

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 589 966**

51 Int. Cl.:

H04B 7/185

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.12.2010** **PCT/EP2010/069873**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.06.2011** **WO11073309**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2010** **E 10798759 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.05.2016** **EP 2514115**

54 Título: **Sistema espacial híbrido basado en una constelación de satélites en órbita baja que actúan como repetidores espaciales para mejorar la emisión y la recepción de señales geoestacionarias**

30 Prioridad:

17.12.2009 FR 0959116

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

17.11.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

TRONC, JÉRÔME

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 589 966 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 espacial híbrido basado en una constelación de satélites en órbita baja que actúan como repetidores espaciales para mejorar la emisión y la recepción de señales geoestacionarias

- 5 La invención pertenece al ámbito de los sistemas de transmisión de datos a gran distancia. La misma concierne de modo más particular a los sistemas y a procedimientos de comunicaciones de datos (transferencia de datos, telemando, seguimiento de terminales...) entre usuarios dotados 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 las conexiones entre ordenadores (máquina a máquina). Este ámbito de transmisión está caracterizado entonces por una necesidad de velocidad de transferencia de datos netamente más pequeña que para conexiones de tipo imagen o Internet.

- 15 Se conoce una primera forma de abordar este problema, seguida por 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 modo de proceder, el modo normal de funcionamiento de cada satélite en órbita baja LEO requiere que el mismo esté, por una parte, en visibilidad simultánea de una estación terrestre de control y de conexión y, por otra, de un terminal usuario.

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

- 20 Sin embargo, la cobertura facilitada 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 facilitan solamente una cobertura limitada de la Tierra en este modo. Cada estación terrestre permite en efecto una cobertura en un radio de aproximadamente 3000 km, y cada uno de estos sistemas comprende una veintena de estaciones terrestres.

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

- 30 En los casos en los cuales el satélite LEO no tiene visibilidad simultánea del terminal usuario y de la estación de control terrestre (GES), es necesario utilizar un método de comunicación de tipo almacenamiento y envío (método conocido por el especialista en la materia con el nombre Store & Forward). En este método, el mensaje es almacenado a bordo del satélite, que continúa su desplazamiento sobre su órbita hasta que el mismo sobrevuele la estación terrestre GES a la cual facilita el mensaje almacenado.

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

Por otra parte, se conocen ejemplos de sistemas de telecomunicaciones híbridos para la transmisión de datos entre usuarios. Estos sistemas híbridos están compuestos de satélites geoestacionarios y de una constelación de satélites en órbita baja.

- 40 Se puede citar especialmente un primer documento de patente FR 2764755 / US 6208625: Method and apparatus for increasing call-handling capacity using a multi-tier satellite network.

Este documento describe una red formada de satélites LEO y geoestacionarios (GEO) capaces de comunicar entre sí. En el suelo, terminales usuarios 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, la misma conmuta este tráfico en interno hacia el LEO o bien hacia el GEO.

- 45 En un segundo documento de patente, EP 0883252 / US 6339707: Method and system for providing wideband communications to mobile users in a satellite-based network, se propone un sistema de comunicación por satélite que permite una cobertura global, una reducción del retardo de transmisión (Tx), y una optimización de la utilización de la capacidad del sistema (comunicación satélite de banda ancha por interconexión de varias constelaciones en órbita media – MEO – y geoestacionaria – GEO –).

- 50 Los satélites MEO y GEO comunican directamente entre sí por enlaces intersatélites, lo que permite 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 repartición y una reutilización del espectro entre los satélites GEO y MEO a frecuencias muy elevadas (por ejemplo entre 40 GHz y 60 GHz), a fin de permitir la función conocida con el nombre

de "seamless handover" para los terminales portátiles (paso de una red móvil a una red fija sin interrupción de comunicación en curso).

Por el documento EP-A-845 876, se conoce utilizar satélites que circula por encima de la tierra como medios de repetición entre un terminal usuario en la tierra y un satélite en órbita geoestacionaria.

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

Objetivos de la invención

La presente invención tiene por objeto proponer un nuevo sistema de comunicaciones de datos entre usuarios móviles.

- 10 Un segundo objetivo de la invención es una mejora de las prestaciones y una disminución del coste de un sistema de comunicaciones de datos entre móviles.

Exposición de la invención

- 15 A tal efecto, la invención está destinada en primer lugar a un sistema de telecomunicaciones, destinado a la transferencia de datos a baja velocidad entre al menos dos usuarios situados sensiblemente en la superficie de un cuerpo celeste.

El sistema comprende:

una pluralidad de terminales emisores / receptores de superficie asociados cada uno a un usuario,

- 20 uno o varios medios estacionarios por encima de la superficie del cuerpo celeste, siendo estos medios estacionarios aptos para transmitir datos de y hacia una zona de cobertura determinada, que está en la línea de visión del medio estacionario,

- 25 y uno o varios medios de repetición de señales para señales emitidas y/o recibidas desde los medios estacionarios y los terminales de superficie, circulando estos medios de repetición por encima de la superficie del cuerpo celeste, siendo utilizada una misma banda de frecuencias para las comunicaciones entre los terminales en superficie y los medios de repetición y para las comunicaciones entre los medios de repetición y los medios estacionarios.

En toda la presente solicitud, se entiende por "usuarios situados sensiblemente en la superficie", especialmente los usuarios terrestres, marítimos o aeronáuticos. Asimismo, se admite que los terminales de superficie están colocados por ejemplo en medios terrestres, marítimos o aeronáuticos.

- 30 De acuerdo con un modo preferido de realización, el sistema comprende al menos una estación terrestre de conexión (GES) de los medios estacionarios GEO. Las comunicaciones entre el suelo y los medios de repetición espaciales están aseguradas por intermedio de los medios estacionarios GEO y de las estaciones de conexión GES de estos medios estacionarios GEO. Estas comunicaciones comprenden a la vez los intercambios de datos entre usuarios y potencialmente las comunicaciones de telemando y de telemedición de los medios de repetición espaciales. Así pues, este modo de realización no necesita la utilización de estación terrestre de conexión asignada a los medios de repetición espaciales.

Está claro que salvo en el caso en que los dos usuarios dispongan de terminales emisores / receptores de superficie, un usuario del sistema puede ser conectado igualmente a una red terrestre (IP, PSTN, ...) a través de una estación terrestre de conexión GES:

- 40 De acuerdo con una puesta en práctica preferida, al menos un medio estacionario está embarcado en un satélite en órbita geoestacionaria alrededor del cuerpo celeste.

