

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 232**

51 Int. Cl.:

H04B 7/195 (2006.01)

H04B 7/185 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.01.2016 PCT/EP2016/051038**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.07.2016 WO16116461**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.01.2016 E 16701018 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2019 EP 3228024**

54 Título: **Nodo de red espacial que recibe datos de nodos terrestres y espaciales**

30 Prioridad:

20.01.2015 EP 15275022

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

29.07.2020

73 Titular/es:

**AIRBUS DEFENCE AND SPACE LIMITED (100.0%)
Gunnels Wood Road
Stevenage, Hertfordshire SG1 2AS, GB**

72 Inventor/es:

IRANI, SHAHRUZI

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 776 232 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

Nodo de red espacial que recibe datos de nodos terrestres y espaciales

5 La presente invención se refiere a una carga útil satelital que comprende un nodo de red y particularmente, pero no exclusivamente, a un nodo de red para uso en un sistema de comunicaciones que usa tecnología terrestre y espacial complementaria para soportar una pluralidad de aplicaciones.

10 Varios informes y recursos están disponibles para informar de que el requisito de acceso a los datos está creciendo a un ritmo cada vez mayor. Además de servicios de alta velocidad de datos como el vídeo, el crecimiento en la comunicación de máquina a máquina (M2M) y otros servicios de menor velocidad también amplían las capacidades de las diversas redes de comunicaciones. Del mismo modo, los tipos de datos utilizados en los sistemas de comunicación están listos para evolucionar. En el campo de la tecnología espacial, por ejemplo, existe la creciente demanda esperada de observación de la Tierra y otros datos de sensores disponibles en tiempo real o casi real.

15 Para abordar esta creciente demanda, se han propuesto e implementado varios sistemas satelitales, incluidas varias constelaciones en órbitas bajas terrestres (LEO), órbitas medias terrestres (MEO), órbitas geoestacionarias (GEO) y otras, para implementar redes de comunicaciones a gran escala.

20 Históricamente, los altos costes de diseñar e implementar sistemas satelitales han provocado que estos se hayan concebido de forma aislada y, en gran medida, dedicado a una sola aplicación o misión de una de las siguientes categorías principales:

- observación de la Tierra (que abarca aplicaciones civiles y militares);
- ciencia (por ejemplo, la misión Rosetta a un cometa);
- 25 • exploración (por ejemplo, la misión Curiosity a Marte);
- navegación y suministro de satélites de posicionamiento global utilizados para aplicaciones de navegación por satélite (también conocidos como sistemas globales de navegación por satélite (GNSS));
- telecomunicaciones que cubren los sistemas satelitales para el servicio de transmisión por satélite (BSS), el servicio fijo por satélite (FSS), el servicio móvil por satélite (MSS) o las aplicaciones militares.

30 Las redes de comunicaciones que utilizan tales sistemas satelitales a menudo se construyen sobre una base ad hoc, basada en el establecimiento de enlaces punto a punto. Las redes también pueden ser propietarias, con dispositivos en diferentes redes que no pueden interactuar; una de esas barreras para la interacción radica en la división del espectro de frecuencia, con redes para diferentes aplicaciones configuradas para operar en bandas de frecuencia separadas a fin de
 35 evitar interferencias y/o por seguridad. Típicamente, a medida que se diseñan más misiones y aplicaciones, la asignación de espectro se realiza sobre la base de la división en anchos de banda cada vez más pequeños.

Por lo tanto, la coordinación de frecuencias se vuelve cada vez más difícil a medida que aumenta el número de misiones y aplicaciones desarrolladas, en la medida en que ahora se ha convertido en un problema importante. En consecuencia,
 40 la optimización de los sistemas dentro de ciertas bandas de frecuencia ha sido el foco de la innovación de las nuevas redes de comunicaciones para evitar el problema de la asignación de frecuencias, y los sistemas pueden hacer un mejor uso de los recursos disponibles.

Sin embargo, la dificultad con este enfoque es que, a medida que aumenta el rendimiento y la capacidad del sistema, los
 45 requisitos del sistema también aumentan, de modo que la asignación de espectro siempre es un factor limitante.

Además de los problemas de frecuencia, se apreciarán problemas de armonización más generales, como la incompatibilidad técnica entre dispositivos que se ejecutan en diferentes redes, en términos de la capacidad de procesar datos de varios formatos y datos transmitidos o recibidos a través de diferentes protocolos de comunicación. La función
 50 central de dos dispositivos en dos redes diferentes puede ser la misma, pero los dos dispositivos son específicos de ciertos fabricantes o aplicaciones, y están configurados para un uso específico, a pesar de que la función proporcionada por los dispositivos es la misma. Por lo tanto, puede haber un alto grado de redundancia causada por la duplicación de la tecnología.

55 Para las diversas categorías de áreas de aplicación descritas anteriormente, la infraestructura general requiere una combinación de componentes tecnológicos tanto terrestres como espaciales, denominados en esta invención "activos". Por ejemplo, la infraestructura terrestre incluye una serie de estaciones terrestres para controlar y operar los satélites, terminales de usuario (por ejemplo, antena de TV satelital y decodificador) y herramientas de software operativo asociadas para admitir la interconectividad entre todos los activos espaciales y terrestres. Estos activos de infraestructura han evolucionado de forma independiente. De hecho, existen otras subdivisiones, como:

- la observación de la Tierra, la ciencia, la navegación y los satélites militares son, en gran medida, programas institucionales gestionados por diferentes organizaciones. Como consecuencia, toda la infraestructura se desarrolla independientemente por parte de diferentes organizaciones con diferentes necesidades y aplicaciones con las que lidiar. A menudo, la infraestructura operativa se divide en líneas regionales o nacionales;
- 5 • los operadores de satélites comerciales implementan y operan satélites de telecomunicaciones comerciales con cierta estandarización, pero infraestructura independiente (ranuras orbitales, asignaciones de frecuencia de la UIT, segmento terrestre, diseños de terminales de usuario, etc.).

Además, la integración de sistemas satelitales con redes terrestres, como Internet y la red inalámbrica terrestre, ha tendido a involucrar hardware y software de interfaz específicos del operador.

La solicitud de patente internacional WO 2007/082,719 describe un sistema de comunicaciones satelitales que proporciona velocidades de transmisión de datos de alto rendimiento para terminales terrestres móviles.

15 La solicitud de patente internacional WO 2013/130778 A1 describe un método y un aparato para reducir la interferencia intencional (es decir, interferencia de señal) de un satélite.

Por lo tanto, es necesario resolver estos problemas mediante cierto grado de estandarización para permitir un uso más eficaz de los recursos. Existe una necesidad particular de abordar el problema de la asignación de frecuencias de manera más efectiva que en la actualidad, proporcionando una solución a este problema en lugar de realizar rediseños sustanciales del sistema para evitar el problema el mayor tiempo posible, que es la estrategia más usada.

Las realizaciones de la presente invención tienen como objetivo proporcionar un medio para permitir un uso más eficiente de los activos espaciales, terrestres y aéreos existentes y futuros y su espectro asignado, permitiendo la integración e interoperación de múltiples activos distintos. La integración de dichos activos, que se describirá con más detalle a continuación, se describe en términos de la formación de una "confederación" de un conjunto diverso de activos, formando una "red global ubicua".

