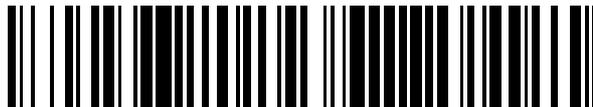


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 787**

51 Int. Cl.:

H04B 7/185 (2006.01)

H04B 7/195 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2012 E 12725029 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.08.2015 EP 2721746**

54 Título: **Sistema de comunicación por satélite, un satélite LEO que retransmite comunicaciones entre un satélite GEO y estaciones terrestres, los enlaces ascendentes y descendentes que utilizan la misma banda de frecuencias y la multiplexación temporal**

30 Prioridad:

16.06.2011 FR 1101850

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

12.11.2015

73 Titular/es:

**AIRBUS DEFENCE AND SPACE SAS (100.0%)
51-61 Route de Verneuil
78130 Les Mureaux, FR**

72 Inventor/es:

**TRONC, JÉRÔME y
DUNAT, JEAN-CHRISTOPHE**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 550 787 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de comunicación por satélite, un satélite LEO que retransmite comunicaciones entre un satélite GEO y estaciones terrestres, los enlaces ascendentes y descendentes que utilizan la misma banda de frecuencias y la multiplexación temporal

5 Campo de la invención

La invención corresponde al campo de los sistemas de transmisión de datos a gran distancia. Concieme más particularmente a los sistemas y procedimientos de comunicaciones de datos (trasferencia de datos, telemando, seguimiento de terminales...) entre usuarios provistos de pequeños terminales móviles.

Contexto de la invención y problema planteado

10 La cuestión de la transmisión de datos a gran distancia desde o hacia un terminal móvil, se plantea en particular para los enlaces entre ordenadores ("máquina a máquina" o M2M). Este campo de transmisión se caracteriza entonces por una necesidad de tasa de datos claramente menor que para enlaces de tipo imagen o Internet y/o por la capacidad de utilizar un enlace intermitente en vez de continuo.

15 Se conoce un primer planteamiento de este problema, seguido por los sistemas existentes de transmisión de datos tales como Orbcomm y Argos, los cuales utilizan constelaciones de satélites en órbita baja (LEO del inglés "Low Earth Orbit"). En este planteamiento, el modo normal de funcionamiento de cada satélite en órbita baja LEO requiere que esté, por una parte en visibilidad simultánea de una estación terrestre de control y de conexión y por otra parte de un terminal de usuario.

20 El satélite sirve entonces de enlace de comunicación entre las dos partes y el tiempo de latencia de los acuses de recibo y de los mensajes es función de la distancia entre el satélite y la estación terrestre (GES del inglés "Gateway Earth Station").

25 Sin embargo, la cobertura proporcionada por la red de estaciones terrestres de los sistemas que utilizan satélites en órbita baja, tales como Orbcomm y Argos, está limitada por el despliegue de estaciones terrestres (GES) y los sistemas existentes que proporcionan solamente una cobertura limitada de la Tierra en este modo. Cada estación terrestre permite en efecto una cobertura en un radio de unos 3.000 Km y cada uno de estos sistemas contiene una veintena de estaciones terrestres.

Se constata entonces fácilmente que las zonas de coberturas presentan grandes zonas "blancas" para las que el sistema no es utilizable. Estas zonas cubren en particular una gran parte de las zonas oceánicas, incluso una parte significativa de zonas continentales tales como África o Australia.

30 En los casos para los que el satélite LEO no tiene visibilidad simultánea del terminal de usuario y de la estación de control terrestre (GES), es necesario utilizar un método de comunicación de tipo almacenamiento y envío (método conocido por los expertos en la técnica bajo el nombre "store & forward"). En este método, el mensaje se almacena a bordo del satélite, que continúa su desplazamiento en su órbita hasta que sobrevuela la estación terrestre GES a la que entrega el mensaje almacenado.

35 Con este método de operación, los retardos de comunicación son largos y hacen difíciles las comunicaciones bidireccionales en condiciones aceptables, dado que los retardos están comprendidos típicamente entre algunos minutos y los 100 a 150 minutos de duración de una órbita completa del satélite LEO.

40 Se conocen por otro lado ejemplos de sistemas de telecomunicaciones híbridos para la transmisión de datos entre usuarios. Estos sistemas híbridos se componen de satélites geoestacionarios y de una constelación de satélites en órbita baja.

Se puede citar particularmente un primer documento de patente US 6208625.

45 Este documento describe una red formada por satélites LEO y geoestacionarios (GEO) capaces de comunicar entre ellos. En tierra, los terminales de usuario son capaces de recepción/transmisión (Rx/Tx) con los satélites LEO y GEO. La componente LEO realiza un filtrado del tráfico recibido desde los terminales y en función del aspecto urgente del tráfico recibido, encamina este tráfico o bien internamente hacia el LEO o bien hacia el GEO.

En un segundo documento de patente EP 0883252, se propone un sistema de comunicación por satélite que permite una cobertura global, una reducción del retardo de transmisión (Tx) y una maximización de la utilización de la capacidad del sistema (comunicación por satélite de banda ancha por la interconexión de varias constelaciones en órbita media – MEO – y geoestacionaria – GEO –).

50 Ver igualmente el documento US-A-2002/0132578 (Wiedeman).

Los satélites MEO y GEO comunican directamente entre ellos por enlaces entre satélites, que permiten un enrutamiento del tráfico (para la voz y para los datos) a bordo de los satélites en función de ciertas reglas.

Además, este documento propone una compartición y una reutilización del espectro entre los satélites GEO y MEO a muy altas frecuencias (por ejemplo entre 40 y 60 GHz), a fin de permitir la función continua bajo el nombre de “traspaso sin interrupción” para los terminales portátiles (paso de una red móvil a una red fija sin interrupción de la comunicación en curso).

- 5 Está claro que los sistemas híbridos actuales presentan una gran complejidad, sinónimo de coste elevado de implantación y de utilización.

Objetivos de la invención

Un objetivo de la invención es proporcionar una solución basada en satélites repetidores lo más simples posible, que ofrecen buenas prestaciones (presupuesto de enlace, disponibilidad) dentro de la cobertura de cada satélite.

10 Descripción de la invención

Según un primer aspecto, la presente invención concierne a una carga útil de satélite repetidor de un sistema de telecomunicaciones, el citado satélite repetidor que está destinado a ser puesto en órbita desplazándose por encima de la superficie de un cuerpo celeste y la carga útil que está configurada para repetir datos recibidos de un satélite estacionario por encima de la superficie del cuerpo celeste hacia un terminal sustancialmente en la superficie del cuerpo celeste y para repetir datos recibidos del terminal hacia el satélite estacionario. La citada carga útil además está configurada para:

- utilizar una misma banda de frecuencia para la repetición de datos hacia el satélite estacionario, denominada “emisión ascendente” y para la repetición de datos hacia el terminal, denominada “emisión descendente” y
- multiplexar en el tiempo las emisiones ascendentes y las emisiones descendentes.

- 20 Tales disposiciones permiten una mejor compartición de la potencia embarcada a bordo del satélite repetidor. Además, tales disposiciones permiten optimizar la arquitectura de la carga útil para reducir el coste de fabricación, la congestión y/o la masa de lanzamiento.

Se tiene que señalar que se entiende por terminal “sustancialmente en la superficie del cuerpo celeste”, particularmente los terminales de usuario terrestres, marítimos o aeronáuticos. Del mismo modo, se admite a los citados terminales ser colocados por ejemplo en medios terrestres, marítimos o aeronáuticos.

25

Se dan a continuación modos particulares de realización de la carga útil de satélite repetidor. La invención apunta igualmente a todas las combinaciones técnicamente posibles de estos modos particulares de realización.

Según un modo particular de realización, la carga útil comprende al menos un amplificador de potencia y la citada carga útil está configurada para utilizar el citado amplificador de potencia a la vez para emisiones ascendentes y para

30

Según un modo particular de realización, la carga útil comprende:

- al menos una antena de emisión ascendente,
- al menos una antena de emisión descendente,
- medios de encaminamiento de una señal a la salida del amplificador de potencia, representativa de datos a repetir o bien hacia la citada antena de emisión ascendente o bien hacia la citada antena de emisión descendente.

35

Según un modo particular de realización, la carga útil comprende medios de multiplexación, a la entrada del amplificador de potencia, señales de emisión ascendente y señales de emisión descendente.

Según un modo particular de realización, la carga útil comprende:

- una pluralidad de antenas de emisión descendente,
- medios de encaminamiento de una señal a la salida del amplificador de potencia, representativa de datos a repetir, hacia una cualquiera de dichas antenas de emisión descendente.

40

Según un modo particular de realización, la carga útil está configurada para utilizar la misma banda de frecuencia, utilizada para las emisiones ascendentes y las emisiones descendentes, para la recepción de los datos a repetir del terminal, denominada “recepción ascendente” y para la recepción de datos a repetir del satélite estacionario, denominada “recepción descendente”.

45

Según un modo particular de realización, la carga útil comprende varias antenas de recepción ascendente y la citada carga útil está configurada para recibir simultáneamente en cada una de dichas antenas de recepción ascendente.

Según un modo particular de realización, la carga útil está configurada para multiplexar en el tiempo las emisiones ascendentes y las recepciones ascendentes y/o para multiplexar en el tiempo las emisiones descendentes y las recepciones descendentes.

50

Según un modo particular de realización, la carga útil está configurada para utilizar una misma primera subbanda de frecuencia de la banda de frecuencia para las recepciones ascendentes y las emisiones ascendentes y utilizar una misma segunda subbanda de frecuencia de la banda de frecuencia para las recepciones descendentes y las emisiones descendentes.

- 5 Según un modo particular de realización, la carga útil está configurada para efectuar las recepciones ascendentes simultáneamente a las emisiones descendentes y para efectuar las recepciones descendentes simultáneamente a las emisiones ascendentes.

- 10 Según un segundo aspecto, la presente invención concierne a un sistema de telecomunicaciones, destinado a la transferencia de datos entre al menos un terminal, situado sustancialmente en la superficie de un cuerpo celeste y al menos un satélite estacionario por encima de la superficie del cuerpo celeste. El sistema comprende uno o varios satélites repetidores de señales, los citados satélites repetidores que se desplazan por encima de la superficie del cuerpo celeste y que comprenden una carga útil conforme a la invención.

Se dan en lo sucesivo modos particulares de realización del sistema de telecomunicaciones. La invención apunta igualmente a todas las combinaciones técnicamente posibles de estos modos particulares de realización.

- 15 Según un modo particular de realización, se utiliza la misma banda de frecuencia para las comunicaciones entre los terminales y la constelación de satélites repetidores para las comunicaciones entre el satélite estacionario y el satélite repetidor. Preferiblemente, cuando el terminal está en la zona de cobertura del satélite estacionario, se utiliza igualmente la misma banda de frecuencia para las comunicaciones directas entre los terminales y el satélite estacionario.

- 20 Esto facilita una ventaja significativa en relación a las soluciones de la técnica anterior. La banda de frecuencia utilizada por el sistema se puede situar en cualquiera de las bandas asignadas a los servicios de telecomunicaciones por satélite (de las bandas bajas por ejemplo UHF o VHF, hasta las altas frecuencias tales como las bandas Ka o Q). Preferiblemente, la banda de frecuencias utilizada es la banda L (entre 0,9 y 2,0 GHz) que es particularmente más adecuada a las comunicaciones móviles por satélite.

- 25 Según un modo particular de realización, el sistema comprende al menos una estación terrestre de conexión de los satélites estacionarios. Las comunicaciones entre la tierra y los satélites repetidores se aseguran por intermediación de los satélites estacionarios y de las estaciones de conexión de estos satélites estacionarios. Estas comunicaciones comprenden a la vez los intercambios de datos entre usuarios y potencialmente las comunicaciones de telex y de telex de los medios de repetición espaciales. Este modo de realización no necesita por lo tanto la utilización de estación terrestre de conexión asignada a los satélites repetidores.

