

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 047**

51 Int. Cl.:
H04B 7/185 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09154586 .3**
- 96 Fecha de presentación: **09.03.2009**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **2104242**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.09.2009**

54 Título: **Red de telecomunicación**

30 Prioridad:
17.03.2008 FR 0851723

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.10.2012

73 Titular/es:
**Eutelsat SA
70, rue Balard
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:
**Fenech, Hector y
Lance, Emmanuel**

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

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).

ES 2 388 047 T3

DESCRIPCIÓN

Red de telecomunicación.

5 La presente invención concierne a una red de telecomunicación para el establecimiento de enlaces por radiofrecuencia entre estaciones terrestres y terminales terrestres a través de un satélite de telecomunicaciones multihaz. Este tipo de satélite permite la utilización de varios haces de antenas a bordo del satélite para cubrir áreas geográficas contiguas o celdas, en lugar de un sólo haz ancho.

Tales satélites multihaz permiten establecer varios enlaces por radiofrecuencia que ocupan una misma banda de frecuencias sobre diferentes haces.

10 En el caso de sistema de telecomunicación por satélite de banda ancha («broadband» en inglés) de alta velocidad, el satélite se utiliza de manera bidireccional, es decir, a la vez para:

- retransmitir datos emitidos por una estación terrestre principal (enlazada con la red terrestre) hacia una pluralidad de terminales terrestres: este primer enlace de tipo de punto a multipunto constituye el canal de ida («forward link» en inglés);
- 15 - retransmitir hacia la estación terrestre principal los datos emitidos por los terminales terrestres: este segundo enlace, de tipo de multipunto a punto, constituye el canal de retorno («return link» en inglés).

En la figura 1 se ilustra un ejemplo de canal de ida en una configuración de red de telecomunicación multihaz.

20 Hacia un satélite multihaz 3 se envían señales por un enlace ascendente LM mediante una estación terrestre principal 2 (también denominada estación central) tal como una pasarela de comunicación terrestre («gateway» en inglés) enlazada con una malla central de Internet 5. La estación terrestre principal controla la red con interposición de un sistema de gestión de la red que permite a la entidad explotadora supervisar y controlar todos los componentes de la red. Las señales enviadas por la estación terrestre principal son tratadas a continuación a nivel del satélite 3 el cual las amplifica, las deriva a una frecuencia generalmente inferior y luego las retransmite a partir de la o de las antenas de satélite por un enlace descendente LD en forma de una pluralidad de haces o puntos determinantes de las áreas de cobertura elementales o celdas C1 a C8 en las que están situados unos terminales terrestres 6. Cada celda C1 a C8 queda asociada a un haz SP1 a SP8. Se notará que, en el caso de la configuración 25 1, las ocho celdas C1 a C8 respectivamente asociadas a los ocho haces SP1 a SP8 conforman un grupo de celdas a las que da servicio la misma estación terrestre 2. El canal de retorno de los terminales terrestre 6 hacia la estación terrestre 2 funciona de manera idéntica con una dirección de comunicación inversa.

30 La coordinación de las frecuencias entre operadores se lleva a cabo en el marco de una normativa dictada por la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT): así, a título de ejemplo, la banda Ka para la región 1 (Europa, África, Oriente Medio) se define en la tabla 1 que sigue:

Tabla 1.

Canal de ida	Enlace ascendente (desde la estación terrestre)	27,5 GHz a 29,5 GHz
	Enlace descendente (hacia los terminales terrestres)	19,7 GHz a 20,2 GHz
Canal de retorno	Enlace ascendente (desde los terminales terrestres)	29,5 GHz a 30,0 GHz
	Enlace descendente (hacia la estación terrestre)	17,7 GHz a 19,7 GHz

35 Se advierte que los espectros de la banda Ka en el enlace ascendente son adyacentes (es decir, los intervalos [27,5; 29,5] y [29,5; 30] no presentan discontinuidad). Lo mismo vale para los espectros de la banda Ka en el enlace descendente (es decir, los intervalos [17,7; 19,7] y [19,7; 20,2] no presentan discontinuidad).