Se observa que, hoy en día, las redes terrestres de cuarta generación (4G) proporcionan telecomunicaciones multiservicio a una variedad de usuarios diversos, según lo definido por el Proyecto de Asociación de 3.ª Generación (3GPP) y plasmado en las especificaciones de Evolución a Largo Plazo (LTE). La funcionalidad asociada con especificaciones particulares de 3GPP se puede obtener en www.3gpp.org/specifications. Se supone que la funcionalidad detallada de estas especificaciones y la terminología utilizada en las mismas son bien conocidas por la persona experta, por lo que no se explicarán en detalle aquí.

Dichas redes admiten aplicaciones que necesitan transporte de voz, vídeo, datos de alta velocidad, tráfico de máquina a máquina (M2M) e "Internet de las cosas" (IoT). Además, los estándares y arquitecturas 4G admiten la gestión integrada de la frecuencia y los recursos en diversos entornos y es de esperar que estas capacidades se conserven y desarrollen para las futuras redes de quinta generación (5G) actualmente en definición.

El principio de la integración de activos de la presente invención se basa en la implementación en el espacio de redes terrestres, tales como redes 4G, como una forma universal de comunicaciones para futuras constelaciones de satélites, creando una ubicua "red espacial amplia" que comprende una confederación de activos espaciales y terrestres capaz de interoperar sin problemas con alta seguridad y fiabilidad. Esto permitirá a consumidores, entidades comerciales, instituciones y entidades gubernamentales tener acceso ubicuo a las múltiples categorías de aplicaciones y servicios que ofrece dicha confederación.

Dicho de otra manera, la integración de activos de la presente invención se logra mediante la adopción de una red troncal de telecomunicaciones multiservicio flexible, segura y sin interrupciones que permite que los activos se comuniquen entre sí con un control incorporado de la interferencia y de la gestión del espectro.

Con más detalle, la tecnología de la presente invención proporciona un nodo clave en una red de comunicaciones, de funcionalidad análoga en una realización al nodo B evolucionado (también conocido como eNodeB o eNB) de redes LTE, en los satélites de tales constelaciones, con soporte para la gestión de sesiones, transferencias y gestión de recursos de radio para múltiples usuarios diversos, así como las comunicaciones de regreso a la infraestructura terrestre.

La presente invención se define en las reivindicaciones.

Los mecanismos según las realizaciones de la presente invención permiten la coordinación de los activos espaciales y terrestres para muchas aplicaciones diferentes de una manera eficiente, ingeniosa y eficiente en el espectro para proporcionar una disponibilidad, calidad de servicio (QoS) y calidad de experiencia (QoE) mejoradas en el soporte de aplicaciones necesarias para individuos y organizaciones profesionales.

Las realizaciones de la invención proporcionan:

- capacidades de enlace entre satélites (ISL) "bloque de construcción" basadas en tecnologías láser y/o microondas, que soportan comunicaciones entre satélites en diversas órbitas (LEO, MEO, GEO y otras órbitas);
- 5 • sensores de "bloques de construcción" para un despliegue flexible como cargas útiles alojadas o misiones dedicadas, tanto en el espacio como en vehículos aéreos;
- receptores adaptativos con soporte de interfaz aérea cognitiva y que se puede definir por software;
- antenas activas avanzadas capaces de proporcionar cobertura adaptativa según la ubicación del satélite, la demanda de tráfico y el entorno del espectro;
- 10 • sistemas avanzados de administración de red para optimizar la orquestación de recursos que incluyen:
 - Coordinación intersatelital y asignación de recursos de radio entre satélites dentro de la constelación dinámica;
 - Coordinación satélite-tierra como, por ejemplo, asignación dinámica de recursos de radio para puntos calientes;
 - Mitigación de la interferencia externa e interna de la constelación dentro de las asignaciones y regulaciones del espectro de la UIT.

15 Los modos de realización de la presente invención se describirán en detalle a continuación, solo a modo de ejemplo, en combinación con los siguientes dibujos, donde:

La figura 1 ilustra una red de comunicaciones que usa tecnología según una realización de la presente invención;

La figura 2 ilustra la arquitectura de una carga útil satelital según una realización de la presente invención;

20 La figura 3 ilustra los modos de comunicación de retorno utilizados en la disposición de la figura 1; y

La figura 4 ilustra la arquitectura de un nodo espacial según una realización de la presente invención.

Se entiende que los números de referencia similares se refieren a componentes similares en todas partes.

25 La figura 1 ilustra una red de comunicaciones que usa tecnología según una realización de la presente invención. La red se describirá con referencia a los componentes y la funcionalidad de una red de comunicaciones LTE, como una red 4G o 5G, por simplicidad, pero, como se explica a continuación, se apreciará que los principios de la invención pueden aplicarse a la implementación de otros tipos de red de comunicación.

30 La red de comunicaciones comprende activos terrestres, contenidos dentro del área 10, y activos espaciales, mostrados fuera del área 10. Los activos terrestres incluyen una serie de terminales o dispositivos móviles, también denominados equipos de usuario (UE) 20. Los dispositivos UE 20 se comunican con la arquitectura de red terrestre central de una red LTE, denominada paquete de núcleo evolucionado (EPC) 30, a través de un nodo de interfaz aérea denominado nodo evolucionado B 31 (eNodeB o eNB), y hay múltiples eNB presentes. Un eNB 31 es análogo a una estación transceptora

35 base en una red GSM. Un eNB 31 tiene una funcionalidad de control a bordo para controlar la comunicación entre los dispositivos UE 20 y el EPC 30.

El propio EPC 30 comprende nodos de control 32, incluidos los nodos de entidades de gestión de movilidad (MME) y puerta de enlace de servicio (S-GW), que procesan y enrutan paquetes de datos dentro de la red. Los MME y los S-GW

40 32 también proporcionan la gama de servicios definidos en las especificaciones LTE como parte de las redes terrestres existentes.

Los activos basados en el espacio de la invención incluyen una constelación de satélites 40, algunos de los cuales tienen a bordo lo que en esta invención se denomina un nodo espacial. Un nodo espacial, como se define en esta invención en

45 el contexto de una red de comunicaciones LTE, es un nodo de red que imita las funciones del eNB 31 terrestre, y está adaptado adecuadamente para el entorno espacial. Un nodo espacial puede proporcionar servicios directamente al UE 20 y se comunica con otros eNB 31 y nodos espaciales a través del protocolo X2 definido por LTE (que se muestra en líneas discontinuas) que define la comunicación entre los eNB vecinos, y con el MME y nodos S-GW 32 a través del protocolo de interfaz S1 definido por LTE (que se muestra en líneas de puntos), que define la comunicación entre un eNB

50 31 y el núcleo de paquete evolucionado 30. Se muestra uno de los satélites 40 como comunicación directa con un dispositivo UE 50 en el espacio a través de protocolos de comunicación LTE. Se muestra otro satélite 53 (por ejemplo, un satélite geostacionario) que sirve como puerta de enlace 52 a la red terrestre.

Los nodos espaciales proporcionan el rango de servicios definidos en las especificaciones LTE para eNB que incluyen el siguiente subconjunto de funciones:

55

- gestión de recursos de radio que incluye control de admisión, control de movilidad y asignación de recursos de radio a UE, en coordinación con los otros nodos espaciales de red y eNB;
- enrutamiento de datos de usuario al S-GW con cualquier compresión de encabezado IP necesaria y cifrado de los datos;
- selección de MME en el archivo adjunto del UE para programar y transmitir mensajes de búsqueda e información de
- 60 difusión que se origina desde el MME o mediante el MME desde las operaciones de red y las entidades de gestión;
- modulación y demodulación de los flujos de datos de enlace descendente y enlace ascendente respectivamente para los diversos enlaces de usuario;

- conversión ágil hacia y desde las frecuencias de operación de RF de los enlaces de usuario (UL) que, para los propósitos de este ejemplo de realización, serán frecuencias ultra altas (UHF) o frecuencias dentro de las bandas L y S, pero podrían estar en cualquier otra banda de frecuencia, incluidas bandas de satélite como C, Ku o Ka, dependiendo de la evolución de la asignación de terminales y espectro, para coexistir sin interferencias con otros operadores espaciales y/o terrestres (dichos operadores o usuarios pueden considerarse "externos" a la red en la que se configura el nodo espacial).