- 30 Según un modo particular de realización, al menos un satélite repetidor está situado en órbita polar o casi polar (inclinación de la órbita superior a 70°) alrededor del cuerpo celeste.

Según un modo particular de realización:

- 35 - al menos un satélite repetidor comprende medios para efectuar una amplificación sin desplazamiento de frecuencia de la señal recibida del satélite estacionario,
- la interfaz aérea utilizada es una interfaz del tipo CDMA (del inglés "Code Division Multiple Access"),
- y al menos un terminal comprende medios de gestión de la llegada de dos señales que comprenden diferencias de retardo y de Doppler.

- 40 En este caso, preferiblemente, los medios de manejo de la llegada de dos señales que comprenden diferencias de retardo y de Doppler, del terminal son un receptor de tipo "rake", bien conocido por los expertos en la técnica.

Según un modo particular de realización:

- 45 - la interfaz aérea es de tipo TDMA,
- el sistema utiliza dos señales distintas: una para los satélites estacionarios y una para los satélites repetidores,
- una multiplexación temporal se utiliza para repartir la capacidad entre los satélites estacionarios y los satélites repetidores con los intervalos de guarda y una compensación previa del Doppler a nivel de los satélites repetidores.

Según un modo particular de realización, al menos un terminal comprende medios de utilización de la diversidad espacial o de las técnicas MIMO (Entrada Múltiple Salida Múltiple) para recombinar las señales que provienen a la vez de un satélite estacionario y de un satélite repetidor.

Según un modo particular de realización

- 50 - al menos un satélite repetidor retransmite la señal, de manera transparente o regenerativa, sin desplazamiento de frecuencia de la señal recibida y

- la interfaz aérea comprende medios de limitación de las interferencias a nivel de un terminal, entre las señales que provienen de un satélite estacionario y las señales retransmitidas por un satélite repetidor.

Según un modo particular de realización:

- 5 - al menos un satélite repetidor retransmite la señal, de manera transparente o regenerativa, en un canal adyacente, antes de su reemisión y
- el sistema de telecomunicaciones comprende una entidad de coordinación para coordinar los planes de frecuencias entre los satélites estacionarios y los satélites repetidores.

10 Según un tercer aspecto, la presente invención concierne a un procedimiento de telecomunicaciones, destinado a la transferencia de datos entre un terminal, situado sustancialmente en la superficie de un cuerpo celeste y un satélite estacionario por encima de la superficie del cuerpo celeste, la transferencia de datos entre el citado terminal y el citado satélite estacionario se efectúa por intermediación de un satélite repetidor configurado para repetir datos recibidos del citado satélite estacionario hacia el citado terminal y para repetir datos recibidos del citado terminal hacia el citado satélite estacionario. Además:

- 15 - el satélite repetidor utiliza una misma banda de frecuencia para la repetición de datos hacia el satélite estacionario, denominada "emisión ascendente" y para la repetición de datos hacia el terminal, denominada "emisión descendente",
- el satélite repetidor multiplexa en el tiempo las emisiones ascendentes y las emisiones descendentes.

Se dan en lo sucesivo modos particulares de aplicación del procedimiento de telecomunicaciones. La invención pretende igualmente todas las combinaciones técnicamente posibles de estos modos particulares de aplicación.

20 Según un modo particular de aplicación, el satélite repetidor utiliza un mismo amplificador de potencia a la vez para las emisiones ascendentes y las emisiones descendentes.

Según un modo particular de aplicación, el satélite repetidor utiliza la misma banda de frecuencia, utilizada para las emisiones ascendentes y las emisiones descendentes, para la recepción de datos en el repetidor del terminal, denominada "recepción ascendente" y para la recepción de datos en el repetidor del satélite estacionario, denominada "recepción descendente".

25 Según un modo particular de aplicación, el satélite repetidor multiplexa en el tiempo las emisiones ascendentes y las recepciones ascendentes y/o el citado satélite repetidor multiplexa en el tiempo las emisiones descendentes y las recepciones descendentes.

30 Según un modo particular de aplicación, el satélite repetidor efectúa simultáneamente las emisiones descendentes y las recepciones ascendentes y efectúa simultáneamente las emisiones ascendentes y las recepciones descendentes.

Según un modo particular de aplicación, el satélite repetidor utiliza una misma primera subbanda de frecuencia para la banda de frecuencia para las recepciones ascendentes y las emisiones ascendentes y utiliza una misma segunda subbanda de frecuencia de la banda de frecuencia para las recepciones descendentes y las emisiones descendentes.

Breve descripción de las figuras

35 Los objetivos y ventajas de la invención se comprenderán mejor tras la lectura de la descripción y de las figuras de modos particulares de realización, dados a título de ejemplos no limitativos y para los cuales las figuras representan:

- Figura 1: la arquitectura general del sistema,
- Figura 2: ilustración de las posiciones de satélites que se desplazan LEO y estacionarios GEO en un planisferio, en un instante dado,
- 40 - Figura 3: una tabla de órdenes de magnitud de retardos entre las señales de un satélite estacionario GEO y de un satélite que se desplaza LEO para diferentes altitudes de órbitas LEO,
- Figura 4: las zonas de cobertura de los satélites que se desplazan LEO y estacionarios GEO de la constelación descrita,
- Figura 5: un ejemplo de utilización de una banda de frecuencia en un sistema según la invención,
- 45 - Figura 6: una representación esquemática de una carga útil de un satélite que se desplaza LEO según un modo preferido de realización;
- Figura 7a y 7b: ejemplos de multiplexación temporal de comunicaciones entre un terminal de usuario, un satélite que se desplaza LEO y un satélite estacionario GEO,
- Figura 8: una representación esquemática de una carga útil según una variante del modo de realización de la
- 50 figura 6.

En estas figuras, referencias idénticas designan elementos idénticos o análogos.

Descripción detallada de modos de realización de la invención

La arquitectura de un sistema de telecomunicaciones según la invención se ilustra por las figuras 1 y 2. Como se ve en estas figuras, el sistema propuesto utiliza dos constelaciones de satélites.

5 La primera constelación está compuesta de uno o varios satélites estacionarios (igualmente llamados GEO en la siguiente descripción).

10 En el presente caso, el sistema descrito aquí a título de ejemplo no limitativo, está basado en una constelación de tres satélites estacionarios GEO1, GEO2, GEO3 situados en órbita geoestacionaria por encima de tres zonas continentales principales (por ejemplo en las longitudes 265°E, 25°E, 145°E respectivamente, tal como se ilustra en la figura 2). Los satélites estacionarios GEO1, GEO2, GEO3 operan en la banda denominada MSS L (1,5/1,7 GHz).

15 La constelación de los satélites estacionarios GEO1, GEO2, GEO3 está controlada por una o varias estaciones de control terrestres, dispuestas a la vista de los satélites estacionarios GEO1, GEO2, GEO3 que los controlan, las cuales efectúan las funciones de control y telemando. La constelación de los satélites estacionarios GEO1, GEO2, GEO3 está conectada a la red de telecomunicación terrestre por una o varias estaciones de conexión terrestres GES, dispuestas a la vista de los satélites estacionarios GEO1, GEO2, GEO3 a través de un enlace FL (del inglés "Feeder Link"), de forma continua de por sí.

20 El sistema se completa por una segunda constelación de tres satélites que se desplazan en órbita baja o media (igualmente llamados satélites LEO o satélites MEO), con órbitas de altitudes comprendidas típicamente entre 400 y 20.000 km, actuando como satélites repetidores. Está claro que el sistema puede utilizar un número mayor o menor de satélites en cada una de las constelaciones de satélites que se desplazan LEO o estacionarios GEO, la diferencia que está en una cobertura de la Tierra más o menos completa.

25 En el ejemplo descrito aquí, los satélites que se desplazan se suponen de tipo que se mueve en órbita baja (denominado LEO) y colocado en órbita heliosíncrona a una altitud de 567 km con una inclinación de 97,7° en tres planos orbitales diferentes (con ascensiones rectas del nodo ascendente a 0°, 60° y 120°). Se recuerda que la órbita heliosíncrona se define por el hecho de que cada satélite que se desplaza vuelve a pasar, después de varias órbitas, a la vista de un mismo punto de la Tierra a la misma hora solar local. El presente sistema utiliza tres satélites en órbita baja: LEO1, LEO2, LEO3, en los cuales las trayectorias de las órbitas se ilustran en la figura 2 a título de ejemplo no limitativo.

30 En este ejemplo, estos tres satélites que se desplazan en órbita baja LEO1, LEO2, LEO3, podrían ser cargas útiles embarcadas de "pasajero" en satélites en los cuales la carga útil principal se dedica a otra misión tal como, por ejemplo, la observación de la Tierra.

Está claro que la constelación de satélites que se desplazan LEO1, LEO2, LEO3, puede comprender satélites que se mueven en órbitas de altitudes o de inclinaciones diferentes.

35 Estos satélites que se desplazan LEO1, LEO2, LEO3, operan en la misma banda de frecuencia que los satélites estacionarios GEO1, GEO2, GEO3 y en el presente caso, en la banda MSS L (1,5/1,7 GHz).

El sistema de telecomunicaciones se dirige a todo usuario, particularmente móvil en la superficie de la Tierra y dotado de un terminal de emisión/recepción (igualmente llamado terminal REC).

40 En el ejemplo ilustrado por la figura 1, el sistema se dirige particularmente a un usuario equipado con un terminal de emisión/recepción REC1, que emite o que recibe datos desde o hacia otro usuario, eventualmente el mismo dotado de un terminal de emisión/recepción REC2 e igualmente eventualmente móvil en la superficie de la Tierra. El usuario REC3 puede igualmente estar conectado a una red terrestre (IP, PSTN,...) y estar conectado al usuario REC a través de la GES.

45 Cada terminal de usuario REC1 y REC2, es un terminal transportable, que comprende particularmente una interfaz de usuario, por ejemplo de tipo teclado, pantalla táctil o enlace de datos hacia un equipo electrónico, una batería y/o medios de alimentación, un procesador y/o una electrónica de control, medios de memorización de programas o de datos y medios de emisión y de recepción de señales, que funcionan en la banda de frecuencia MSS L, en el presente ejemplo descrito aquí a título no limitativo.

50 Cada terminal de usuario REC1 y REC2, está dotado en el presente ejemplo de una antena omnidireccional, adaptada para recibir señales que emanan indiferentemente de cualquiera de los satélites que se desplazan LEO1, LEO2, LEO3 en órbita baja o de cualquiera de los satélites estacionarios GEO1, GEO2, GEO3 en órbita geoestacionaria.

55 En la aplicación descrita aquí, cada terminal de usuario REC1 y REC2, comprende para la vía de ida un receptor de tipo "Rake", bien conocido por los expertos en la técnica. Se recuerda que un receptor Rake es un receptor radio, conocido originalmente para compensar la atenuación debida a los trayectos múltiples de ondas radio para los sistemas terrestres. Se basa en el concepto de que las señales reflejadas pueden ser distinguidas (típicamente en el caso de una utilización de una técnica de multiplexación CDMA) y también pueden ser combinadas de forma adaptada sacando

entonces ventaja de las múltiples propagaciones. Para la vía de retorno, los satélites estacionarios GEO se suponen transparentes y el receptor Rake está colocado a nivel de las GES (estaciones de conexión de los satélites GEO).

Se tiene que señalar no obstante que, en el caso en que los satélites estacionarios GEO fueran de tipo regenerativos, sería necesario que embarquen un receptor Rake (en sustitución del receptor colocado a nivel de la GES).