40 Dado que la ganancia de una antena es inversamente proporcional a la abertura del haz, es necesario utilizar antenas multihaz para cubrir un área extensa con una ganancia homogénea y elevada. Cuanto mayor sea el número de haces, más pequeña será la abertura de cada haz. Así, se verá aumentada la ganancia en cada haz y, por tanto, la ganancia en el área de servicio que ha de cubrirse. Como hemos mencionado más arriba, un área de servicio que ha de cubrirse se conforma por una pluralidad de celdas contiguas (áreas de cobertura elementales), llevando asociado cada celda un haz. En la figura 2a) se representa un área de cobertura multihaz homogénea SA, estando representada cada celda mediante un hexágono FH, de modo que el área de cobertura se compone de una pluralidad de hexágonos FH en la que θ_{cell} es la dimensión externa de la celda expresada por el ángulo del satélite asociado a la cobertura. No obstante, el haz de antena asociado a cada celda no es capaz de producir una forma

- hexagonal, consistiendo una buena aproximación en considerar una pluralidad de haces circulares FC tales como se representan en la figura 2 b). La asociación de un haz con una celda se lleva a cabo tomando en cuenta las mejores prestaciones del satélite para dicho haz, en particular atendiendo a la PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente) y al factor de mérito G/T (relación de ganancia a temperatura de ruido): una celda queda determinada como la parte del área de servicio asociada al haz que ofrece la ganancia más elevada en esa área de entre todos los haces del satélite.
- La configuración 1 tal como se representa en la figura 1 utiliza una técnica llamada de reutilización de las frecuencias: esta técnica permite utilizar un mismo margen de frecuencias varias veces en el mismo sistema de satélite con el fin de incrementar la capacidad total del sistema sin aumentar el ancho de banda asignado.
- Son conocidos esquemas de reutilización de frecuencias, llamados esquemas de colores, que hacen corresponder un color a cada uno de los haces del satélite. Estos esquemas de color son utilizados para describir la asignación de una pluralidad de bandas de frecuencias a los haces del satélite a efectos de transmisión de radiofrecuencia que ha de realizarse en cada uno de los haces. En estos esquemas, cada color corresponde a una de esas bandas de frecuencias.
- Estos satélites multihaz permiten por otro lado emitir (y recibir) transmisiones polarizadas: la polarización puede ser lineal (en tal caso, los dos sentidos de polarización son respectivamente horizontal y vertical) o circular (en tal caso, los dos sentidos de polarización son respectivamente circular a izquierdas o circular a derechas). Se notará que en el ejemplo de la figura 1, el enlace ascendente que parte de la estación terrestre principal 2 utiliza dos polarizaciones con cuatro canales para cada polarización, respectivamente Ch1 a Ch4 para la primera polarización y Ch5 a Ch8 para la segunda polarización: la utilización de dos polarizaciones permite reducir el número total de estaciones terrestres principales. Los ocho canales Ch1 a Ch8, después del tratamiento mediante la carga de pago del satélite 3, conformarán los ocho haces SP1 a SP8 (asociándose en este ejemplo un canal a un haz).
- De acuerdo con un esquema de cuatro colores (rojo, amarillo, azul, verde) con un espectro de frecuencia de 500 MHz para cada polarización, siendo polarizadas las transmisiones en uno de los dos sentidos de polarización circular a izquierdas o circular a derechas, cada color queda asociado a una banda de 250 MHz y un sentido de polarización.
- En toda la descripción que sigue adoptaremos la siguiente convención:
- el color rojo está representado mediante trazos de sombreado hacia la derecha;
 - el color amarillo está representado mediante puntos densos;
 - el color azul está representado mediante trazos de sombreado hacia la izquierda;
 - el color verde está representado mediante puntos diseminados.
- Cada haz del satélite lleva así asociado un color (y, por tanto, una celda) de modo que los haces de un mismo «color» sean no adyacentes: por lo tanto, las celdas contiguas corresponden a colores diferentes.
- En la figura 3 se representa un ejemplo de esquema de cuatro colores para la cobertura de Europa. En este caso, para cubrir Europa son necesarias 80 celdas.
- Este tipo de esquema es aplicable tanto en el enlace ascendente como en el enlace descendente. A nivel del satélite, la creación de un haz se lleva a cabo a partir de una bocina radiante hacia un reflector. Se puede asociar un reflector con un color de modo que, mediante cuatro reflectores, se asegura una cobertura de cuatro colores. Dicho de otro modo, la generación de 16 haces de cada estación terrestre principal puede llevarse a cabo a través de la utilización de cuatro antenas (una por color) que tienen cada una de ellas un reflector, asociándose a cada reflector cuatro bocinas.
- La figura 4 ilustra un plan de frecuencias descompuesto en un plan de frecuencias de enlace ascendente PMVA en el canal de ida, un plan de frecuencias de enlace descendente PDVA en el canal de ida, un plan de frecuencias de enlace ascendente PMVR en el canal de retorno y un plan de frecuencias de enlace descendente PDVR en el canal de retorno. Las notaciones RHC y LHC designan respectivamente los sentidos circulares a derechas y a izquierdas de polarización.
- El plan PMVA correspondiente al enlace ascendente en el canal de ida (de la estación terrestre principal al satélite) dispone de 2 GHz (de 27,5 a 29,5 GHz) de espectro disponible en frecuencia de modo que son generados 16 canales de 250 MHz de ancho de banda por una estación terrestre (8 canales para cada polarización). Estos 16 canales, después del tratamiento mediante la carga de pago del satélite, conformarán 16 haces. El supuesto que se adopta en el presente caso consiste en considerar que se utiliza todo el espectro de 2 GHz: se notará no obstante que cabe también la posibilidad, en particular por motivos operativos, de utilizar solamente una parte del espectro y de generar menos canales. En el anterior ejemplo, son generados 16 haces (y, por tanto, 16 celdas) a partir de dos señales que multiplexan los 8 canales (una señal multiplexada por polarización) generados por una estación