Asimismo, preferentemente, al menos un medio de repetición está embarcado en un satélite en órbita baja que circula alrededor del cuerpo celeste.

- 45 En otras palabras, la invención está destinada especialmente a un sistema de comunicaciones de datos a distancia entre móviles, utilizando el sistema cargas útiles embarcadas en uno o varios satélites geoestacionarios y en una constelación de satélites que circulan en órbita baja, en el cual los satélites que circulan en órbita actúan como repetidores espaciales para las señales emitidas y/o recibidas desde los satélites geoestacionarios.

- 50 Utilizar satélites en órbita baja que actúan como repetidores / amplificadores de señales en la misma banda de frecuencias que los satélites geoestacionarios permite mejorar la emisión o la recepción de las señales que provienen de los satélites geoestacionarios, de manera que se obtiene el mejor compromiso en términos de relación coste / cobertura y de servicios. Debido a esto, el sistema permite mejorar las prestaciones de los servicios ofrecidos

por el satélite geoestacionario, crear potencialmente nuevos servicios y extender la cobertura del satélite geoestacionario (por ejemplo a las regiones polares).

La constelación de satélites que circulan en órbita baja, que actúan como repetidores espaciales puede ser, en una puesta en práctica preferida, una constelación LEO (Low Earth Orbit) o alternatively una constelación MEO (Médium Earth Orbit).

Se obtiene entonces una mejora de las prestaciones del sistema con respecto a los satélites de la técnica anterior, gracias al hecho de que el repetidor satélite está más próximo a la Tierra que la órbita geoestacionaria, y que en consecuencia las pérdidas debidas a la propagación de las señales en espacio libre son más reducidas.

En una puesta en práctica ventajosa, al menos un medio de repetición está embarcado en un satélite que evoluciona en órbita polar o casi polar (inclinación de la órbita superior a 70°) alrededor del cuerpo celeste.

Una órbita polar permite mejorar la cobertura de las zonas de latitud elevada que no pueden ser servidas en buenas condiciones por un satélite geoestacionario.

Esta solución híbrida (componente geoestacionaria y componente complementaria espacial) combina las ventajas de cada constituyente al reutilizar el mismo espectro de frecuencias a la vez en los satélites LEO (o MEO), en los satélites GEO (Geostationary Earth Orbit) y en la conexión relé entre LEO y GEO.

El espectro de frecuencia utilizado para esta solución híbrida, es la banda L (entre 0,9 GHz y 2,0 GHz) que es la más particularmente apropiada para las comunicaciones móviles por satélites.

Una característica significativa de la invención consiste en efecto en compartir, en la conexión usuario, la misma banda de frecuencias entre un satélite geoestacionario y una constelación de satélites en órbita baja. En otras palabras, se utiliza la misma banda de frecuencias para las comunicaciones entre los usuarios y la constelación de satélites LEO que para las comunicaciones entre el satélite GEO y el satélite LEO. Esto proporciona una ventaja significativa con respecto a las soluciones de la técnica anterior.

Una característica secundaria de la invención, válida cuando el terminal está en la zona de cobertura del satélite GEO, consiste en utilizar igualmente la misma banda de frecuencias para las comunicaciones directas entre los usuarios y el satélite GEO.

En este caso, la banda de frecuencias es utilizada igualmente para comunicaciones entre terminales usuarios y al menos un medio estacionario.

De acuerdo con un modo preferido de realización,

- al menos un medio de repetición comprende medios de efectuar una amplificación sin traslación de frecuencia de la señal recibida del medio estacionario,
- la interfaz aire utilizada es una interfaz de tipo CDMA (del inglés « Code Division Multiple Access »),
- y al menos un terminal usuario comprende medios de gestionar la llegada de dos señales que comprendan diferencias de retardo y de Doppler.

En este caso, preferentemente, los medios de gestionar la llegada de dos señales que comprendan diferencias de retardo y de Doppler, del terminal usuario son un receptor de tipo « Rake », bien conocido por el especialista en la materia.

De acuerdo con un modo alternativo de realización:

- la interfaz aire es de tipo TDMA,
- el sistema utiliza dos señales distintas: una para los medios estacionarios y una para los medios de repetición,
- se utiliza un multiplexado temporal para repartir la capacidad entre los medios estacionarios y los medios de repetición con intervalos de guarda y una precompensación del Doppler a nivel de los medios de repetición

Ventajosamente, al menos un terminal usuario comprende medios de utilizar la diversidad espacial o técnicas MIMO (Multiple Input Multiple Output) para recombinar las señales que provienen a la vez de un medio estacionario y de un medio de repetición.

De acuerdo con otro modo de realización,

- al menos un medio de repetición LEO transmite la señal de manera transparente o regenerativa, sin traslación de frecuencia de la señal recibida,

- y la interfaz aire comprende medios de limitar las interferencias a nivel de un terminal usuario, entre las señales que provienen de un medio estacionario GEO y las señales transmitidas por un medio de repetición LEO.

De acuerdo con un segundo modo de realización,

- 5 - al menos un medio de repetición LEO transmite la señal, de manera transparente o regenerativa, en un canal adyacente, antes de su reemisión,
- y el sistema de comunicaciones comprende una entidad de coordinación para coordinar los planes de frecuencias entre los medios estacionarios GEO y los medios de repetición LEO.

10 En un segundo aspecto, la invención está destinada a un procedimiento de telecomunicación, destinado a la transferencia de datos a baja velocidad entre dos usuarios, situados sensiblemente en la superficie de un cuerpo celeste, estando dotado el primer usuario de un terminal usuario, que está en la línea de visión del menos un medio de repetición y estando el medio de repetición en la línea de visión de al menos un medio estacionario, utilizando el procedimiento un sistema de telecomunicaciones tal como el expuesto, comprendiendo el procedimiento especialmente etapas en las cuales:

- 15 - el terminal del primer usuario emite una primera señal ascendente, representativa de los datos que haya que transmitir, hacia el medio de repetición,
- el medio de repetición, recibe y amplifica la primera señal emitida por el terminal usuario en el suelo y la transmite en forma de una segunda señal ascendente hacia el medio estacionario en la misma banda de frecuencias, asegurando el medio estacionario la buena transmisión final de los datos que haya que transmitir hacia el segundo usuario.

