

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 951 211**

51 Int. Cl.:

H04B 7/185 (2006.01)

H04B 7/204 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2018** **PCT/EP2018/057698**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.10.2018** **WO18184900**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2018** **E 18712239 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023** **EP 3607673**

54 Título: **Procedimiento de comunicación espacial para servicios IoT y sistema espacial de telecomunicaciones correspondiente**

30 Prioridad:

04.04.2017 FR 1700359

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

18.10.2023

73 Titular/es:

THALES (100.0%)
Tour Carpe Diem Place des Corolles Esplanade Nord
92400 Courbevoie, FR

72 Inventor/es:

GINESTE, MATHIEU;
NIDDAM, DAVID y
CHUBERRE, NICOLAS

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 951 211 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

Procedimiento de comunicación espacial para servicios IoT y sistema espacial de telecomunicaciones correspondiente

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de comunicación para servicios IoT y a un sistema espacial de telecomunicaciones de alta capacidad en términos de número de terminales de usuario servidos, apto para su integración, en su caso, en un sistema de radiocomunicaciones con cobertura celular jerárquica ordenada.

La presente invención también se refiere a un módulo de acceso para la red móvil espacial del sistema integrado de radiocomunicaciones, estando dicho módulo de acceso integrado en un repetidor espacial o en una estación terrestre pasarela para la conexión a la infraestructura terrestre fija.

10 El campo técnico de la invención se refiere a la implementación de comunicaciones de baja velocidad por un sistema espacial que incluye un número muy elevado de terminales que siguen un perfil de tráfico esporádico.

15 Un sistema "espacial" se refiere aquí y en lo sucesivo a un sistema de satélites que utiliza como repetidor(es) uno o más satélites que evolucionan en una órbita geoestacionaria GSO (en inglés GeoStationnary Orbit) o en órbitas no geoestacionarias NGSO (en inglés Non GeoStationnary Orbit) como órbitas bajas LEO (en inglés Low Earth Orbit) u órbitas circulares intermedias MEO (en inglés Medium Earth Orbit), o un sistema llamado "HAPS" (en inglés "High Altitude Platform Station") que utiliza como repetidor al menos una estación-plataforma de gran altitud.

20 El sistema espacial, satélite o HAPS, puede integrarse en un sistema integrado de radiocomunicaciones con cobertura celular jerárquica ordenada, como el sistema integrado de radiocomunicaciones descrito en la solicitud de patente francesa de N. Chuberre et al, titulada " Sistema integrado de radiocomunicaciones con cobertura celular jerárquica ordenada" y presentada el 7 de abril de 2016 con el número de depósito nº 1600304.

Uno de los retos de la infraestructura de las redes móviles 5G, es decir, de quinta generación, es aumentar la cobertura del servicio y aumentar el recurso de transmisión en comparación con el de las redes móviles 2G, 3G o 4G para poder atender aplicaciones que requieren continuidad del servicio sobre una cobertura global, y posiblemente una alta fiabilidad sobre dicha cobertura.

25 Estas aplicaciones incluyen, en particular, las comunicaciones entre máquinas M2M (en inglés "Machine to Machine") en los siguientes ámbitos:

- transporte, para el seguimiento y control a distancia de mercancías transportadas por mar, aire y/o tierra;
- seguridad, con vigilancia de infraestructuras críticas como redes de distribución de agua y energía, así como comunicaciones de emergencia;
- 30 - el automóvil conectado; y
- la agricultura, en particular la ganadería.

35 La mayoría de estas aplicaciones se caracterizan por un bajo caudal de servicio de tipo mensajería, y generan un tráfico esporádico y altamente asimétrico, con un ancho de banda en el camino de retorno del servicio, es decir, desde el terminal de usuario de servicio hasta la plataforma de servicio, mucho mayor que en el camino de ida del servicio, es decir, desde la plataforma de servicio hasta el terminal de usuario de servicio. Sin embargo, estas aplicaciones pueden necesitar un canal de salida para gestionar y controlar los terminales y controlar el acceso al recurso.

El reto es, por tanto, ofrecer ubicuidad de servicio al menor coste y en el menor tiempo de despliegue posible para la infraestructura de la(s) red(es) de radiocomunicación.

40 Se sabe que las redes móviles por satélite actuales ofrecen una cobertura de servicio global, muy adecuada para abordar zonas escasamente pobladas, así como zonas marítimas. La combinación de redes móviles terrestres y por satélite es, por tanto, la solución natural para ofrecer sistemas de telecomunicaciones que garantizan la continuidad del servicio y una alta disponibilidad con una inversión en infraestructura de red y unos costes de explotación optimizados.

45 Sin embargo, los sistemas de telecomunicaciones actuales formados de esta manera están severamente limitados en términos del número de terminales que pueden ser servidos en paralelo. Para un tráfico muy esporádico, la implementación de una señalización compleja y voluminosa como la que existe en estos sistemas de telecomunicaciones, por ejemplo en las fases de entrada en la red del satélite (en inglés "logon") o conmutación de tráfico, no permite escalar para responder a las necesidades del gran número de terminales previstos en las redes M2M/IoT (en inglés "Machine to Machine/Internet of Thing"), del orden de un millón o más.

50 Además, la integración actual de las dos redes móviles por satélite y terrestres se consigue mediante el diseño y el uso de terminales portátiles de modo dual capaces de operar tanto

- con la red móvil por satélite y la red celular terrestre, como por ejemplo los terminales portátiles de modo dual capaces de funcionar con los sistemas celulares terrestres GSM (en inglés "Global System for Mobile") o UMTS (en inglés "Universal Mobile Telecommunications System") y el sistema móvil por satélite Thuraya; y

- 5 .- con los componentes complementarios satelital y terrestre de un mismo sistema móvil por satélite, denominado en inglés "Ancillary Terrestrial Component", como es el caso, por ejemplo, de los terminales de modo dual diseñados para sistemas integrados satelital y terrestre como "TerreStar" y "Lightsquared".

En ambos casos, esto conduce a la fabricación de terminales específicamente adaptados al mercado de los sistemas móviles por satélite y que incorporan una doble cadena de transmisión/recepción, basándose cada cadena en una interfaz radio optimizada para las características respectivas de los sistemas por satélite y celulares en términos de condiciones de propagación radioeléctrica.

Sin embargo, el tamaño del mercado de los satélites móviles, estimado en algunos millones de unidades de terminales, siendo relativamente pequeño en comparación con el mercado de los móviles terrestres, estimado en algunos miles de millones de unidades de terminales, no incita a los fabricantes de terminales móviles por satélite a diversificar su gama de productos, ni a tratar de reducir sus costes y/o su tamaño o su huella.

Cabe señalar que se han hecho algunos intentos de reutilizar una interfaz de radio diseñada originalmente para un sistema móvil celular terrestre en el contexto de una red móvil por satélite. Sin embargo, las características y el bajo grado de flexibilidad que ofrecen las interfaces radioeléctricas 2G (GSM), 3G (WCDMA) y 4G (LTE) han dado lugar a un rendimiento suboptimizado en el contexto de la red móvil por satélite.

Además, el funcionamiento en las bandas de frecuencias asignadas a la red móvil por satélite, es decir, la banda de frecuencias MSS (en inglés Mobile Satellite Service), requiere una etapa de radiofrecuencia RF específica adicional en el terminal.

En términos generales, las soluciones actuales conocidas de modo dual (denominadas en inglés dual mode) o más (multimode) permiten a un terminal dedicado comunicarse alternativamente a través de al menos una red celular terrestre y la red de satélite implican la adición de componentes de hardware específicos para la comunicación por satélite, incluyendo, por ejemplo, una antena y/o una cadena de radiocomunicación y/o capacidades de procesamiento adicionales.

Estas soluciones conocidas son satisfactorias para abordar el mercado actual de satélites, pero no permiten utilizar a gran escala terminales de satélite de muy bajo ancho de banda.

En consecuencia, un primer problema técnico general consiste en proporcionar un sistema espacial de telecomunicaciones para servicios IoT, apto para integrarse en un sistema de radiocomunicaciones con cobertura celular jerárquica ordenada, y un procedimiento correspondiente para implementar las radiocomunicaciones, para el cual un número de terminales, mayor que el de los actuales sistemas espaciales de telecomunicaciones puede utilizar un recurso de satélite limitado, teniendo en cuenta el hecho de que los terminales tienen cada uno una comunicación muy esporádica y potencialmente bidireccional y asimétrica con más tráfico en el canal de enlace ascendente, el hecho de que el tráfico no es uniforme por zona, pueden existir zonas muy densas denominadas "hot-spots" en inglés, el hecho de que la posición de los terminales es desconocida antes de que se establezca una comunicación, y el hecho de que el hardware utilizado por el terminal puede ser el mismo o muy similar para el acceso por satélite y terrestre.

Un segundo problema técnico, relacionado con el primer problema técnico, consiste en proporcionar terminales de radiocomunicación que tengan una velocidad binaria muy baja y un perfil de comunicación esporádico, cuya arquitectura de hardware y software permita a dichos terminales

- acceder a un número muy elevado de sistemas espaciales en un recurso de satélite limitado para servicios con tráfico muy esporádico, típicamente servicios M2M/IoT, y garantizar así la continuidad del servicio con las redes terrestres; y

- opcionalmente para garantizar la continuidad del servicio como terminales celulares terrestres para comunicaciones de baja velocidad relativas a servicios tales como mensajería, voz, etc., iniciados en una red celular terrestre o por satélite, utilizando dichos terminales en este caso los recursos de hardware de un terminal desarrollado para operar en redes celulares terrestres o equivalentes, sin ninguna adición de hardware relacionada con la comunicación por satélite.

El documento FR 2 939 004 A1 divulga un procedimiento de comunicación de un terminal móvil en un sistema de satélite multihaz basado en la multiplexación por división ortogonal de frecuencias (OFDM) que reutiliza la misma banda de frecuencias para todos los haces.

También el documento EP 1 075 737 A1 divulga un procedimiento de alineación de un terminal de usuario en un sistema de telecomunicaciones que comprende una pluralidad de transmisores/receptores de señales de satélite, de haz en pincel que definen cada uno un haz en pincel respectivo.

5 A tal fin, la invención se refiere a un procedimiento de comunicación espacial como el descrito en las reivindicaciones 1 a 16.

La invención también se refiere a un sistema espacial de telecomunicaciones como se describe en las reivindicaciones 17 a 22.

La invención también se refiere a un sistema integrado de telecomunicaciones según la reivindicación 23.

10 La invención también se refiere a un módulo de acceso como se describe en las reivindicaciones 24 y 25. La invención se comprenderá mejor al leer la descripción de varias realizaciones que figura a continuación, dada únicamente a título de ejemplo y hecha con referencia a los dibujos en los que:

- la figura 1 es una vista esquemática de una primera realización de un sistema espacial de radiocomunicaciones según la invención, integrado en un ejemplo de sistema de radiocomunicaciones con cobertura celular jerárquica ordenada;

15 - la figura 2 es una vista esquemática de una segunda realización de un sistema espacial de radiocomunicaciones según la invención, aquí integrado en un ejemplo de sistema de radiocomunicaciones con cobertura celular jerárquica ordenada;

- la Figura 3 es una vista del sistema mostrado en la Figura 1, en la que se detalla la arquitectura del satélite que forma el repetidor espacial del sistema espacial;

20 - la figura 4 es una vista de la arquitectura de un terminal multimodo según la invención que integra hasta la capa física la implementación de la(s) comunicación(es) de al menos una red celular terrestre y del sistema espacial según la invención;

- la Figura 5A es un diagrama de flujo de un proceso de comunicación según la invención implementado por un sistema espacial de telecomunicaciones según la invención, como el descrito en las Figuras 1 y 2;

25 - la figura 5B es una vista de un diagrama temporal de las señales intercambiadas durante la ejecución del procedimiento de comunicación espacial de la figura 5A entre un terminal de usuario del sistema espacial y la pasarela espacial de conexión GW (en inglés Gateway) que se conecta a la red fija de comunicaciones de la figura 1, cuando se establece o mantiene una comunicación espacial;

30 - la figura 6 es una vista del principio de funcionamiento de un primer modo de implementación de un haz lógico con respecto a los haces físicos durante una conmutación entre haces físicos provocada por el paso de un satélite;

- la figura 7 muestra una vista del principio de funcionamiento de un segundo tipo de haz lógico con respecto a los haces físicos del mismo satélite;

35 - la figura 8 es una vista del principio de funcionamiento de la segunda realización de un haz lógico de la figura 8 con respecto a los haces físicos de dos satélites que se superponen a él en un momento dado;

- la figura 9 es una vista de la señalización DCH (en inglés "Duty Cycle Header") de enlace descendente DL enviada por un satélite a terminales pertenecientes a diferentes haces lógicos y que permite la aplicación de una estrategia de ahorro de energía eléctrica para todos los terminales;

40 - la figura 10A es un diagrama de flujo detallado de un ejemplo de algoritmo para conmutar una comunicación entre un sistema celular terrestre y un sistema espacial en función de la disponibilidad de cada uno de los canales de transmisión asociados a dichos sistemas y de una estrategia particular para seleccionar uno de los dos sistemas;

45 - la figura 10B es un diagrama de flujo detallado de un algoritmo utilizado en una etapa del proceso de conmutación mostrado en la figura 10A, dicha etapa permite evaluar la disponibilidad de los dos sistemas terrestre y por satélite y aplicar la estrategia de selección;

- la figura 11 es un diagrama de flujo simplificado del diagrama de flujo de la figura 10A.

50 Según un primer aspecto de la invención que tiene por objeto aumentar el número de terminales servidos en un recurso de sistema espacial dado, un primer concepto subyacente de la invención es limitar muy sustancialmente la señalización, convencionalmente utilizada y gestionada por terminales con tráfico sostenido pero también por aquellos con tráfico esporádico y de baja velocidad binaria, como por ejemplo el tráfico de aplicaciones M2M/SCADA (en inglés "Supervisory Control and Data Acquisitions") por satélite, e implementar una gestión de recursos

totalmente centralizada en la estación de acceso GW limitando significativamente la señalización, transmitida desde y recibida por el terminal, y confiando en ráfagas de datos, transmitidas por el terminal en el camino de retorno desde el terminal a la estación de acceso GW, y en una pequeña cantidad de información de señalización para gestionar las fases siguientes, que consumen mucha señalización en los sistemas convencionales:

- 5 .- gestión de la conmutación de una comunicación entre una red terrestre y una red espacial (denominada en inglés "handover") o de la entrada en el sistema espacial mediante señalización en la banda (in-band) asignada al enlace ascendente UL del sistema de satélite, estando el terminal registrado en una red celular terrestre del sistema integrado o en la red espacial;
- 10 .- gestión de conmutaciones entre haces físicos (en inglés inter-beams handover) de un mismo satélite, transparente para el usuario y sin señalización;
- .- gestión de conmutaciones entre los haces físicos de dos satélites diferentes (lo que se denomina traspaso entre satélites, en inglés inter-satellite handover).

15 Para implementar el primer concepto descrito anteriormente, un segundo concepto subyacente de la invención consiste en asociar terminales de usuario con "haces lógicos" (en inglés denominados "logical beams") para cada ráfaga de datos transmitida por los terminales, estando los haces lógicos definidos por una malla de zonas geográficas fijas que, sin solaparse nunca ni siquiera parcialmente, forman la cobertura global del sistema espacial. Cada haz lógico se caracteriza por una zona geográfica diferente y se asocia en tiempo real a una pluralidad de haces físicos del repetidor espacial (satélite o plataforma HAPS) que se solapan con dicho haz lógico.

20 Los haces lógicos permiten evitar cualquier gestión de traspaso (en inglés "handover") de comunicación para el terminal y la señalización asociada. La asociación de un terminal a un clúster lógico y la asociación de recursos de transmisión a ese clúster lógico se gestionan en la estación de acceso de la red espacial o en una unidad centralizada de nivel superior de la infraestructura de un sistema integrado, basándose en los mensajes de datos transmitidos por el terminal. De este modo, se puede llegar al terminal en cualquier momento, lo que permite transmitirle datos o información de control, sobre todo para controlar el flujo y la congestión, mejorar el rendimiento y evitar el colapso del acceso al sistema de satélites.

En el sistema espacial se utiliza una única banda de frecuencias BUL de enlace ascendente UL, compuesta por un conjunto de frecuencias portadoras, para no tener que realizar ninguna asignación específica por terminal.