Los nodos espaciales también incorporan nuevas interfaces específicas además de las de un eNB terrestre:

- una o más interfaces de datos estandarizadas a/desde cualquier carga útil alojada en el satélite, ya sea observación de la Tierra, ciencia o navegación;
- 10 • una interfaz de datos de control (CDI) a un controlador a bordo, como se describe más adelante.

Por consiguiente, además de las adaptaciones físicas requeridas para permitir que un nodo espacial funcione en un entorno espacial, un nodo espacial contiene adaptaciones funcionales con respecto al eNB para permitir aplicaciones basadas en el espacio, así como adaptaciones de protocolo para dar cuenta de los problemas de latencia y Doppler del funcionamiento basado en el espacio.

Mediante la disposición que se muestra en la figura 1, combinando los activos terrestres existentes con los nodos espaciales de la presente invención, se pueden lograr los siguientes efectos:

- integración completa entre redes espaciales y terrestres;
- 20 • confederación de múltiples tipos de activos espaciales, como los satélites de observación de la Tierra y ciencia;
- incorporación de reglas de espectro específicas para satélites y planificación de frecuencias para mitigar el sistema intersatelital, el sistema intrasatelital y las interferencias espacio/tierra;
- adaptabilidad a entornos de radiofrecuencia que cambian rápidamente debido a las constelaciones de satélites no geoestacionarios que forman parte de los activos confederados.
- 25 • la capacidad de RF para llegar a pequeños terminales de "teléfonos inteligentes" se modifica solo según sea necesario para permitir el acceso al espectro de comunicaciones satelitales.

Estos efectos se describirán con más detalle a continuación.

- 30 La figura 2 ilustra la arquitectura de una carga útil satelital 60 según una realización de la presente invención, que se proporciona a bordo de un satélite 40 en la red mostrada en la figura 1.

La carga útil satelital contiene los siguientes componentes:

- un nodo espacial 41;
- 35 • amplificadores de bajo ruido (LNA) 42 de recepción a la frecuencia operativa de los enlaces de usuario, para la amplificación de señales débiles;
- amplificadores de alta potencia (HPA) de transmisión a la frecuencia de funcionamiento de los enlaces de usuario;
- un sistema de antena 44 en las frecuencias de enlace de usuario que tiene una pluralidad, por ejemplo, entero N, elementos capaces de generar haces con suficiente ganancia para permitir cierto nivel de reutilización de frecuencia y
- 40 soportar comunicaciones a pequeños terminales 20 de UE, tales como teléfonos inteligentes. El sistema de antena 44 puede ser cualquiera de los tipos alimentación única por haz (SFPB), reflector alimentado por matriz (AFR) o matriz de radiación directa (DRA). El LNA 42 y el HPA 43 están dispuestos entre el sistema de antena 44 y el nodo espacial 41. En la figura 2, las señales que tienen dos polarizaciones diferentes (Pol_A y Pol_B) se muestran transmitidas o recibidas a/por el nodo espacial 41;
- 45 • uno o varios subsistemas de módem 45 para uno o varios puertos digitales del nodo espacial 41 que admiten interfaces X2 y S1, que también tiene la función de convertirlos a las bandas que se utilizarán para los enlaces intersatelitales (ISL) y los enlaces al terreno según los diversos modos de retroceso que se describirán con más detalle a continuación. Las bandas en cuestión podrían ser Ku, Ka, Q, V y ópticas y una implementación de satélite dada puede usar varias bandas. El nodo espacial también puede adaptar estas frecuencias de pasarela de red e ISL para permitir que los enlaces
- 50 coexistan libres de interferencias con otros operadores espaciales y/o terrestres en cualquier frecuencia deseada;
- un subsistema de transmisión y recepción 46 en las frecuencias del modo de retroceso, en interfaz con uno o varios sistemas de antena típicamente orientables en las frecuencias relevantes;
- un controlador a bordo (OBC) 47 que se utilizará para el espectro específico de satélite y la gestión de recursos que interactúa con el nodo espacial 41 para permitir un mejor control e interacción con la funcionalidad de gestión de recursos
- 55 de radio nativa del nodo espacial 41, que se describirá con más detalle a continuación;
- este OBC interactúa con el CDI del nodo espacial 41 descrito anteriormente y con el subsistema de transmisión y recepción 46 descrito anteriormente.

- 60 Un satélite 40 equipado con la carga útil 60 descrita anteriormente es capaz de recibir señales de enlace ascendente desde una red terrestre, amplificar esas señales a través del LNA 42 y pasar las señales al nodo espacial 41. Al recibir la señal, el nodo espacial 41 realiza el control y el enrutamiento que se lograría en la interfaz aérea proporcionada por un eNB 31 en una red LTE puramente terrestre, lo que permite la integración del satélite en la red terrestre a través de un

protocolo, la integración es a la manera de una red 4G o 5G LTE, por ejemplo. Dependiendo del destino previsto de la señal, el enrutamiento espacial y la conversión de frecuencia se realizan mediante el nodo espacial 41. Por ejemplo, si la señal es para reenviar a otro satélite 40, el nodo espacial 41 dirige la señal al ISL 46 a través de un subsistema de módem apropiado 45. El ISL 46 representa un transceptor como una antena que puede comunicarse con un transceptor correspondiente en otro satélite 40 para intercambiar señales.

En este ejemplo, el OBC 47 es responsable de controlar la banda de frecuencia donde la señal debe transmitirse a través del ISL 46. La asignación de frecuencia se realiza dinámicamente, de modo que el sistema de comunicaciones puede adaptarse a diferentes enlaces de usuario y uso del espectro, señales entrantes de otros satélites a través del ISL, las necesidades de diversas aplicaciones y el posicionamiento físico. Tal estrategia permite compartir el espectro para posibilitar la coexistencia de la señal con las de otras redes espaciales y/o terrestres sin interferencia, a cualquier frecuencia deseada.

Un optimizador de recursos espaciales (SRO) basado en tierra, no mostrado, que interactúa con el OBC 47 en el espacio y en el aire a través de uno o todos los modos de retorno descritos a continuación, permite configurar los perfiles de optimización de recursos en el OBC 47. Estos perfiles comprenden, pero no se limitan a, asignaciones de frecuencia, prioridades y mapeos para todas las frecuencias de constelaciones de satélites y detalles relevantes de órbitas y efemérides. En consecuencia, el OBC 47 utiliza la información que proporciona el SRO, así como información obtenida localmente, como datos de posición y tiempo, para determinar qué información del SRO debe usarse para procesar una señal de enlace ascendente recibida. De manera similar, para las señales recibidas en el satélite a través del ISL 46, el OBC 47 puede controlar la recepción de la señal para reenviar la señal a través del nodo espacial 41 al enlace descendente, a través del HPA 43.