20 La invención está destinada igualmente a un procedimiento de telecomunicación, destinado a la transferencia de datos a baja velocidad entre dos usuarios, situados sensiblemente en la superficie de un cuerpo celeste, estando dotado el segundo usuario de un segundo terminal usuario que está en la línea de visión de al menos un medio de repetición y estando el medio de repetición en la línea de visión de al menos un medio estacionario, utilizando el procedimiento un sistema de telecomunicaciones tal como el expuesto, comprendiendo el procedimiento especialmente etapas en las cuales:

- 25 - el medio estacionario retransmite una señal, representativa de los datos que haya que transmitir, recibida de un primer usuario, hacia el medio de repetición en forma de una primera señal descendente,
- el medio de repetición, recibe y amplifica la primera señal descendente emitida por el medio estacionario, y la transmite al terminal del segundo usuario en el suelo en la misma banda de frecuencias en forma de una segunda señal descendente.

Se comprende que las dos partes del procedimiento pueden ser utilizadas conjuntamente.

Preferentemente, la reutilización de las frecuencias entre las diferentes componentes del sistema de comunicaciones es realizada de manera coordinada para minimizar las interferencias intra-sistema.

35 En efecto, las dos constelaciones, una en órbita baja y la otra en órbita geoestacionaria, utilizan aquí el mismo espectro disponible en banda L (entre 0,9 GHz y 2, GHz).

En otros aspectos, la invención está destinada a un medio de repetición y a un terminal usuario para sistema de comunicaciones tal como el expuesto.

40 Siendo las características preferentes o particulares, y las ventajas de este medio de repetición y de este terminal usuario idénticas a las del sistema tal como el expuesto de modo sucinto anteriormente, estas ventajas no son recordadas aquí.

Breve descripción de las figuras

Los objetivos y ventajas de la invención se comprenderán mejor con la lectura de la descripción y con los dibujos de un modo particular de realización, dado a título de ejemplo no limitativo, y en el cual los dibujos representan:

- figura 1: la arquitectura general del sistema;
- 45 - figura 2: ilustración de las posiciones de los satélites LEO y GEO en un planisferio, en un instante dado;
- figura 3: una tabla de los órdenes de magnitud de retardos entre las señales de un satélite GEO y de un satélite LEO para diferentes altitudes de órbitas LEO;
- figura 4: las zonas de cobertura de los satélites LEO y GEO de la constelación descrita.

Descripción detallada de un modo de realización de la invención

La arquitectura del sistema está ilustrada por las figuras 1 y 2. Como se ve en estas figuras, el sistema propuesto utiliza dos constelaciones de satélites. La primera constelación está compuesta de uno o varios satélites geoestacionarios (denominados igualmente GEO en lo que sigue de la descripción).

5 En el caso presente, el sistema descrito aquí a título de ejemplo en modo alguno limitativo, está basado en una constelación de tres satélites geoestacionarios GEO1, GEO2, GEO3 colocados en órbita geoestacionaria por encima de las tres principales zonas continentales (por ejemplo en las longitudes 265°E, 25°E, 145°E respectivamente tal como está ilustrado en la figura 2). Los satélites geoestacionarios GEO1, GEO2, GEO3 operan en la banda denominada MSS L (1,5 GHz / 1,6 GHz).

10 La constelación de satélites geoestacionarios GEO1, GEO2, GEO3 es controlada por una o varias estaciones de control, terrestres, dispuestas en la línea de visión de los satélites geoestacionarios GEO1, GEO2, GEO3 que las mismas controlan, las cuales efectúan las funciones de control y de telemando. La constelación de los satélites geoestacionarios GEO1, GEO2, GEO3 está conectada a las redes de telecomunicación terrestre por una o varias estaciones de conexión terrestres GES, dispuestas en la línea de visión de los satélites geoestacionarios GEO1, GEO2, GEO3 a través de un enlace FL (del inglés Feeder Link), de modo en sí conocido.

15 El sistema se completa por una segunda constelación de tres satélites que circulan en órbita baja o media (satélites denominados LEO o MEO), con órbitas de altitudes comprendidas típicamente entre 400 km y 20000 km, que actúan como repetidores espaciales. Está claro que el sistema puede utilizar un mayor o menor número de satélites en cada una de las constelaciones LEO y geoestacionaria, siendo la diferencia una cobertura de la Tierra más o menos completa.

20 En el ejemplo aquí descrito, los satélites circulantes son supuestos del tipo que evoluciona en órbita baja (denominado LEO), y colocados en órbita heliosíncrona a una altura de 567 km con una inclinación de 97,7° en tres planos orbitales diferentes (con ascensiones rectas del nudo ascendente en 0°, 60° y 120°). Se recuerda que la órbita heliosíncrona es definida por el hecho de que cada satélite vuelve a pasar, después de varias órbitas, en la línea de visión de un mismo punto de la Tierra a la misma hora solar local. El presente sistema utiliza tres satélites
25 en órbita baja: LEO1, LEO2, LEO3, cuyas trazas de las órbitas están ilustradas en la figura 2 a título de ejemplo en modo alguno limitativo. En este ejemplo, estos tres satélites en órbita baja LEO1, LEO2, LEO3, podrían ser cargas útiles embarcadas como "pasajero" en satélites cuya carga útil principal esté dedicada a otra misión tal como, por ejemplo, la observación de la Tierra.

30 Está claro que la constelación de satélites circulantes LEO1, LEO2, LEO3 puede comprender satélites que evolucionen en órbitas de altitudes o de inclinaciones diferentes.

Estos satélites en órbita baja LEO1, LEO2, LEO3, operan en la misma banda de frecuencias que los satélites geoestacionarios GEO1, GEO2, GEO3, y en el caso presente, en la banda MSS L (1,5 GHz / 1,6 GHz).

35 El sistema de comunicación se dirige a cualquier usuario, especialmente móvil en la superficie de la Tierra, y dotado de un terminal de emisión / recepción REC1, que emita o reciba datos desde o hacia otro usuario, dotado a su vez eventualmente 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 REC1 a través de GES.

40 Cada terminal usuario REC1 y REC2 es un terminal transportable, que comprende especialmente una interfaz de usuario, por ejemplo de tipo teclado, pantalla táctil o conexión 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 frecuencias MSS L, en el presente ejemplo descrito aquí a título en modo alguno limitativo.

45 Cada terminal usuario REC1 y REC2, está dotado en el presente ejemplo de una antena omnidireccional adaptada para recibir señales que emanen indistintamente de uno cualquiera de los satélites en órbita baja LEO1, LEO2, LEO3, o de uno cualquiera de los satélites en órbita geoestacionaria GEO1, GEO2, GEO3.