Se utiliza una frecuencia de enlace descendente fDL por repetidor espacial para un conjunto de terminales situados en el mismo haz lógico con el fin de transmitirles datos o información de control sin conmutación física de haces.

30 Se consigue así una reducción significativa de la sobrecarga de señalización, que es independiente del nivel de protocolo en el que se incluya la señalización, que es apreciable en el caso de tráfico esporádico para el que la cuota de señalización es muy grande, mayor que la cuota del propio tráfico. Como resultado, el número de terminales que pueden utilizar un determinado recurso de transmisión del sistema espacial aumentará considerablemente.

35 Según un segundo aspecto de la invención, que pretende en un contexto 5G aumentar la integración del servicio móvil espacial (por satélite o estación HAPS) con el servicio móvil "terrestre" o "celular" sin impactar en los componentes hardware de los terminales de nueva generación, un tercer concepto subyacente a la invención consiste en configurar por software tanto los parámetros RF de la plataforma hardware del terminal como el protocolo de interfaz radio, por ejemplo el protocolo NB-IoT o Narrow Band Internet of Things que está siendo normalizado actualmente a 3GPP para permitir el funcionamiento por satélite.

De hecho, el contexto 5G ofrece esta oportunidad para una mayor integración del servicio móvil por retransmisión espacial con el servicio móvil "terrestre" o "celular" sin afectar a los componentes de hardware de los terminales de nueva generación, debido a los siguientes hechos:

- 45 .- por una parte, la concepción y el desarrollo actuales de interfaz(es) radioeléctricas que ofrezcan características compatibles con los presupuestos de enlace de una red móvil por satélite, en particular la posibilidad de configurar el ancho de banda del canal, en particular la posibilidad de reducirlo en el canal ascendente a unos pocos kilohercios, lo que también hará posible el protocolo de transporte gracias a la normalización del acceso de banda estrecha (en inglés "narrow band") aplicable a la transmisión de servicios IoT (NB-IoT);
- 50 .- por otra parte, una gran parte de los terminales celulares estarán equipados en un futuro próximo con una etapa de radio por software que les permitirá operar en las múltiples bandas asignadas al servicio móvil, por ejemplo en la gama de frecuencias de 900 a 2500 MHz.

Según la Figura 1 y una primera realización, un sistema integrado de telecomunicaciones 2 comprende un conjunto 4 de terminales de usuario multimodo 6 según la invención compatibles con uno o varios sistemas celulares

terrestres y similares, y un sistema espacial según la invención, un sistema espacial por satélite multihaz 12 según la invención, y un sistema celular terrestre 14. Para simplificar la figura 1, se muestra un único terminal de usuario 6.

En los dos componentes celulares espaciales y terrestres 12, 14 del sistema integrado 2, se modifica la arquitectura conocida de las estaciones base, denominadas en inglés "e-Node B", y de los controladores de la Red de Acceso Radioeléctrico RAN (denominadas en inglés "Radio Acces Radio").

La etapa de radio y el sistema de antena de cada una de las estaciones base están ahora asociados con funciones de conversión digital en una entidad conocida genéricamente como RRH (en inglés Remote Radio Head) y más específicamente RRH-S 22 para el componente de satélite 12 y RRH-T 24 para el componente celular terrestre 14 mostrado.

Cada cabeza de radio remota RRH 22, 24, está conectada a las funciones de módem, es decir, demodulación, decodificación, codificación y modulación, agrupadas en una entidad 26 de control de red de acceso radioeléctrico en la nube 28, denominada "Cloud" RAN o C-RAN, capaz de procesar las señales de varias RRH distribuidas en un área de cobertura. Una arquitectura de este tipo permite aprovechar al máximo las técnicas de diversidad o técnicas MIMO (en inglés Multiple Input Multiple Output) para optimizar la eficiencia espectral, la calidad de servicio QoS y la capacidad de la red. Además, las C-RAN pueden intercambiar información entre sí para combinar las señales de RF recogidas por diferentes cabezas de radio remotas RRH adyacentes o inmediatamente cercanas pero situadas en la frontera entre dos zonas controladas por C-RAN separadas.

El sistema integrado 2 está configurado en particular para proporcionar servicios de comunicaciones unidireccionales de baja velocidad para aplicaciones tales como la comunicación máquina a máquina con terminales de muy grande autonomía.

El componente espacial o sistema espacial 12, considerado como primer sistema del sistema integrado, está configurado para operar en las mismas bandas de frecuencia que las redes celulares, consideradas como segundos sistemas, por ejemplo en la banda UHF, L, S o C extendida, sin crear interferencias o congestión en la red o redes celulares terrestres. El sistema de satélites 12 es un componente del sistema integrado 2 que amplía la cobertura de las redes o sistemas celulares terrestres.

El sistema de satélites 12, basado aquí en satélites no estacionarios NGSO 52 por ejemplo, está configurado para recibir las señales transmitidas por los terminales celulares 6 en una zona determinada y retransmitirlas a las C-RAN en el mismo formato que el utilizado por las RRH terrestres.

Típicamente, el sistema de satélite 12 según la invención está configurado a través de sus satélites para generar un conjunto de haces cuya huella constituye un conjunto de células espaciales o de satélite.

Las señales transmitidas por todos los terminales situados en una célula de satélite son por tanto recogidas por un satélite 52 del sistema de satélite 12 y retransmitidas en forma de emisión a todas las cabezas de radio remotas 22 de satélite RRH-S distribuidas en esta célula de satélite. La C-RAN 32 o las C-RAN conectadas a las RRH terrestres (RRH-T) 24 y a las RRH de satélite (RRH-S) 22 de la célula de satélite están configuradas para combinar las señales recogidas a través de las distintas RRH terrestres y las recogidas por satélite a través de la al menos una RRH de satélite, teniendo en cuenta la diferencia de retardos entre dos trayectos de encaminamiento 62 64 de las señales hacia la C-RAN 26, un primer trayecto 62 que pasa por una RRH terrestre-T 24 y un segundo trayecto 64 que pasa por una RRH de satélite-S 22.

En una célula de satélite con una alta densidad de cabezas de radio remotas terrestres RRH-T, la contribución añadida por el componente de satélite es baja porque la C-RAN en este caso tiene muchos componentes terrestres a través de las RRH-T de una señal transmitida por un terminal celular. Sin embargo, si los componentes terrestres están sobrecargados, la contribución del componente satélite a través de su cobertura paraguas es muy útil.

En una célula de satélite con una baja densidad de cabezas de radio remotas terrestres RRH-T, por ejemplo en una zona rural, el componente de satélite puede complementar perfectamente la cobertura de uno o más componentes celulares terrestres.

En una célula satelital sin cabeza de radio remota ni satelital ni terrestre, por ejemplo en una zona desértica o marítima aislada, el componente satelital es el único medio de recoger las señales transmitidas por los terminales celulares. Se retransmitirá por varios enlaces entre satélites ISL (en inglés Inter Satellite Link) a una cabeza de radio remota por satélite RRH-S situada en otra célula de satélite.

La cabeza de radio remota por satélite RRH-S 22 del sistema espacial 12 según la invención incorpora, además de un módem e-NodeB (4G/5G), mecanismos de acceso específicos que permiten optimizar la recepción de los mensajes transmitidos en el canal de comunicación por satélite.

Aquí, la cabeza remota de radio por satélite RRH-S 22 está integrada en tierra, es decir, una pasarela GW, suponiéndose que el satélite 52 es transparente.

Alternativamente, el satélite 52 es regenerativo y el cabezal remoto de radio por satélite RRH-S está integrado a bordo del satélite.

Alternativamente, el sistema espacial no está integrado en un sistema de radiocomunicaciones con cobertura celular jerárquica ordenada y constituye un sistema de telecomunicaciones autónomo que comprende una o varias cabezas de radio remotas por satélite que incorporan, además de un módem de conexión a la infraestructura terrestre, mecanismos de acceso específicos que permiten optimizar la recepción de los mensajes transmitidos en el canal de comunicaciones por satélite.

Según la figura 2 y una segunda realización, un sistema integrado de telecomunicaciones 102 comprende elementos idénticos a los del sistema integrado de telecomunicaciones 2 de la figura 1, que llevan las referencias numéricas 14, 24, 26, 28.

El sistema integrado 102 difiere del sistema integrado 2 de la figura 1 en que el sistema espacial multihaz por satélite 12 y la cabeza de radio por satélite RRH-S 22 se sustituyen respectivamente por un sistema espacial multihaz HAPS 112 que utiliza como plataforma(s) de retransmisión al menos una plataforma de gran altitud HPAS 152 y una cabeza de radio remota HAPS-HRPS 122, adaptada a los enlaces entre un terminal de usuario y una plataforma HAPS.

Además, el sistema integrado 102 se diferencia en que comprende un conjunto 104 de terminales multimodo con un alto grado de integración y capaces de gestionar la interfaz con una red móvil espacial del tipo HAPS.

Aquí, la ruta de señal que transita a través de la plataforma HAPS 152 hacia la C-RAN 26 se designa mediante la referencia numérica 26.

Según la figura 3 y una arquitectura típica de una estación de retransmisión por satélite 252 del sistema de satélite multihaz 12 de la figura 1, integrada en el sistema integrado 2, la estación de retransmisión por satélite 202 comprende un satélite 204 y al menos una cabeza de radio remota RRH-S por satélite 206, conectada al satélite 204 a través de un enlace bidireccional 208 para acceder a la red de infraestructura terrestre.

La estación de retransmisión por satélite 202 está configurada para digitalizar un conjunto de señales procedentes de la misma célula de satélite 212 y recibidas en un primer haz ascendente asociado 214 del satélite 204 y para generar un flujo de datos hacia las C-RAN en el mismo formato que las RRH.

La digitalización puede realizarse a bordo del satélite 204 mediante un procesador digital o directamente en las cabezas de radio remotas del satélite RRH-S 206.

El flujo digitalizado se ajusta a un formato 218 D-RoF (en inglés "Digital Radio over Fiber") definido según protocolos como CPRI (en inglés "Common Public Radio Interface") u OBSA (en inglés "Open Base Station Architecture Initiative").

El satélite 204 está configurado para encaminar un conjunto de señales procedentes de la misma célula de satélite hacia otro satélite 222 a través de un canal de transpondedor 224, conectado a la salida a un transmisor 226 y a una antena 228 de enlace intersatelital 230, cuando la célula de satélite no dispone de RRH, como por ejemplo en el caso de cobertura de una zona marítima alejada de la costa.

Según la Figura 4 y una arquitectura típica de un terminal de usuario integrado 6 del sistema de satélite multihaz 12 según la invención de la Figura 1, el terminal integrado 6 está configurado para procesar y explotar la misma forma de onda que la utilizada por el sistema espacial y el sistema terrestre.

El terminal de usuario 6 tiene una estructura de hardware que le permite configurar tanto los parámetros de RF de la plataforma de hardware del terminal como el protocolo de interfaz de radio, por ejemplo el protocolo NB-IoT o Narrow Band Internet of Things (Internet de las cosas de banda estrecha) que está siendo estandarizado actualmente a 3GPP para permitir el funcionamiento por satélite.

El terminal de usuario 6 comprende un primer circuito de radiofrecuencia RF254, que incluye una antena y componentes RF multibanda, un segundo circuito digital 256 del tipo ASIC/FPGA para procesar la capa física (4G/5G/WLAN) y utilizar una técnica de acceso radioeléctrico múltiple, y un tercer circuito digital 258 del tipo microcontrolador/DSP (en inglés "Digital Signal Processor") para procesar la capa MAC 4G/5G (en inglés "Medium Access Control") y las capas superiores de las redes móviles terrestres y para procesar los protocolos de enlace por satélite de acuerdo con la invención.

El terminal de usuario 6 también comprende dispositivos de interfaz usuario/terminal 260, conectados por enlaces bidireccionales al tercer circuito digital 258.

El primer circuito RF 254 está configurado, mediante la posible adición de elementos de circuito RF específicos para enlaces por satélite, para poder comunicar en las bandas del servicio móvil por satélite.

También es posible que el terminal de usuario 6 implemente el protocolo de transporte, ya implementado en los circuitos digitales segundo y tercero 256, 258 cuando el terminal funciona en modo terrestre, y que utilice este

protocolo de transporte para cumplir los requisitos de la normalización de acceso de banda estrecha 5G (en inglés "narrow band") aplicable a la transmisión de servicios IoT (NB-IoT) en la versión actual más avanzada y los que vendrán cuando el sistema utilice el sistema espacial.

5 El tercer circuito digital comprende un núcleo de software 264, formado por instrucciones de programa y una base de datos, configurado en relación con el segundo circuito digital para procesar las señales intercambiadas en los canales de las redes celulares móviles terrestres. El núcleo de software del tercer circuito digital y el segundo circuito digital forman una etapa de radio definida por software capaz de operar en múltiples bandas asignadas al servicio móvil, como la gama de frecuencias de 900 a 2500 MHz.

10 Los circuitos primero, segundo y tercero del terminal están configurados a nivel de hardware y software para permitir la configuración por software tanto de los parámetros de RF de la plataforma de hardware del terminal como del protocolo de interfaz de radio, en particular el protocolo NB-IoT ((en inglés "Narrow Band Internet of Things"), en el caso de funcionamiento por satélite.

15 Esta configuración de software se consigue implementando todo o parte de un conjunto 266 de módulos de software adicionales, específicos para el procesamiento de una comunicación espacial según la invención, e implementados, en forma de instrucciones y datos almacenados, en el tercer circuito digital 258.

El paquete de software adicional 266 comprende:

20 .- un módulo de software para seleccionar el modo de funcionamiento por satélite, celular o mixto; este módulo se basa en un mecanismo de detección de la disponibilidad de los servicios y recursos de un sistema celular terrestre y/o del sistema móvil por satélite y, en general, favorece el uso de un sistema celular terrestre. Esta configuración difiere de la de un acceso celular tradicional, como WIFI, en que se utiliza un único módem y un chip (en inglés "chipset") para comunicarse en un canal u otro;

.- un módulo de software para configurar la radio definida por software para que funcione en las bandas asignadas al Servicio Móvil por Satélite MSS (en inglés "Mobile Satellite Service") ;

25 .- un módulo de software para seleccionar el ancho de banda o el número de portadoras de transmisión/recepción apropiado para el canal del satélite;

.- un módulo de implementación de un algoritmo de acceso de contención específico según la invención, en particular en el canal de enlace ascendente, con selección de los retardos y del modo de transmisión en función del tipo de información a transmitir y adaptado al canal de comunicación por satélite;

30 .- un módulo de implementación de un algoritmo específico de control de potencia adaptado al canal de comunicación por satélite;

.- un módulo de implementación de un mecanismo específico de compensación Doppler adaptado al canal de comunicación por satélite.

Esta configuración de software de los terminales descrita anteriormente es posible gracias a una arquitectura de hardware y software correspondiente de una infraestructura móvil por satélite.

35 La infraestructura móvil por satélite comprende:

.- un segmento espacial adecuado, preferentemente basado en una constelación de satélites en órbita LEO baja que ofrezca una baja latencia compatible con determinadas aplicaciones críticas, pero que también puede basarse en satélites MEO y GEO y en plataformas de retransmisión de gran altitud HAPS;

40 .- módems específicos derivados de módems diseñados para estaciones base eNode B o 4G/5G. Al igual que los módems e-Node B, este módem e-Node B de estación de acceso GW (en inglés "Gateway") es capaz de interactuar con los mismos nodos de la red de acceso radioeléctrico 4G/5G. Este módem GW e-Node B implementa las siguientes funciones:

.* mecanismos de compensación Doppler, sincronización y bucle de control de potencia adaptados al canal de comunicación por satélite;

45 .* un mecanismo de generación de señalización que permita a los terminales acceder a la red de satélites;

.* un mecanismo de adquisición, demodulación y decodificación de la señal transmitida por los terminales, incluidas adaptaciones al canal del satélite (temporizadores) y mecanismos PHY/MAC de demodulación y decodificación de mensajes colisionados (por ejemplo, supresión de interferencias sucesivas, etc.);

50

. * módems que pueden instalarse a bordo de satélites o colocados con estaciones de acceso GW en el segmento terrestre de la infraestructura móvil por satélite.

Como se muestra en las Figuras 5A y 5B, un procedimiento de comunicación 302 según la invención utiliza, por ejemplo, uno de los sistemas espaciales 6, 106 de las Figuras 1 y 2, y comprende un conjunto de etapas, ejecutadas sucesivamente, algunos de los cuales son opcionales.