terrestre principal. Cada señal multiplexada correspondiente a una polarización es tratada a continuación a nivel del repetidor del satélite al objeto de proporcionar 8 haces; cada uno de estos ocho haces se asocia a un intervalo de frecuencias de entre los dos intervalos de frecuencias [19,7; 19,95] y [19,95; 20,2] y a una polarización RHC o LHC tales como se representan en el plan de frecuencias de enlace descendente PDVA.

- 5 El plan PDVR correspondiente al enlace descendente en el canal de retorno (del satélite a la estación terrestre principal) dispone de 2 GHz (de 17,7 a 19,7 GHz) de espectro disponible en frecuencia de modo que, a nivel del satélite, se multiplexan 16 haces de 250 MHz de ancho de banda (asociados a un intervalo de frecuencias de entre los dos intervalos de frecuencias [29,5; 29,75] y [29,75; 30] y a una polarización RHC o LHC tales como se representan en el plan de frecuencias de enlace descendente PMVR), procedentes de las celdas, en dos señales (correspondientes a cada polarización) para ser enviadas de vuelta hacia la estación terrestre principal (8 canales para cada polarización). Seguimos en el supuesto de que se utiliza el conjunto del espectro de 2 GHz.

Se notará que el esquema de cuatro colores, para el canal de ida, asocia, con cada haz perteneciente a un motivo de cuatro haces adyacentes, uno de los cuatro siguientes colores:

- 15 - un color rojo correspondiente a una primera banda de 250 MHz (parte inferior del espectro disponible de 500 MHz) y al sentido de polarización circular a derechas;
- un color amarillo correspondiente a la misma primera banda de 250 MHz y al sentido de polarización circular a izquierdas;
- un color azul correspondiente a una segunda banda de 250 MHz (parte superior del espectro disponible de 500 MHz) y al sentido de polarización circular a derechas;
- 20 - un color verde correspondiente a la misma segunda banda de 250 MHz y al sentido de polarización circular a izquierdas.

Los cuatro haces adyacentes de un mismo motivo son asociados cada uno de ellos a un color diferente.

- 25 En el canal de retorno, las polarizaciones se invierten de modo que los colores rojo y amarillo tienen una polarización circular a izquierdas y los colores azul y verde tienen una polarización circular a derechas. Los terminales terrestres emiten y reciben según una polarización inversa, de modo que se puede separar fácilmente las señales de enlace ascendente de las señales de enlace descendente: tal configuración permite utilizar terminales menos costosos.

- 30 En el caso en que las estaciones terrestres principales se hallan situadas en el área de servicio, conviene señalar que las estaciones terrestres principales se sitúan en celdas y comparten así con los usuarios la misma bocina. En lo sucesivo se designarán esas celdas particulares con el término «celda de estación terrestre principal» (o «gateway cell» en inglés).

Así, en el enlace ascendente, la señal emitida por cada celda de estación terrestre principal se desmultiplexa mediante un demultiplexador a nivel del satélite, al objeto de separar la señal de la estación terrestre principal de la señal de los terminales terrestres.

- 35 Igualmente, en el enlace descendente, la señal emitida por el satélite hacia cada celda de estación terrestre principal se multiplexa mediante un multiplexador a nivel del satélite, al objeto de mezclar la señal destinada a la estación terrestre principal y la señal destinada a los terminales terrestres.