50 En la puesta en práctica aquí descrita, cada terminal usuario REC1 y REC2, comprende para la vía de ida un receptor de tipo « Rake », bien conocido por el especialista en la materia. Se recuerda que un receptor Rake es un receptor de radio, concebido originalmente para compensar la atenuación debida a las trayectorias múltiples de onda de radio para los sistemas terrestres. El mismo está basado en el concepto de que las señales reflejadas pueden ser distinguidas (típicamente en el caso de una utilización de una técnica de multiplexado CDMA) y así pueden ser combinadas de modo adaptado sacando ventaja entonces de las múltiples propagaciones. Para la vía de retorno, los satélites GEO son supuestos transparentes y el receptor Rake está situado a nivel de los GES (estaciones de conexión de los satélites GEO).

55 Debe observarse, sin embargo, que en el caso en que los satélites GEO fueran de tipo regenerativos, sería necesario que estos embarcaran un receptor Rake (en sustitución del receptor colocado a nivel de la GES).

Modo de funcionamiento

Una comunicación entre dos terminales usuarios REC1, REC2, supuestos en la línea de visión de dos satélites en órbita baja LEO1, LEO2 respectivamente, y de un mismo satélite geoestacionario GEO1, comprende varias etapas, tal como está esquematizado en la figura 1:

- 5 - el primer terminal usuario REC1, emite una primera señal S1 hacia el primer satélite en órbita baja LEO1.
- el satélite en órbita baja LEO1, recibe y amplifica la señal S1 emitida por el terminal usuario REC1 en el suelo y la transmite en forma de señal S2 hacia el satélite geoestacionario GEO1,
- el satélite en órbita geoestacionaria GEO1 recibe la señal S2 y si las condiciones lo permiten la señal S1 y las retransmite en forma de señal S3 hacia el segundo satélite en órbita baja LEO2, ya sea directamente (con un enrutamiento a bordo del satélite) o por intermedio de la estación de conexión GES. Las señales S1 y S2 son tratadas por medio de un receptor Rake ya sea a bordo (en la hipótesis de un enrutamiento a bordo) o a nivel de la estación GES (esta solución es preferida por razones de simplificación de la implementación),
- 10 - el satélite en órbita baja LEO2, recibe y amplifica la señal S3 emitida por el satélite en órbita geoestacionaria GEO1 y la transmite en forma de señal S4 al terminal usuario REC2 en el suelo,
- 15 - el terminal 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 usuario.

En un caso que implica a terminales usuarios que estén en la línea de visión de dos satélites geoestacionarios diferentes GEO1, GEO2, el enlace entre los dos terminales usuarios comprende además un segmento de comunicación entre estos satélites por intermedio, por ejemplo, pero de modo no limitativo, de las estaciones de conexión GES y de enlaces terrestres o por intermedio de un enlace directo inter-satélites GEO, si el mismo existe.

Se comprende naturalmente que es posible igualmente realizar una comunicación de un usuario REC1 que disponga de un terminal emisor / receptor, con otro usuario REC3 conectado a través de una red de telecomunicación terrestre « clásica » (PSTN, IP, ...) a través de la estación de conexión GES.

En este caso:

- 25 - el primer terminal usuario REC1 emite una primera señal S1 hacia el primer satélite en órbita baja LEO1,
- el satélite en órbita baja LEO1, recibe y amplifica la señal S1 emitida por el terminal usuario REC1 en el suelo y la transmite en forma de señal S2 hacia el satélite geoestacionario GEO1,
- el satélite en órbita geoestacionaria GEO1 recibe la señal S2 y potencialmente la señal S1 y la retransmite en forma de señal S5 hacia la estación de conexión GES,
- 30 - la estación de conexión GES recibe la señal S5, (combinando cuando esto sea necesario las señales S1 y S2 contenidas en S5 por medio de un receptor Rake) y la transmite en forma de señal S6 al terminal usuario REC3 en el suelo a través de una red terrestre clásica.

Se observa que, en la figura 1, los enlaces directos entre los terminales usuarios REC1, REC2 y REC3 y el satélite geoestacionario GEO1 no están representados a fin de simplificar la figura.

- 35 Pueden preverse diferentes modos de proceder para el repetidor espacial embarcado en un satélite en órbita baja LEO1, LEO2, LEO3.

➤ Ya sea, preferentemente, una simple amplificación sin traslación de frecuencia de la señal recibida del satélite geoestacionario GEO. Sin embargo, esto implica la utilización de una interfaz aire capaz de soportar la llegada de dos señales que comprendan algunas diferencias de retardo y de Doppler. Este es el caso por ejemplo de una interfaz aire de tipo CDMA – Code Division Multiple Access – asociada a un receptor Rake,

➤ O, alternativamente, la utilización de dos señales distintas (una para el satélite GEO y una para el satélite LEO). Es posible por ejemplo utilizar una interfaz aire de tipo TDMA (Time Division Multiple Access), en sí conocida, considerando un multiplexado temporal para repartir la capacidad entre los satélites LEO y GEO (con intervalos de guarda y una pre-compensación del Doppler a nivel del satélite circulante LEO), o la utilización de dos subcanales (uno para el satélite GEO y uno para el satélite LEO).

En la puesta en práctica aquí descrita a título de ejemplo, se ha seleccionado la primera forma de proceder por que la misma ofrece una solución simple y eficaz.

Ésta en efecto explota la diversidad de los satélites puesto que las señales que vienen tanto de los satélites LEO como GEO pueden ser combinadas en un receptor Rake para obtener una mejor relación entre señal y ruido. Esta técnica, de mejora de la relación entre señal y ruido, permite obtener una tasa de error de transmisión ("bit error

rate”) más baja, una menor potencia transmitida EIRP (Effective Isotropically Radiated Power), o un mayor margen en el balance de conexión.

Por otra parte, para un terminal usuario REC1, en la línea de visión simultáneamente de un satélite en órbita baja LEO1 y de un satélite geoestacionario GEO1, si las condiciones de propagación provocan la pérdida de un enlace hacia uno de los satélites a los cuales el mismo está conectado (en razón de la evolución de la geometría del enlace con el LEO que varía en función del tiempo, o en razón de obstáculos en la línea de visión de uno de los dos satélites LEO1 y GEO1), el otro enlace puede permitir mantener la comunicación.

Este concepto de simple amplificación sin traslación de frecuencia de la señal recibida del satélite GEO puede ser puesto en práctica gracias a la posibilidad ofrecida por el receptor Rake, incluso en el terminal usuario REC1, REC2, de combinar diferentes señales que vienen de los diferentes caminos que provienen de un satélite en órbita baja LEO y de un satélite en órbita geoestacionaria GEO.