La figura 5B muestra un diagrama 304 de las señales intercambiadas durante el proceso de comunicación 302 entre un terminal 306 y una entidad central 308 del sistema espacial o módulo de acceso al sistema espacial, situada en el repetidor espacial (satélite o plataforma HAPS) o en la pasarela GW para la conexión con la infraestructura terrestre fija.

El diagrama 304 destaca en particular la señalización necesaria para implementar el proceso de comunicación 302. Las flechas discontinuas corresponden a un intercambio de señalización y las flechas sólidas corresponden a un intercambio de datos de carga útil.

Según el diagrama 304, las etapas del procedimiento de comunicación espacial 302 según la invención se llevan a cabo en una dirección descendente que corresponde a un eje de flujo temporal.

Según las Figuras 5A-5B, en una etapa preliminar opcional 314, la entidad central del sistema espacial, es decir, el repetidor espacial o la pasarela GW, transmite un mensaje de señalización que da información sobre un plan de frecuencias del canal de retorno o el identificador de este plan y posiblemente información de asistencia a la geolocalización para ayudar a la geolocalización de los terminales. Este mensaje de señalización se envía continuamente por toda la cobertura del satélite en un periodo determinado. Se supone que la frecuencia portadora para enviar esta señalización es conocida por el terminal 306, que tiene un conjunto de frecuencias portadoras de señalización en su memoria o dispone de medios para descubrirla. De este modo, el terminal 306 probará todas las frecuencias portadoras que tenga en memoria o que obtenga utilizando otro medio de descubrimiento hasta que se sincronice, entonces recuperará la información de señalización transmitida en el primer mensaje de señalización. El terminal 306 también puede utilizar esta etapa para realizar una corrección de sincronización gruesa en su oscilador local y para tener en cuenta de forma gruesa la deriva Doppler en la portadora de señalización recibida con el fin de compensar estos errores durante la siguiente transmisión.

Esta etapa preliminar 314 puede omitirse cuando el terminal 306 dispone de sus propios medios de geolocalización, independientes del sistema espacial de radiocomunicaciones, como un receptor GNSS (en inglés "Global Navigation Satellite System"), y ya conoce a priori el plan de frecuencias del trayecto de retorno, es decir, el enlace ascendente UL, que se va a utilizar. En este caso, el terminal 306 tendrá que utilizar márgenes Doppler o precompensaciones suponiendo que conoce las efemérides.

A continuación, en una primera etapa 316, el terminal 306 transmite datos de carga útil aleatoriamente en tiempo y frecuencia en la banda de frecuencia BUL que ha adquirido o validado en la etapa anterior 314 o que ya tenía en memoria. Por consiguiente, transmite en un canal de datos de enlace ascendente UL aleatorio un primer mensaje de datos en forma de una o varias ráfagas (en inglés "bursts") de datos predominantemente de carga útil, excluyendo las bandas de guarda correspondientes a los márgenes Doppler del sistema espacial o compensando el Doppler mediante una de las técnicas mencionadas anteriormente. En este caso, también podría preverse una emisión coordinada.

Según una primera variante de la primera etapa 316, cuando el terminal de usuario 306 es capaz de determinar su geolocalización por sí mismo, el terminal de usuario 306 incluye en este primer mensaje de datos información de señalización tal como su identificador de terminal e información explícita o implícita relativa a su geolocalización. Debe tenerse en cuenta que un terminal que no disponga de un receptor GNSS autónomo puede ser capaz de determinar su geolocalización o proporcionar información para su geolocalización en el caso de que la etapa previa 314 haya tenido lugar y el terminal haya recibido señalización de geolocalización de la entidad central.

Según una segunda variante de la primera etapa 316, cuando el terminal de usuario es incapaz de determinar su geolocalización por sí mismo, se supone que la forma de onda de la señal de RF que transporta el primer mensaje a la entidad espacial permite el cálculo por parte de la entidad espacial de una pluralidad suficiente de pseudodistancias para determinar la geolocalización del terminal de usuario 306. En este caso, dicho terminal 306 no incluye en el primer mensaje ninguna información explícita o implícita sobre la geolocalización del terminal.

El terminal de usuario 306 también incluye información adaptada al tipo de servicio que utiliza o desea utilizar. Por ejemplo, un bit puesto a 1 puede señalar un modo de acceso "datos 4/5G estándar" y conmutar al modo DAMA.

Esta primera etapa podría dividirse en dos fases: una primera fase de entrada en la red por satélite con transmisión de una o varias ráfagas de datos de señalización por el canal aleatorio y una segunda fase de transmisión de una o varias ráfagas (en inglés "bursts") de datos de tráfico en un acceso aleatorio utilizando el canal aleatorio o un acceso determinista.

Si el terminal de usuario es nominalmente un terminal celular terrestre, se asume que el registro a la red celular ya se ha llevado a cabo en la red terrestre. Si no es el caso, esta etapa de registro previo también puede realizarse en el sistema de satélites, previa adaptación de determinados parámetros, tal como se describe a continuación.

A continuación, durante una segunda etapa 318, la entidad central 308 del sistema espacial, es decir, el repetidor espacial o la pasarela GW, recibe y descodifica la ráfaga o ráfagas de datos transmitidos por el terminal 306, y asocia a dicho terminal un haz lógico y una frecuencia portadora de enlace descendente DL en función de la información de localización de dicho terminal 306. La información de localización del terminal se suministra en la primera etapa 316 cuando el terminal es capaz de determinar su geolocalización o de ayudar a esta geolocalización transmitiendo información de señalización, o la información de localización se deriva de la señal recibida que transporta la ráfaga o ráfagas de datos transmitidos cuando el terminal es incapaz de determinar su geolocalización o de ayudar a esta.

El haz lógico asociado es una zona geográfica fija predeterminada en la que se encuentra el terminal en el momento actual T y que pertenece a una pavimentación de la cobertura geográfica del sistema espacial en un conjunto de zonas geográficas distintas, sin solapamiento mutuo y formando cada una de ellas un haz lógico diferente.

Cada haz lógico, caracterizado por una zona geográfica diferente, se asocia en tiempo real a una pluralidad de uno o varios haces físicos de transmisión del repetidor espacial que en el momento actual cubren la totalidad del haz lógico.

Cabe señalar que esta triple asociación entre un terminal, un haz lógico y una frecuencia portadora puede finalizar tras un cierto periodo de inactividad del terminal.

A continuación, en una tercera etapa 320, la entidad central del sistema espacial transmite al terminal en una portadora de señalización de difusión, presumiblemente idéntica a la utilizada en la primera etapa, las características de identificación de la portadora de enlace descendente DL de tráfico, determinada en la segunda etapa 318, que el terminal 306 deberá escuchar para recibir el tráfico útil o de control que le está destinado.

A continuación, en una cuarta etapa 322, el terminal 306 adquiere la portadora de tráfico de enlace descendente DL que puede, si procede, utilizar un ciclo de trabajo (en inglés "duty cycle") para limitar el consumo de energía del terminal.

Posteriormente y opcionalmente en una quinta etapa 324, la entidad central 308 del sistema espacial, es decir el repetidor espacial o la pasarela GW, transmite al terminal 306 en esta portadora de tráfico de enlace descendente DL adquirida datos o información de control relativos, por ejemplo, al control de la congestión, al control del flujo, a la reducción del plan de frecuencias para gestionar solicitudes heterogéneas entre zonas, así como información que permite a dicho terminal determinar una próxima frecuencia de portadora de tráfico en el caso en particular de un cambio de satélite (handover satellite).

En esta portadora de tráfico de enlace descendente DL, la información relativa al plan de frecuencias y a la geolocalización puede eventualmente repetirse periódicamente.

Las etapas primera y segunda 316, 318 se repiten entonces para cada nueva transmisión de ráfaga(s) de datos por el terminal 306.

En la figura 5A se muestra una sexta etapa 326 correspondiente a la repetición de la primera etapa 316.

Cabe señalar que si el terminal se encuentra en el mismo haz lógico que cuando se transmitió la ráfaga anterior y la entidad central del sistema, es decir, el repetidor espacial o la pasarela GW, no desea cambiar la portadora de tráfico del enlace descendente DL asociado a él, las etapas siguientes, es decir, las etapas tercera, cuarta y quinta 322, 324, 326 no se llevan a cabo.

Cuando el terminal ha cambiado de haz lógico o cuando el sistema desea asignarle otra portadora de tráfico de enlace descendente se repiten las etapas DL 322, 324, 326.

Así, en el trayecto de retorno del enlace ascendente UL, los datos transmitidos por el terminal son principalmente datos de tráfico útiles, mientras que se requiere una pequeña cantidad de información de señalización en banda relativa esencialmente a la geolocalización del terminal. De este modo, se reduce y limita en gran medida la parte ocupada por la señalización (en inglés "overhead") y aumenta considerablemente el número de terminales con poco ancho de banda y tráfico esporádico que pueden utilizar el componente espacial en paralelo.

Cuando se cambia un satélite, el terminal debe adquirir una nueva portadora de enlace descendente DL de datos cuya frecuencia portadora central o información equivalente se señala en la portadora de tráfico DL actual a medida que se aproxima el evento durante la quinta etapa 324. Esta nueva adquisición se desencadena bien por la información de cambio de satélite procedente de mediciones u otras señales, bien por una pérdida de sincronización con la portadora actual.

Cuando el terminal pierde toda sincronización con las portadoras de tráfico de enlace descendente en curso y las que están siendo señalizadas, el terminal vuelve a una fase de adquisición de la portadora de difusión de señalización como la realizada en la primera etapa.

5 De acuerdo con el procedimiento de comunicación descrito anteriormente, el terminal de usuario ya no necesita realizar procedimientos convencionales de conmutación de comunicaciones cuando cambia entre haces físicos en el mismo satélite.

De acuerdo con el procedimiento de comunicación descrito anteriormente, el terminal de usuario se beneficia de las siguientes características:

- 10 .- transmitiendo en el enlace ascendente UL al satélite de forma aleatoria en un plan de frecuencias común a todo el sistema espacial e incluyendo márgenes Doppler si es necesario, no se requiere señalización para la frecuencia que se utilizará en el canal de retorno;
- .- el terminal puede ser alcanzado en su haz lógico en una frecuencia que sigue siendo única para dicho haz lógico mientras este haz esté cubierto por el mismo satélite;
- 15 .- el terminal recibe *una señal que indica la próxima frecuencia enviada en la banda para el satélite o los satélites que asumirán el relevo

La figura 6 ilustra el principio de los haces lógicos y su asociación dinámica a lo largo del tiempo con los haces físicos de un único satélite 352. El haz lógico es una zona geográfica fija en el suelo, por ejemplo la zona 354 delimitada por el cuadrado discontinuo, en la que se encuentran los terminales 356, 358, 360. Este haz lógico 354 está cubierto en cada momento por uno o varios haces físicos formados por el satélite.

20 En el instante T, tres haces físicos que se solapan parcialmente entre sí y que se denominan primer, segundo y tercer haces físicos 362, 364 y 366 proporcionan una cobertura global del haz lógico 354. En este instante T, existe pues una asociación entre estos tres haces físicos 362, 364, 366 y el haz lógico 354, lo que significa que la información que debe enviarse a este haz lógico 354 está duplicada en estos tres haces físicos 362, 364, 366 en este instante T.

25 En un instante posterior T+1, los haces físicos primero y segundo 362, 364 formados por el satélite 352 siguen cubriendo el haz lógico 354, el tercer haz 366 ya no tiene una superficie de huella que cubra el haz lógico 354. Otros dos haces, un cuarto haz físico 372 y un quinto haz físico 374, adyacentes y situados respectivamente por encima del primer y segundo haces 362, 364 en la Figura 6, completan la cobertura del haz lógico 354. En este instante T+1, son por tanto los cuatro haces físicos, primero, segundo, cuarto y quinto haces físicos 362, 364, 372, 374 los que se superponen y se asocian al haz lógico 354.

El concepto de haces lógicos permite simplificar la gestión y la asignación de los recursos de transmisión con el fin de disponer de una única frecuencia portadora por terminal para un satélite dado y evitar así una gestión compleja de la conmutación entre haces.

35 Alternativamente, y de acuerdo con la Figura 7, es posible considerar que un haz lógico 384 no corresponde a una única área geográfica compacta, sino a un conjunto discreto de terminales distribuidos a lo largo de un número finito de áreas geográficas elementales 384₁, 384₂, 384₃, 384₄, 384₅, 384₆ y 384₇, compactas y continuas, distribuidas aquí de forma homogénea e isotropa.

En general, las zonas geográficas elementales compactas se distribuyen según distancias de separación entre zonas vecinas y una función de distribución de dichas distancias de separación.

40 Preferiblemente, las áreas geográficas elementales compactas se distribuyen en uno o varios grupos.

Esto implica un nivel muy alto de complejidad en la gestión de los solapamientos de cobertura entre satélites cuando se utiliza una constelación de satélites, por ejemplo una constelación de satélites LEO que operan en órbita terrestre baja.

45 Según la Figura 8, una configuración 391 de una cobertura multisatélite, aquí dos satélites 352, 392, ilustra las restricciones ejercidas sobre los haces lógicos debido a su asociación con haces físicos generados por satélites situados en planos orbitales adyacentes, es decir, inmediatamente adyacentes y suficientemente próximos para que sus coberturas geográficas se solapen al menos parcialmente. De este modo, el tamaño máximo del paquete lógico elemental₃₈₄₅ puede limitarse mediante el solapamiento entre satélites para minimizar la gestión entre satélites adyacentes 352, 392. Así, un paquete lógico se limita en todo momento a estar totalmente soportado por uno y sólo un satélite.

Según la Figura 9, el principio de utilizar señalización "en banda" en una cabecera de ciclo de trabajo DCH (en inglés "Duty Cycle Header") para la gestión económica de la energía eléctrica gastada por los terminales se ilustra utilizando un ejemplo de esquema de transmisión en el que dos frecuencias de enlace descendente DL para seis

haces lógicos, numerados aquí de 1 a 6, se benefician de la reutilización de frecuencias con un patrón de cuatro haces lógicos.

Los datos a transmitir a un terminal se transmiten en una ráfaga de un enlace descendente DL en la portadora de tráfico a escuchar por un terminal según la quinta etapa de la Figura 4. Una ráfaga de enlace descendente DL puede contener datos destinados a varios terminales, y a continuación cada terminal filtra y extrae los datos dirigidos a él. Esta ráfaga de enlace descendente DL se transmite por haz lógico. Para ahorrar la energía gastada por el terminal de usuario y minimizar la potencia de transmisión del satélite, cada ráfaga de enlace descendente DL transmite información que describe dónde, es decir, a qué frecuencia de enlace descendente DL, y cuándo, es decir, a partir de qué instante, la siguiente ráfaga de enlace descendente DL será transmitida por el satélite y esperada por el terminal. De este modo, el terminal se "despierta" cuando es necesario, es decir, sólo cuando es probable que se le envíen datos.

Para la misma frecuencia de enlace descendente DL, no hay transmisión en el mismo haz lógico entre dos ráfagas consecutivas, pero puede haber transmisión en el mismo haz lógico o en otro haz lógico interferente, adyacente o no adyacente, en diferentes momentos entre ráfagas no consecutivas. Sin embargo, la misma frecuencia de enlace descendente DL puede reutilizarse ventajosamente entre dos haces lógicos no adyacentes con suficiente aislamiento en términos de fuentes de interferencia.

Esta señalización denominada "en banda" (en inglés "in band"), es decir, contenida en una ráfaga de enlace descendente DL, consume muy poco en términos de volumen, es decir, en términos del número de bits de datos transmitidos. De manera preferida y ventajosa y según una primera variante, esta señalización se transmite en la carga útil de nivel 2 (en el sentido de la clasificación normalizada en capas de un protocolo de comunicación) del paquete de datos (ráfaga de datos) para ser compatible con las formas de onda existentes. En una segunda variante, también puede ser posible transmitir dicha señalización en la cabecera de la capa física. Según esta segunda variante, de manera preferida y ventajosa, esta señalización se hace robusta a los errores de transmisión mediante una codificación adecuada a bajas relaciones señal/ruido, ya que esta señalización describe el tráfico descendente DL de una ráfaga a la siguiente. Esta señalización, conocida por la abreviatura "DCH" (en inglés "Duty Cycle Header"), describe al menos los dos elementos de información siguientes:

- la siguiente frecuencia de enlace descendente que escuchará el terminal, a la que se hace referencia aquí con el término genérico inglés "next frequency burst DL"; por ejemplo, la siguiente frecuencia de enlace descendente que escuchará el terminal puede estar referenciada a un índice de frecuencia o número de canal conocidos o a un valor de frecuencia relativo a la frecuencia actual; y

- el siguiente instante de inicio a partir de la cual el terminal debe escuchar, a la que se hace referencia aquí con el término genérico inglés "next start burst DL"; el siguiente instante de inicio indica el instante de inicio de la siguiente ráfaga descendente DL y puede expresarse mediante un número múltiple de ráfagas a partir del final de la ráfaga actual escuchada.