En una modificación de la estructura explicada anteriormente, el OBC 47 puede configurarse dentro del nodo espacial 41, en lugar de interactuar con el nodo espacial 41 a través del CDI. Por tanto, el nodo espacial 41 es capaz de implementar y realizar una asignación dinámica de recursos, lo que abre la accesibilidad a la gran escala que proporcionan los activos espaciales. Como ejemplo, un dispositivo UE, como un terminal móvil 21, puede comunicarse directamente con un nodo espacial 41 de la misma manera que lo haría convencionalmente con un eNB 31, con solo la capacidad de transmitir datos a una frecuencia de radio adecuada para la comunicación con el nodo espacial 41 requerido. El nodo espacial 41 puede hacerse cargo del enrutamiento posterior de datos a través de la red ubicua. En una realización, el nodo espacial 41 puede enviar una señal de control al terminal móvil 21 para seleccionar una frecuencia de transmisión particular que depende de los recursos y el tráfico disponibles.

La carga útil satelital 60 de la figura 2 se puede proporcionar como un kit para la instalación en un satélite convencional y su posterior lanzamiento al espacio con el satélite. Alternativamente, la carga útil puede instalarse en plataformas de gran altitud (HAPS). En el espacio, la carga útil 60 puede interactuar con otros componentes de misión 51 que la acompañan en el mismo satélite o en satélites diferentes, a través de una interfaz estandarizada.

Los modos de comunicación de retorno mencionados anteriormente se describirán ahora respecto a la figura 3. En terminología de telecomunicaciones, el "backhaul" se refiere al enlace entre la red central y las unidades de subred, como una estación base. El backhaul puede verse como un enlace del primer nivel de dispositivos inalámbricos a una red terrestre central cableada. En la red de la figura 1, por ejemplo, la red de retorno se relaciona con el enlace entre los dispositivos EPC 30, como un MME 32 y los satélites 40. En terminología de telecomunicaciones, "backhaul" contrasta con "fronthaul", que es el enlace que conecta los nuevos dispositivos de red a los dispositivos conectados al núcleo a través del backhaul. Un ejemplo es el enlace entre un cabezal de radio remoto y una estación base inalámbrica.

Hay cuatro modos de comunicación de retorno en la red de la figura 1, y estos se ilustran en la figura 3. Estos se denominarán modos de backhaul (BM) 1 a 4, y cada modo puede adoptar un esquema de modulación o frecuencia de transmisión diferente y relacionarse con diferentes aspectos del control de un nodo espacial. Los cuatro modos de retroceso explican los problemas de latencia y Doppler de la operación basada en el espacio.

BM1 describe la comunicación indirecta a través de un satélite geoestacionario 53, por ejemplo, entre un nodo espacial 41 y una puerta de enlace terrestre 52 a las redes terrestres.

BM2 describe la comunicación directa entre un nodo espacial 51 y entidades terrestres eNB 31, MME y S-GW 32 equipadas con transceptores adecuados para la comunicación con el espacio, y esta comunicación es posible si estas entidades se modifican adecuadamente para interactuar directamente con los satélites 40.

BM3 describe la comunicación directa entre un nodo espacial 41 y una puerta de enlace a tierra 52 a las redes terrestres.

BM4 describe los enlaces entre satélites (ISL) a los satélites de nodo espacial.

BM1-4 cubre todos los tipos de comunicación posibles entre los activos terrestres y los activos de la red basados en el espacio según una realización de la presente invención. En cualquier ruta de comunicación particular entre dos nodos de red, se pueden usar algunos o todos los modos.

5 BM1 a BM3 se utilizan para la gestión de recursos y transportan comunicaciones S1 y X2. Las comunicaciones de gestión de recursos incluyen aquellas descritas anteriormente entre un SRO en tierra y un satélite OBC47. BM4 lleva comunicaciones X2. Según las especificaciones de la arquitectura LTE, las comunicaciones S1 representan aquellas entre un eNB31 y el paquete core30, y las comunicaciones X2 representan aquellas entre los eNBs31 vecinos. En consecuencia, la analogía entre las comunicaciones de red terrestre y las redes que utilizan realizaciones de la presente
10 invención se puede ver a través de la inclusión de comunicaciones X2 en el espacio como modos BM1 y BM4. En otras palabras, mediante la presencia de los nodos espaciales 41 que imitan la funcionalidad de un eNB 31 terrestre, los beneficios de la comunicación LTE terrestre también se pueden lograr en el espacio en enlaces entre satélites, por ejemplo.

15 La figura 4 ilustra la arquitectura de un nodo espacial 41 según una realización de la presente invención. Físicamente, el nodo espacial es una entidad de red que tiene la forma de un transceptor de estación base portátil que se puede fijar a un satélite, y el término "nodo espacial" refleja el papel lógico y la posición física de esta entidad en la red.

El nodo espacial 41 contiene blindaje térmico y electromagnético 71 en su exterior para garantizar que sea apto para
20 operar en el entorno espacial y para asegurar que sobreviva a un proceso de lanzamiento. El blindaje 71 puede ser de cualquier forma adecuada para la protección de componentes electrónicos en el espacio que conozca la persona experta. También se proporciona un montaje interno seguro de bastidores de hardware en la carcasa del nodo espacial 41.

El nodo espacial 41 comprende un controlador central 72 que controla el funcionamiento de los otros componentes del
25 nodo espacial 41 y que puede interactuar con el OBC 47 en el satélite en el que se aloja. En otra realización, el controlador 72 puede ser el propio OBC 47. El nodo espacial 41 comprende módulos de interfaz de transmisión y recepción 73, 74, que son capaces de soportar la transmisión y recepción de datos de telecomunicaciones hacia y desde el HPA 43 y el LNA 42, como se describió anteriormente. El controlador 72 está dispuesto para controlar los módulos de interfaz 73, 74 sobre la base de la información recibida de un SRO, de modo que la asignación de espectro para la transmisión y la
30 sintonización de los receptores del nodo espacial 41 puede realizarse de manera apropiada. Además, el controlador, en combinación con los módulos de interfaz 73, 74, el módulo de cifrado 77 y el módulo de descifrado 79 (descrito a continuación), admite el acondicionamiento de señal para los diversos modos de transmisión LTE, incluido MIMO. El nodo espacial también contiene módulos de interfaz de red 80 que interconectan los subsistemas de módem 45 para proporcionar y soportar BM 1-4.

35 El nodo espacial 41 comprende un módulo de potencia 75 para proporcionar potencia operativa a los componentes del nodo espacial. La potencia puede derivarse de paneles solares en el satélite en el que se aloja y regularse adecuadamente por el módulo de potencia. Por simplicidad, las conexiones desde el módulo de alimentación 75 a los otros componentes del nodo espacial 41 no se muestran.

40 El nodo espacial 71 comprende una serie de módulos de control subsidiarios que incluyen, entre otros, un módulo de gestión de red (NMM) 76, un módulo de cifrado, modulación y codificación 77 y un módulo de descifrado, demodulación y decodificación 79. Se pueden incluir módulos de control de propósito general 78 adicionales para la expansión de la funcionalidad a través de la programación in situ mediante señales de control proporcionadas al nodo espacial desde una
45 estación terrestre. Estos módulos de control están dispuestos para conectarse al controlador central 72, y se apagan hasta que estén operativos.