5 Una comunicación entre dos terminales de usuario REC1, REC2, dispuestos a la vista de dos satélites que se desplazan LEO1, LEO2, respectivamente y de un mismo satélite estacionario GEO1, comprende varias etapas, así como se esquematiza en la figura 1:

- el primer terminal de usuario REC1 emite una primera señal S1 hacia el primer satélite que se desplaza LEO1 en órbita baja,

10 - el satélite que se desplaza LEO1, recibe y amplifica la señal S1 emitida por el terminal de usuario REC1 a tierra y la transmite bajo la forma de señal S2 hacia el satélite estacionario GEO1 en órbita geoestacionaria,

15 - el satélite estacionario GEO1 recibe la señal S2 y, si las condiciones lo permiten, la señal S1 y las retransmite bajo la forma de señal S3 hacia el segundo satélite que se desplaza LEO2 en órbita baja o bien directamente (con un encaminamiento a bordo del satélite) o bien por intermediación de la estación de conexión GES. Las señales S1 y S2 se tratan a través de un receptor Rake o bien a bordo (en la hipótesis de un encaminamiento a bordo) o bien a nivel de la estación GES (esta solución es preferida por razones de simplificación de la implementación).

- el satélite que se desplaza LEO2, recibe y amplifica la señal S3 emitida por el satélite estacionario GEO1 y la transmite bajo la forma de señal S4 al terminal de usuario REC2 a tierra.

20 - el terminal de usuario REC2 recibe la señal S4 y potencialmente la señal S3 si las condiciones lo permiten. Un receptor Rake permite recombinar estas dos señales a nivel del terminal de usuario.

En un caso que implica terminales de usuario a la vista de dos satélites estacionarios diferentes GEO1, GEO2, el enlace entre los dos terminales de usuario comprende además un segmento de comunicación entre estos satélites, por ejemplo pero de forma no limitativa, por intermediación de estaciones de conexión GES y de enlaces de tierra o por intermediación de un enlace directo entre satélites GEO, si existe.

25 Se entiende naturalmente que es igualmente factible realizar una comunicación de un usuario REC1 que dispone de un terminal emisor/receptor móvil, con otro usuario REC3 conectado a través de una red de telecomunicaciones terrestre "clásica" (PSTN, IP, ...) a través de la estación de conexión GES.

En este caso:

30 - el primer terminal de usuario REC1 emite una primera señal S1 hacia el primer satélite que se desplaza LEO1 en órbita baja,

- el satélite que se desplaza LEO1, recibe y amplifica la señal S1 emitida por el terminal de usuario REC1 a tierra y la transmite bajo la forma de señal S2 hacia el satélite estacionario GEO1 en órbita geoestacionaria,

- el satélite estacionario GEO1 recibe la señal S2 y potencialmente la señal S1 y la retransmite bajo la forma de señal S5 hacia la estación de conexión GES,

35 - la estación de conexión GES recibe la señal S5 (combinando cuando eso es necesario las señales S1 y S2 contenidas en S5 por medio de un receptor Rake) y la transmite bajo la forma de señal S6 al terminal de usuario REC3 a tierra vía un recurso terrestre clásico.

Se señala que, en la figura 1, los enlaces directos entre los terminales de usuario REC1, REC2 y REC3 y el satélite estacionario GEO1 no se muestran a fin de simplificar la figura.

40 Se pueden considerar diferentes planteamientos para el repetidor espacial embarcado en un satélite que se desplaza LEO1, LEO2, LEO3.

45 Supongamos, preferencialmente, una simple amplificación sin desplazamiento de frecuencia de la señal recibida del satélite estacionario GEO. Sin embargo, esto implica la utilización de una interfaz aérea capaz de soportar la llegada de dos señales que comprenden algunas diferencias de retardo y de Doppler. Este es por ejemplo el caso de una interfaz aérea de tipo CDMA ("Acceso Múltiple por División de Código") asociada a un receptor Rake.

50 Supongamos, alternativamente, la utilización de dos señales distintas (una para el satélite estacionario GEO y una para el satélite que se desplaza LEO). Por ejemplo es posible utilizar una interfaz aérea de tipo TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo), conocida de por sí, considerando supongamos una multiplexación temporal para repartir la capacidad entre los satélites que se desplazan LEO y estacionario GEO (con intervalos de guarda y una compensación previa del Doppler a nivel del satélite que se desplaza LEO). Alternativa o complementariamente, es posible igualmente utilizar dos canales diferentes de la banda de frecuencia (uno para el satélite estacionario GEO y uno para el satélite que se desplaza LEO).

En la aplicación descrita aquí a título de ejemplo, el primer planteamiento se ha seleccionado porque ofrece una solución simple y eficaz.

5 Explota de hecho la diversidad de los satélites puesto que las señales que vienen tanto de los satélites que se desplazan LEO como estacionario GEO pueden ser combinadas en un receptor Rake para obtener una mejor relación señal a ruido. Esta técnica, de mejora de la relación de señal a ruido, permite obtener una tasa de error de transmisión (“tasa de error de bit”) inferior, una menor potencia de transmisión EIRP (Potencia Eficaz Radiada Isotrópicamente) o un mayor margen en el presupuesto del enlace.

10 Por otro lado, para un terminal de usuario REC, a la vista simultáneamente de un satélite que se desplaza LEO y de un satélite estacionario GEO, si las condiciones de propagación entrañan la pérdida de un enlace hacia uno de los satélites en los que está conectado (debido a la evolución de la geometría del enlace con el satélite que se desplaza LEO que varía en función del tiempo o debido a obstáculos en la línea de visión de uno de los dos satélites que se desplazan LEO y estacionario GEO), el otro enlace puede permitir mantener la comunicación.

15 Este concepto de simple amplificación sin desplazamiento de frecuencia de la señal recibida del satélite estacionario GEO, puede ser aplicado gracias a la posibilidad ofrecida por el receptor Rake, incluso en el terminal de usuario REC, de combinar diferentes señales que vienen de diferentes caminos que provienen de un satélite que se desplaza LEO y de un satélite estacionario GEO.

20 En el escenario de comunicaciones de datos por satélite, que hace el objeto de la presente aplicación, la componente multitrayecto generalmente es despreciable. En este caso, el receptor Rake se utiliza simplemente para combinar varias señales directas que provienen de varios satélites que se desplazan LEO y estacionarios GEO, puesto que las diferentes señales pueden ser consideradas como componentes de “trayectos múltiples” ficticios.

Las señales recibidas entonces se pueden combinar en el terminal de usuario REC según tres algoritmos principales, conocidos por los expertos en la técnica y por lo tanto no descritos más adelante aquí:

- por una selección de la mejor señal (conocida bajo el término inglés de “selection combining”),
- por una simple combinación igual de las señales (conocida bajo el término inglés de “equal gain combining”) o
- 25 - por una recombinación ponderada de las señales para maximizar la relación señal a ruido total (conocida bajo el término inglés de “Maximal Ratio Combining” o MRC). Este algoritmo es la solución preferida porque es el de más rendimiento en términos de relación señal a ruido obtenida.

30 Una de las preguntas esenciales relacionadas con la combinación de señales es que cada vía seguida tiene una longitud eventualmente muy diferente debido a la posición relativa de los elementos: usuario – satélite que se desplaza LEO – satélite estacionario GEO. A fin de equilibrar la diferencia de tiempo de propagación, que varía igualmente en el tiempo, deben ser previstos almacenadores temporales de datos adecuados a nivel del receptor Rake. El dimensionamiento de estos almacenadores temporales depende de la diferencia de retardo en el peor caso entre las diferencias de caminos y del caudal máximo de transferencia de datos utilizado.

35 En el sistema propuesto, la diferencia de tiempo permanece inferior a 5 ms para la constelación de satélites que se desplazan LEO1, LEO2, LEO3 considerados. La tabla de la figura 3 da algunos órdenes de magnitud de retardos para diferentes altitudes de órbitas bajas en relación a un satélite estacionario GEO en órbita geoestacionaria.

Conviene señalar igualmente que los servicios de comunicación considerados para el sistema según la invención, son preferiblemente transmisiones de bajo caudal de datos. De este modo, el tamaño del almacenador temporal de datos necesario se mantiene razonable.

40 Con este planteamiento que utiliza un receptor Rake, en el caso de una técnica de multiplexación CDMA, los satélites que se desplazan LEO y estacionario GEO comparten en gran parte la misma banda de frecuencia (banda MSS L en el presente ejemplo) sin generar interferencias perjudiciales.

45 La planificación de las frecuencias y las cuestiones de cobertura se deben igualmente tener en consideración, puesto que las zonas de cobertura LEO y GEO deben ser coordinadas para asegurar un funcionamiento correcto del sistema. En el planteamiento propuesto, la cobertura de los satélites estacionarios GEO está compuesta de un haz global que cubre la integridad de la superficie visible de la Tierra. Este planteamiento permite evitar o limitar los procedimientos de transferencia para los satélites que se desplazan LEO (conocidos por los expertos en la técnica bajo el término “traspaso”) entre diferentes haces que provienen de uno (o varios) satélites estacionarios GEO. La cobertura LEO por lo tanto está incluida en la cobertura del GEO como se ilustra en la figura 4. Los satélites que se desplazan LEO por lo tanto retransmiten simplemente las señales de los satélites estacionarios GEO bajo los que están situados.

En el ejemplo anterior:

- el satélite que se desplaza LEO1 retransmite las señales desde y hacia el satélite estacionario GEO1,
- los satélites que se desplazan LEO2 y LEO3 retransmiten las señales desde y hacia el satélite estacionario GEO2.

No hay ningún satélite que se desplaza LEO en la cobertura del satélite estacionario GEO3 en el instante ilustrado por la figura 4. De hecho, el satélite que se desplaza LEO3 está, en este momento, conectado al satélite estacionario GEO2.

5 A medida que un satélite que se desplaza LEO cualquiera se desplaza en la zona de cobertura de los satélites estacionarios GEO, puede estar en la visibilidad de diferentes satélites estacionarios GEO. Sin embargo, se supone que en un instante dado se conecta a un satélite geoestacionario único. Cuando varios satélites estacionarios GEO están en la zona de visibilidad de los satélites que se desplazan LEO, se pueden adoptar diferentes estrategias para la elección del satélite estacionario GEO al que el satélite que se desplaza LEO se debe enganchar (por ejemplo con un criterio de mejor señal recibida a nivel del satélite que se desplaza LEO o un criterio geométrico de minimización de la distancia entre el satélite que se desplaza LEO y el satélite estacionario GEO que es predecible por adelantado en base a las efemérides del satélite). En el ejemplo anterior el satélite que se desplaza LEO está conectado al satélite estacionario GEO proporcionando la mejor señal recibida.

15 Con estas hipótesis, no es necesario concebir estrategias complejas de planificación de frecuencias y todos los satélites (los tres satélites estacionarios GEO y los tres satélites que se desplazan LEO) pueden operar por ejemplo en un único canal de la banda de frecuencia utilizada, con una multiplexación del tipo CDMA.

Contrariamente al planteamiento de la técnica anterior de tipo Orbcomm o Argos, el sistema propuesto es capaz de proporcionar comunicaciones de datos bidireccionales, basadas en el hecho de que el satélite estacionario GEO retransmite las comunicaciones de los satélites que se desplazan LEO.

20 Según este planteamiento, una vez que el terminal de usuario REC1, REC2 está en la zona de cobertura de un satélite que se desplaza LEO1, LEO2, LEO3, es posible comunicar de forma bidireccional y en tiempo real con él. No hay más exigencia de visibilidad simultánea por el satélite que se desplaza LEO1, LEO2, LEO3, del terminal de usuario REC1, REC2 y de una estación de conexión terrestre, que permite entonces considerar una cobertura completa de la Tierra.

25 El retardo, para comunicar con un terminal de usuario REC1 en tierra es entonces únicamente función de la frecuencia de paso de los satélites que se desplazan LEO1, LEO2, LEO3, que depende directamente de la órbita elegida para estos satélites y del número de estos satélites (que puede llegar hasta una cobertura continua del conjunto de la tierra).