Según la Figura 9, por simplicidad y eficiencia del sistema, todas las ráfagas de tráfico descendente DL tienen el mismo tamaño y formato físico. Para describir varias ráfagas consecutivas de enlace descendente DL, el valor "next start burst DL" se establece en 0. En caso contrario, su valor es un múltiplo de N*ráfagas DL, donde N es un parámetro configurable del sistema, fijado en 1 por defecto.

La capa física PHY también contiene un encabezado de capa física PLH (en inglés "Physical Layer Header"), que muy generalmente describe una sola palabra y una secuencia de recuperación de frecuencia y tasa de símbolos. Esta cabecera también puede identificar el tamaño de la ráfaga DL descendente que le sigue, con una señalización adecuada que sea resistente a los errores de transmisión. Por ejemplo, pueden utilizarse dos bits para caracterizar cuatro posibles anchuras de ráfaga de enlace descendente DL para este servicio de ahorro de energía en el terminal de usuario. Alternativamente, y más preferiblemente, la señalización que identifica el tamaño de la ráfaga DL de enlace descendente que sigue se incluye en la carga útil del paquete de datos de nivel 2 y no en la cabecera de la capa física, lo que evita modificar la forma de onda.

El algoritmo para asignar y programar el tráfico de enlace descendente DL en cada satélite y en cada haz físico de enlace descendente DL puede aprovechar el conocimiento de la distribución geográfica y temporal de la demanda de tráfico y del aislamiento entre haces físicos, y utilizar este conocimiento para definir una programación de frecuencias y horas de inicio de escucha terminal para cada satélite y cada haz lógico.

El término ciclo de trabajo utilizado (en inglés "Duty Cycle"), vinculado a la activación del terminal o adicionalmente al modo de espera del terminal, resulta del hecho de que un patrón (en inglés "pattern") de asignación de enlace descendente DL en términos de recursos de transmisión para un haz lógico dado cambia únicamente en función de la distribución geográfica y temporal de la demanda de tráfico y de las variaciones de interferencia entre haces físicos en el movimiento del satélite.

Según el ejemplo de la Figura 9, en un instante dado, dos grupos de haces lógicos, un primer grupo 402, designado por el conjunto de números {1, 2, 3, 4}, que comprende los cuatro haces lógicos numerados de 1 a 4, y un segundo

grupo 404, designado por el conjunto de números {5, 6}, que comprende dos haces lógicos numerados de 1 a 2, se distribuyen sobre el terreno según un patrón de distribución geográfica predeterminado.

El primer y segundo grupo 402, 404 respectivamente reutilizan la misma primera frecuencia descendente f1 DL y la misma segunda frecuencia descendente f2 DL. Para un determinado grupo de haces lógicos, las transmisiones del enlace descendente están separadas por el tiempo. Las transmisiones de enlace descendente a la primera frecuencia de enlace descendente f1 en los cuatro haces 1 a 4 del primer grupo son temporalmente disjuntas, y las transmisiones de enlace descendente a la segunda frecuencia de enlace descendente f2 en los dos haces 5 y 6 del segundo grupo son temporalmente disjuntas.

Cada ráfaga DL de enlace descendente señala en su cabecera la siguiente frecuencia a escuchar y la hora de inicio de la siguiente ráfaga de enlace descendente a recibir, o sigue un patrón predefinido. Un terminal de usuario se pone en estado de reposo durante el tiempo que transcurre entre el final de la última ráfaga que ha escuchado y la hora de inicio conocida de la siguiente ráfaga consecutiva que espera, aunque no necesariamente se le envían datos en cada ráfaga que demodula.

Este ejemplo también ilustra el número de ráfagas consecutivas de enlace descendente DL por paquete lógico, que depende de la carga de tráfico de enlace descendente. Las frecuencias primera y segunda se indican en las cabeceras DCH mediante un identificador correspondiente

En el caso de un terminal de usuario que utiliza nominalmente una red terrestre o similar y que desea poder entrar en el sistema espacial de la invención descrito anteriormente, se utilizan procedimientos específicos que siguen los diagramas de flujo de las Figuras 10A y 10B para permitirle entrar o conectarse a la red espacial y llevar a cabo las etapas de una comunicación en el sistema espacial como se describe en la Figura 5A.

Los diagramas de flujo de las Figuras 10A y 10B describen un algoritmo para seleccionar automáticamente el tipo de red móvil entre una red celular terrestre o una red espacial (satélite o red HPAS similar), permitiendo que la sesión sea transparente y se mantenga. El algoritmo describe a alto nivel el protocolo de selección de unos u otros accesos en función de la disponibilidad de los mismos y una estrategia preferente de utilización de dichos accesos entre sí. En este caso, la estrategia preferida utilizada en las figuras 9A y 9B es, por regla general, favorecer el acceso terrestre cuando esté disponible y proporcionar una cobertura espacial global de tipo paraguas cuando el acceso terrestre ya no sea accesible.

No obstante, pueden preverse otras estrategias. Por ejemplo, cuando un servicio requiere una disponibilidad especialmente alta, podría preverse una solución de diversidad de sistemas en la que una primera conexión desde el terminal al sistema celular terrestre y una segunda conexión desde el terminal al sistema espacial multihaz estén activas al mismo tiempo.

Según la Figura 10A, el proceso de conmutación 412 comprende un conjunto de etapas siguientes.

Tras una primera etapa de inicialización 416 del sistema integrado, en una segunda etapa 418, se proporciona al terminal de usuario una estrategia de exploración, a saber, el orden en que se exploran las frecuencias de los sistemas móvil terrestre y por satélite.

Por ejemplo, el plan de frecuencias de los sistemas móviles terrestres y por satélite y la estrategia de exploración son proporcionados al terminal por el sistema móvil terrestre y/o el sistema móvil por satélite. El plan de frecuencias también puede pregrabarse en el terminal de usuario.

En otro ejemplo, se proporcionan efemérides del satélite o satélites, un plan de frecuencias de las portadoras utilizadas por el satélite o satélites, y un patrón espacial y/o haces físicos, y un plan de frecuencias de las portadoras del sistema móvil terrestre al terminal de usuario, que dispone de un programa que le permite determinar una estrategia de exploración de balizas.

A continuación, una tercera etapa 420 de iniciación de exploración y escucha de las portadoras de difusión, llamadas balizas del sistema móvil terrestre y/o del sistema móvil espacial, se implementa de acuerdo con el algoritmo 482 de la Figura 10B, y proporciona una indicación del nuevo modo de conexión a seleccionar entre el modo "terrestre", y el "modo espacial", y el "modo nulo" correspondiente respectivamente a una nueva conexión con el sistema celular terrestre, una nueva conexión con el sistema espacial, y una ausencia de conexión. Esta etapa implementa la estrategia de exploración proporcionada en la segunda etapa 418, a saber, el orden en el que se exploran las frecuencias de los sistemas móviles terrestres y por satélite.

A continuación, en cuanto la tercera etapa 420 es capaz de proporcionar la indicación del modo de la nueva conexión a seleccionar, una cuarta etapa 422 valida esta indicación.

A continuación, en una quinta etapa 424, el terminal selecciona el modo de la nueva conexión sobre la base de la indicación, validada y proporcionada en la cuarta etapa 422, del modo de la nueva conexión que debe seleccionarse.

Cuando se selecciona el modo "terrestre", se ejecuta un primer subconjunto de etapas 426, mientras que cuando se selecciona el modo "espacial" se ejecuta un segundo subconjunto de etapas 428.

Cuando se selecciona el "modo nulo", el proceso 412 se conecta al inicio de la tercera etapa 420.

- 5 El primer subconjunto de etapas 426 comprende una sexta etapa 432, ejecutado en primer lugar, en el que se establece la conexión a través de la red móvil terrestre.

A continuación, en una séptima etapa 434, se activa un temporizador.

A continuación, en una octava etapa 436, se activa la conexión terrestre y puede tener lugar la comunicación.

Durante esta octava etapa 436, se controlan los tres eventos siguientes: expiración del temporizador, pérdida de la conexión actual e indicación de un nuevo modo de conexión.

- 10 Cuando, en una novena etapa 438, se ha detectado la expiración del temporizador, se realiza una décima etapa de iniciar una exploración 440, siendo la exploración descrita por el procedimiento de la Figura 10B. A continuación, se realiza una undécima etapa 442 que conecta con la octava etapa 436 sin interrumpir la conexión actual.

Cuando en una duodécima etapa 444 se detecta una pérdida de conexión de corriente, se realiza una bifurcación del proceso 412 en la entrada 446 de la tercera etapa 420.

- 15 Cuando, en una decimotercera etapa 448, se detecta la indicación de un modo de conexión tras la ejecución de la exploración iniciada en la etapa 440, se ejecuta una decimocuarta etapa 450 durante la cual el terminal selecciona el modo de la nueva conexión según lo indicado y validado en la decimotercera etapa 448.

Cuando se selecciona el modo "terrestre" en la decimocuarta etapa 450, se realiza una decimoquinta etapa 452 en el que se realizan conjuntamente una conexión con la octava etapa 436 y un acoplamiento del temporizador.

- 20 Cuando se selecciona el modo "satélite" en la decimocuarta etapa 450, se realiza una conexión a la entrada 454 del segundo subconjunto de etapas 428.

Cuando se selecciona el modo "nulo", el proceso 412 se conecta a la entrada 446 de la tercera etapa 420.

El segundo subconjunto de etapas 428 comprende una decimosexta etapa 456, ejecutada en primer lugar, durante la cual los parámetros y algoritmos relativos al sistema por satélite son aplicados por el terminal para conmutar el canal de comunicación por satélite utilizando el mismo hardware y forma de onda que para el sistema terrestre.

- 25 A continuación, en una decimoséptima etapa 458, se establece la conexión a través de la red móvil por satélite.

A continuación, en una decimoctava etapa 460, se activa un temporizador.

A continuación, en una decimonovena etapa 462, se activa la conexión vía satélite y puede tener lugar la comunicación.

- 30 Durante esta decimonovena etapa 462, se supervisan los tres eventos siguientes: expiración del temporizador, pérdida de la conexión actual e indicación de un nuevo modo de conexión.

Cuando, en una vigésima etapa 464, se ha detectado la expiración del temporizador, se realiza una vigesimoprimera etapa 466 de iniciar una exploración, siendo la exploración descrita por el procedimiento de la Figura 10B. A continuación, se realiza una vigesimosegunda etapa 468 que conecta con la decimonovena etapa 462 sin interrumpir la comunicación en curso.

- 35 Cuando, en una vigesimotercera etapa 470, se detecta una pérdida de conexión de corriente, el proceso se ramifica en la entrada 446 de la tercera etapa 420.

Cuando, en una vigesimocuarta etapa 472, se detecta la indicación de un modo de conexión tras la ejecución de la exploración iniciada en la etapa 466, se ejecuta una vigesimoquinta etapa 474 durante la cual el terminal selecciona el modo de la nueva conexión según lo indicado y validado en la vigesimocuarta etapa 472.

- 40 Cuando se selecciona el modo "terrestre" en una vigesimoquinta etapa 474, se establece una conexión con la entrada 476 de la sexta etapa 432.

Cuando se selecciona el modo "satélite", se realiza una vigesimosexta etapa 478 durante el cual se llevan a cabo conjuntamente una conexión con la decimonovena etapa 462 y un acoplamiento del temporizador.

- 45 Cuando se selecciona el modo "nulo", el proceso 412 se conecta a la entrada 446 de la tercera etapa 420.

Refiriéndose a la Figura 10B, el procedimiento 482 de evaluar la disponibilidad de canal de sistemas celulares terrestres y satelitales explorando balizas y proporcionando la indicación de sistema a seleccionar como modo de una nueva conexión comprende un conjunto de etapas.

5 Este conjunto de etapas implementa la estrategia de exploración descrita anteriormente, es decir, el orden en el que se exploran las frecuencias de los sistemas móviles terrestres y de satélite. Esto le permitirá dar prioridad a uno de los dos modos, satélite o terrestre, por ejemplo. A continuación se describe un ejemplo de este conjunto de etapas dando prioridad al sistema móvil terrestre.

En una vigesimoséptima etapa de puesta en marcha 484, se inicia la exploración de las portadoras de los sistemas terrestre y por satélite, y esta vigesimoséptima etapa es activada por las etapas 420, 440, 466.

10 A continuación, en una vigésima octava etapa 486, la interfaz radio del terminal se parametriza para funcionar en una red móvil terrestre y efectúa la exploración de las balizas de la red terrestre.

A continuación, en una vigesimonovena etapa de prueba 488, se determina si es posible la sincronización en una nueva portadora terrestre.

15 En caso afirmativo, en una trigésima etapa 490 se identifica un modo de noticias terrestres a seleccionar y se indica al terminal para su validación.

A la inversa, es decir, si la sincronización en una nueva portadora terrestre no es posible, se realiza una trigesimoprimera etapa 492, en el que se determina una estrategia de exploración de las balizas del satélite en función del tiempo.

20 En una trigésima segunda etapa 494, posterior a la trigésima primera etapa 492, la interfaz de radio del terminal se parametriza para funcionar en una red móvil por satélite y explora las balizas de la red por satélite.

A continuación, en una tercera etapa 496, se determina si es posible la sincronización en una nueva portadora de satélite.

En caso afirmativo, en una trigésima cuarta etapa 498 se identifica un nuevo modo satélite de conexión a seleccionar y se indica al terminal para su validación.

25 A la inversa, es decir, si la sincronización en una nueva portadora de satélite no es posible, no podría identificarse ningún modo de conexión a una red móvil. En este caso, se realiza una trigésima quinta etapa (499), durante la cual se identifica un modo denominado "nulo" de imposibilidad de una nueva conexión a seleccionar y se indica al terminal para su validación.

30 Según la Figura 11 y de manera simplificada, un procedimiento de comunicación 502 en un sistema integrado ubicuo como el descrito en la Figura 1 o la Figura 2 está configurado para permitir conmutar entre un modo de funcionamiento "terrestre" de conexión a un sistema celular terrestre o similar y un modo de funcionamiento "espacial" de conexión a un sistema "espacial" en función de la disponibilidad de un canal terrestre y un canal espacial (satélite o HAPS).

35 La conmutación entre los modos de funcionamiento terrestre y por satélite favorece aquí una conexión al sistema celular terrestre y comprende un conjunto de etapas.

Cuando se enciende el terminal en la primera etapa 504, durante una segunda etapa 506, se establece una primera configuración de dicho terminal para comunicarse en un canal de comunicación terrestre utilizando los parámetros de este canal de comunicación que incluyen una primera frecuencia o frecuencias portadoras centrales, un ancho de banda, un procedimiento de acceso y la señalización asociada.

40 Entonces, cuando se establece en una tercera etapa 508 que el terminal de usuario ha fallado en su intento de conectarse a este canal de comunicación terrestre, en una cuarta etapa 510 el terminal implementa una segunda configuración para comunicarse en el canal de satélite utilizando los parámetros específicos de dicho canal de satélite que incluyen una o más segunda(s) frecuencia(s) portadora(s) central(es), un ancho de banda, un procedimiento de acceso y su señalización asociada, utilizándose el mismo hardware e incluyendo el mismo chip módem (chipset), el mismo transmisor RF y la misma antena.

45 Cuando se establece en la tercera etapa 508 que el terminal de usuario ha fallado en su intento de conectarse a este canal de comunicación terrestre, pero se establece en una quinta etapa de prueba 512 que la comunicación terrestre se ha perdido, la cuarta etapa 510 se realiza de nuevo.

50 A la inversa, cuando la quinta etapa 512 establece el buen estado de la comunicación terrestre, ésta se continúa en la sexta etapa de continuación 514.

Cuando se ha establecido en una séptima etapa 516, realizado consecutivamente a la cuarta etapa 510, que el terminal ha sido capaz de conectarse al canal de comunicación espacial, periódicamente se repiten una octava etapa 518 de arranque de un temporizador y una novena etapa 520 de prueba formando un bucle 522.

