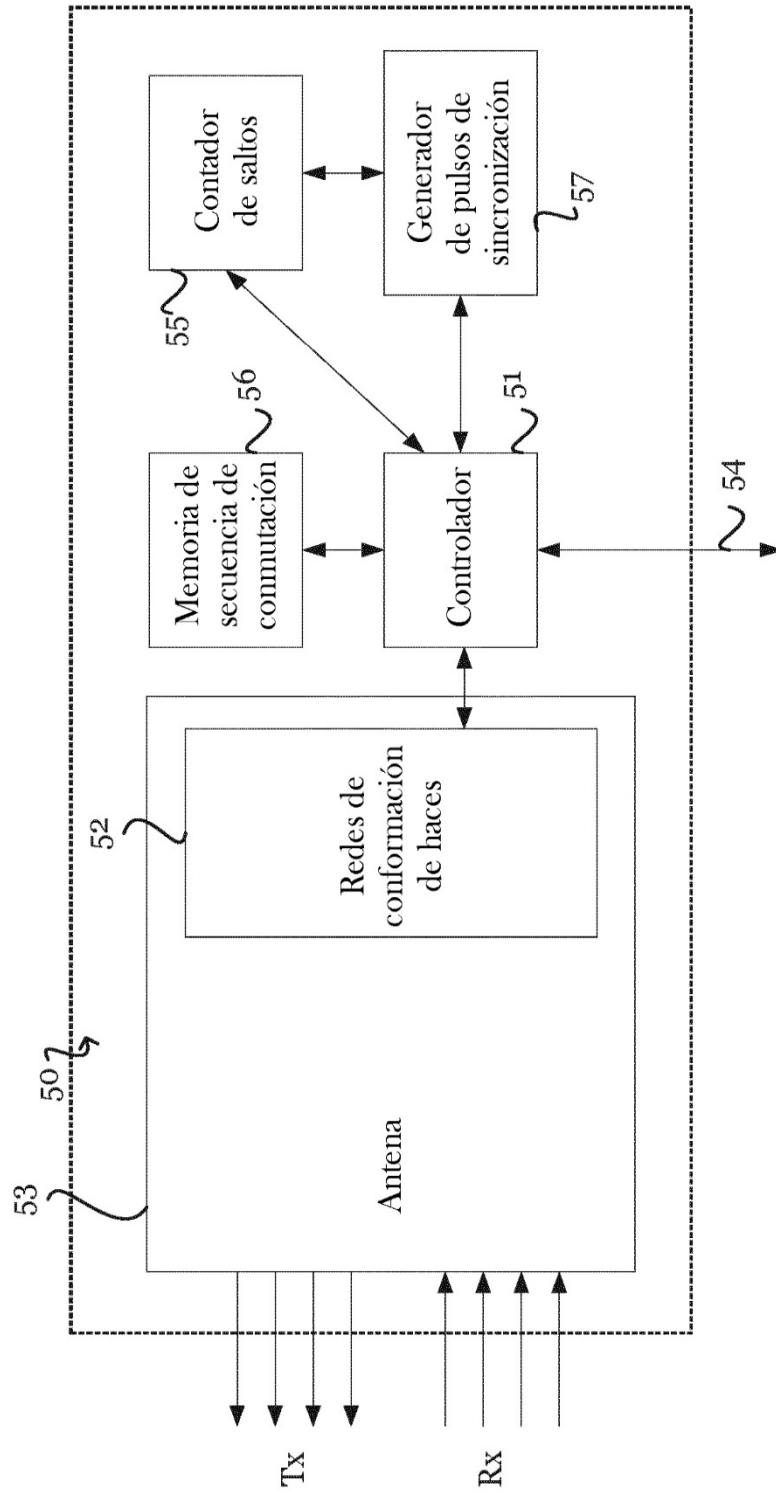


FIGURA 5