La figura 5 representa esquemáticamente la utilización, por un sistema de telecomunicaciones según la invención, de una misma banda de frecuencia, para las comunicaciones entre terminales de usuario REC y satélites que se desplazan LEO y para las comunicaciones entre los citados satélites que se desplazan LEO y satélites estacionarios GEO.

30 La figura 5 representa más particularmente un ejemplo de utilización de la banda L para aplicaciones del tipo MSS.

35 Tal como se ilustra por la figura 5, la banda L está organizada en subbandas utilizadas o bien para las comunicaciones ascendentes (de un terminal de usuario REC hacia un satélite que se desplaza LEO y/o un satélite estacionario GEO y de un satélite que se desplaza LEO hacia un satélite estacionario GEO) o bien para las comunicaciones descendentes (de un satélite estacionario GEO hacia un satélite que se desplaza LEO y/o un terminal de usuario REC y de un satélite que se desplaza LEO hacia un terminal de usuario REC). En este ejemplo, la banda L corresponde sustancialmente a las frecuencias comprendidas entre 1,518 GHz y 1,675 GHz y:

- la subbanda utilizada para las comunicaciones descendentes corresponde a las frecuencias comprendidas entre 1,518 y 1,559 GHz,

40 - la subbanda utilizada para las comunicaciones ascendentes corresponde a las frecuencias comprendidas entre 1,6265 y 1,6605 GHz y a las frecuencias comprendidas entre 1,668 y 1,675 GHz.

45 La utilización de subbandas de frecuencia distintas de la banda L para las comunicaciones ascendentes y las comunicaciones descendentes corresponde a una multiplexación de frecuencia de dichas comunicaciones ascendentes y descendentes, conocida en la literatura anglosajona bajo el nombre de "Frequency Division Duplex" (FDD). Se comprenden igualmente otros tipos de multiplexación de las comunicaciones ascendentes y de las comunicaciones descendentes, como por ejemplo una multiplexación temporal o "Dúplex por División de Tiempo" (TDD), una multiplexación por reparto de códigos del tipo CDMA, etc. Sin embargo, la utilización de una multiplexación de frecuencia FDD corresponde a un modo preferido de aplicación del hecho de que las interferencias entre comunicaciones ascendentes y descendentes son reducidas y porque la utilización de una multiplexación temporal TDD puede llegar a ser compleja teniendo en cuenta retardos de propagación inherentes a los sistemas de telecomunicaciones por satélite.

50 En el ejemplo representado en la figura 5 y para una comunicación ascendente, un terminal de usuario REC emite datos en un canal dado (la subbanda de frecuencia de la banda L, utilizada para las comunicaciones ascendentes, que comprende preferiblemente varios de tales canales) en dirección de un satélite que se desplaza LEO. Preferiblemente, el satélite que se desplaza LEO repite los citados datos, de manera transparente o regenerativa, hacia un satélite estacionario GEO que utiliza el mismo canal que el utilizado por el terminal de usuario REC. Tal como se indicó anteriormente, el satélite que se desplaza LEO puede igualmente, como alternativa, repetir los citados datos en un canal adyacente de la subbanda de frecuencia utilizada para las comunicaciones ascendentes.

De manera análoga, para una comunicación descendente, un satélite estacionario GEO emite datos en un canal dado (la subbanda de frecuencia de la banda L, utilizada para las comunicaciones descendentes, que comprende preferiblemente varios de tales canales) en dirección de un satélite que se desplaza LEO. Preferiblemente, el satélite que se desplaza LEO repite los citados datos, de manera transparente o regenerativa, hacia un terminal de usuario REC que utiliza el mismo canal que el utilizado por el satélite estacionario GEO. Tal como se indicó anteriormente, el satélite que se desplaza LEO, puede igualmente, como alternativa, repetir los citados datos en un canal adyacente de la subbanda de frecuencia utilizada para las comunicaciones ascendentes.

Según una aplicación particularmente ventajosa de la invención, las emisiones ascendentes, por un satélite que se desplaza LEO al destino de un satélite estacionario GEO y las emisiones descendentes, por el citado satélite que se desplaza LEO al destino de un terminal de usuario REC se multiplexan en el tiempo. En otros términos, las emisiones ascendentes y las emisiones descendentes por un mismo satélite que se desplaza LEO se efectúan en el trascurso de intervalos de tiempo diferentes.

En efecto, una restricción importante en la concepción de una carga útil de satélite de telecomunicaciones y en su coste de fabricación, proviene de la potencia instantánea de emisión máxima que debe ser liberada. Debido a la multiplexación temporal de las emisiones ascendentes y de las emisiones descendentes, la citada potencia instantánea de emisión máxima se reduce en relación al caso de emisiones ascendentes y descendentes simultáneas. Esto es tanto más ventajoso ya que, en el caso de satélites de pequeño tamaño, la potencia instantánea de emisión máxima disponible está limitada generalmente (por ejemplo del orden de 60 a 150 W para un satélite de masa comprendida entre 100 a 200 kg).

La figura 6 representa esquemáticamente un modo preferido de realización de una carga útil 10 de un satélite repetidor que se desplaza LEO, configurado para multiplexar en el tiempo las emisiones ascendentes hacia a un satélite estacionario GEO y las emisiones descendentes hacia un terminal de usuario REC. Se señala que la carga útil 10 del satélite que se desplaza LEO puede comprender igualmente otros elementos no representados en la figura 6.

Tal como se ilustra por la figura 6, la carga útil 10 comprende una etapa radioeléctrica para las comunicaciones con el o los satélites estacionarios GEO, denominada "etapa LEO/GEO" 100, así como una etapa radioeléctrica para las comunicaciones con el o los terminales de usuario REC, denominada "etapa LEO/REC" 110.

En el ejemplo no limitativo ilustrado por la figura 6, la etapa LEO/GEO 100 comprende cuatro antenas 101 que se aplican a la vez para las emisiones ascendentes y para las recepciones descendentes. Una utilización tal de las antenas 101 a la vez para las emisiones ascendentes y para las recepciones descendentes se hace posible debido a que estas se efectúan en la misma banda de frecuencia, por ejemplo en las subbandas de frecuencia de la banda L descritas en referencia a la figura 5. Las antenas 101 pueden ser cualquier tipo adaptado, por ejemplo antenas de bocina, antenas parche, etc.

Cada antena 101 está acoplada a dos vías, una vía de emisión y una vía de recepción, por ejemplo por intermediación de un circulador 102, de tipo conocido de por sí. Este circulador 102 está adaptado a encaminar señales en la vía de emisión hacia la antena 101 y a encaminar señales recibidas por la antena hacia la vía de recepción.

Cada vía de recepción comprende un amplificador de bajo ruido o LNA 103 (acrónimo de la expresión inglesa "Low-Noise Amplifier"), que puede ser de cualquier tipo conocido de por sí.

De manera análoga, la etapa LEO/REC 110 comprende cuatro antenas 111, que son aplicadas a la vez para las emisiones descendentes y para las recepciones ascendentes, pueden ser de cualquier tipo adaptado, por ejemplo antenas de bocina, antenas parche, etc.

Cada una de las antenas 111 está acoplada a dos vías, una vía de emisión y una vía de recepción, por ejemplo por intermediación de un circulador 112, del tipo conocido de por sí. Cada vía de recepción comprende un amplificador de bajo ruido o LNA 113, que puede ser de cualquier tipo conocido de por sí.

Además la carga útil 10 comprende un amplificador de potencia o PA 120 (acrónimo de la expresión inglesa "Power Amplifier"), que puede ser de cualquier tipo conocido de por sí, por ejemplo un amplificador SSPA ("Amplificador de Potencia de Estado Sólido"), un amplificador de tubos, etc.

En el modo preferido de realización ilustrado por la figura 6, el amplificador PA 120 está compartido entre la etapa LEO/GEO 100 y la etapa LEO/REC 110. En otros términos, el amplificador PA 120 se utiliza a la vez para las emisiones ascendentes y para las emisiones descendentes. Esto se hace posible, por una parte, debido a que las emisiones ascendentes y las emisiones descendentes se efectúan en la misma banda de frecuencia, por ejemplo en las subbandas de frecuencia de la banda L descritas en referencia a la figura 5. Esto se hace posible, por otra parte, debido a que las citadas emisiones ascendentes y las citadas emisiones descendentes se multiplexan en el tiempo.

A este efecto, la carga útil 10 comprende medios de encaminamiento de una señal a la salida del amplificador PA 120, representativa de datos a repetir o bien hacia las antenas 101 de la etapa LEO/GEO 100 o bien hacia las antenas 111 de la etapa LEO/REC 110. Los citados medios de encaminamiento se presentan, en el ejemplo no limitativo ilustrado por la figura 6, bajo la forma de un circuito conmutador 121.

Igualmente a este efecto, la carga útil 10 comprende medios de multiplexación, a la entrada del amplificador PA 120, señales de emisiones ascendentes y señales de emisiones descendentes. Los citados medios de multiplexación se presentan, en el ejemplo no limitativo ilustrado por la figura 6, igualmente bajo la forma de un circuito conmutador 122.

5 La carga útil 10 comprende igualmente, acoplados a cada una de las vías de recepción, circuitos demoduladores 130, del tipo conocido de por sí, a la salida de los cuales se obtiene dos vías en cuadratura de fase conocidas bajo el nombre de vías I y Q. Las señales obtenidas en cada una de estas vías se digitalizan entonces por medio de convertidores analógico/digital 131, de tipo conocido de por sí, en vista de un tratamiento por un módulo de tratamiento 150, tal como un microcontrolador y/o una FPGA.

10 Las señales tratadas por el módulo de tratamiento 150, representativas de los datos a repetir y que se presentan bajo la forma de dos vías I y Q a emitir en cuadratura de fase, se convierten en señales analógicas por medio de convertidores digital/analógico 141. Las señales a la salida de dichos convertidores digital/analógico 141 se proporcionan entonces a la entrada de circuitos moduladores 140, de tipo conocido de por sí, que están acoplados al circuito conmutador 122 a la entrada del amplificador PA 120.

15 Además, sin que este sea representado en la figura 6, el módulo de tratamiento 150 está acoplado al circuito conmutador 122 a la entrada del amplificador PA 120 y al circuito conmutador 121 a la salida del amplificador PA 120. El módulo de tratamiento 150 está configurado además para dirigir los citados circuitos conmutadores 121, 122 de forma sustancialmente sincronizada a fin de utilizar el citado amplificador PA 120 a veces para las emisiones ascendentes, a veces para las emisiones descendentes.

20 Se entiende que el interés del modo preferido de realización ilustrado por la figura 6 reside todo particularmente en el hecho de que un mismo amplificador de potencia PA 120 se utiliza a veces para las emisiones ascendentes, a veces para las emisiones descendentes. En efecto, eso contribuye a reducir el número de amplificadores de potencia que deben ser embarcados en un satélite que se desplaza LEO, lo que presenta al menos las siguientes ventajas:

- 25 - los amplificadores de potencia son dispositivos que consumen generalmente mucha energía, la disminución del número de amplificadores de potencia necesarios permite reducir las necesidades de energía del satélite que se desplaza LEO,
- los amplificadores de potencia son dispositivos generalmente voluminosos, la disminución del número de amplificadores de potencia necesarios permite fabricar satélites que se desplazan LEO más compactos,
- esto conduce a satélites que se desplazan LEO menos costosos de fabricar y de lanzar.

30 Según una variante de realización de la carga útil 10, igualmente ilustrada por la figura 6, la etapa LEO/REC 110 comprende además medios de encaminamiento de una señal a la salida del amplificador PA, más particularmente a la salida del circuito conmutador 121, hacia una cualquiera de dichas antenas 111 de emisión descendente.

En el ejemplo no limitativo ilustrado por la figura 6, estos medios de encaminamiento se presentan bajo la forma de un circuito conmutador, denominado "circuito de exploración" 114, por ejemplo dirigido por el módulo de tratamiento 150 (comando no representado en la figura 6).