El NMM 76 realiza la funcionalidad local central y permite que parte de la funcionalidad del EPC 30 terrestre, como S-GW y MME, se proporcione localmente en el satélite, lo que podría mejorar la latencia. El NMM 76 realiza al menos una gestión
50 de sesión, control de transferencia y gestión de recursos de radio, que se puede denominar colectivamente "configuración de red inteligente". En términos generales, para una solicitud particular de datos o servicios, el NMM 76 puede determinar qué comunicaciones deben realizarse para obtener esos datos o proporcionar el servicio, y controlar dichas comunicaciones en consecuencia. Los datos pueden enviarse a otro nodo espacial 41 a través de BM4, a la red terrestre a través de una puerta de enlace basada en el espacio proporcionada en un satélite geoestacionario 53 a través de BM1,
55 directamente a una puerta de enlace terrestre 52 a través de BM3, o a un S-GW 32 apropiado a través de BM2. El NMM 76 también puede realizar una modulación o demodulación apropiada de datos a una frecuencia determinada por la información recibida del controlador o SRO, aunque, en una realización alternativa, dicha funcionalidad puede delegarse en los propios módulos de interfaz 73, 74.

60 La programación de cualquiera de estas comunicaciones se puede realizar en función de las prioridades, la disponibilidad de los servicios, la información proporcionada en relación con el movimiento de un dispositivo UE 20, etc. La disponibilidad de recursos puede ser una función clave de dicha programación, y el NMM 76 puede determinar las posiciones relativas

y las disponibilidades de otros satélites 40 o eNB terrestres 31, o el ancho de banda del espectro disponible, para determinar si se puede lograr una comunicación particular. Según el número de comunicaciones que se pueden realizar con otros dispositivos y la posición del nodo espacial 41, que puede derivarse de la información recibida en el OBC 47 de, por ejemplo, sensores satelitales locales o componentes, el NMM 76 también puede controlar la disponibilidad del
 5 nodo espacial 41 como recurso para su uso en comunicaciones desde otros nodos espaciales. De esta manera, junto con la información de asignación de frecuencia proporcionada por el SRO, el NMM 76 logra la asignación dinámica de recursos.

Por lo tanto, el NMM 76 es un módulo de software inteligente que contiene una serie de algoritmos diseñados para
 10 optimizar la comunicación a través de la red espacial terrestre de la presente invención, utilizando los principios de dicha operación utilizados en los eNB terrestres 31 convencionales. Sin embargo, el NMM 76 proporciona además la adaptación requerida para un nodo espacial 42 para soportar la comunicación según los modos BM1-BM4, en función de la determinación de los recursos disponibles en el espacio y la asignación dinámica de recursos. El NMM 76 determina la información de sesión, incluida la información de asignación de recursos y/o la información de transferencia, que se
 15 proporciona al controlador 72 para controlar las interfaces de transmisión y recepción.

Además, el nodo espacial 41 puede comprender (no se muestra) una serie de etapas de procesamiento de señales tales como convertidores, amplificadores y filtros de ruido de analógico a digital y de digital a analógico para garantizar que el intercambio de datos entre las etapas de control sea fiable. También se pueden proporcionar medios para identificar
 20 específicamente interferencias entre diferentes bandas de frecuencia y se pueden identificar interferencias inter- e intraconstelaciones. Cuando existe interferencia entre canales de comunicación que implican rutas de comunicación físicamente distintas, el procesamiento de señal descrito anteriormente puede adaptarse, permitiendo que el ruido se elimine de manera más efectiva y que se optimicen los niveles de señal. En casos en los que no es posible reducir el ruido, el controlador 72 puede identificar esto e informar al NMM de que puede actualizar su asignación de recursos, o
 25 puede informar alternativamente a una estación terrestre de que un enlace de comunicaciones particular está experimentando problemas inesperados. Las asignaciones proporcionadas por el SRO pueden actualizarse en consecuencia para evitar temporalmente el uso de un enlace en particular. Tales situaciones pueden ocurrir debido a la presencia transitoria de desechos espaciales, por ejemplo, en una línea de visión particular entre dos nodos espaciales.

No es esencial que el nodo espacial 41 realice el cifrado de todo el tráfico de datos y, en este punto, las funciones de cifrado y descifrado de los módulos 77 y 79, respectivamente, pueden no activarse en todas las realizaciones de la presente invención, sino que es posible que sea necesario el cifrado o la inclusión de códigos de corrección de errores específicos para ciertas aplicaciones. Como ejemplo, las comunicaciones BM4 a través del ISL pueden controlarse para tener un esquema de corrección de errores universal implementado por cada nodo espacial. Además, el cifrado puede
 30 incluir una forma de compresión, como la compresión del encabezado del paquete IP.

El cifrado se puede realizar utilizando una serie de algoritmos conocidos para evitar interferencias entre canales en una constelación de satélites o para proporcionar seguridad y garantizar el paso de datos a través de la red. El módulo de cifrado 77 puede configurarse adicionalmente durante el uso a través de un enlace a tierra, de modo que se puedan
 40 implementar esquemas de cifrado más sofisticados o más específicos en el futuro. Aunque en el presente documento se usa el término "cifrado", por supuesto, se puede proporcionar también el descifrado correspondiente.

Un módulo de cifrado, modulación y codificación 77 está conectado a la interfaz de transmisión 73, mientras que un módulo de descifrado, demodulación y decodificación 79, cuando se utiliza, está conectado a la interfaz de recepción 74.
 45 Cada módulo puede contener memoria integrada para almacenar datos y permitir el cifrado/descifrado apropiado, y puede almacenar una serie de algoritmos en la memoria no volátil, para la selección adecuada de una aplicación en particular.

Otra realización de la presente invención podría incluir mecanismos dentro del nodo espacial 41, los subsistemas de módem 45 y el subsistema ISL/backhaul 46 para controlar de manera óptima los recursos utilizados. Si la salida de los datos se procesa como una señal de control, por ejemplo, cuando los datos recibidos se proporcionan para controlar un nodo espacial, y el nodo espacial 41 interpreta que los datos deben transmitirse a otro espacio-nodo 41 o un eNB terrestre 31 y actúa en consecuencia, el NMM 76 determina los recursos disponibles e informa a los subsistemas de módem 45 y al subsistema ISL/backhaul 46 sobre cómo se llevará a cabo dicha transmisión adicional, de modo que la transmisión pueda controlarse en consecuencia.
 55

Aunque se ha descrito anteriormente que toda la arquitectura 60 que se muestra en la figura 2 se puede presentar como un kit para la instalación en un satélite 40, también es posible proporcionar nodos espaciales individuales 41 para la instalación y utilizar la arquitectura existente donde sea compatible. Por ejemplo, un satélite ya puede contener el hardware necesario para comunicarse con otro satélite, o circuitos de enlace ascendente y enlace descendente, como un
 60 LNA 42 y un HPA 43, por lo que se puede hacer uso de esta tecnología cuando sea apropiado, solo instalando el nodo espacial. Por esta razón, el núcleo de la presente invención puede describirse como realizado por un nodo espacial 41, con extensiones del nodo espacial y sistemas que incluyen el nodo espacial dentro del alcance de la presente invención.