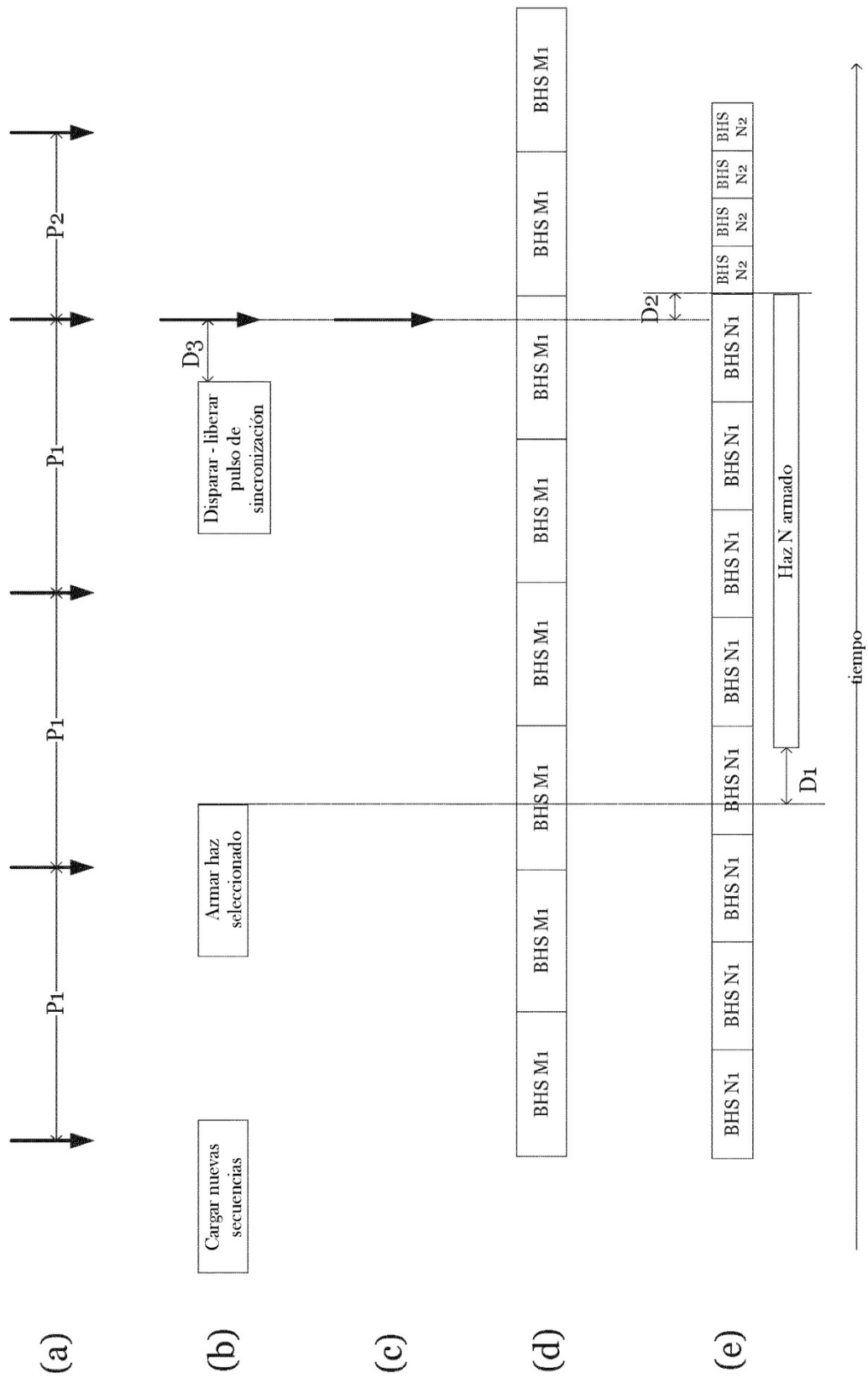


FIGURA 6