35 Debido al circuito de exploración 114, la carga útil 10 es apta, para las emisiones descendentes, para activar sucesivamente las antenas 111. Por ejemplo, si las antenas 111 son antenas directivas de direcciones de vista diferentes, esto permite explorar zonas diferentes de la superficie de la Tierra para repetir datos hacia terminales de usuario REC diferentes, emitiendo en cada una de estas zonas con la potencia instantánea de emisión máxima.

40 Preferiblemente, la citada carga útil 10 está configurada para activar simultáneamente en recepción cada una de las antenas 111 de la etapa LEO/REC 110. En otros términos, durante intervalos de tiempo en el transcurso de los cuales la carga útil 10 efectuará una recepción ascendente de datos de terminales de usuario REC, todas las antenas 111 se conectarán por su vía de recepción al módulo de tratamiento 150, que tratará las señales recibidas simultáneamente en cada una de estas antenas 111. En efecto, eso permitirá aumentar la duración durante la que podrán ser recibidas señales de terminales de usuario REC.

45 Nada excluye, siguiendo modos particulares de realización, tener un circuito de exploración 114 más complejo que permite activar simultáneamente varias antenas 111 (dos antenas de cada cuatro, tres antenas de cada cuatro, etc.) y activar sucesivamente varios grupos de antenas 111.

50 Además, nada excluye, siguiendo modos particulares de realización, prever igualmente un circuito de exploración para las antenas 101 de la etapa LEO/GEO 100. Esto puede ser ventajoso por ejemplo para comunicar con diferentes satélites estacionarios GEO, las antenas 101 que presentan entonces direcciones de vista diferentes.

55 Se señala que, en una variante de realización de la carga útil 10 de la figura 6, un mismo circuito conmutador en una entrada (acoplada al amplificador PA 120) y cinco salidas (cuatro salidas acopladas respectivamente a cada una de las cuatro antenas 111 de la etapa LEO/REC 110 y una salida acoplada a todas las antenas 101 de la etapa LEO/GEO 100) podría ser utilizado en lugar del circuito conmutador 121 (a la salida del amplificador PA 120) y del circuito de exploración 114.

Según una variante preferida de aplicación de la invención, a nivel de un satélite que se desplaza LEO, el satélite que se desplaza LEO multiplexa en el tiempo las emisiones ascendentes y las recepciones ascendentes. En otros términos, el satélite que se desplaza LEO no efectúa recepción ascendente durante intervalos de tiempo en que efectúa o es susceptible de efectuar una emisión ascendente.

- 5 Preferiblemente, el satélite que se desplaza LEO multiplexa igualmente en el tiempo las emisiones descendentes y las recepciones descendentes. En otros términos, el satélite que se desplaza LEO no efectúa recepción descendente durante intervalos de tiempo en que efectúa o es susceptible de efectuar una emisión descendente.

10 Según la invención, las comunicaciones entre terminales de usuario REC y satélites que se desplazan LEO y para las comunicaciones entre los citados satélites que se desplazan LEO y satélites estacionarios GEO, utilizan una misma banda de frecuencia.

Más particularmente, si uno se pone en el ejemplo no limitativo ilustrado por la figura 5, las comunicaciones ascendentes utilizan una primera subbanda de frecuencia de la banda L, mientras que las comunicaciones descendentes utilizan una segunda subbanda de frecuencia de la banda L.

- 15 Se entiende por lo tanto que, desde un punto de vista del satélite que se desplaza LEO, una emisión ascendente hacia un satélite estacionario GEO podrá perturbar una recepción ascendente simultánea efectuada por este satélite que se desplaza LEO, en la medida en que estas comunicaciones se efectúan en la misma subbanda de frecuencia de la banda L. Este es igualmente el caso, desde un punto de vista del satélite que se desplaza LEO, para una emisión descendente simultánea a una recepción descendente efectuada por este satélite que se desplaza LEO.

20 Tales perturbaciones podrían ser reducidas aislando la etapa LEO/GEO 100 de la etapa LEO/REC 110, pero este aislamiento se acompañará de la adición de dispositivos suplementarios de aislamiento y/o de un aumento de la distancia de las antenas 101 de la etapa LEO/GEO 100 y de las antenas 111 de la etapa LEO/REC 110. Multiplexando en el tiempo, al nivel del satélite que se desplaza LEO, se suprimen las emisiones ascendentes y las recepciones ascendentes por una parte, las emisiones descendentes y las recepciones descendentes por otra parte, de tales perturbaciones. Esta supresión se obtiene sin tener que añadir dispositivos suplementarios de aislamiento. Además, las antenas 101 de la etapa LEO/GEO 100 y las antenas 111 de la etapa LEO/GEO 110 pueden estar cercanas, por ejemplo dispuestas en caras adyacentes del satélite que se desplaza LEO.

25 Se tiene que señalar que la multiplexación temporal, a nivel de un satélite que se desplaza LEO, de las emisiones ascendentes y de las recepciones ascendentes por una parte y de las emisiones descendentes y de las recepciones descendentes por otra parte, permite simplificar grandemente la concepción de las etapas LEO/GEO 100 y LEO/REC 110 desde un punto de vista de aislamiento electromagnético. Tales disposiciones en consecuencia podrían ser consideradas independientemente de la multiplexación temporal de las emisiones ascendentes y de las emisiones descendentes, que permiten una mejor compartición de la potencia embarcada a bordo del satélite que se desplaza LEO.

30 No obstante, se entiende que la combinación de la multiplexación temporal de las emisiones ascendentes y de las emisiones descendentes y de la multiplexación temporal de las emisiones ascendentes y de las recepciones ascendentes por una parte y de las emisiones descendentes y de las recepciones descendentes por otra parte, permite la concepción de satélites que se desplazan LEO particularmente compactos y con un coste más contenido.

Las figuras 7a y 7b ilustran dos ejemplos de aplicación.

35 En estos ejemplos, se ha designado por F1 la subbanda de frecuencia utilizada para las comunicaciones ascendentes y por F2 la subbanda de frecuencia utilizada para las comunicaciones descendentes.

Se tiene que señalar que los ejemplos ilustrados por las figuras 7a y 7b se ponen desde el punto de vista del satélite que se desplaza LEO. Se señalan particularmente los puntos siguientes:

45 - una flecha ascendente F1 entre un terminal de usuario REC y un satélite que se desplaza LEO indica un intervalo de tiempo en el transcurso del cual el satélite que se desplaza LEO efectúa una recepción en la subbanda F1. La ausencia de una flecha ascendente tal F1 significa que el citado satélite que se desplaza LEO no efectúa recepción en la subbanda F1, pero no implica que el terminal de usuario REC no emita señal en la citada subbanda F1; en particular, si las condiciones lo permiten, el terminal de usuario REC puede emitir una señal directamente a la atención del satélite estacionario GEO (la coexistencia de las señales emitidas en la subbanda F1 por el terminal de usuario REC y el satélite que se desplaza LEO que puede hacerse por ejemplo con una interfaz aérea CDMA y utilización de un receptor Rake a nivel de la estación terrestre de conexión GES);

50 - una flecha descendente F2 entre un satélite estacionario GEO y un satélite que se desplaza LEO indica un intervalo de tiempo en el transcurso del cual el satélite que se desplaza LEO efectúa una recepción en la subbanda F2. La ausencia de una flecha descendente tal F significa que el citado satélite que se desplaza LEO no efectúa recepción en la subbanda F2, pero no implica que el satélite estacionario GEO no emita señal en la citada subbanda F2; en particular, si las condiciones lo permiten, el satélite estacionario GEO puede emitir una señal directamente a la atención del terminal de usuario (la coexistencia de las señales emitidas en la subbanda F2 por el satélite estacionario GEO y el satélite que se desplaza LEO que puede hacerse por ejemplo con una interfaz aérea CDMA y utilización de un receptor Rake a nivel del terminal de usuario REC).

En el ejemplo ilustrado por la figura 7a, la multiplexación temporal, a nivel de un satélite que se desplaza LEO, se articula principalmente alrededor de tres intervalos temporales I1, I2 e I3.

En el transcurso de un primer intervalo temporal I1, el satélite que se desplaza LEO efectúa las emisiones descendentes en la subbanda F2 en dirección de uno o de varios terminales de usuario REC.

- 5 En el transcurso de un segundo intervalo temporal I2, el satélite que se desplaza LEO efectúa las emisiones ascendentes en la subbanda F1 en dirección de uno o de varios satélites estacionarios GEO.

En el transcurso de un tercer intervalo temporal I3, el satélite que se desplaza LEO efectúa simultáneamente las recepciones ascendentes en la subbanda F1 y las recepciones descendentes en la subbanda F2.

- 10 Este encadenamiento de los intervalos temporales I1, I2 y I3 se efectúa preferiblemente de forma recurrente. Por ejemplo, la duración de cada uno de estos intervalos temporales puede ser de valor fijo predeterminado o variable a determinar según criterios predefinidos. A título de ejemplo, la duración de cada uno de estos intervalos temporales podrá estar comprendida entre unas pocas décimas de segundo y algunas decenas de segundos.

- 15 En un modo preferido de realización y tal como se ilustra por la figura 7b, la carga útil 10 está configurada para efectuar las recepciones ascendentes simultáneamente a las emisiones descendentes y para efectuar las recepciones descendentes simultáneamente a las emisiones ascendentes.

Tal como se ilustra por la figura 7b, la multiplexación temporal se articula entonces principalmente alrededor de dos intervalos temporales I1 e I2.

- 20 En el transcurso de un primer intervalo temporal I1, el satélite que se desplaza LEO efectúa las emisiones descendentes en la subbanda F2 en dirección de uno o de varios terminales de usuario REC, así como las recepciones ascendentes en la subbanda F1 de señales eventualmente emitidas por uno o más terminales de usuario REC.

En el transcurso de un segundo intervalo temporal I2, el satélite que se desplaza LEO efectúa las emisiones ascendentes en la subbanda F1 en dirección de uno o de varios satélites estacionarios GEO, así como las recepciones descendentes en la subbanda F2 de señales eventualmente emitidas por uno o más satélites estacionarios GEO.

- 25 Este encadenamiento de los intervalos temporales I1 y I2 se efectúa preferiblemente de forma recurrente. Por ejemplo, la duración de cada uno de estos intervalos temporales puede ser de valor fijo predeterminado o variable a determinar según criterios predefinidos. A título de ejemplo, la duración de cada uno de estos intervalos temporales podrá estar comprendida entre unas pocas décimas de segundo y unas pocas decenas de segundos.

La figura 8 representa una variante de realización de la carga útil de la figura 6, adaptada para un funcionamiento de carga útil 10 de satélite repetidor que se desplaza LEO tal como se ilustra por la figura 7b.

- 30 En relación a la carga útil 10 ilustrada por la figura 6, un número más grande de componentes se utilizan a la vez para las comunicaciones con uno o varios satélites estacionarios GEO y para las comunicaciones con uno o varios terminales de usuario REC.

Esto se hace posible por el hecho de que estas comunicaciones, desde el punto de vista del satélite que se desplazan LEO, están multiplexadas en el tiempo, como lo subraya la figura 7b.

- 35 Así, en relación a la carga útil 10 ilustrada por la figura 6, los componentes siguientes son compartidos:

- los circuitos modulares 140: la compartición de estos componentes permite reducir el número de dos a uno,
- los convertidores digital/análogo 141: la compartición de estos componentes permite reducir el número de cuatro a dos,
- los circuitos demoduladores 130: la compartición de estos componentes permite reducir el número de ocho a cuatro,
- los convertidores analógico/digital 131: la compartición de estos componentes permite reducir el número de dieciséis a ocho

- 40 En relación a la carga útil 10 de la figura 6, el circuito conmutador 122 a la entrada del amplificador PA 120 se ha suprimido, la multiplexación que se efectúa directamente por el módulo de tratamiento 150.

- 45 Por el contrario, los circuitos conmutadores 160 se han añadido a la entrada de los circuitos demoduladores 130, dirigidos por el módulo de tratamiento 150 (comando no representado en la figura), a fin de enlazar a la vez la etapa LEO/GEO 100 y la etapa LEO/REC 110.