- 40 Estas operaciones de multiplexación y demultiplexación precisan cada una de ellas de la presencia de una banda de guarda en frecuencia al objeto de permitir la separación o la combinación de las señales (el documento EP1267502 describe una configuración de este tipo): esta banda de guarda constituye un ancho de banda de demarcación que permite evitar la interferencia mutua entre la señal de la estación terrestre principal y la señal de los terminales terrestres pertenecientes a la misma celda de estación terrestre principal, implicando necesariamente ambas operaciones una etapa de filtrado que tan sólo puede ser eficaz si las señales se hallan suficientemente separadas en frecuencia entre sí. La figura 5 ilustra la utilización de una banda de guarda en los respectivos planes de frecuencias de los canales descendentes y ascendentes. Esta banda de guarda, que tiene típicamente una anchura de 250 MHz (valor dado a título meramente ilustrativo), queda situada respectivamente, para el enlace ascendente y el enlace descendente:

- 45 - en el plan de frecuencias PMVA correspondiente al enlace ascendente en el canal de ida (de la estación terrestre principal al satélite) entre 29,25 GHz y 29,5 GHz;
- 50 - en el plan de frecuencias PDVR correspondiente al enlace descendente en el canal de retorno (del satélite a la estación terrestre principal) entre 19,45 GHz y 19,7 GHz.

Semejante configuración es susceptible, sin embargo, de plantear algunas dificultades. En efecto, el hecho de que la banda de guarda ocupe una parte del espectro (plan PMVA o plan PDVR) acarrea una reducción del número de canales por estación terrestre principal y, por tanto, una reducción del número de haces por estación terrestre principal: esta reducción implica que la estación terrestre principal cubra menos celdas de las que podría utilizando

el conjunto del plan de frecuencias. A título de ejemplo, para un ancho de banda de guarda de 250 MHz, se reduce de 16 a 14 el número de celdas servidas por una misma estación emisora. Así, con el fin de cubrir la misma área de servicio, tal reducción acarrea un aumento del número de estaciones terrestres principales.

5 En tal sentido, la presente invención pretende proporcionar una red de telecomunicación para el establecimiento de enlaces por radiofrecuencia entre estaciones terrestres principales y terminales terrestres a través de un satélite de telecomunicaciones de varios haces, llamado satélite multihaz, incluyendo dicha red unas estaciones terrestres principales ubicadas en unas celdas del área de servicio sin reducción del número de celdas cubiertas por cada estación terrestre principal.

10 Para este fin, la invención propone una red de telecomunicación para el establecimiento de enlaces por radiofrecuencia entre estaciones terrestres principales y terminales terrestres a través de un satélite de telecomunicaciones de varios haces, llamado satélite multihaz, incluyendo dicha red:

- un satélite multihaz,
- una pluralidad de estaciones terrestres, estableciendo cada estación terrestre un enlace con dicho satélite en al menos N_s canales de enlace correspondientes a N_s intervalos de frecuencias $[f_i; f_{i+1}]$, con i variando de 0 a N_s-1 y

15 - un área de servicio compuesta de N_c celdas que incluyen cada una de ellas una pluralidad de terminales terrestres, estando cada celda asociada a un haz de enlace con dicho satélite al cual se asigna un intervalo de frecuencias seleccionado de entre una pluralidad de intervalos de frecuencias $[f'_i; f'_{i+1}]$, con i variando de 0 a $N-1$, siendo N un entero estrictamente superior a 1, siendo la frecuencia f'_0 sensiblemente igual a la frecuencia f_{N_s} , o siendo la frecuencia f'_N sensiblemente igual a la frecuencia f_0 ,

20 estando ubicada cada una de dichas estaciones terrestres principales en una de dichas N_c celdas, **estando caracterizada** dicha red **porque** las celdas en las que están ubicadas dichas estaciones terrestres principales están asociadas a un haz al que se asigna un intervalo de frecuencias seleccionado de entre los intervalos de frecuencias:

25 - $[f'_i; f'_{i+1}]$, con i variando de 1 a $N-1$ en el caso en que la frecuencia f'_0 es sensiblemente igual a la frecuencia f_{N_s} , de modo que ninguna estación terrestre principal de dicha red se halla ubicada en una celda asociada a un haz al que se asigna el intervalo de frecuencias $[f'_0; f'_1]$,

- $[f'_i; f'_{i+1}]$, con i variando de 0 a $N-2$ en el caso en que la frecuencia f'_N es sensiblemente igual a la frecuencia f_0 , de modo que ninguna estación terrestre principal de dicha red se halla ubicada en una celda asociada a un haz al que se asigna el intervalo de frecuencias $[f'_{N-1}; f'_N]$.