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

Las señales recibidas pueden ser combinadas entonces en el terminal usuario REC1, REC2 según tres algoritmos principales, conocidos por el especialista en la materia y por tanto no descritos antes aquí: por selección de la mejor señal (conocido con el término inglés « selection combining »), por simple combinación igual de las señales (conocido con el término inglés de « equal gain combining »), o recombinación ponderada de las señales para optimizar el relación entre señal y ruido total (conocido con el término inglés de « maximal ratio combining »). El último algoritmo (Maximum Ratio Combining) es la solución preferida porque es el de mejor calidad en términos de relación entre señal y ruido obtenida.

Una de las cuestiones esenciales vinculadas a la combinación de señales es que cada vía seguida tiene una longitud eventualmente muy diferente en razón de la posición relativa de los elementos: usuario – satélite LEO – satélite GEO. A fin de equilibrar la diferencia de tiempos de propagación, que varía igualmente en el tiempo, deben estar previstas memorias intermedias de datos a nivel del receptor Rake. El dimensionamiento de estas memorias intermedias depende de la diferencia de retardo en el peor de los casos entre los diferentes caminos, y del caudal máximo de transferencia de datos utilizado.

En el sistema propuesto, la diferencia de tiempo se mantiene inferior a 5 ms para la constelación de satélites circulantes LEO1, LEO2, LEO3 considerada. La tabla de la figura 3 da algunos órdenes de magnitud de retardos para diferentes altitudes de órbitas LEO con respecto a un satélite GEO.

Conviene observar igualmente que los servicios de comunicación considerados para el sistema de acuerdo con la invención, son transmisiones de datos a baja velocidad. Debido a esto, el tamaño necesario de la memoria intermedia de datos sigue siendo razonable.

Con este modo de proceder utilizando un receptor Rake, en el caso de una técnica de multiplexado CDMA, los satélites LEO y GEO comparten bien la misma banda de frecuencias (banda MSS L en el presente ejemplo) sin generar interferencias perjudiciales.

La planificación de las frecuencias y las cuestiones de cobertura deben ser tenidas en cuenta igualmente, puesto que las zonas de cobertura LEO y GEO deben estar coordinadas para asegurar un funcionamiento correcto del sistema. En el modo de proceder propuesto, la cobertura de los satélites GEO está compuesta por un haz global que cubre la integridad de la superficie visible de la Tierra. Este modo de proceder permite evitar o limitar los procedimientos de transferencia para los satélites LEO (conocidos por el especialista en la materia con el término « hand over ») entre diferentes haces que provienen de uno (o varios) satélites GEO. La cobertura LEO está por tanto incluida en la cobertura del GEO como ilustra la figura 4. Los satélites LEO transmiten por tanto simplemente las señales de los satélites GEO bajo los cuales están situados.

En el ejemplo anterior:

- El satélite LEO1 transmite las señales desde y hacia el satélite GEO1,
- Los satélites LEO2 y LEO3 transmiten las señales desde y hacia el satélite GEO2.
- No hay satélite LEO en la cobertura del satélite GEO 3 en el instante ilustrado por la figura 4. De hecho, el satélite LEO3, en este momento, está conectado al satélite GEO2.

A medida que un satélite LEO cualquiera se desplace en la zona de cobertura de los satélites GEO, el mismo puede estar en la línea de visión de diferentes satélites GEO. Sin embargo, se supone que en un instante dado el mismo está conectado a un satélite geoestacionario único. Cuando varios satélites GEO están en la zona de visibilidad de los satélites circulantes LEO, pueden adoptarse diferentes estrategias para la elección del satélite GEO al cual el

LEO debe conectarse (por ejemplo bajo un criterio de la mejor señal recibida a nivel del satélite LEO, o un criterio geométrico de minimización de la distancia entre LEO y GEO que es predecible de antemano sobre la base de las efemérides de los satélites). En el ejemplo anterior el satélite LEO está conectado al satélite GEO que facilita la mejor señal recibida.

- 5 Con estas hipótesis, no es necesario concebir estrategias complejas de planificación de frecuencias y todos los satélites (los tres satélites GEO y los tres satélites LEO) pueden operar por ejemplo en un único canal CDMA.

Contrariamente al modo de proceder de la técnica anterior de tipo Orbcomm o Argos, el sistema propuesto está en condiciones de facilitar comunicaciones de datos bidireccionales, basadas en el hecho de que el satélite GEO transmite las comunicaciones de los satélites LEO.

- 10 De acuerdo con este modo de proceder, desde que el terminal usuario REC1, REC2 está en la zona de cobertura de un satélite circulante LEO1, LEO2, LEO3, es posible comunicar de modo bidireccional y en tiempo real con el mismo. No hay exigencia de visibilidad simultánea por el satélite circulante LEO1, LEO2, LEO3, del terminal usuario REC1, REC2 y de una estación de conexión terrestre, lo que permite entonces considerar una cobertura completa de la Tierra.
- 15 El retardo, para comunicar con un terminal usuario REC1 en el suelo es entonces únicamente función de la frecuencia de paso de los satélites en órbita circulante LEO1, LEO2, LEO3, que depende directamente de la órbita elegida para estos satélites y del número de estos satélites (que pueden llegar hasta una cobertura continua del conjunto de la tierra).

Ventajas de la invención

- 20 Gracias a la combinación de una constelación de satélites circulantes LEO (que permite facilitar un servicio de mejor calidad a las regiones polares) y de una constelación GEO (que facilita 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 usuario REC1, REC2 se encuentra anulada o muy reducida con respecto a los sistemas de la técnica anterior, especialmente cuando se deseen ángulos de elevación importantes (en el caso de las comunicaciones móviles por satélite el factor de bloqueo de la señal se reduce para una elevación importante lo que conduce a una mejor disponibilidad del servicio).
- 25

Se comprende que un sistema tal como el descrito facilita así una disponibilidad netamente incrementada para los usuarios llevados a evolucionar en zonas alejadas y poco cubiertas por los sistemas de comunicación tradicionales.

- 30 Otras ventajas de la solución retenida se ponen de manifiesto particularmente bien cuando se la compara con las soluciones existentes, utilizando satélites en órbita baja, o satélites geoestacionarios, o bien constelaciones híbridas.

1/ Comparado con una solución de comunicación por satélite que emplee una constelación de satélites en órbita baja (tales como Orbcomm o Argos por ejemplo), las ventajas proporcionadas por la invención son múltiples.

- 35 No es necesario desplegar estaciones de conexión para las comunicaciones entre los satélites en órbita baja LEO y la infraestructura de red terrestre. En efecto, la estación de conexión del o de los satélites GEO garantiza un acceso permanente a los satélites en órbita baja LEO.