5 En la novena etapa 520, desencadenada en cuanto expira el temporizador, se determina siguiendo el ejemplo de la tercera etapa 508 si el terminal de usuario ha logrado conectarse al canal de comunicación terrestre activando la primera configuración terrestre.

Si esta conexión al sistema terrestre tiene éxito, la comunicación se conmuta al canal terrestre en una décima etapa 524 y la comunicación continúa con una conexión a la entrada de la quinta etapa de prueba 512.

10 Si la conexión con el sistema terrestre falla, el terminal es reposicionado a la configuración de canal espacial y las etapas 518, 520 son repetidos.

Paralelamente y tras la activación del temporizador, la comunicación en el canal espacial continúa en una undécima etapa 526 mientras no se haya producido una conmutación al canal terrestre.

15 El módulo de software del terminal representado en la figura 4, que permite configurar el procedimiento de acceso necesario y ser capaz de comunicar en el canal satélite permaneciendo compatible con un estándar actual como el estándar 3GPP, es uno de los puntos clave que hace posible la comunicación ubicua según la invención.

Cabe señalar que se prefiere un componente de satélite basado en una constelación de órbita terrestre baja. Este componente de satélite está configurado para interactuar con la red central de la infraestructura celular o con el equipo de control de recursos radioeléctricos de la red de acceso radioeléctrico de la infraestructura celular.

20 La estación o estaciones base situadas en el satélite o los satélites o colocadas con la estación o estaciones de acceso GW del segmento espacial deben adaptarse mediante:

- procesar el Doppler inducido por el movimiento de los satélites en el marco de la constelación de desplazamiento utilizando, por ejemplo, las efemérides de los satélites y también, con este fin y para facilitar el procesamiento, pedir al terminal que indique su posición o determinar la posición de dicho terminal, y

25 - procesamiento del canal de acceso aleatorio específico del canal de transmisión del sistema de satélite.

Con respecto al procesamiento Doppler, dado que los sistemas de desplazamiento pueden inducir grandes desviaciones Doppler y una rampa Doppler significativa, es necesario poder adquirir rápidamente la deriva de frecuencia provocada, que, cuando el terminal está encendido, puede estar en una ventana de varias decenas de kHz. Para reducir el tiempo inicial de adquisición y sincronización, puede ser útil disponer de información sobre las posiciones relativas del satélite y el terminal.

30 Así, el terminal, mediante un receptor GNSS (en inglés Global Navigation Satellite System) y el conocimiento de las efemérides del satélite, puede, actuando sobre su oscilador local, ajustar su frecuencia de recepción a un valor próximo al realmente recibido y afectado por una deriva Doppler. Este mecanismo reduce considerablemente la ventana de adquisición de la señal.

35 Del mismo modo, al transmitir en una frecuencia dada, el terminal puede restar (en valor algebraico) del valor nominal de transmisión la deriva de frecuencia supuesta de la señal a su llegada al satélite, lo que permite compensar la desviación Doppler de segundo orden.

40 El conjunto de técnicas implementadas en el componente espacial del sistema ubicuo permite así compatibilizar los terminales celulares con un funcionamiento del componente espacial. Se dirige no sólo a los terminales de usuario que hacen un uso frecuente de los recursos del satélite, por ejemplo los terminales de usuario instalados en las denominadas zonas "blancas", sino también a las necesidades ocasionales de este recurso, por ejemplo los terminales de usuario que visitan dichas zonas "blancas". El servicio de extensión de la cobertura vía satélite se activa configurando el software del terminal.

45 Además, esta solución es compatible con un despliegue gradual con el lanzamiento progresivo de satélites para ofrecer inicialmente una cobertura ampliada sobre un área limitada de forma intermitente. Después, para ampliar la zona de extensión del servicio con la adición de satélites y, por último, para aumentar la posibilidad de acceso al servicio.

También es compatible con diferentes tipos/tamaños de satélites NGSO e incluso HAPS. Esto repercutirá en el tamaño de la cobertura que puede abordar este componente espacial.

50 Además, en la parte de integración satélite/terrestre de la invención, la solución propuesta se basa en las funciones de los componentes de hardware y las posibilidades de configuración de los protocolos de interfaz radio que están siendo normalizados por el 3GPP bajo el nombre de NB-IoT (Narrow Band Internet of Things). La plataforma de hardware de determinados terminales se caracteriza por una etapa de radiofrecuencia ágil que permite el

funcionamiento en diferentes bandas de frecuencia asignadas al servicio móvil en una gama de frecuencias que incluye al menos bandas asignadas al servicio móvil por satélite, por ejemplo en la gama de 1518 a 2500 MHz (radio definida por software). Además, en el contexto de la normalización NB-IoT, se consiguen anchos de banda más estrechos de lo que permiten las normas anteriores y los sistemas convencionales.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de comunicación espacial implementado por un sistema espacial de telecomunicaciones multihaz,

comprendiendo el sistema espacial de telecomunicaciones multihaz (12; 112):

- 5 - un repetidor espacial multihaz (52; 152) seleccionado entre un satélite y una plataforma repetidora de gran altitud HAPS; y
- una estación terrestre GW (22; 122), que actúa como pasarela de interconexión entre una infraestructura terrestre fija y el repetidor espacial multihaz;
- 10 - un módulo de acceso (308) a la red espacial formado por el repetidor espacial multihaz y la estación terrestre, estando dicho módulo de acceso (308) a bordo del repetidor espacial multihaz cuando el repetidor espacial multihaz es regenerativo o a bordo de la estación terrestre GW cuando el repetidor espacial multihaz es transparente o distribuido entre el repetidor espacial multihaz y la estación terrestre GW, un terminal de usuario (6; 106; 306),

etapas:

- 15 - en una primera etapa (316), el terminal de usuario (306) transmite en un instante dado T en un canal de datos de enlace ascendente aleatorio UL y en un rango de frecuencias predeterminado al módulo de acceso a la red espacial una o más ráfagas de datos principalmente tráfico de carga útil, incluyendo un identificador y, cuando el terminal es capaz de determinar su geolocalización o de ayudar a su geolocalización, información explícita o implícita sobre la localización geográfica de dicho terminal;
- 20 estando dicho procedimiento de comunicación espacial **caracterizado porque** comprende además las siguientes etapas:
- en una segunda etapa (318), el módulo de acceso a la red espacial (308):

- 25 recibe y descodifica la ráfaga o ráfagas de datos transmitidas por el terminal, asocia con el terminal un haz lógico (354; 384) a partir de la información de localización de dicho terminal, suministrada en la primera etapa (316) cuando el terminal es capaz de determinar su geolocalización o de ayudar a su geolocalización, o derivada de la señal recibida portadora de la ráfaga o ráfagas de datos transmitidas cuando el terminal no es capaz de determinar su geolocalización o de ayudar a su geolocalización, estando el haz lógico asociado (354 ; 384) a una zona geográfica fija predeterminada en la que se encuentra el terminal en el instante actual T y que pertenece a un mosaico de la cobertura geográfica del sistema espacial de telecomunicaciones multihaz en un conjunto de zonas geográficas distintas,
- 30 sin solapamiento mutuo y formando cada una de ellas un haz lógico diferente, y asocia en tiempo real al haz lógico asociado una pluralidad de uno o varios haces físicos de transmisión procedentes del repetidor espacial que, en el instante T dado, cubren la totalidad de dicho haz lógico asociado; a continuación

- 35 - en una tercera etapa (320), el módulo de acceso a la red espacial (308) envía al terminal, a través de una baliza de difusión cuya frecuencia portadora ya conoce el terminal, un identificador de una portadora de un canal de datos de enlace descendente DL, asignado al terminal, a su haz lógico asociado y a la pluralidad de haces físicos asociados en tiempo real a dicho haz lógico, para permitir al terminal recibir y descodificar datos de carga útil y de control destinados a él.

- 40 2. Procedimiento de comunicación espacial según la reivindicación 1, en el que la primera etapa (316) comprende una primera fase de entrada en la red espacial con transmisión de una o varias ráfagas de datos de señalización en el canal aleatorio y una segunda fase de transmisión de una o varias ráfagas de datos en un acceso aleatorio utilizando el canal aleatorio o un acceso determinista.

- 45 3. Procedimiento de comunicación espacial según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que en la tercera etapa (320), el módulo de acceso a la red espacial asigna una única portadora de canal de enlace descendente DL al haz lógico en el que se encuentra el terminal y a su pluralidad de haces físicos asociados en tiempo real.

4. Procedimiento de comunicación espacial según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además las etapas siguientes:

- 50 - en una cuarta etapa (322), realizada después de la tercera etapa (320), el terminal (306) adquiere la portadora del canal de datos de enlace descendente DL según el identificador de frecuencia de portadora que se le ha transmitido y escucha cualquier ráfaga transmitida en esta portadora DL que pueda estar destinada a él; a continuación
- 55 - en una quinta etapa (324), el módulo de acceso a la red espacial (308) envía al terminal, a través del canal de datos de enlace descendente DL en la frecuencia portadora del haz lógico al que está asociado el terminal, una o varias ráfagas de datos de carga útil y/o datos de control del terminal y/o datos de señalización para una nueva portadora asociada al haz lógico al que está asociado el terminal,

efectuándose dicho envío sobre la pluralidad asociada en tiempo real del haz o haces físicos de transmisión del repetidor espacial que en el instante dado T cubren en su totalidad y están asociados al haz lógico del terminal.

5. Procedimiento de comunicación espacial según la reivindicación 4, en el que los datos de control se refieren a la implementación de:

un mecanismo de control de acceso por contención en el canal aleatorio de enlace ascendente UL, que incluya el control de congestión y el control de flujo y que tenga en cuenta la especificidad de un canal de comunicación por satélite o por estación HAPS, con selección de retardos temporales y selección de un modo de transmisión en función del tipo de datos a transmitir; y/o

un mecanismo específico de control de potencia adaptado al canal de comunicación de enlace ascendente UL; y/o

un mecanismo de control de la deriva Doppler; y/o

un mecanismo de ahorro de energía eléctrica del terminal basado en el suministro de una información de ciclo de trabajo temporal, representativa de una compartición temporal de la misma frecuencia portadora del canal de datos de enlace descendente DL por varios haces lógicos servidos por el mismo satélite.

6. Procedimiento de comunicación espacial según la reivindicación 5, en el que los datos de control relativos a la aplicación del mecanismo de ahorro de energía eléctrica del terminal se señalizan en una cabecera de señalización específica que contiene los dos elementos de información siguientes:

- una siguiente frecuencia descendente, la siguiente ráfaga de frecuencia DL, a escuchar por el terminal, referenciada a un índice de frecuencia o número de canal conocidos o a un valor de frecuencia relativo a una frecuencia actual; y

- un siguiente instante de inicio, siguiente ráfaga de arranque 2, DL, a partir de la cual el terminal debe escuchar, indicando el siguiente instante de inicio el instante de inicio de la siguiente ráfaga de enlace descendente DL y puede expresarse como un número múltiple de ráfagas desde el final de la ráfaga actual escuchada.

7. Procedimiento de comunicación espacial según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, que comprende además una sexta etapa (326), realizada después de la quinta etapa (324), y en la cual: el terminal (306) envía al módulo de acceso a la red espacial en el canal de comunicación aleatorio de enlace ascendente UL una o varias ráfagas de datos así como información relativa a la localización de dicho terminal en un nuevo instante T+1.

8. Procedimiento de comunicación espacial según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende una etapa (314) anterior a la primera etapa (316) en la que el módulo de acceso (308) difunde hacia al menos un terminal (306) que se encuentra dentro de la cobertura geográfica global del repetidor espacial y en una baliza de difusión cuya frecuencia portadora ya es conocida por el al menos un terminal, por una parte, el plan de frecuencias del sistema espacial que contiene una lista de identificadores y de frecuencias respectivamente asociadas a las portadoras de enlace ascendente y de enlace descendente, y por otra parte, informaciones que permiten localizar el o los terminales.

9. Procedimiento de comunicación espacial según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que

el haz lógico (354) es una zona geográfica única, compacta y contigua, o

el haz lógico (384) es un conjunto discreto finito de zonas geográficas elementales compactas y contiguas (384₁, 384₂, 384₃, 384₄, 384₅, 384₆, 384₇) distribuidas a distancias predeterminadas entre zonas vecinas, preferentemente en uno o más grupos.

10. Procedimiento de comunicación espacial según la reivindicación 9, en el que la forma de un área geográfica única o elemental es poligonal, preferentemente cuadrada o rectangular o romboidal o triangular o hexagonal o circular o elíptica.

11. Procedimiento de comunicación espacial según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10, en el que el haz lógico (384) es un número entero de áreas geográficas elementales compactas y continuas distribuidas de forma isotrópica y homogénea, siendo el número entero de áreas geográficas elementales preferentemente comprendido entre 2 y 25.

12. Procedimiento de comunicación espacial según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que

el sistema espacial multihaz de telecomunicaciones (12; 112) está configurado para integrarse en un sistema integrado de telecomunicaciones, comprendiendo el sistema integrado de telecomunicaciones (2; 102) al menos un sistema terrestre, móvil y celular (14) además del sistema espacial multihaz de telecomunicaciones, comprendiendo el sistema terrestre:

- integrado en una o dos estaciones terrestres en tierra, un repetidor de radiofrecuencia terrestre celular y una pasarela de interconexión entre el repetidor de radiofrecuencia terrestre y una infraestructura terrestre fija común, compartida con el sistema espacial multihaz de telecomunicaciones ; y
 - un módulo de acceso al sistema terrestre, formado por el repetidor de RF terrestre y la una o dos estaciones, estando dicho módulo de acceso incluido en la estación o en una de las dos estaciones terrestres, y
 - al menos un terminal espacial de usuario (6; 106; 306) del sistema espacial multihaz de telecomunicaciones, configurado en modo dual o multimodo para comunicarse en el sistema espacial multihaz de telecomunicaciones y/o en el sistema terrestre;
- comprendiendo el procedimiento de comunicación espacial las siguientes etapas realizadas antes de la primera etapa:
- en una etapa preliminar (418), el módulo de acceso difunde al menos al terminal que está dentro de la cobertura geográfica global del repetidor espacial multihaz un plan de frecuencias del sistema espacial multihaz de telecomunicaciones que contiene una lista de identificadores y frecuencias asociadas respectivamente a las portadoras de enlace ascendente y enlace descendente; después
 - en una etapa de lanzamiento y ejecución de exploración (418), las balizas de radiodifusión del sistema terrestre y/o del sistema espacial multihaz de telecomunicaciones son exploradas por el al menos un terminal espacial de usuario de acuerdo con un algoritmo de exploración predeterminado (482), y se proporciona una indicación de un nuevo modo de conexión, tomado de entre la conexión al sistema terrestre y al sistema espacial, y que debe seleccionarse, siendo esta indicación una función de las disponibilidades respectivas del sistema terrestre y del sistema espacial multihaz de telecomunicaciones y de una estrategia de selección basada en la prioridad de un sistema entre el sistema terrestre y el sistema espacial multihaz de telecomunicaciones, después
 - en una etapa de validación (422), la indicación del modo de conexión a seleccionar es validada por el al menos un terminal espacial de usuario; a continuación
 - en una etapa (424) de selección del sistema de comunicación por el terminal espacial de usuario, cuando se selecciona el modo terrestre el terminal se conecta al sistema terrestre, y cuando se selecciona el modo satélite el terminal se conecta al sistema satélite ejecutando todas las etapas primera y segunda o todas las etapas primera, segunda, tercera, cuarta y quinta.
13. Procedimiento de comunicación espacial según la reivindicación 12, que comprende una etapa de conmutación (456) de la configuración de hardware y software del terminal de un modo adaptado a los canales de enlace ascendente/descendente del sistema terrestre a un modo adaptado a los canales de enlace ascendente y descendente del sistema espacial de telecomunicaciones multihaz, interponiéndose la etapa de conmutación entre la etapa de selección del sistema de comunicación y la primera etapa (458), y se realiza aplicando nuevos parámetros de la capa PHY/MAC y nuevos algoritmos específicos de los canales espaciales sin cambiar la cadena de RF ni la forma de onda.
14. Procedimiento de comunicación espacial según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 13, que comprende una etapa (462) de control del mantenimiento de la comunicación espacial, activada periódicamente según una temporización de duración predeterminada, durante la cual
- las balizas de radiodifusión del sistema terrestre y/o del sistema espacial multihaz de telecomunicaciones se exploran de acuerdo con el algoritmo de exploración predeterminado (482), y se proporciona una indicación de un nuevo modo de conexión, tomado de entre la conexión al sistema terrestre y al sistema espacial, y que debe seleccionarse, siendo esta indicación función de las disponibilidades respectivas del sistema terrestre y del sistema espacial multihaz de telecomunicaciones y de la estrategia de selección basada en prioridades de uno del sistema terrestre y del sistema espacial multihaz de telecomunicaciones, y
- cuando la indicación proporcionada es el modo espacial, la comunicación se mantiene en la red espacial.
15. Procedimiento de comunicación espacial según la reivindicación 14, en el que cuando la indicación proporcionada del modo de la nueva conexión es el modo terrestre, se realiza una conmutación de la comunicación a la red móvil terrestre sin interrumpir dicha comunicación.
16. Procedimiento de comunicación espacial según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 13, en el que una estrategia de selección de modo para una nueva conexión se basa en la prioridad del modo de conexión terrestre sobre el modo de conexión espacial.
17. Sistema espacial de telecomunicaciones multihaz (2; 112) que comprende:
- un repetidor espacial multihaz (52; 152) seleccionado entre un satélite y una plataforma repetidora de gran altitud HAPS; y
 - una estación terrestre GW (22; 122), que actúa como pasarela de interconexión entre una infraestructura terrestre fija y el repetidor espacial multihaz