30 Se entiende por estación terrestre principal («gateway» en inglés) cualquier estación central, tal como una pasarela de comunicación terrestre, enlazada con una malla central de Internet. La estación terrestre principal envía por un canal de ida unas señales que a continuación son tratadas a nivel del satélite, el cual las amplifica, las deriva a una frecuencia diferente (generalmente inferior) y luego las retransmite a partir de la o de las antenas de satélite por un enlace descendente en forma de una pluralidad de haces o puntos determinantes de las áreas de cobertura
35 elementales o celdas en las que están situados unos terminales terrestres.

Se notará que la diferencia $(f'_{i+1} - f'_i)$ corresponde al ancho de canal de enlace disponible para los terminales de la celda asociada.

40 Por la frase «la frecuencia f'_0 es sensiblemente igual a la frecuencia f_{N_s} » se entiende ya sea que la frecuencia f'_0 es igual a la frecuencia f_{N_s} , o bien que $f'_0 = f_{N_s} + f_B$, con f_B teniendo un valor positivo estrictamente inferior al ancho de la banda de guarda. Aunque la continuación de la descripción se centrará más en el caso en que la frecuencia f'_0 y la frecuencia f_{N_s} son iguales, puede asimismo ocurrir que estas dos frecuencias sean realmente demasiado cercanas entre sí para obtener las prestaciones que interesan sin utilizar una banda de guarda: en tal caso, mientras el ancho de banda que las separa sea estrictamente inferior a la banda de guarda (típicamente 250 MHz para el caso de la banda Ka) necesaria para asegurar una separación o una combinación eficaz de las señales, la red según la
45 invención encuentra asimismo una aplicación interesante.

Igualmente, se entiende por la frase «la frecuencia f'_N es sensiblemente igual a la frecuencia f_0 » ya sea que la frecuencia f'_N es igual a la frecuencia f_0 , o bien que $f'_N = f_0 + f_B$, con f_B teniendo un valor positivo estrictamente inferior al ancho de la banda de guarda.

50 La invención encuentra una aplicación de interés más particular en la banda Ka: en esta configuración, las frecuencias f'_0 y f_{N_s} son iguales a 29,5 GHz. No obstante, la invención es de aplicación general cuando las bandas atribuidas para las estaciones terrestres principales y para los terminales son adyacentes (es decir, se tocan a través de una frecuencia común), ya se halle la banda atribuida para las estaciones terrestres principales por debajo de la banda atribuida para las estaciones terrestres (caso en el que la frecuencia f'_0 es igual a la frecuencia f_{N_s}) o por encima (caso en el que la frecuencia f'_N es igual a la frecuencia f_0).

Por regla general, se trabajará con dos polarizaciones con $2 \times N_s$ canales (N_s canales por polarización).

En virtud de la invención, las estaciones terrestres principales se ubican únicamente en celdas que emiten o reciben en intervalos de frecuencias que ocupan la parte alta del espectro que se les atribuye. Dicho de otro modo, se prohíbe a las estaciones terrestres ocupar una celda que establece un enlace por radiofrecuencia en el intervalo $[f'_0; f'_1]$, es decir, el intervalo de frecuencias inmediatamente contiguo al espectro atribuido a la estación terrestre principal. Así se utiliza ventajosamente este intervalo $[f'_0; f'_1]$ para separar en frecuencia la señal de la estación terrestre principal y la señal de los terminales terrestres pertenecientes a la misma celda de estación terrestre principal sin recurrir a una banda de guarda. Al hacer esto, se recuperan los canales ocupados normalmente por la banda de guarda y así se evita un aumento del número de estaciones terrestres para cubrir el área de servicio.

La red según la invención puede presentar asimismo una o varias de las características que siguen, consideradas individualmente o según todas las combinaciones técnicamente posibles:

- Cada estación terrestre establece un enlace con dicho satélite en $2 \times N_s$ canales de enlace, incluyendo los $2 \times N_s$ canales:

- o N_s canales asociados a una primera polarización y correspondientes a dichos N_s intervalos de frecuencias $[f_i; f_{i+1}]$, con i variando de 0 a $N_s - 1$ y
- o N_s canales asociados a una segunda polarización y correspondientes a dichos N_s intervalos de frecuencias $[f_i; f_{i+1}]$, con i variando de 0 a $N_s - 1$,

estando asociada cada celda a un haz al que se asigna una de dichas primera o segunda polarización.