- 50 Se entiende por lo tanto que, debido a la utilización de una misma banda de frecuencia y debido a la multiplexación temporal de las comunicaciones con los satélites estacionarios y de las comunicaciones con los terminales de usuario, es posible obtener una carga útil 10 particularmente optimizada.

Se tiene que señalar que otros componentes pueden ser igualmente compartidos, como por ejemplo los amplificadores LNA 103, 113.

Ventajas de la invención

5 Gracias a la combinación de una constelación de satélites que se desplazan LEO (que permite proporcionar un servicio de más rendimiento a las regiones polares) y de una constelación de satélites estacionarios GEO (que proporciona un servicio de calidad a las regiones ecuatoriales y a las bajas latitudes), la duración media de no visibilidad de un satélite para un terminal de usuario se encuentra anulada o fuertemente reducida en relación a los sistemas de la técnica anterior, particularmente cuando se buscan fuertes ángulos de elevación (en el caso de las comunicaciones móviles por satélite el factor de bloqueo de la señal se reduce a fuerte elevación lo que conduce a una mayor disponibilidad del servicio).

10 Se entiende que un sistema tal como el descrito permite ofrecer una disponibilidad sustancialmente aumentada (a través de una cobertura casi continua) para los usuarios inducidos a evolucionar en zonas alejadas y poco cubiertas por los sistemas de comunicaciones tradicionales. Este es el caso por ejemplo para las zonas polares, a través de una constelación en órbita polar o casi polar).

15 Además, una multiplexación adaptada de las diferentes tareas de emisión/recepción de las cargas útiles de los satélites que se desplazan LEO permite simplificar fuertemente la concepción y reducir el coste de fabricación, conservando un nivel de rendimiento elevado.

Otras ventajas de la invención aparecen particularmente bien cuando se la compara con las soluciones existentes, que utilizan o bien satélites en órbita baja o bien satélites geoestacionarios o bien constelaciones híbridas.

20 Comparado con una solución de comunicaciones por satélite que emplea una constelación de satélites en órbita baja (tal como Orbcomm o Argos por ejemplo), las ventajas facilitadas por la invención son múltiples:

- no es necesario desplegar estaciones de conexión para las comunicaciones entre los satélites que se desplazan LEO y la infraestructura de terrestre; en efecto, la estación de conexión del o de los satélites estacionarios GEO garantiza un acceso permanente a los satélites que se desplazan LEO;

25 - no es necesario desplegar estaciones de Telemando/Telemida y Control (TT&C) de la constelación de satélites que se desplazan, las señales de TT&C que se retransmiten igualmente por el o los satélites estacionarios GEO; se entiende que el control de los satélites que se desplazan LEO se efectúa, desde tierra, por las estaciones de control de los satélites estacionarios GEO, a través de estos satélites estacionarios GEO;

30 - una concepción de los satélites que se desplazan LEO claramente simplificada del hecho de un funcionamiento de las cargas útiles de estos satélites que se desplazan LEO que permite compartir la potencia embarcada entre las emisiones ascendentes y las emisiones descendentes y que permiten reducir las necesidades de aislamiento electromagnético entre la etapa LEO/GEO y la etapa LEO/REC.

Comparado con una solución de comunicaciones por satélite que emplea un satélite en órbita geoestacionaria, las ventajas facilitadas por la invención son:

35 - una extensión de la cobertura del satélite estacionario GEO para cubrir por ejemplo las zonas polares,
 - un tiempo de latencia reducido para el acceso a la red y para la recepción de acuse de recibo.

Comparado con un sistema (incluido en el estado de la técnica) de telecomunicaciones por satélites híbrido que comprende uno o varios satélites en órbita geoestacionaria y una constelación de satélites en órbita baja, las ventajas facilitadas por la invención son:

40 - la utilización de un protocolo común entre los dos sistemas, más eficaz que cada protocolo tomado separadamente,
 - una mutualización de la banda de frecuencia utilizada, con mecanismos que aseguran que las interferencias intrasistema son limitadas.

45 Debido a su concepción, el concepto está particularmente adaptado a los terminales de usuario que tienen una menor directividad y no necesitan el mantenimiento del apuntamiento en dirección de los satélites en órbita baja. En efecto, es suficiente que el terminal de usuario apunte hacia un satélite estacionario GEO o que se desplaza LEO para asegurar la comunicación.

50 Las aplicaciones consideradas que conciernen a la mejora de los futuros sistemas móviles por satélites en órbita geoestacionaria (MSS o "Servicios Móviles por Satélite"), incluyendo los servicios móviles aeronáuticos por satélites tales como AMSS ("Servicio Móvil Aeronáutico por Satélite") y AMSRS ("Servicios de Encaminamiento Móvil Aeronáutico por Satélite"), en banda UHF, L, S, C o X se apoyan en el despliegue de una constelación en órbita baja mucho menos compleja que las constelaciones MSS existentes (tales como Globalstar o Iridium) para comunicaciones de tipo voz, datos o intercambios de mensajes de máquina a máquina (M2M).

Este concepto se puede aplicar igualmente a los sistemas de difusión móvil por satélite de datos, televisión o radio (por ejemplo la difusión radio en el estándar S-DAB que utiliza una asignación BSS en banda L o la difusión de televisión móvil en el estándar DVB-SH que utiliza una asignación MSS en banda S).

5 Otra utilización de este concepto concierne a los intercambios de datos para aplicaciones de navegación (marítima o aeronáutica, particularmente). En estas aplicaciones, conocidas por los especialistas bajo el nombre SBAS (del inglés "Satellite Based Augmentation System"), no existe actualmente medio de cubrir los terminales móviles situados en las cercanías de los polos. La invención permite remediar este problema con un satélite en órbita geoestacionaria y un satélite en órbita baja que se desplaza a la vista del móvil.

10 Del mismo modo, en el interior de una zona de servicio de un satélite geoestacionario existen zonas de sombra para las que el satélite geoestacionario no está en visibilidad directa de los terminales de superficie a causa de fenómenos de enmascaramiento por edificios o elementos naturales (árboles, montañas,...). La cobertura de una zona de sombra de estos dispositivos de comunicaciones tradicionales es posible eventualmente, en cuanto esta zona puede llegar a la vista de un satélite que se desplaza en órbita baja.

15 La utilización de un sistema o de un procedimiento de telecomunicaciones, conformes a la invención permite por lo tanto extender la zona de cobertura de medios de comunicación que comprenden zonas de sombra y particularmente extender la zona de cobertura de un sistema SBAS que utiliza un satélite geoestacionario.

En el caso en el que el repetidor espacial transmite en un canal adyacente al del satélite estacionario GEO y de manera regenerativa, una baza de la invención concierne a la posibilidad de una simplificación eventual de los protocolos de intercambios entre los terminales de usuario y los satélites que se desplazan LEO.

20 Los satélites que se desplazan LEO pueden realizar particularmente una conversión hacia un protocolo de intercambio específico para el GEO (para tener en cuenta, por ejemplo, restricciones de retardo de propagación propias del GEO) o una agregación de los mensajes y una optimización de la utilización de la banda de paso.

25 Otro atractivo importante de este concepto es la posibilidad de tener un enlace permanente y casi en tiempo real entre la red de control y de misión y la constelación de satélites que se desplazan LEO a través de la estación de conexión y de los repetidores GEO.

Se entiende por otro lado que el sistema no necesita obligatoriamente el despliegue de una constelación de satélites que se desplazan LEO o estacionario GEO dedicada. Es en efecto posible utilizar capacidades de transmisión disponibles en constelaciones de satélites estacionarios GEO ya existentes.

30 Se elige en este caso naturalmente la banda de frecuencias de la constelación de satélites estacionarios GEO utilizada como banda de frecuencia de trabajo de los satélites que se desplazan LEO. Esto permite resolver el problema de pocas bandas de frecuencia disponibles para los servicios móviles por satélite que utilizan satélites no geoestacionarios y eso ofrece por lo tanto un interés de regulación para el despliegue de una constelación de satélites que se desplazan LEO que operan a título secundario en la misma banda de frecuencia que el (o los) satélites estacionarios GEO.

35 Del mismo modo, las funciones consideradas para los satélites que se desplazan LEO se pueden realizar de hecho por medio de cargas útiles embarcadas como pasajeros en satélites que se desplazan LEO dedicados principalmente a otras funciones. En este caso, el criterio determinante es la órbita considerada para el satélite que se desplaza LEO. Una elección ventajosa es la de satélites de observación de la Tierra, que utilizan frecuentemente una órbita heliosíncrona muy inclinada y que cubre por lo tanto las latitudes elevadas.

40 Esta aplicación de las cargas útiles como pasajeros, es naturalmente muy ventajosa en términos de coste de despliegue del sistema.

El sistema descrito aquí constituye por lo tanto una solución simple y económica en comparación con otras alternativas posibles tales como:

45 - el despliegue de un gran número de estaciones terrestres para ofrecer una conexión permanente entre los satélites que se desplazan LEO y la tierra, que es una solución costosa y compleja de implementar en particular para cubrir los océanos (la constelación Globalstar es una buena ilustración de esta dificultad);

- la utilización de enlaces entre satélites para ofrecer una conexión permanente entre los satélites que se desplazan LEO y un número limitado de estaciones terrestres; esta solución tiene el inconveniente de añadir complejidad y un sobrecoste a nivel del segmento espacial (la constelación Iridium es una buena ilustración de esta solución).

50 Por último, la arquitectura ventajosa y menos onerosa de la carga útil, tal como se describió precedentemente, permite reducir el coste del sistema sin sacrificar sus prestaciones. En este caso, la reducción significativa de la complejidad de las plataformas de satélites repetidores que se desplazan utilizadas permite disminuir su precio y/o aumentar el número de satélites desplegados en el sistema de telecomunicaciones.

Variantes de la invención

La utilización de la diversidad espacial (o de las técnicas MIMO) a nivel del terminal de usuario para recombinar las señales que provienen a la vez del satélite estacionario GEO y del satélite que se desplaza LEO se puede considerar a fin de mejorar el presupuesto del enlace de manera suplementaria.

- 5 El repetidor de satélite puede ser un simple repetidor analógico “transparente” que es la solución más simple pero impone restricciones de diseño en la interfaz aérea de manera que limita las interferencias a nivel del terminal entre las señales que provienen del satélite estacionario GEO y las señales retransmitidas por el satélite que se desplaza LEO.

- 10 Una solución alternativa consiste en retransmitir la señal (de manera transparente o regenerativa) en un canal de una misma banda de frecuencia a bordo del satélite repetidor. Esta solución necesita una entidad de coordinación para coordinar los planes de frecuencias entre los satélites estacionarios GEO y que se desplazan LEO.

La constelación de satélites de retransmisión puede implantar igualmente funcionalidades adicionales (“almacenar y reenviar”, agregaciones de señales).

La constelación de satélites repetidores puede ofrecer una cobertura global o parcial de la Tierra según los objetivos apuntados.

- 15 La constelación de satélites repetidores puede ofrecer una cobertura continua en el tiempo (para servicios en tiempo real disponibles en todo momento) o solamente un acceso con un cierto retardo (para servicios no en tiempo real) que utilizan constelaciones con un número reducido de satélites.