- un módulo de acceso (308) a la red espacial formado por el repetidor espacial multihaz y la estación terrestre, estando dicho módulo de acceso a bordo del repetidor espacial multihaz cuando el repetidor espacial multihaz es regenerativo o a bordo de la estación terrestre GW cuando el repetidor espacial multihaz es transparente,

- al menos un terminal espacial de usuario (6; 106; 306), el terminal (6; 106 ; 306) está configurado para, en una primera etapa, transmitir en un instante dado T en un canal de datos de enlace ascendente aleatorio UL y en una gama de frecuencias predeterminada al módulo de acceso a la red espacial una o más ráfagas de datos principalmente tráfico de carga útil, incluyendo un identificador y, cuando el terminal es capaz de determinar o ayudar a su geolocalización, información de localización geográfica explícita o implícita de dicho terminal; el módulo de acceso a la red espacial (308) está configurado para :

- en una segunda etapa que sigue a la primera etapa, recibir y descodificar la ráfaga o ráfagas de datos transmitidos por el terminal, asociar al terminal un haz lógico (354; 384) a partir de la información de localización de dicho terminal, suministrada en la primera etapa cuando el terminal es capaz de determinar o ayudar a su geolocalización o derivada de la señal recibida portadora de la ráfaga o ráfagas de datos transmitidos cuando el terminal no es capaz de determinar o ayudar a su geolocalización, siendo el haz lógico asociado (354 ; 384) una zona geográfica fija predeterminada en la que se encuentra el terminal en el instante actual T y que pertenece a un mosaico de la cobertura geográfica del sistema espacial multihaz de telecomunicaciones en un conjunto de zonas geográficas distintas, sin solapamiento mutuo y formando cada una de ellas un haz lógico diferente, y asociando en tiempo real al haz lógico asociado una pluralidad de uno o más haces físicos de transmisión del repetidor espacial que en el instante dado T recubren en su totalidad dicho haz lógico asociado; luego

- en una tercera etapa, enviar al terminal, mediante una baliza de difusión cuya frecuencia portadora ya conoce el terminal, un identificador de una portadora de un canal de datos de enlace descendente DL, asignado al terminal, a su haz lógico asociado y a la pluralidad de haces físicos asociados -en tiempo real- a dicho haz lógico, para permitir al terminal recibir y descodificar los datos de carga útil y de control que le están destinados.

18. Sistema espacial de telecomunicaciones multihaz según la reivindicación 17, en el que

el módulo de acceso a la red espacial (308) está configurado para, en la tercera etapa, asignar una única portadora de canal de enlace descendente DL al haz lógico en el que se encuentra el terminal, y/o el terminal está configurado para que, en una cuarta etapa realizada después de la tercera etapa, adquiera la portadora del canal de datos de enlace descendente DL de acuerdo con el identificador de frecuencia de portadora que se le ha transmitido y escuche cualquier ráfaga transmitida en esta portadora DL que pueda estar destinada a él; a continuación

- el módulo de acceso a la red espacial (308) está configurado para, en una quinta etapa que sigue a la cuarta etapa, enviar al terminal a través del canal de datos de enlace descendente DL en la frecuencia portadora del haz lógico al que está asociado el terminal una o varias ráfagas de datos de carga útil y/o de datos de control del terminal y/o de señalización de una nueva portadora asociada al haz lógico al que está asociado el terminal, realizándose dicho envío sobre la pluralidad del haz o haces físicos de transmisión del repetidor espacial cuya lógica cubre en su totalidad en el instante T dado y que están asociados al haz lógico del terminal.

19. Sistema espacial de telecomunicaciones multihaz según la reivindicación 18, en el que los datos de control se refieren a la implementación de algunos o todos los mecanismos siguientes:

- un mecanismo de control de acceso por contención en el canal de enlace ascendente aleatorio UL, que incluya control de congestión y control de flujo y que tenga en cuenta la especificidad de un canal de comunicación por satélite o por estación HAPS, con selección de retardos temporales y selección de un modo de transmisión en función del tipo de datos a transmitir;

- un mecanismo específico de control de potencia adaptado al canal de comunicación de enlace ascendente UL;

- un mecanismo de control de la deriva Doppler;

- un mecanismo de ahorro de energía eléctrica del terminal basado en el suministro de una información de ciclo de trabajo temporal, representativa de una compartición temporal de la misma frecuencia portadora del canal de datos de enlace descendente DL por varios haces lógicos servidos por el mismo satélite.

20. Sistema espacial de telecomunicaciones multihaz según una cualquiera de las reivindicaciones 18 a 19, en el que

el terminal (6; 106; 306) está configurado para, en una sexta etapa realizada después de la quinta etapa, enviar al módulo de acceso a la red espacial a través del canal de comunicación aleatorio de enlace ascendente UL a una frecuencia portadora de canal ascendente una o más ráfagas de datos así como información relativa a la localización de dicho terminal en un nuevo instante T+1; y/o

- el módulo de acceso a la red espacial (308) está configurado para, en una etapa anterior a la primera etapa, difundir hacia el al menos un terminal que se encuentra en la cobertura geográfica global del

repetidor espacial y en una baliza de difusión cuya frecuencia portadora ya es conocida por el al menos un terminal, por una parte, el plan de frecuencias del sistema espacial multihaz de telecomunicaciones que contiene una lista de identificadores y de frecuencias respectivamente asociadas a las portadoras de enlace ascendente y de enlace descendente, y eventualmente informaciones que permiten localizar el o los terminales.

21. Sistema espacial de telecomunicaciones multihaz según una cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19, en el que

el haz lógico (354) es una zona geográfica única, compacta y contigua, o el haz lógico (384) es un conjunto discreto finito de zonas geográficas elementales compactas y continuas, distribuidas según distancias de separación predeterminadas entre zonas vecinas, preferentemente en uno o varios grupos.

22. Sistema espacial multihaz de telecomunicaciones según una cualquiera de las reivindicaciones 17 a 21, en el que el sistema espacial multihaz de telecomunicaciones es un sistema multihaz por satélite (12) que comprende un satélite o una constelación de varios satélites, evolucionando el satélite o los satélites en órbitas geoestacionarias u órbitas bajas u órbitas medias.

23. Sistema integrado de telecomunicaciones que comprende :

el sistema espacial de telecomunicaciones multihaz (12; 112) definido según una cualquiera de las reivindicaciones 17 a 22; y
al menos un sistema terrestre móvil y celular (14),
comprendiendo el sistema terrestre:

- integrado en una o dos estaciones terrestres en tierra, un repetidor de radiofrecuencia RF terrestre celular y una pasarela de interconexión entre el repetidor RF terrestre y la infraestructura terrestre fija común, compartida con el sistema espacial de telecomunicaciones multihaz; y
- un módulo de acceso (308) al sistema terrestre, formado por el repetidor espacial multihaz y la una o las dos estaciones, estando dicho módulo de acceso incluido en la estación o en una de las dos estaciones terrestres, y
- al menos un terminal espacial de usuario del sistema espacial multihaz de telecomunicaciones, configurado como modo dual o multimodo para comunicarse en el sistema espacial multihaz de telecomunicaciones y/o en el sistema terrestre;

el sistema integrado de telecomunicaciones en el que

- el módulo de acceso a la red espacial (308) está configurado para, en una etapa preliminar, difundir hacia el al menos un terminal espacial de usuario que se encuentra en la cobertura geográfica global del repetidor espacial multihaz, por una parte, el plan de frecuencias del sistema espacial multihaz de telecomunicaciones que contiene una lista de identificadores y frecuencias asociadas respectivamente a las portadoras de enlace ascendente y de enlace descendente;
- el al menos un terminal espacial de usuario (6; 106) está configurado para
- en una etapa de lanzamiento y ejecución de la exploración realizada después de la etapa preliminar, explorar las balizas de radiodifusión del sistema terrestre y/o del sistema espacial multihaz de telecomunicaciones de acuerdo con un algoritmo de exploración predeterminado, y proporcionar una indicación de un nuevo modo de conexión, tomado de entre la conexión al sistema terrestre y al sistema espacial, y que debe seleccionarse, siendo esta indicación función de las disponibilidades respectivas del sistema terrestre y del sistema espacial multihaz de telecomunicaciones y de una estrategia de selección basada en la prioridad de un sistema entre el sistema terrestre y el sistema espacial multihaz de telecomunicaciones, y a continuación

. * en una etapa de validación, validar la indicación del modo de conexión a seleccionar; a continuación

. * en una etapa de selección del sistema de comunicación, conectarse al sistema terrestre cuando se selecciona el modo terrestre, y conectarse al sistema de satélite cuando se selecciona el modo de satélite, ejecutando todas las etapas primera y segunda definidas en la reivindicación 1 o todas las etapas primera, segunda, tercera, cuarta y quinta definidas en las reivindicaciones 1 a 6.

24. Módulo de acceso (308) a un sistema espacial, integrado en un repetidor espacial o en una estación terrestre GW que sirve de pasarela entre el sistema espacial y una infraestructura terrestre fija, estando dicho módulo de acceso configurado para :

- descodificar una o varias ráfagas de datos transmitidas por un terminal, 20 y asociar un haz lógico (354; 384) al terminal a partir de la información de localización de dicho terminal suministrada de antemano, estando el haz lógico asociado (354; 384) a una zona geográfica fija predeterminada en la que se encuentra el terminal en un instante actual T y que pertenece a un mosaico de la cobertura geográfica del

sistema espacial en un conjunto de zonas geográficas distintas que no se solapan entre sí y que forman cada una un haz lógico diferente, estando el módulo de acceso configurado además para :

- 5 - asociar en tiempo real al haz lógico asociado una pluralidad de uno o varios haces físicos de transmisión procedentes del repetidor espacial que, en el instante T dado, cubren la totalidad de dicho haz lógico; a continuación
- enviar al terminal, mediante una baliza de difusión cuya frecuencia portadora ya conoce el terminal, un identificador de portadora de un canal de datos de enlace descendente DL, asignado al terminal, a su haz lógico asociado y a la pluralidad de haces físicos asociados en tiempo real a dicho haz lógico, para permitir al terminal recibir y descodificar los datos de carga útil y de control que le están destinados.
- 10 25. Módulo de acceso al sistema espacial según la reivindicación 24, en el que el módulo de acceso a la red espacial (308) está configurado para enviar al terminal a través del canal de datos de enlace descendente DL en la frecuencia portadora del haz lógico al que está asociado el terminal una o varias ráfagas de datos de carga útil y/o de datos de control del terminal y/o de señalización de una nueva portadora asociada al haz lógico al que
- 15 está asociado el terminal, realizándose dicho envío sobre la pluralidad del haz o haces físicos de transmisión del repetidor espacial cuya lógica, en el instante T dado, se solapan en su totalidad y están asociados al haz lógico del terminal.