- 40 No es necesario desplegar estaciones de Telemando / Telemedición & Control (TT&C) de la constelación de satélites en órbita baja, siendo las señales de TT&C igualmente transmitidas por el o los satélites GEO. Se comprende que el control de los satélites en órbita baja es efectuado, desde el suelo, por las estaciones de control de los satélites estacionarios, a través de estos satélites GEO1, GEO2, GEO3. La concepción de los satélites en órbita baja es netamente simplificada (función simplificada de relé colocada en órbita).

2/ Comparado con una solución de comunicaciones por satélite que emplee un satélite geoestacionario, las ventajas proporcionadas por la invención son:

Una extensión de la cobertura del satélite geoestacionario para cubrir por ejemplo las zonas polares

- 45 Una mejora de las prestaciones del balance de conexión que permite por ejemplo la miniaturización de los terminales usuarios, la reducción de la potencia consumida por los terminales (menos potencia para cerrar el balance de conexión por tanto más autonomía de batería para los terminales que operan con batería) o mejora de los caudales y de la disponibilidad.

Un tiempo de latencia reducido para el acceso a la red y para la recepción de acuse de recepción.

- 50 3/ Comparado con un sistema (incluido en el estado de la técnica) de telecomunicaciones por satélite híbrido que comprenda uno o varios satélites geoestacionarios y una constelación de satélites en órbita baja, las ventajas proporcionadas por la invención son:

La utilización de un protocolo común entre los dos sistemas, más eficaz que cada protocolo tomado separadamente.

Una mutualización de la banda de frecuencias utilizada, con mecanismos que aseguran que las interfaces intra-sistemas son limitadas.

- 5 Debido a su concepción, el concepto está particularmente adaptado a los terminales usuario que tengan una baja directividad y que no necesiten el mantenimiento de la puntería en dirección a los satélites en órbita baja. En efecto, basta que el terminal usuario apunte hacia un satélite GEO o LEO para asegurar la comunicación.

10 Las aplicaciones consideradas conciernen a la mejora de los futuros sistemas móviles por satélites geoestacionarios (MSS – Mobile Satellite Services -) que incluyen los servicios móviles aeronáuticos por satélites tales como AMSS (Aeronautical Mobile Satellite Service) y AMSRS (Aeronautical Mobile Satellite Route Services) en banda UHF, L, S, C o X que 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 las comunicaciones de tipo voz, datos o intercambios de mensajes de máquina a máquina (M2M).

15 Este concepto puede aplicarse 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).

20 Otra utilización de este concepto concierne a los intercambios de datos para aplicaciones de navegación (marítima o aeronáutica, especialmente). En estas aplicaciones, conocidas por el especialista en la materia con el nombre de SBAS (del inglés "Satellite Based Augmentation System"), no existe actualmente medio de cubrir los móviles situados en la proximidad de los polos. La invención permite poner remedio a este problema con un satélite en órbita geoestacionaria, y un satélite en órbita baja circulante que esté en la línea de visión del móvil.

Asimismo, cualquier cobertura de una zona de sombra de dispositivos de comunicaciones tradicionales es eventualmente posible, siempre que esta zona pueda llegar a la línea de visión de un satélite en órbita baja o a un medio circulante.

25 La utilización de un sistema o de un procedimiento de telecomunicaciones, de acuerdo con la invención permite por tanto extender la zona de cobertura de medios de comunicación que comprendan zonas de sombra, y especialmente extender la zona de cobertura de un sistema SBAS que utilice un satélite geoestacionario.

30 En el caso en que el repetidor espacial transmita en un canal adyacente al del satélite GEO y de modo regenerativo, una ventaja de la invención concierne a la posibilidad de una eventual simplificación de los protocolos de intercambios entre los terminales usuarios y los satélites LEO. Los satélites LEO pueden realizar especialmente una conversión hacia un protocolo de intercambios específico para el GEO (para tener en cuenta, por ejemplo, limitaciones de retardo de propagación propias del GEO), o una agregación de los mensajes y una optimización de la utilización de la banda pasante.

35 Otro atractivo importante de este concepto es la posibilidad de tener una conexión permanente y casi en tiempo real entre la red de control y de misión y la constelación de satélites LEO a través de la estación de conexión y del relé GEO.

40 Por otra parte, se comprende que el sistema no necesita obligatoriamente el despliegue de una constelación específica de satélites LEO o GEO. Es posible en efecto utilizar capacidades de transmisión disponibles en constelaciones de satélites GEO ya existentes. En este caso se elige naturalmente la banda de frecuencias de la constelación GEO utilizada como banda de frecuencias de trabajo de los satélites LEO. Esto permite resolver el problema de pocas bandas de frecuencias disponibles para los servicios móviles por satélite que utilizan satélites no geoestacionarios, y por tanto esto ofrece un interés reglamentario para el despliegue de una constelación de satélites LEO que opere a título secundario en la misma banda de frecuencias que el (o los) satélites GEO.

45 Asimismo, las funciones consideradas para los satélites LEO pueden ser realizadas de hecho por medio de cargas útiles embarcadas como pasajeros en satélites LEO dedicados principalmente a otras funciones. En este caso, el criterio determinante es la órbita considerada para el satélite LEO. Una elección ventajosa es la de satélites de observación de la Tierra, que utilizan frecuentemente una órbita heliosíncrona muy inclinada y que por tanto cubren las latitudes elevadas. Esta puesta en práctica de las cargas útiles como pasajeros, es naturalmente muy ventajosa en términos de coste de despliegue del sistema.

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

1/ el despliegue de un gran número de estaciones terrestres para ofrecer una conexión permanente entre los satélites LEO y el suelo, que es una solución cara y compleja de implantar en particular para cubrir los océanos (la constelación Globalstar es una buena ilustración de esta dificultad);

2/ la utilización de conexiones inter-satélites para ofrecer una conexión permanente entre los satélites LEO y un número limitado de estaciones terrestres. Esta solución tiene el inconveniente de añadir complejidad y un sobre coste a nivel del segmento espacial (la constelación Iridium es una buena ilustración de esta solución).

Variantes de la invención

5 Es posible la utilización de la diversidad espacial (o de las técnicas MIMO) a nivel del terminal usuario para recombinar las señales que provienen a la vez del satélite GEO y del satélite LEO a fin de mejorar el balance de conexión de manera suplementaria.

10 El repetidor satélite puede ser un simple repetidor analógico « transparente » que es la solución más simple pero impone exigencias de diseño de la interfaz aire de modo que se limiten las interferencias a nivel del terminal entre las señales que provienen del satélite GEO y las señales transmitidas por el satélite LEO.