- 20 Es igualmente claro que el concepto descrito, que utiliza la misma banda de frecuencia para las comunicaciones entre los terminales de superficie y los satélites repetidores y para las comunicaciones entre los satélites repetidores y los satélites estacionarios, se puede aplicar solamente en la vía de ida o en la vía de retorno o en los dos sentidos.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una carga útil (10) de satélite repetidor (LEO) de un sistema de telecomunicaciones, el citado satélite repetidor que está destinado a ser puesto en órbita desplazándose por encima de la superficie de la Tierra y la carga útil (10) que está configurada para repetir datos recibidos de un satélite estacionario (GEO) por encima de la superficie de la Tierra hacia un terminal (REC) sensiblemente en la superficie de la Tierra y para repetir datos recibidos del terminal hacia el satélite estacionario, caracterizada por que la citada carga útil (10) comprende al menos un amplificador de potencia (120) y está configurada además para:
 - 10 - utilizar una misma banda de frecuencia para la repetición de datos hacia el satélite estacionario (GEO), denominada "emisión ascendente" y para la repetición de datos hacia el terminal (REC), denominada "emisión descendente", la citada banda de frecuencia que es una cualquiera de las bandas VHF, UHF, L, S, C, X, Ka, Q,
 - efectuar las emisiones ascendentes y las emisiones descendentes en el transcurso de intervalos de tiempo diferentes,
 - utilizar el citado amplificador de potencia a la vez para emisiones ascendentes y para emisiones descendentes.
- 15 2. La carga útil (10) según la reivindicación 1, caracterizada por que comprende:
 - al menos una antena (101) de emisión ascendente,
 - al menos una antena (111) de emisión descendente,
 - medios (121) de encaminamiento de una señal a la salida del amplificador de potencia (120), representativa de datos a repetir o bien hacia la citada antena de emisión ascendente o bien hacia la citada antena de emisión descendente.
- 20 3. La carga útil (10) según la reivindicación 2, caracterizada por que comprende medios (122) de multiplexación, a la entrada del amplificador de potencia (120), señales de emisión ascendentes y señales de emisión descendentes.
4. La carga útil (10) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que comprende:
 - varias antenas (111) de emisión descendente,
 - 25 - medios (114) de encaminamiento de una señal a la salida del amplificador de potencia (120), representativa de datos a repetir, hacia una cualquiera de dichas antenas de emisión descendente.
5. La carga útil (10) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que está configurada para utilizar la misma banda de frecuencia, utilizada para las emisiones ascendentes y las emisiones descendentes, para la recepción de datos a repetir del terminal (REC), denominada "recepción ascendente" y para la recepción de datos a repetir del satélite estacionario (GEO), denominada "recepción descendente".
- 30 6. La carga útil (10) según la reivindicación 5, caracterizada por que comprende varias antenas (111) de recepción ascendente, la citada carga útil que está configurada para recibir simultáneamente en cada una de las citadas antenas de recepción ascendente.
7. La carga útil (10) según una de las reivindicaciones 5 a 6, caracterizada por que está configurada para multiplexar en el tiempo las emisiones ascendentes y las recepciones ascendentes y/o para multiplexar en el tiempo las emisiones descendentes y las recepciones descendentes.
- 35 8. La carga útil (10) según una de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizada por que está configurada para utilizar una misma primera subbanda (F1) de frecuencia de la banda de frecuencia para las recepciones ascendentes y las emisiones ascendentes y utilizar una misma segunda subbanda (F2) de frecuencia de la banda de frecuencia para las recepciones descendentes y las emisiones descendentes.
- 40 9. La carga útil (10) según una de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizada por que está configurada para efectuar las recepciones ascendentes simultáneamente a las emisiones descendentes y para efectuar las recepciones descendentes simultáneamente a las emisiones ascendentes.
- 45 10. El sistema de telecomunicaciones, destinado a la transferencia de datos entre al menos un terminal (REC), situado sensiblemente en la superficie de la Tierra y al menos un satélite estacionario (GEO) por encima de la superficie de la Tierra, caracterizado por que comprende uno o varios satélites repetidores (LEO) de señales, los citados satélites repetidores que se desplazan por encima de la superficie de la Tierra y que comprenden una carga útil (10) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
- 50 11. Un procedimiento de telecomunicaciones, destinado a transferir datos entre un terminal (REC), situado sensiblemente en la superficie de la Tierra y un satélite estacionario (LEO) por encima de la superficie de la Tierra, la transferencia de datos entre el citado terminal y el citado satélite estacionario que se efectúa por intermediación de un satélite repetidor (LEO) configurado para repetir datos recibidos del citado satélite estacionario hacia el citado terminal y

para repetir datos recibidos del citado terminal hacia el citado satélite estacionario, caracterizado por que el satélite repetidor (LEO):

- 5 - utiliza una misma banda de frecuencia para la repetición de datos hacia el satélite estacionario (GEO), denominada "emisión ascendente" y para la repetición de datos hacia el terminal (REC), denominada "emisión descendente", la citada banda de frecuencia que es una cualquiera de las bandas VHF, UHF, L, S, C, X, Ka, Q,
 - efectúa las emisiones ascendentes y las emisiones descendentes en el transcurso de intervalos de tiempo diferentes,
 - utiliza un mismo amplificador de potencia (120) para las emisiones ascendentes y para las emisiones descendentes.
- 10 12. El procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado por que el satélite repetidor (LEO) utiliza la misma banda de frecuencia, utilizada para las emisiones ascendentes y las emisiones descendentes, para la recepción de datos en el repetidor del terminal, denominada "recepción ascendente" y para la recepción de datos en el repetidor del satélite estacionario, denominada "recepción descendente".
- 15 13. El procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado por que el satélite repetidor (LEO) multiplexa en el tiempo las emisiones ascendentes y las recepciones ascendentes y/o el citado satélite repetidor (LEO) multiplexa en el tiempo las emisiones descendentes y las recepciones descendentes.
- 20 14. El procedimiento según una de las reivindicaciones 12 a 13, caracterizado por que el satélite repetidor (LEO) utiliza una misma primera subbanda (F1) de frecuencia de la banda de frecuencia para las recepciones ascendentes y las emisiones ascendentes y utiliza una misma segunda subbanda (F2) de frecuencia de la banda de frecuencia para las recepciones descendentes y las emisiones descendentes.

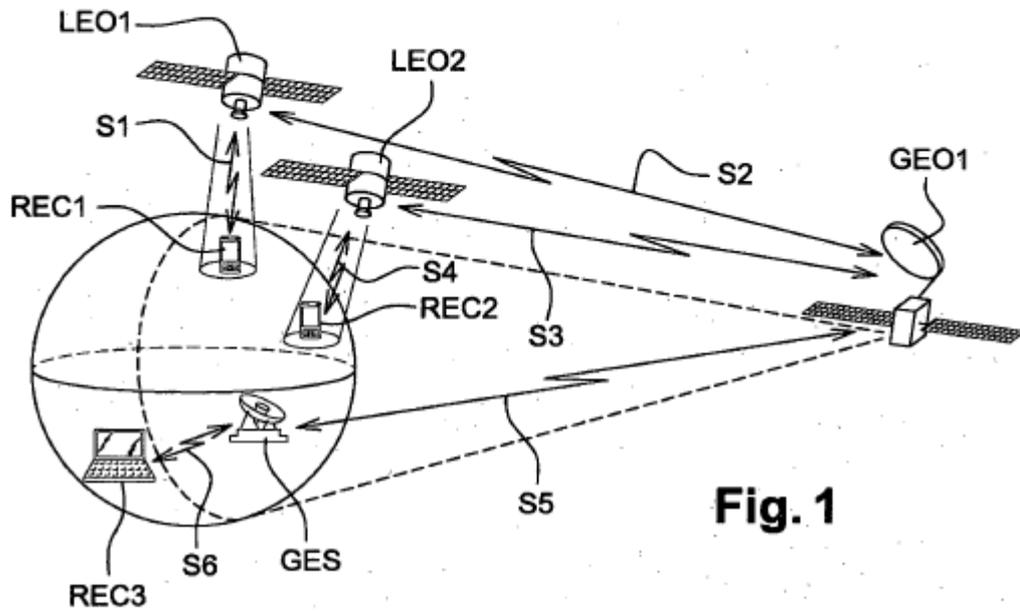


Fig. 1

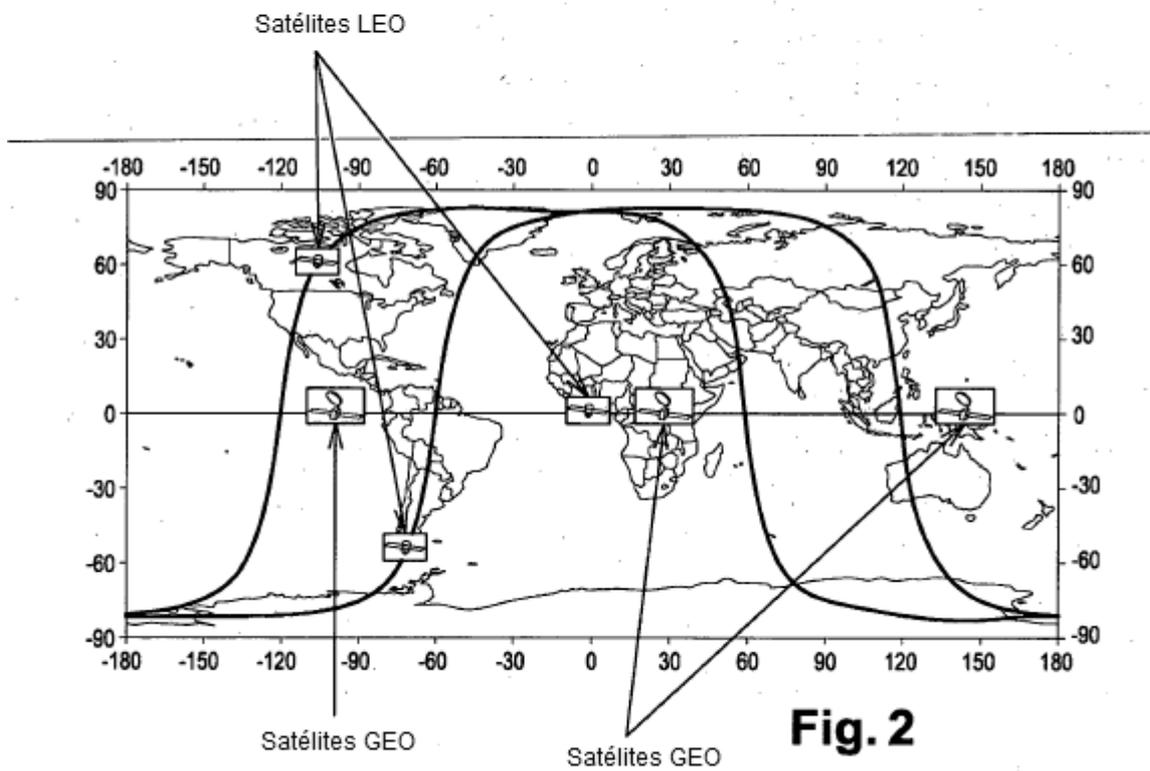


Fig. 2

Elevación media	5°	5°	5°	5°	5°
Altitud Satélite LEO	1100 Km	800 Km	600 Km	500 Km	400 Km
Radio de la Tierra	6378 Km				
Semi ángulo de vista Satélite	58,17°	62,27°	65,58°	67,48°	69,62°
Radio de cobertura a elevación media	1772 Km	1522 Km	1321 Km	1206 Km	1077 Km
Retardo máximo entre señales GEO/LEO	7,0 ms	5,7 ms	4,8 ms	4,4 ms	3,8 ms