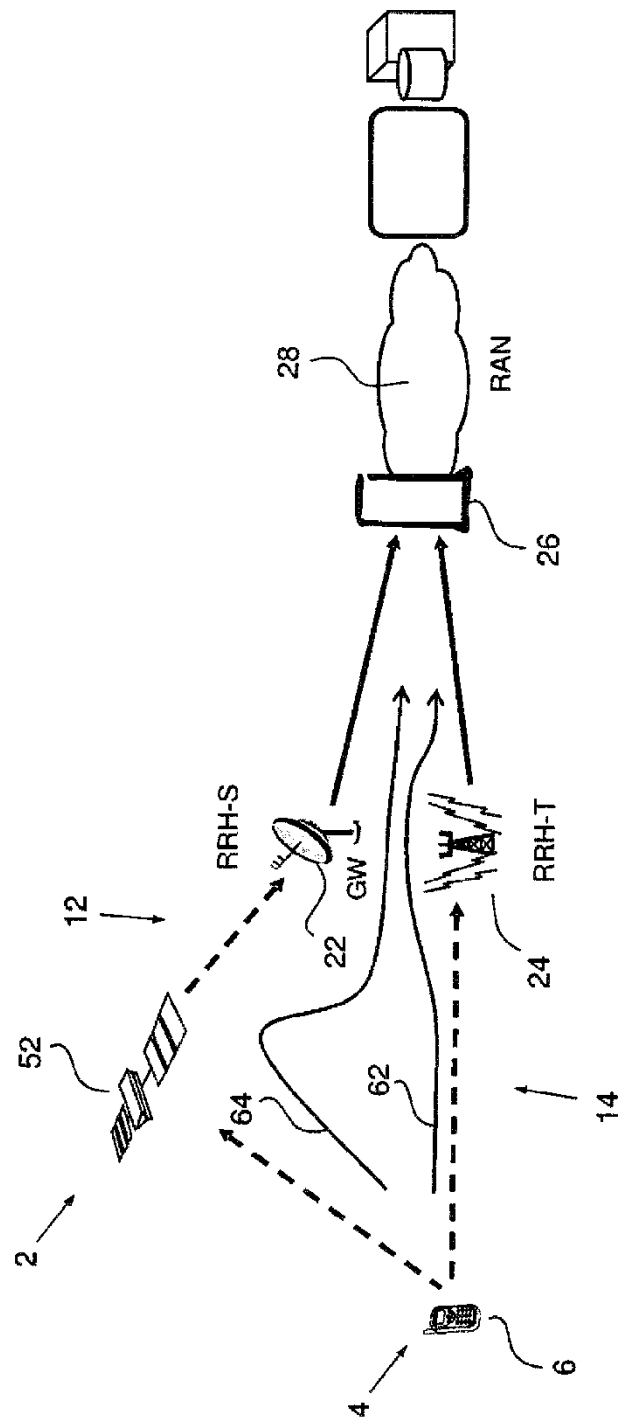


FIG.1

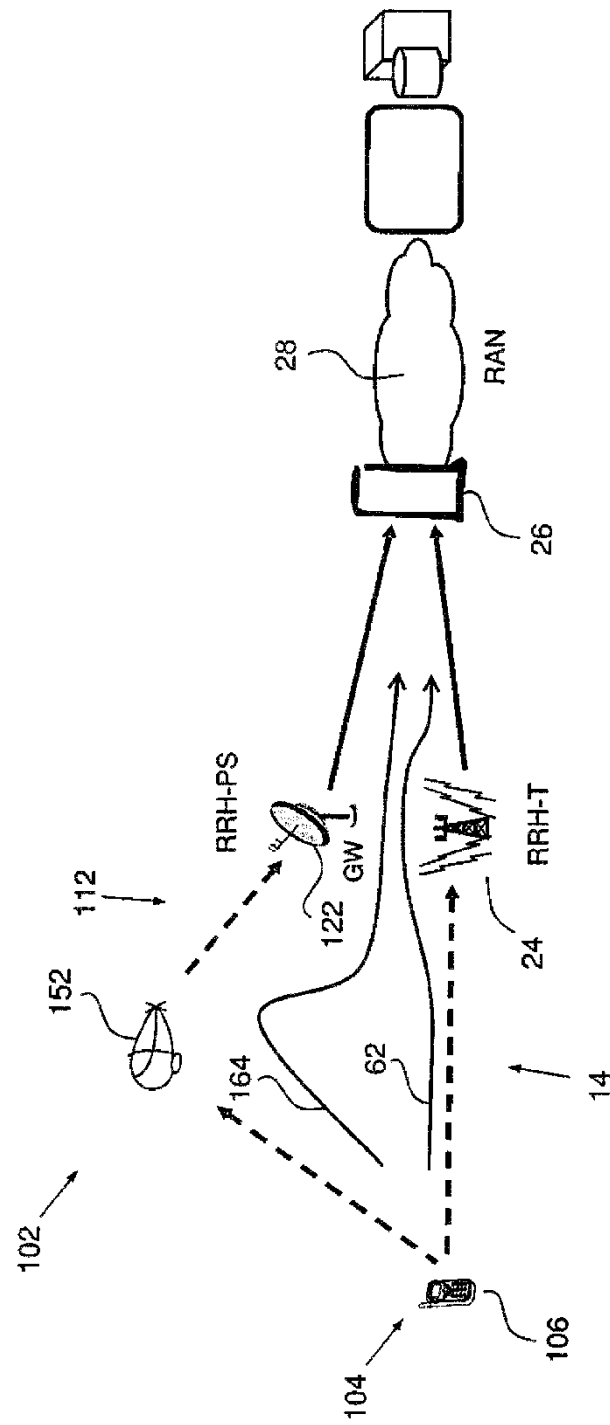


FIG.2

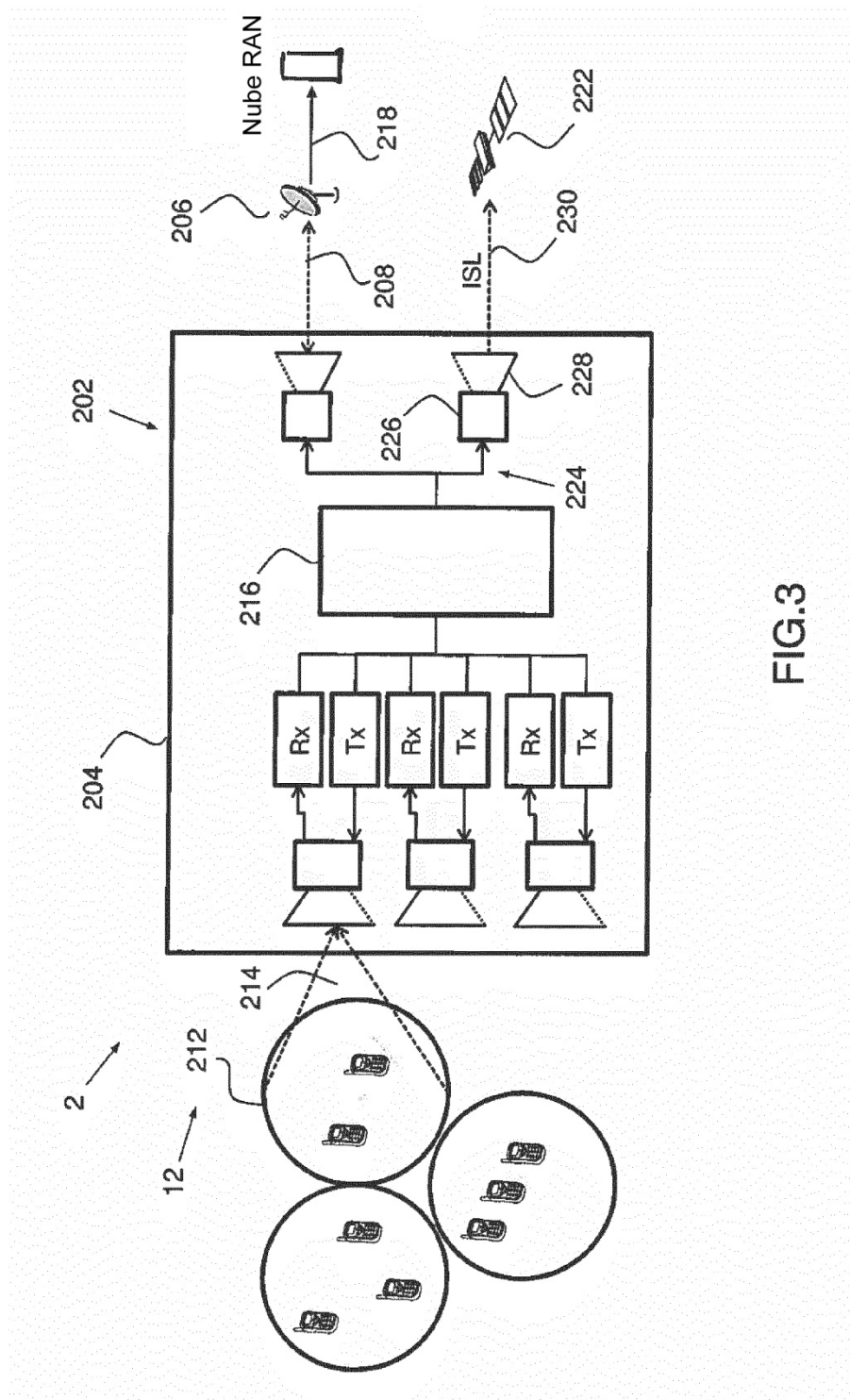


FIG.3

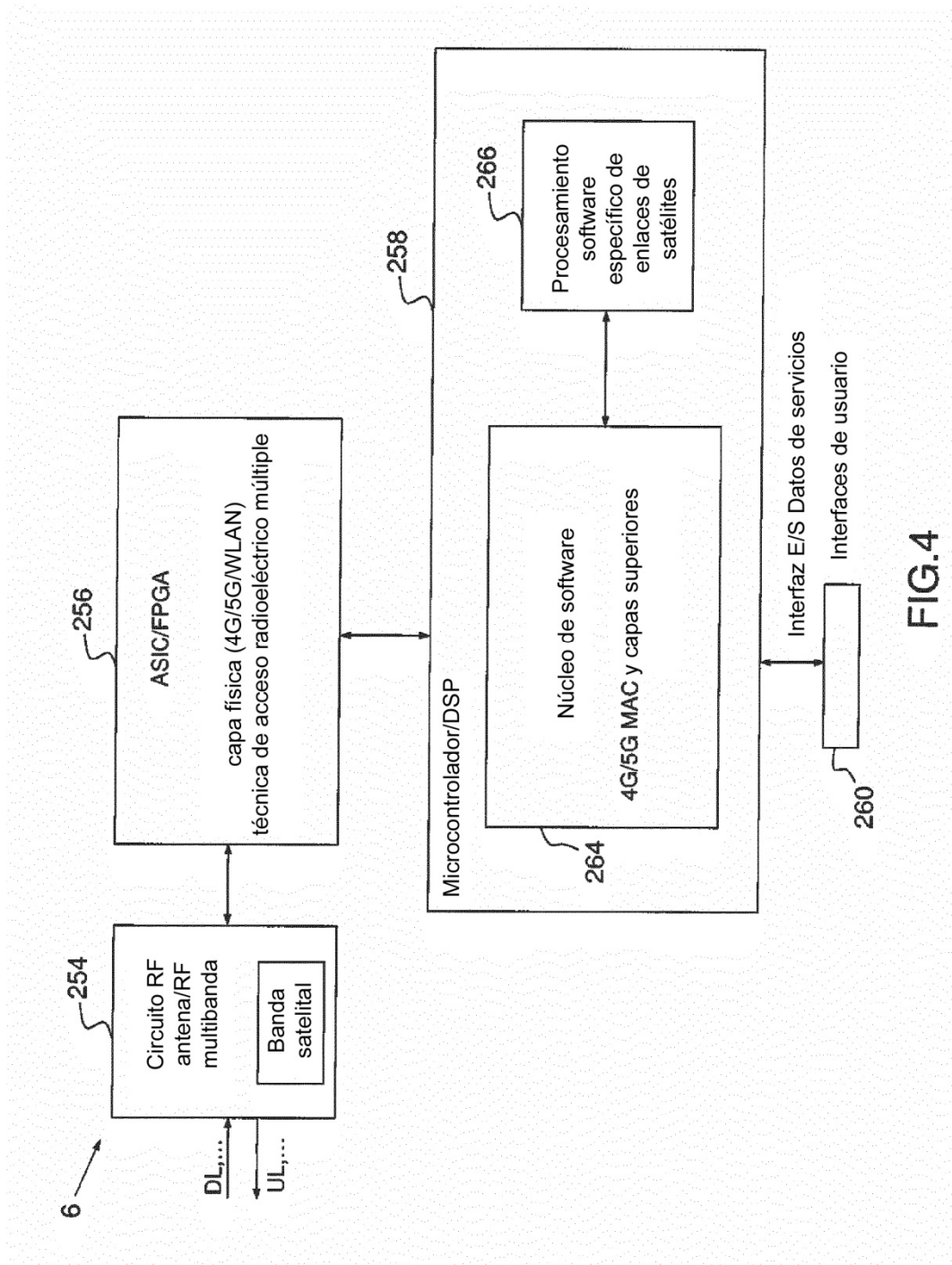


FIG.4

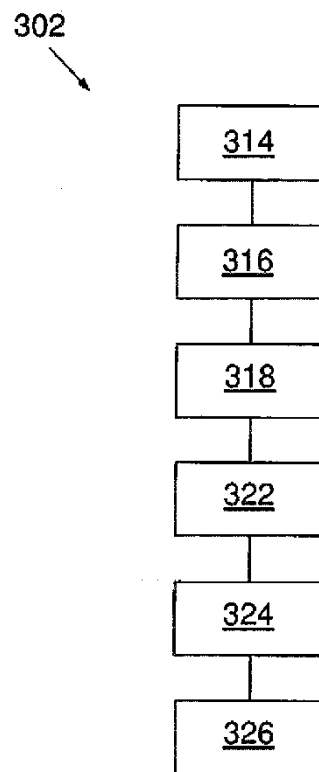
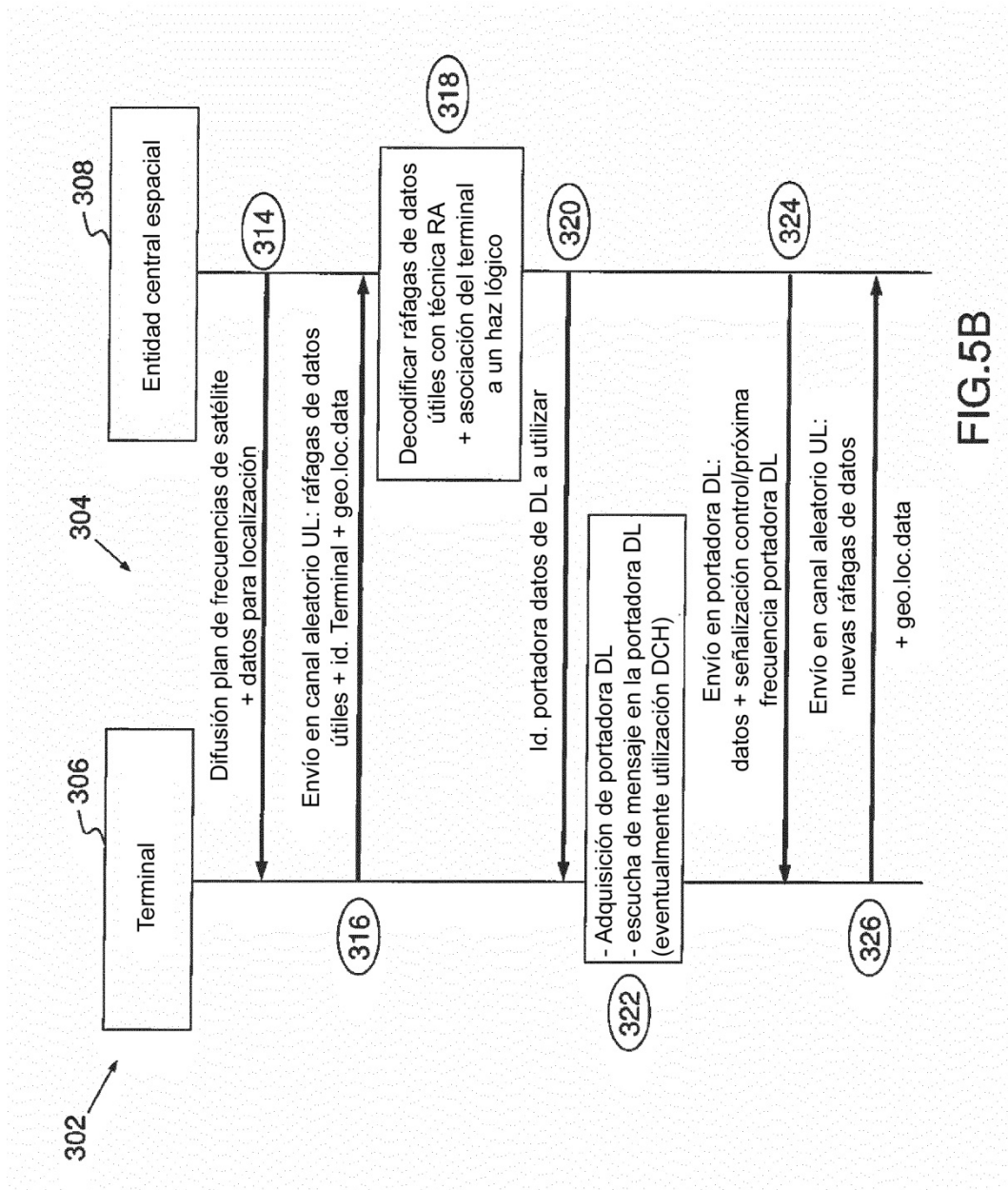