Una solución alternativa consiste en transmitir la señal (de manera transparente o regenerativa) en un subcanal de una misma banda a bordo del satélite relé. Esta solución necesita una entidad de coordinación para coordinar los planes de frecuencias entre los satélites GEO y LEO.

15 La constelación de satélites relé puede igualmente implantar funcionalidades adicionales (store & forward, agregaciones de señales).

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

20 La constelación de satélites repetidores puede ofrecer una cobertura continua en el tiempo (para servicios en tiempo real disponibles en cualquier instante) o solamente un acceso con un cierto retardo (para servicios de no en tiempo real) utilizando constelaciones con un número reducido de satélites.

Está claro igualmente que el concepto descrito, que utiliza la misma banda de frecuencias para las comunicaciones entre los terminales de superficie y los medios de repetición y para las comunicaciones entre los medios de repetición y los medios estacionarios, puede aplicarse solamente en la vía de ida o en la vía de retorno o en los dos sentidos.

25

REIVINDICACIONES

1. Sistema de telecomunicaciones, destinado a transferir datos a baja velocidad entre al menos dos usuarios situados sensiblemente en la superficie de un cuerpo celeste, que comprende:
 - al menos un terminal emisor / receptor REC de superficie asociado cada uno a un usuario,
- 5 uno o varios medios estacionarios GEO por encima de la superficie del cuerpo celeste, siendo estos medios estacionarios aptos para transmitir datos de y hacia una zona de cobertura determinada, que esté en la línea de visión del medio estacionario,
- y uno o varios medios de repetición de señales para señales emitidas y/o recibidas desde los medios estacionarios GEO y los terminales de superficie REC, circulando estos medios de repetición por encima de la superficie del cuerpo celeste, caracterizado por que un mismo espectro de frecuencia en la banda es utilizado para las comunicaciones entre los terminales de superficie y los medios de repetición y para las comunicaciones entre los medios de repetición y los medios estacionarios.
- 10 2. Sistema de telecomunicaciones de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado:
 - por que el mismo comprende al menos una estación terrestre de conexión (GES) de los medios estacionarios GEO,
 - y por que las comunicaciones entre los medios de repetición y un operador terrestre, están aseguradas por intermedio de los medios estacionarios GEO y de las estaciones terrestres de conexión GES.
- 15 3. Sistema de telecomunicaciones de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado por que al menos un medio estacionario GEO está embarcado en un satélite colocado en órbita geoestacionaria alrededor del cuerpo celeste.
- 20 4. Sistema de telecomunicaciones de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que al menos un medio de repetición está embarcado en un satélite que evoluciona en órbita baja circulando alrededor del cuerpo celeste.
5. Sistema de telecomunicaciones de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que al menos un medio de repetición está embarcado en un satélite que evoluciona en órbita polar alrededor del cuerpo celeste.
- 25 6. Sistema de telecomunicaciones de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el espectro de frecuencias es utilizado igualmente para comunicaciones directas entre terminales usuarios REC y al menos un medio estacionario GEO.
- 30 7. Sistema de telecomunicaciones de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado:
 - por que al menos un medio de repetición comprende medios de efectuar una amplificación sin traslación de frecuencia de la señal recibida del medio estacionario GEO,
 - por que la interfaz aire utilizada es una interfaz de tipo CDMA,
 - y por que al menos un terminal usuario REC1 comprende medios de gestionar la llegada de dos señales que comprendan diferencias de retardo y de Doppler.
- 35 8. Sistema de telecomunicaciones de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que los medios de gestionar la llegada de dos señales que comprendan diferencias de retardo y de Doppler, del terminal usuario REC1 son un receptor de tipo Rake.
- 40 9. Sistema de telecomunicaciones de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado:
 - porque al menos un medio de repetición es un repetidor analógico « transparente »,
 - y porque la interfaz aire comprende medios de limitar las interferencias a nivel de un terminal usuario REC, entre las señales que provienen de un medio estacionario GEO y las señales transmitidas por un medio de repetición.
- 45 10. Sistema de telecomunicaciones de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado:
 - por que al menos un medio de repetición transmite la señal, de manera transparente o regenerativa, en un canal adyacente, antes de su reemisión,

- y por que el sistema de comunicaciones comprende una entidad de coordinación para coordinar los planes de frecuencias entre los medios estacionarios GEO y los medios de repetición.

11. Procedimiento de telecomunicación, destinado a la transferencia de datos a baja velocidad entre dos usuarios, situados sensiblemente en la superficie de un cuerpo celeste, estando dotado el primer usuario de un terminal usuario, que está en la línea de visión del menos un medio de repetición y estando el medio de repetición en la línea de visión de al menos un medio estacionario, utilizando el procedimiento un sistema de telecomunicaciones de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 caracterizado por que el procedimiento comprende especialmente etapas en las cuales:

- el terminal del primer usuario emite una primera señal ascendente, en el espectro de frecuencia utilizado a la vez para las comunicaciones entre los terminales de superficie y los medios de repetición y para las comunicaciones entre los medios de repetición y los medios estacionarios, representativa de los datos que haya que transmitir, hacia el medio de repetición,

- el medio de repetición, recibe y amplifica la primera señal emitida por el terminal usuario en el suelo y la transmite en forma de una segunda señal ascendente hacia el medio estacionario en el citado espectro de frecuencia, asegurando el medio estacionario la buena transmisión final de los datos que haya que transmitir hacia el segundo usuario.