- Dichos intervalos de frecuencias pertenecen a la banda Ka.

- En el caso de enlaces ascendentes, por una parte entre dichas estaciones terrestres principales y dicho satélite y, por otra parte, entre dichas celdas y dicho satélite, las celdas en las que se hallan ubicadas dichas estaciones terrestres están asociadas a un haz al que se asigna el intervalo de frecuencias $[29,75 \text{ GHz}; 30 \text{ GHz}]$, no hallándose ubicada ninguna estación terrestre de dicha red en una celda asociada a un haz al que se asigna el intervalo de frecuencias $[29,5 \text{ GHz}; 29,75 \text{ GHz}]$ (en este caso $f'_0 = f_{N_s} = 29,5 \text{ GHz}$).

- En el caso de enlaces descendentes, por una parte entre dichas estaciones terrestres principales y dicho satélite y, por otra parte, entre dichas celdas y dicho satélite, las celdas en las que se hallan ubicadas dichas estaciones terrestres están asociadas a un haz al que se asigna el intervalo de frecuencias $[19,95 \text{ GHz}; 20,2 \text{ GHz}]$, no hallándose ubicada ninguna estación terrestre de dicha red en una celda asociada a un haz al que se asigna el intervalo de frecuencias $[19,7 \text{ GHz}; 19,95 \text{ GHz}]$ (en este caso $f_{N_s} = 19,7 \text{ GHz}$).

- Cada celda está asociada a uno de los siguientes cuatro colores:

- o un primer color correspondiente en el enlace ascendente al intervalo de frecuencias $[29,5 \text{ GHz}; 29,75 \text{ GHz}]$ acoplado a una primera polarización y en el enlace descendente al intervalo de frecuencias $[19,7 \text{ GHz}; 19,95 \text{ GHz}]$ acoplado a una segunda polarización inversa de dicha primera polarización;
- o un segundo color correspondiente en el enlace ascendente al intervalo de frecuencias $[29,75 \text{ GHz}; 30 \text{ GHz}]$ acoplado a dicha segunda polarización y en el enlace descendente al intervalo de frecuencias $[19,95 \text{ GHz}; 20,2 \text{ GHz}]$ acoplado a dicha primera polarización;
- o un tercer color correspondiente en el enlace ascendente al intervalo de frecuencias $[29,5 \text{ GHz}; 29,75 \text{ GHz}]$ acoplado a dicha segunda polarización y en el enlace descendente al intervalo de frecuencias $[19,7 \text{ GHz}; 19,95 \text{ GHz}]$ acoplado a dicha primera polarización;
- o un cuarto color correspondiente en el enlace ascendente al intervalo de frecuencias $[29,75 \text{ GHz}; 30 \text{ GHz}]$ acoplado a dicha primera polarización y en el enlace descendente al intervalo de frecuencias $[19,95 \text{ GHz}; 20,2 \text{ GHz}]$ acoplado a dicha segunda polarización,

siendo las celdas en las que están ubicadas dichas estaciones terrestres únicamente celdas de dicho segundo o cuarto color.

- Dicha primera polarización es una polarización circular a derechas y dicha segunda polarización es una polarización circular a izquierdas.

- El número N_s de canales es igual a ocho.

- El número N_s de canales es igual a cinco.

- El entero N es igual a 2.

Es también objeto de la presente invención un procedimiento para atribuir una estación terrestre principal a una

celda en una red de telecomunicación según la invención, incluyendo dicho procedimiento una etapa de selección de un intervalo de frecuencias seleccionado de entre los intervalos de frecuencias $[f'_i; f'_{i+1}]$, con i variando de 1 a $N-1$, de modo que dicha estación terrestre principal no se halla ubicada en una celda asociada a un haz al que se asigna el intervalo de frecuencias $[f_{Ns}; f'_1]$.