La persona experta apreciará que se pueden hacer modificaciones a las realizaciones descritas anteriormente que están dentro del alcance de las reivindicaciones. Se pueden combinar características compatibles y las referencias a "un" componente se pueden interpretar como "uno o más" componentes. Los ejemplos de tales modificaciones incluyen, entre

- 5 otros, los que se detallan a continuación:
- en el enlace de usuario de la carga útil satelital se pueden usar dos o más elementos de antena para admitir la interfaz aérea de entrada múltiple salida múltiple (MIMO) que LTE define para mejorar el rendimiento del enlace.
 - como una extensión del punto anterior, múltiples satélites pueden estar involucrados en una comunicación usando MIMO, o para apoyar y/o mejorar los sistemas MIMO masivos propuestos para 5G.
- 10 • la radio avanzada definida por software (SDR) y las técnicas de radio cognitiva se pueden usar en el nodo espacial para permitir:
- reconfigurabilidad para evoluciones de la interfaz aérea.
 - mejor interoperabilidad y menor interferencia entre redes espaciales y terrestres.
 - mayor capacidad de seguridad para ciertas aplicaciones.
- 15 • un nodo espacial puede tener una capacidad de formación de haz inherente limitada, pero esto puede extenderse para incluir las coberturas de haz adaptativo de un AFR o DRA para permitir:
- reconfiguración dinámica en órbita para optimizar el conjunto de haces para los patrones de tráfico y la ubicación del satélite.
 - reconfiguración dinámica en órbita para optimizar el conjunto de haces para mitigar las interferencias.
- 20 • es posible alojar el nodo espacial 41 en uno o una combinación de satélites geoestacionarios, satélites geosíncronos, satélites LEO, satélites MEO. La arquitectura de la invención permite que esta funcione a través de las diferentes tecnologías.

El nodo espacial descrito en esta invención puede admitir completamente los servicios LTE/4G y, en última instancia, 5G, capaces de interoperar completamente con las redes LTE terrestres y utilizar las amplias funciones de red avanzadas que ofrece LTE, haciendo uso de las interfaces establecidas para los usuarios y otros nodos LTE adaptados para el entorno espacial de los nodos espaciales. El experto también apreciará que no es necesario configurar la presente invención exclusivamente sobre los principios de una red LTE. El principio descrito aquí es imitar ciertos aspectos de las redes de comunicación terrestre a través de una entidad de red adaptada para su uso en el espacio, a fin de facilitar los medios a

25 través de los cuales se puede desarrollar una red global ubicua. En el futuro, por ejemplo, es posible que el nodo espacial no imite la funcionalidad de control de un eNB, sino la de una estación transceptora definida según un nuevo protocolo, y tales modificaciones futuras están destinadas a formar parte del alcance de las reivindicaciones, a través de la definición funcional del nodo espacial que se proporciona.

- 35 Aunque las redes de realizaciones de la presente invención pueden proporcionar una red ubicua por sí mismas, también pueden verse como los bloques de construcción, o la "columna vertebral" del desarrollo futuro de la red. Por ejemplo, la red que se muestra en la figura 1 puede verse como una versión "mejorada" de un núcleo de paquetes terrestres, y los operadores como los proveedores de servicios de red, gobiernos, ejércitos, etc. pueden aprovechar la funcionalidad de este núcleo mejorado al unirse a la red a través de la conexión a los recursos existentes, dejando el problema previo de
- 40 asignación de frecuencia, por ejemplo, a uno o más nodos espaciales. El núcleo mejorado puede proporcionar la base de la comunicación en un "estado futuro", en el que no se necesitan satélites individuales basados en misiones, pero los nodos espaciales a bordo de satélites existentes pueden proporcionar los medios necesarios para permitir dicha comunicación con un número de terminales o sensores utilizados en vehículos espaciales o aéreos para misiones particulares. Por lo tanto, las misiones se pueden configurar utilizando una serie de componentes como "bloques de
- 45 construcción" que pueden interoperar a través de interfaces estandarizadas con uno o más nodos espaciales de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Una carga útil satelital (60), que comprende:
un nodo de red (41), donde el nodo de red comprende:
 - 5 una interfaz de transmisión (73) para transmitir señales de radiofrecuencia;
una interfaz de recepción (74) para recibir señales de radiofrecuencia;
donde las interfaces de transmisión y recepción están dispuestas para interactuar con una red terrestre y una red espacial;
un módulo de gestión de red (76) dispuesto para determinar el control de transferencia y la información de gestión de recursos de radio utilizando las posiciones y disponibilidades de recursos de comunicaciones en la red terrestre y espacial;
 - 10 un controlador (72) dispuesto para controlar la interfaz de transmisión y la interfaz de recepción según el control de traspaso y la información de gestión de recursos de radio determinada por el módulo de gestión de red para permitir que el satélite funcione como parte de la red terrestre.

2. Una carga útil satelital según la reivindicación 1, donde la información de gestión de recursos de radio
15 incluye información de asignación de recursos.

3. Una carga útil satelital según la reivindicación 2, donde la información de asignación de recursos incluye información relacionada con el tráfico de comunicaciones y la posición y disponibilidad de las entidades de la red.

- 20 4. Una carga útil satelital según la reivindicación 2 o la reivindicación 3, donde la información de asignación de recursos comprende información de uso de frecuencia que permite que las señales transmitidas y/o recibidas por las respectivas interfaces de transmisión y/o recepción coexistan con señales asociadas a usuarios espaciales y/o terrestres externos sin interferencia.

- 25 5. Una carga útil satelital según cualquiera de las reivindicaciones anteriores que proporciona la misma funcionalidad de control de red que la interfaz entre un dispositivo de equipo de usuario y un núcleo de paquete en una red terrestre.

6. Una carga útil satelital según la reivindicación 5, donde la red terrestre es una red LTE y el nodo de red
30 proporciona la misma funcionalidad de control de red que un nodo B evolucionado.

7. Una carga útil satelital según cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende medios (77, 79) para cifrar y descifrar datos.

- 35 8. Una carga útil satelital según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el módulo de gestión de red (76) está dispuesto para determinar la información de sesión para:
un primer modo de comunicación para comunicarse con una entidad en la red terrestre a través de una puerta de enlace satelital;
un segundo modo de comunicación para la comunicación directa con una entidad de la red terrestre;
- 40 un tercer modo de comunicación para comunicación directa con una puerta de enlace terrestre a la red terrestre; y
un cuarto modo de comunicación para comunicarse con otro satélite.

9. Una entidad de red que comprende una carga útil satelital según cualquiera de las reivindicaciones anteriores y que comprende, además, una pluralidad de antenas adaptativas conectadas a las interfaces de transmisión
45 y recepción, donde la pluralidad de antenas adaptativas soporta múltiples entradas, múltiples salidas, MIMO e interfaces aéreas.

10. Una entidad de red según la reivindicación 10 donde las antenas adaptativas están configuradas para permitir la cobertura adaptativa del haz para la reconfiguración dinámica en órbita para optimizar el conjunto de haces de
50 los patrones y la ubicación del tráfico, y la mitigación de interferencias.

11. Una entidad de red según la reivindicación 8 o la reivindicación 9, que comprende una interfaz de enlace intersatelital.

- 55 12. Una entidad de red según la reivindicación 10 o la reivindicación 11 donde el controlador (72) está dispuesto para interactuar con el controlador (47) de un satélite.

13. Un satélite que comprende la entidad de red de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12 para su uso en
60 cualquiera o una combinación de una órbita geoestacionaria, geosíncrona, órbita terrestre baja y una órbita terrestre media.

14. Un sistema que comprende el satélite de la reivindicación 13 y un dispositivo de equipo de usuario

configurado para la comunicación con el satélite.