FIG.5A



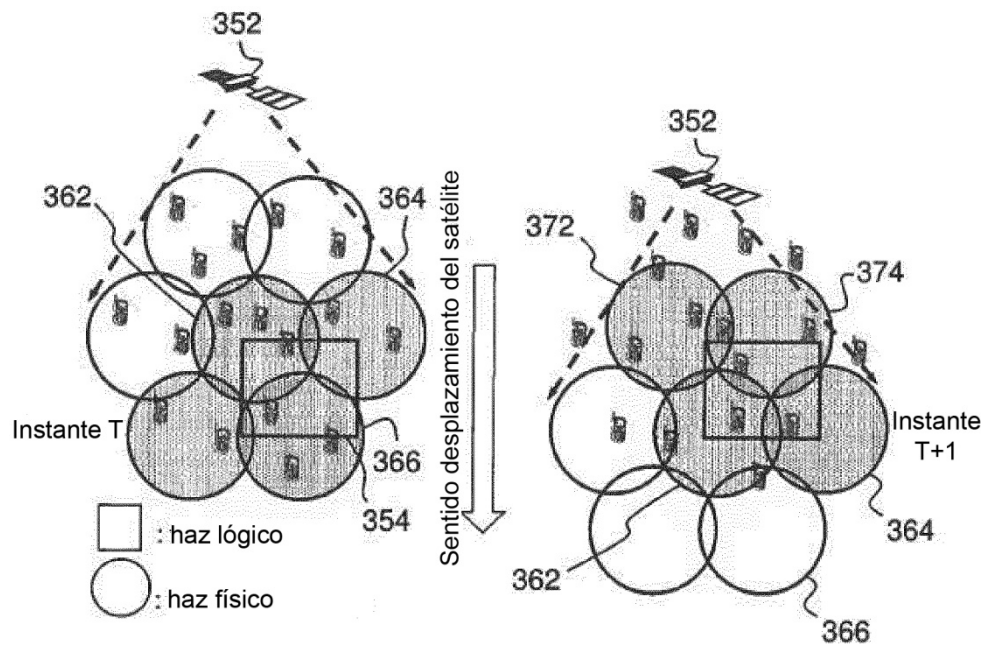


FIG.6

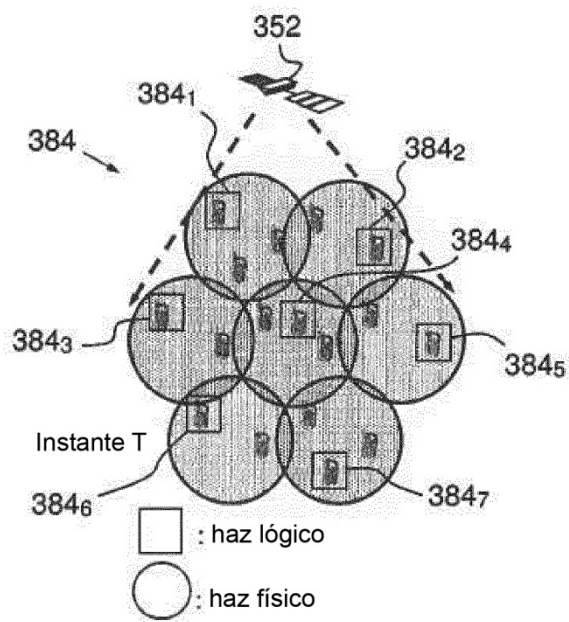


FIG.7

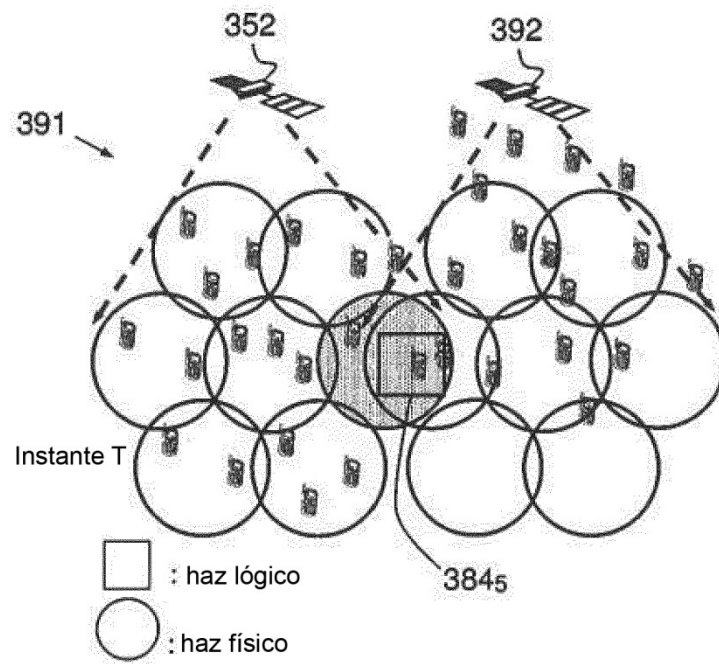


FIG.8

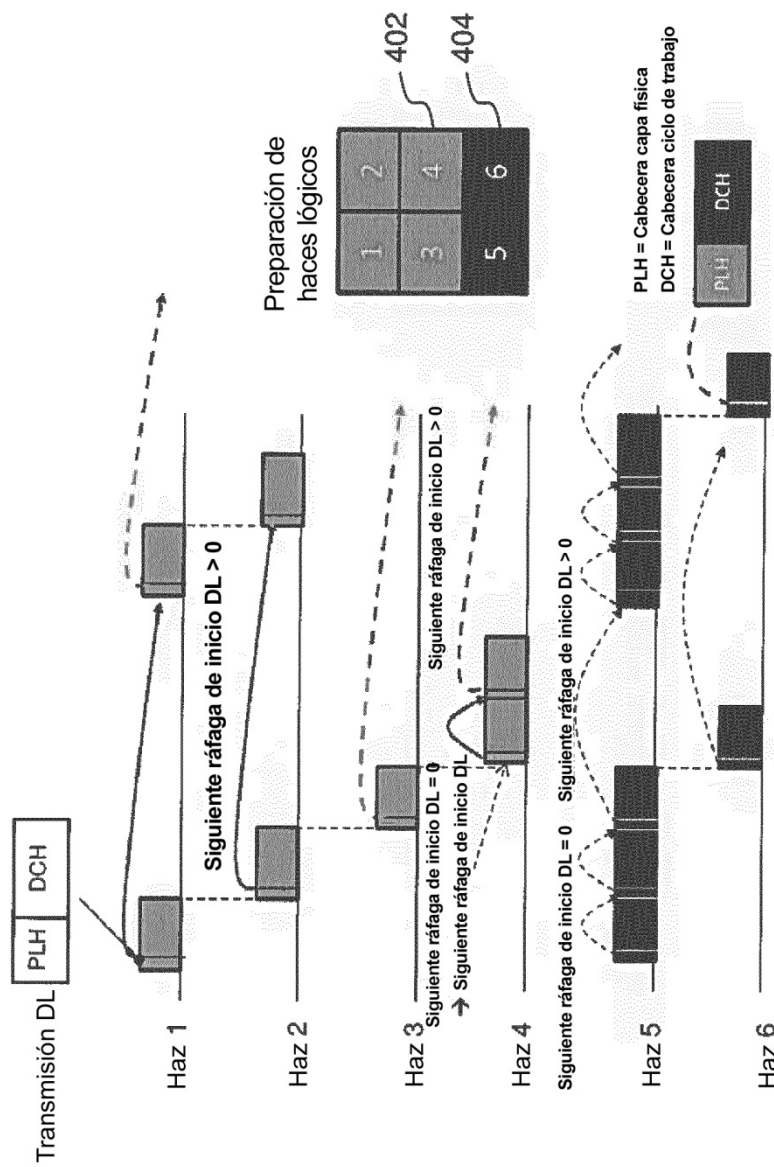


FIG.9

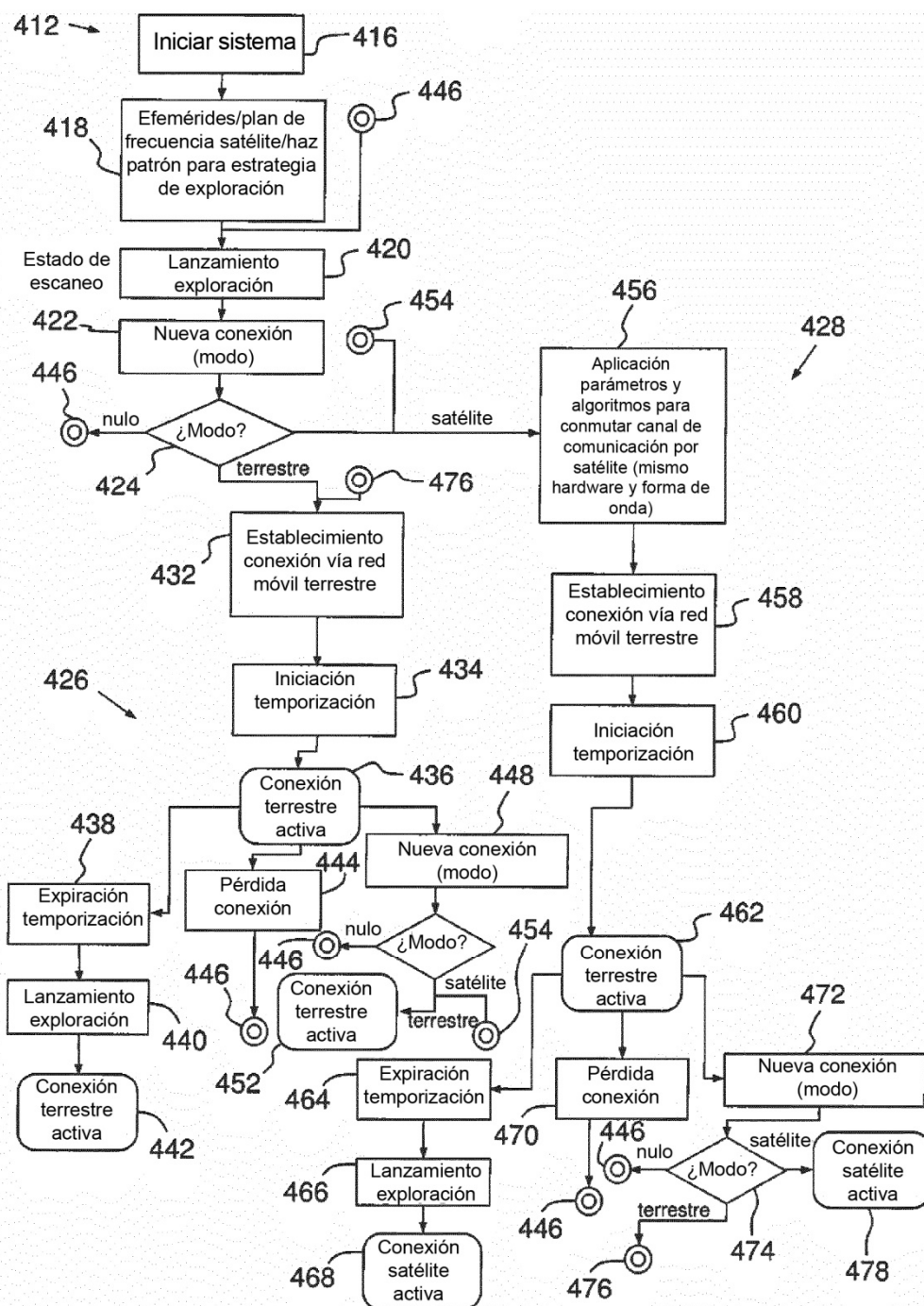


FIG.10A

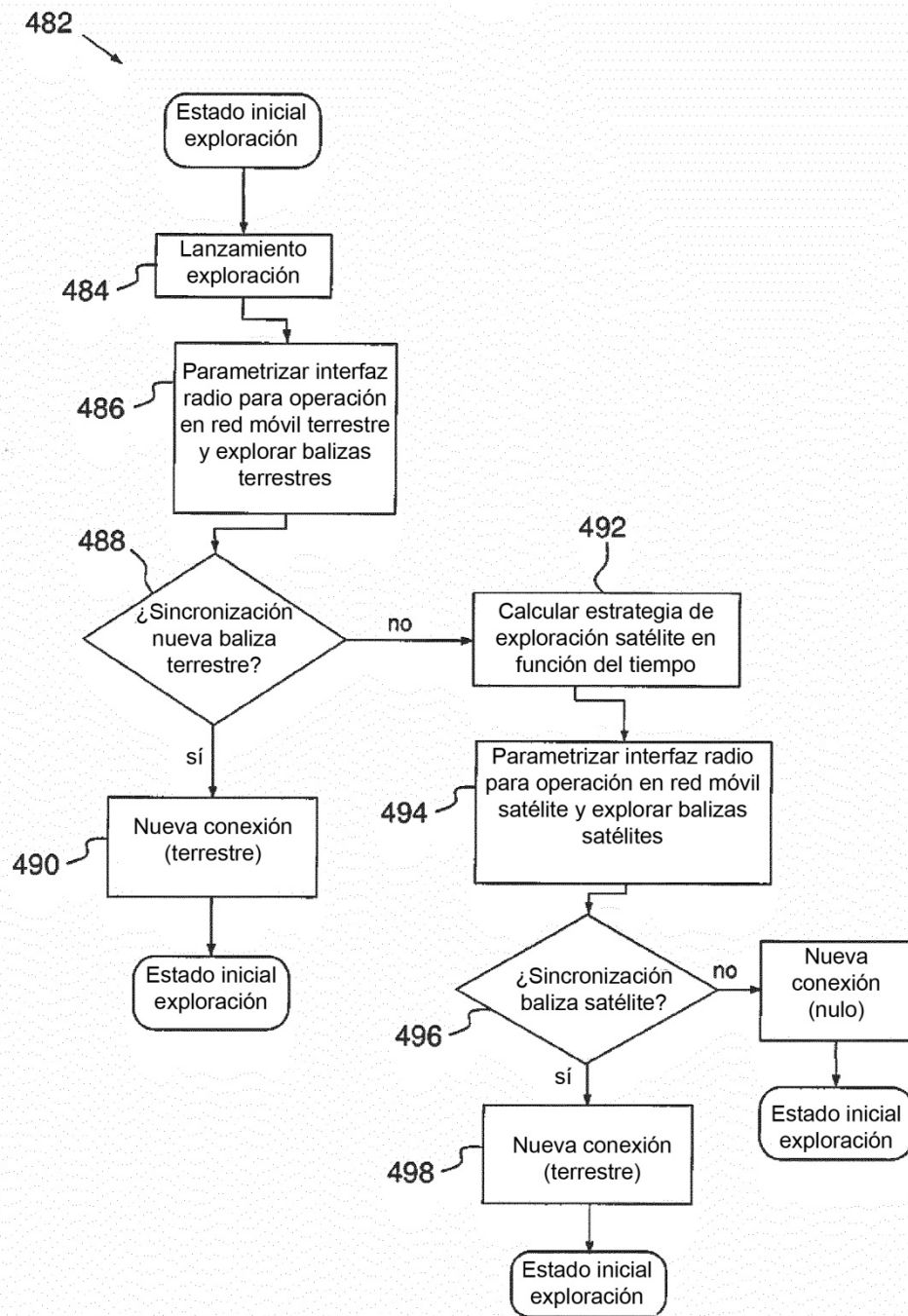


FIG.10B

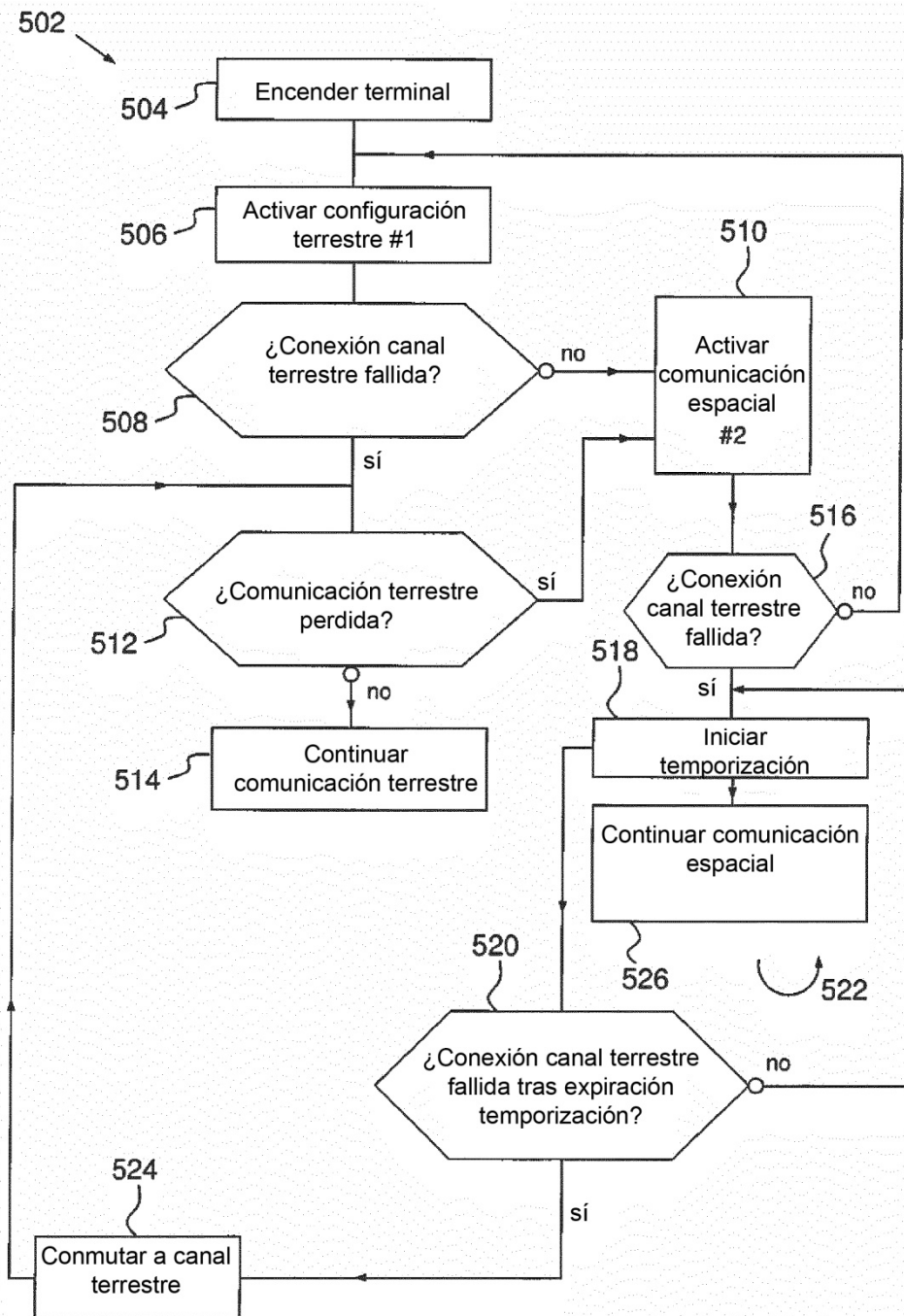


FIG.11