- 5 Otras características y ventajas de la invención se desprenderán claramente de la descripción que de la misma se da a continuación, a título indicativo y sin carácter limitativo alguno, haciendo referencia a las figuras que se acompañan, en las que:
- la figura 1 es una representación esquemática simplificada de una configuración multihaz;
 - 10 - la figura 2 a) representa un ejemplo de área de cobertura compuesta de una pluralidad de hexágonos adyacentes;
 - la figura 2 b) representa una aproximación del área de cobertura de la figura 2 a) compuesta de una pluralidad de haces circulares;
 - la figura 3 ilustra un esquema de cuatro colores para la cobertura de Europa;
 - la figura 4 ilustra un plan de frecuencias en banda Ka;
 - 15 - la figura 5 ilustra la utilización de una banda de guarda en los planes de frecuencias respectivas de los canales descendentes y ascendentes en banda Ka;
 - las figuras 6 a) a d) representan los colores de las celdas en las que pueden estar ubicadas las estaciones terrestres principales en una red según el estado de la técnica;
 - 20 - las figuras 7 a) y b) representan las diferentes ubicaciones posibles de las estaciones terrestres principales en una red según la invención;
 - la figura 8 ilustra las celdas potencialmente utilizables por parte de las estaciones terrestres principales en el caso de la cobertura de Europa en una red según la invención.

En todas las figuras, los elementos comunes llevan los mismos números de referencia.

- 25 Las figuras 6 a) a d) representan las diferentes ubicaciones posibles de las estaciones terrestres principales según los colores de las celdas en una red según el estado de la técnica. Los colores identifican las características de los canales para los terminales dentro de las celdas.

Cada celda está asociada a uno de los siguientes cuatro colores:

- 30 - un primer color amarillo (figura 6 a)) correspondiente en el enlace ascendente al intervalo de frecuencias [29,5 GHz; 29,75 GHz] acoplado a una polarización circular a derechas RHC y en el enlace descendente al intervalo de frecuencias [19,7 GHz; 19,95 GHz] acoplado a una polarización circular a izquierdas LHC;
- un segundo color azul (figura 6 d)) correspondiente en el enlace ascendente al intervalo de frecuencias [29,75 GHz; 30 GHz] acoplado a una polarización circular a izquierdas LHC y en el enlace descendente al intervalo de frecuencias [19,95 GHz; 20,2 GHz] acoplado a una polarización circular a derechas RHC;
- 35 - un tercer color rojo (figura 6 b)) correspondiente en el enlace ascendente al intervalo de frecuencias [29,5 GHz; 29,75 GHz] acoplado a una polarización circular a izquierdas LHC y en el enlace descendente al intervalo de frecuencias [19,7 GHz; 19,95 GHz] acoplado a una polarización circular a derechas RHC;
- un cuarto color verde (figura 6 c)) correspondiente en el enlace ascendente al intervalo de frecuencias [29,75 GHz; 30 GHz] acoplado a una polarización circular a derechas RHC y en el enlace descendente al intervalo de frecuencias [19,95 GHz; 20,2 GHz] acoplado a una polarización circular a izquierdas LHC.

- 40 El esquema de cuatro colores es simétrico entre el canal de ida y el canal de retorno. Por lo tanto, una celda es del mismo color en recepción y en transmisión. Por el contrario, este color no corresponde a la misma frecuencia en el canal de ida (recepción de la señal emitida por el satélite entre 19,7 y 20,2 GHz) y en el canal de retorno (emisión en dirección al satélite entre 29,5 y 30,0 GHz). Además, la polarización está invertida entre la señal emitida y la señal recibida, lo cual permite la utilización de terminales más simples y menos costosos, llevándose a cabo la separación
- 45 entre señal transmitida y señal recibida mediante polarización y sin necesitar de un filtrado específico.

- 50 En una red según el estado de la técnica, las estaciones terrestres principales pueden ocupar así todas las celdas posibles (es decir, de cualquier color), implicando esto la presencia de una banda de guarda BG (típicamente 250 MHz entre 29,25 GHz y 29,5 GHz para el enlace ascendente en el canal de ida y entre 19,45 GHz y 19,7 GHz para el enlace descendente en el canal de retorno). Como ya hemos mencionado, esta banda de guarda ocupa una parte de los espectros respectivamente utilizables para la emisión desde las estaciones terrestres hacia el satélite y

para la recepción de las señales emitidas por el satélite hacia las estaciones terrestres. Esta ocupación acarrea una reducción del número de canales por estación terrestre principal y, por tanto, una reducción del número de haces por estación terrestre principal. Así, con el fin de cubrir la misma área de servicio, tal reducción acarrea un aumento del número de estaciones terrestres principales.

- 5 Las figuras 7 a) y b) representan las diferentes ubicaciones posibles de las estaciones terrestres principales según los colores de las celdas en una red según la invención.