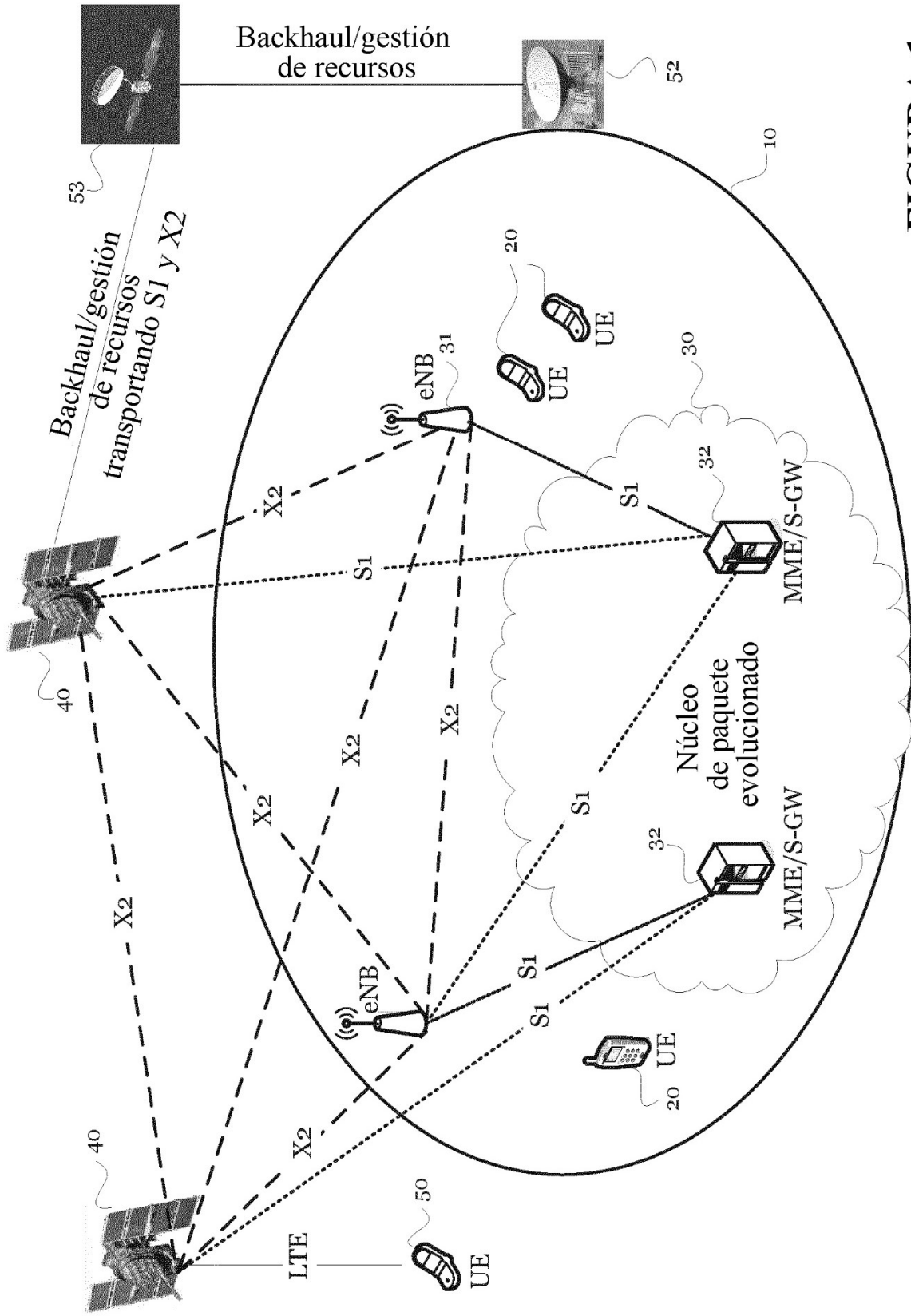


FIGURA 1

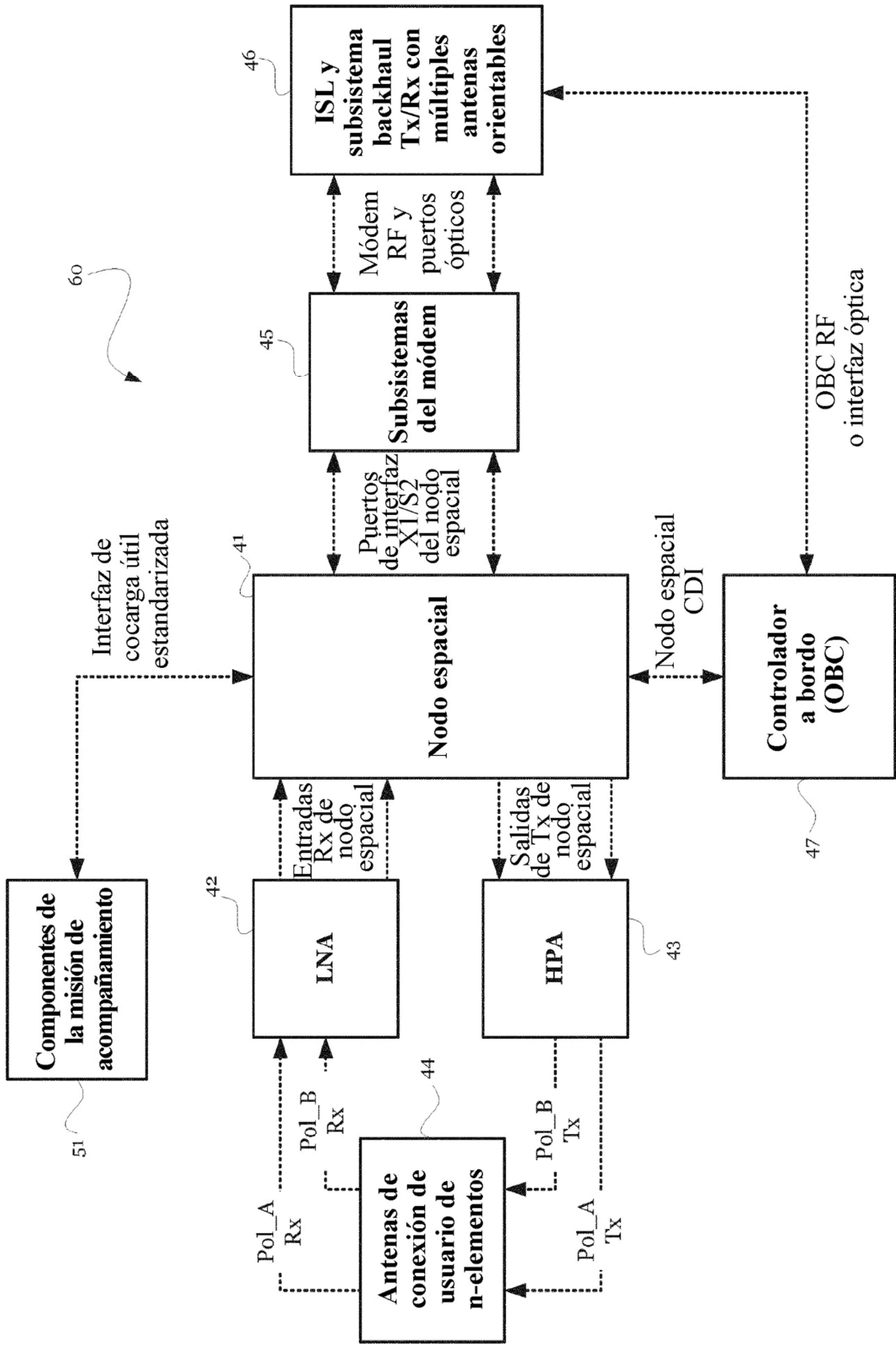


FIGURA 2