Fig. 3

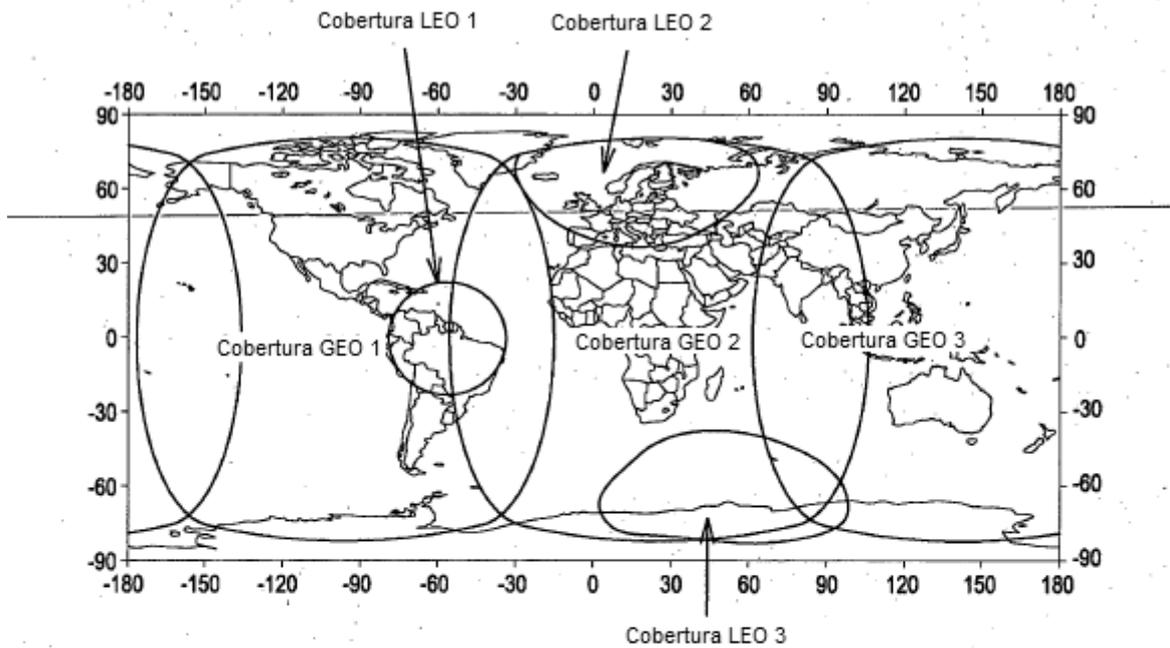


Fig. 4

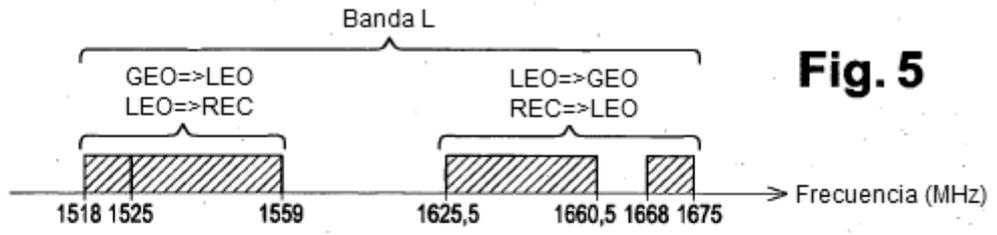


Fig. 5

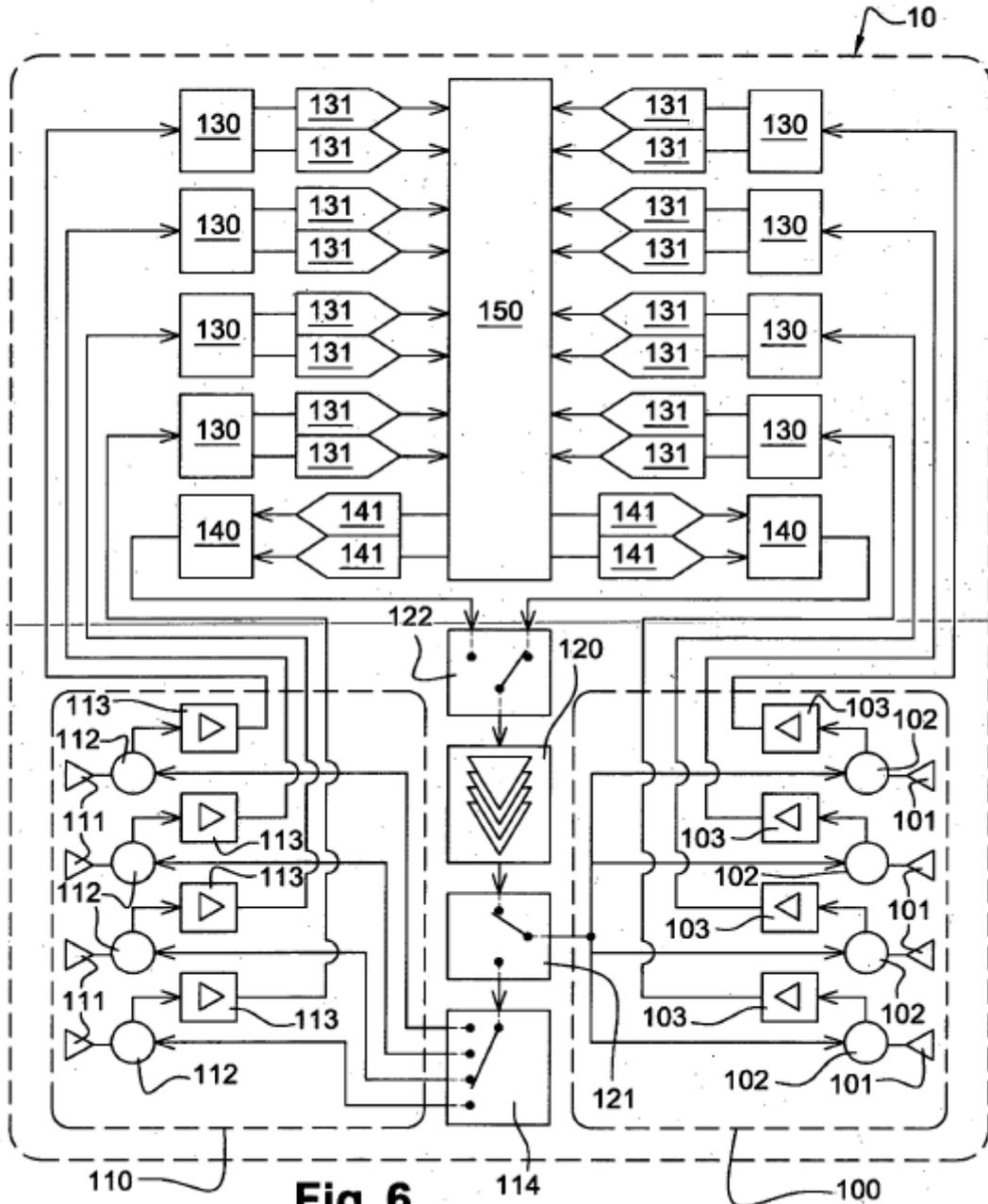


Fig. 6

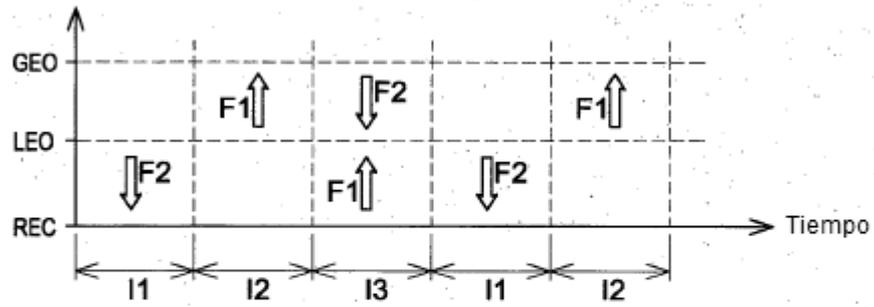


Fig. 7a

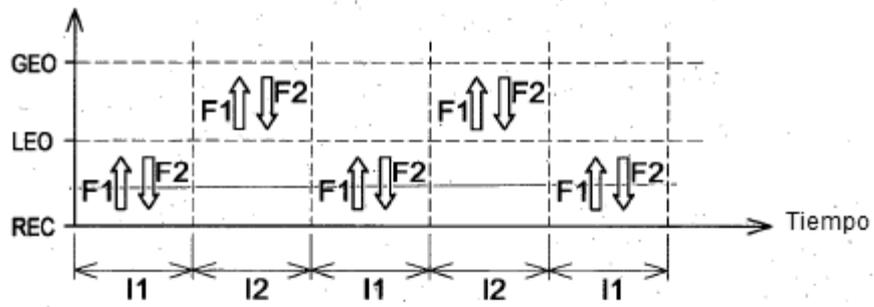


Fig. 7b

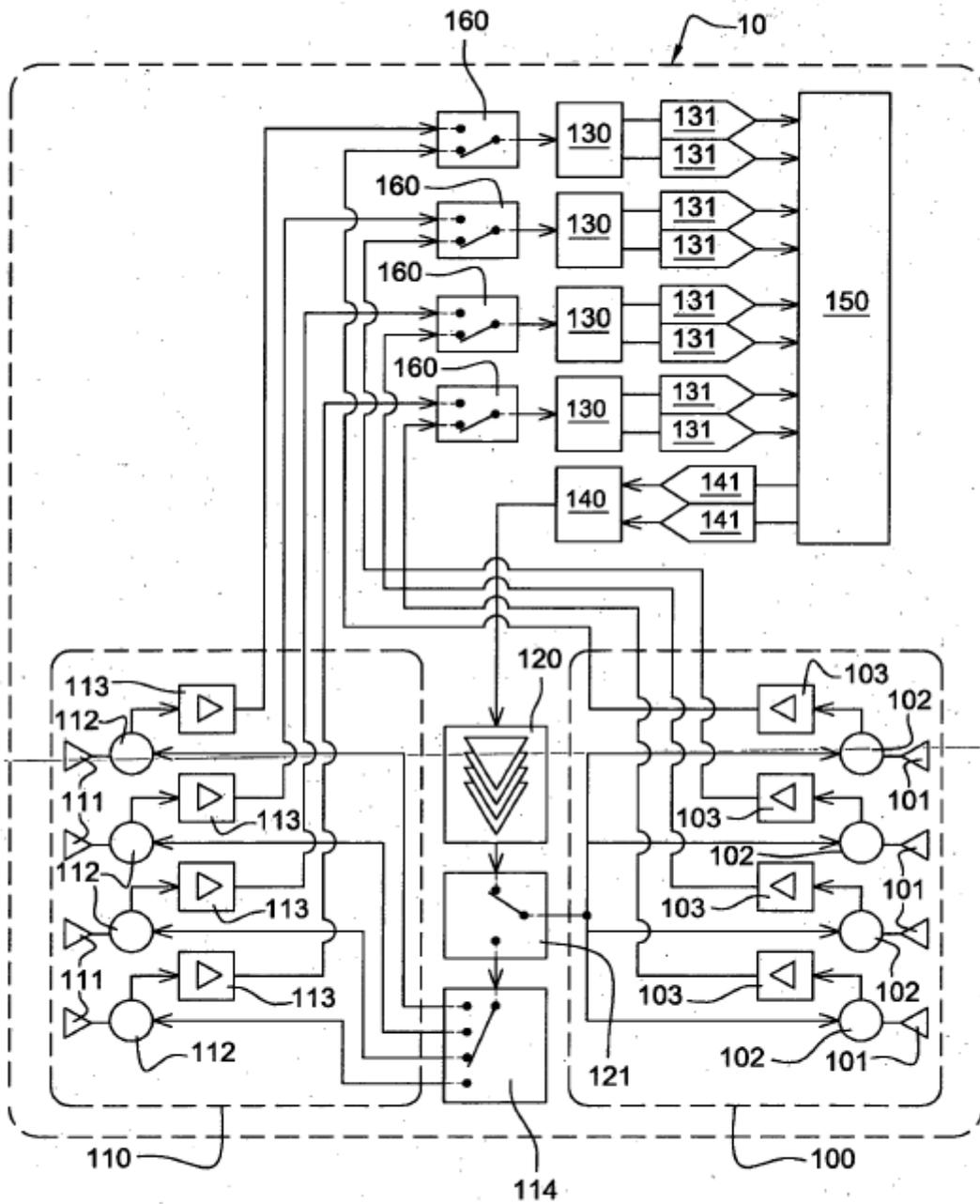


Fig. 8