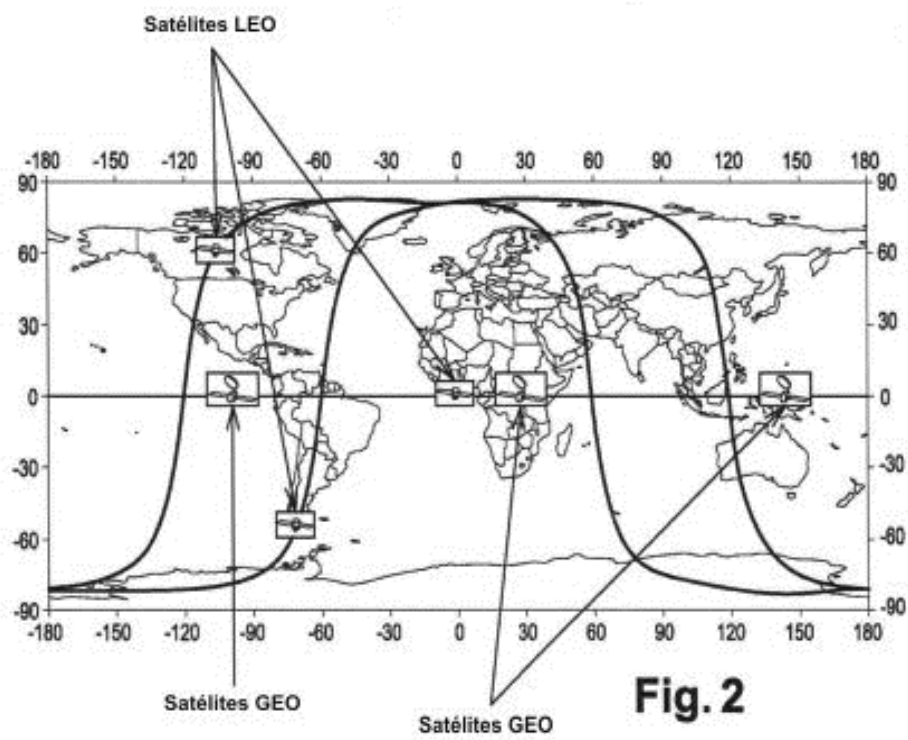
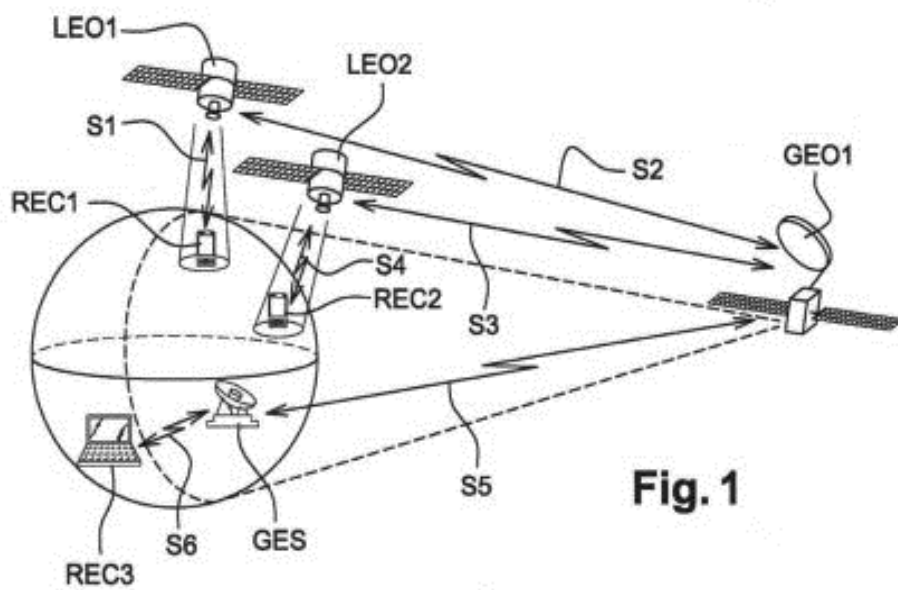
12. Procedimiento de telecomunicación, destinado a la transferencia de datos a baja velocidad entre dos usuarios, situados sensiblemente en la superficie de un cuerpo celeste, estando dotado el segundo usuario de un segundo terminal usuario que está en la línea de visión del menos un medio de repetición y estando el medio de repetición en la línea de visión de al menos un medio estacionario, utilizando el procedimiento un sistema de telecomunicaciones de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10,

caracterizado por que el procedimiento comprende especialmente etapas en las cuales:

- el medio estacionario retransmite una señal, representativa de los datos que haya que transmitir, recibida de un primer usuario eventualmente a través de una estación de conexión GES, hacia el medio de repetición en forma de una primera señal descendente, en el espectro de frecuencia utilizado a la vez para las comunicaciones entre los terminales de superficie y los medios de repetición y para las comunicaciones entre los medios de repetición y los medios estacionarios,

- el medio de repetición, recibe y amplifica la primera señal descendente emitida por el medio estacionario, y la transmite al terminal del segundo usuario en el suelo en el citado espectro de frecuencia en forma de una segunda señal descendente.

13. Procedimiento de telecomunicación caracterizado por que el mismo pone en práctica procedimientos de acuerdo con las reivindicaciones 11 y 12.



Elevación media	5°	5°	5°	5°	5°
Altitud Satélite LEO	1100 Km	800 Km	600 Km	500 Km	400 Km
Radio Tierra	6378 Km	6378 Km	6378 Km	6378 Km	6378 Km
Semiángulo de vista Satélite	58,17 °	62,27 °	65,58 °	67,48 °	69,62 °
Radio de cbt. 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

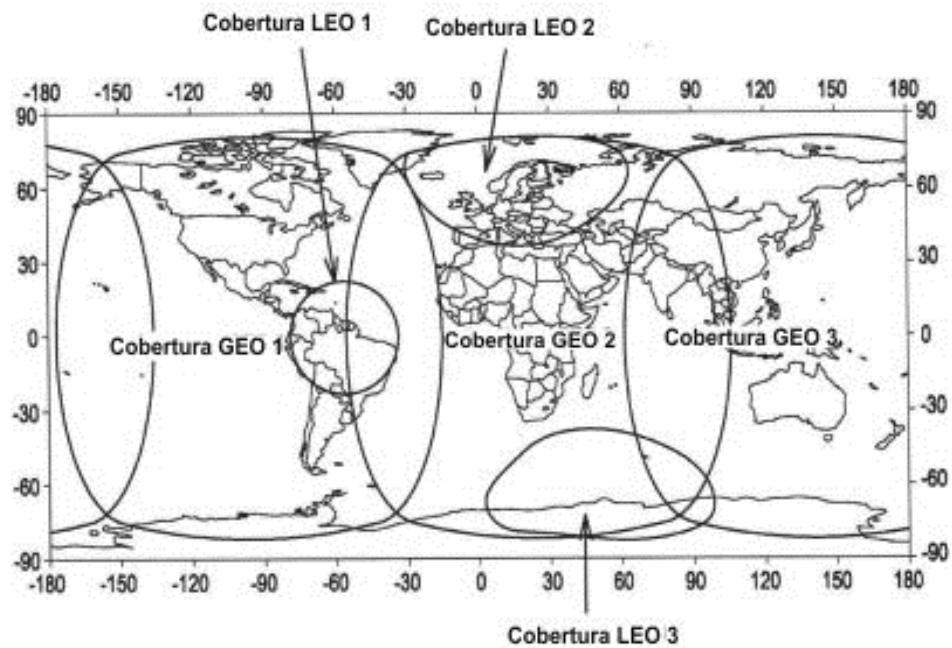


Fig. 4