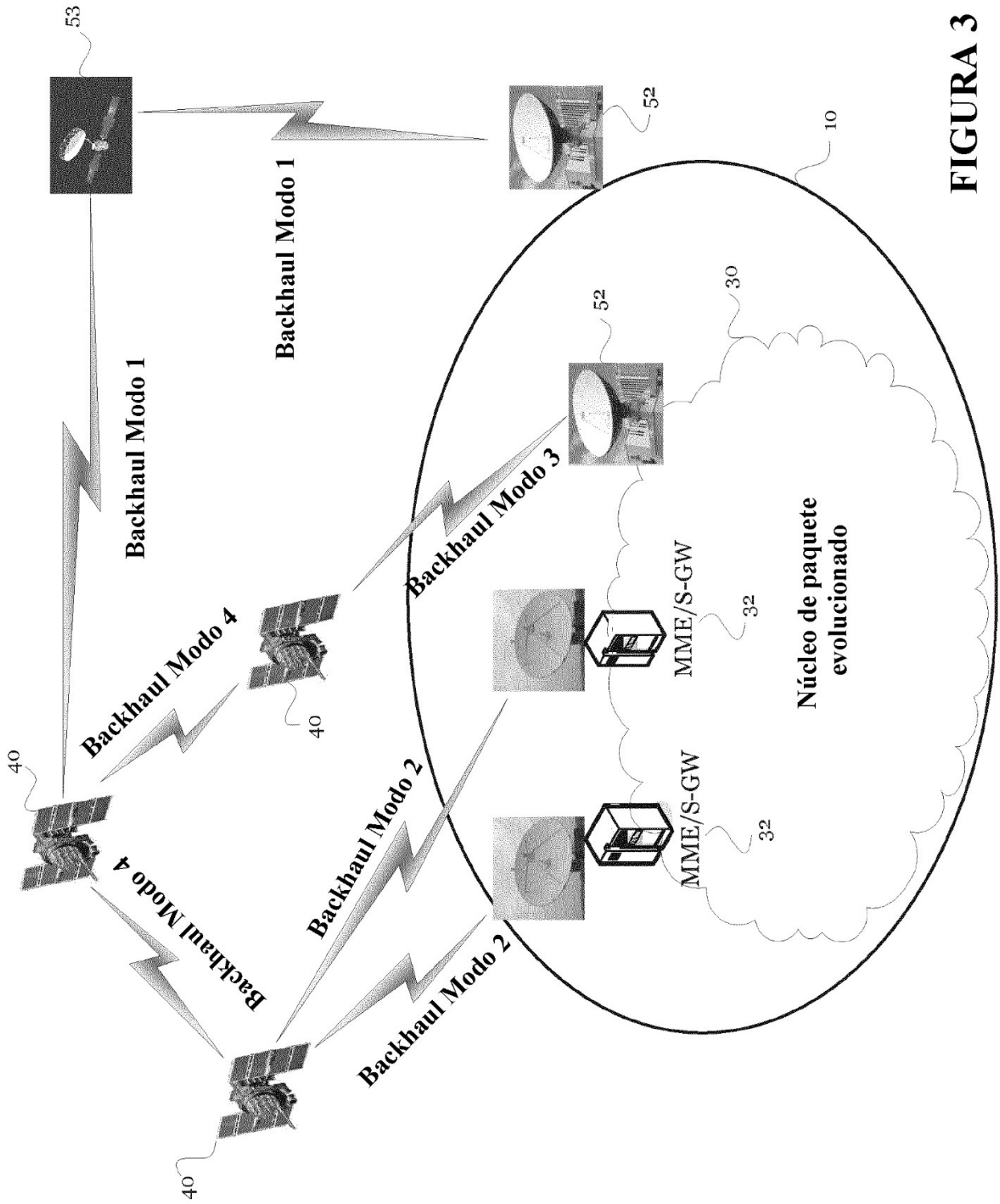


FIGURA 3

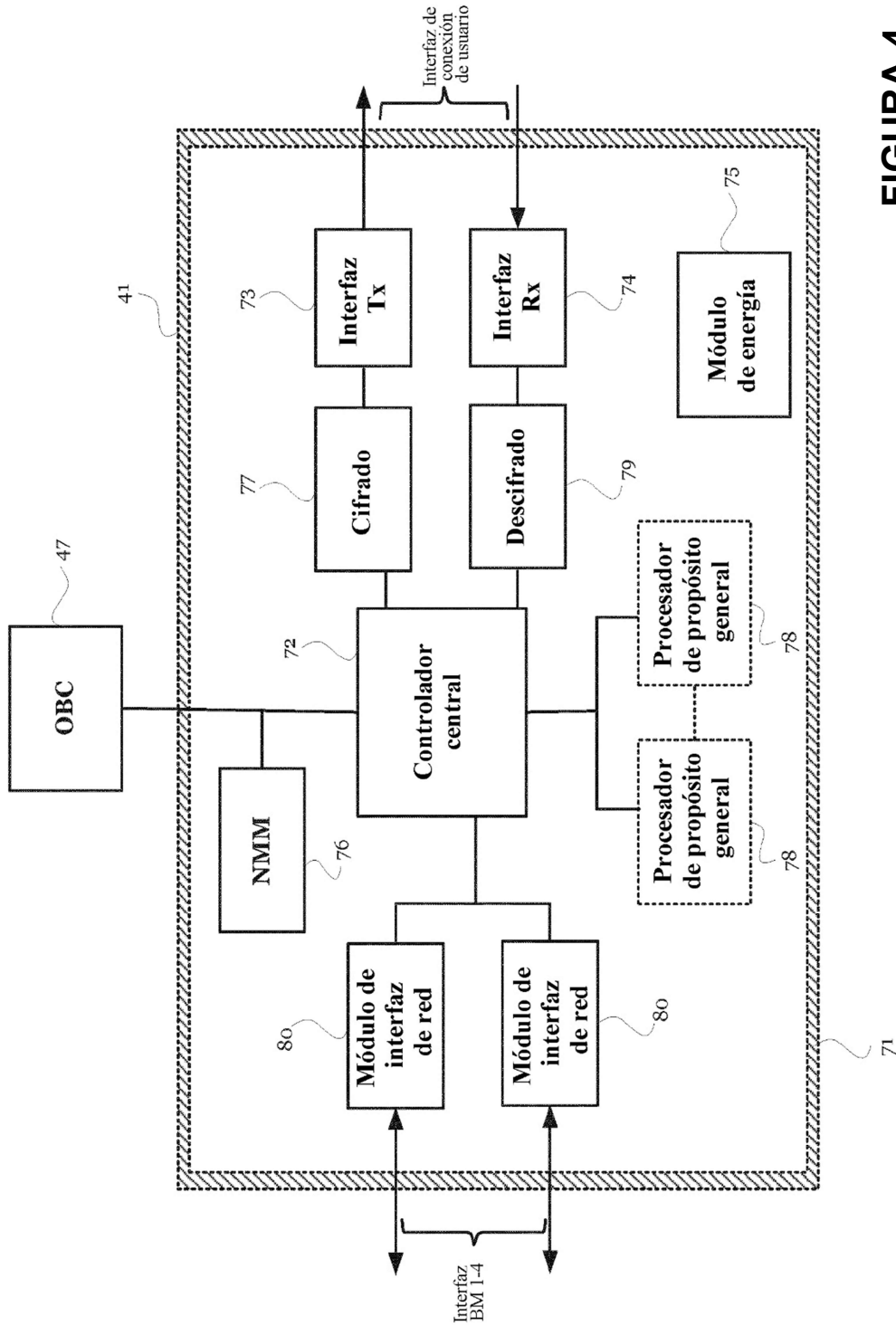


FIGURA 4