La red de telecomunicación según la invención permite el establecimiento de enlaces por radiofrecuencia entre estaciones terrestres principales y terminales terrestres a través de un satélite de telecomunicaciones multihaz.

Por lo tanto, la red incluye:

- 10 - un satélite multihaz,
- una pluralidad de estaciones terrestres, estableciendo cada estación terrestre:
- o un enlace ascendente para la emisión en el canal de ida de señales hacia el satélite en $2xN_s$ (en nuestro ejemplo, 16 canales con $N_s = 8$) canales de enlace, correspondiendo cada canal a una polarización circular a derechas RHC o a izquierdas LHC y a uno de los siguientes ocho intervalos: [27,5 GHz; 27,75 GHz] - [27,75 GHz; 28 GHz] - [28 GHz; 28,25 GHz] - [28,25 GHz; 28,5 GHz] - [28,5 GHz; 28,75 GHz] - [28,75 GHz; 29 GHz] - [29 GHz; 29,25 GHz] - [29,25 GHz; 29,5 GHz] (a título de ilustración, en el presente caso sólo están representados los intervalos [29 GHz; 29,25 GHz] - [29,25 GHz; 29,5 GHz]).
 - o un enlace descendente para la recepción en el canal de retorno de señales provenientes del satélite en $2xN_s$ (en nuestro ejemplo, 16 canales con $N_s = 8$) canales de enlace, correspondiendo cada canal a una polarización circular a derechas RHC o a izquierdas LHC y a uno de los siguientes intervalos: [17,7 GHz; 17,95 GHz] - [17,95 GHz; 18,2 GHz] - [18,2 GHz; 18,45 GHz] - [18,45 GHz; 18,7 GHz] - [18,7 GHz; 18,95 GHz] - [18,95 GHz; 19,2 GHz] - [19,2 GHz; 19,45 GHz] - [19,45 GHz; 19,7 GHz] (a título de ilustración, en el presente caso sólo están representados los intervalos [19,2 GHz; 19,45 GHz] - [19,45 GHz; 19,7 GHz]).

- 25 En el presente caso hemos partido de un supuesto de ancho de canal igual a 250 MHz; naturalmente, este valor se da a título meramente ilustrativo y la invención es de aplicación asimismo a otros valores de ancho de canal.

Contrariamente a la red según el estado de la técnica, las estaciones terrestres principales, en el presente caso, se ubican exclusivamente en:

- 30 - celdas de color verde (figura 7 a)) correspondientes en el enlace ascendente al intervalo de frecuencias [29,75 GHz; 30 GHz] acoplado a una polarización circular a derechas RHC y en el enlace descendente al intervalo de frecuencias [19,95 GHz; 20,2 GHz] acoplado a una polarización circular a izquierdas LHC;
- celdas de color azul correspondientes en el enlace ascendente al intervalo de frecuencias [29,75 GHz; 30 GHz] acoplado a una polarización circular a izquierdas LHC y en el enlace descendente al intervalo de frecuencias [19,95 GHz; 20,2 GHz] acoplado a una polarización circular a derechas RHC.

- 35 Dicho de otro modo, se prohíben a las estaciones terrestres las celdas roja y amarilla de forma tal que ninguna estación terrestre principal se encuentre en una celda que emite en el intervalo [29,5 GHz; 29,75 GHz] y que recibe en el intervalo [19,7 GHz; 19,95 GHz].

- 40 A título de indicación, una celda es del mismo color en recepción y en transmisión. Por el contrario, este color no corresponde a la misma frecuencia en el canal de ida (recepción de la señal emitida por el satélite entre 19,7 y 20,2 GHz) y en el canal de retorno (emisión en dirección al satélite entre 29,5 y 30,0 GHz). Además, la polarización está invertida entre la señal emitida y la señal recibida.

En consecuencia, es equivalente decir que las estaciones terrestres se encuentran:

- en una celda azul o verde;
- 45 - en una celda de polarización circular a derechas o a izquierdas y asociada al intervalo de frecuencias [29,75 GHz; 30 GHz] en el enlace ascendente;
- en una celda de polarización circular a derechas o a izquierdas y asociada al intervalo de frecuencias [19,95 GHz; 20,2 GHz] en el enlace descendente.

- 50 El hecho de que las celdas rojas y amarillas no sean ocupadas permite utilizar ventajosamente las bandas de frecuencias [29,5 GHz; 29,75 GHz] y [19,7 GHz; 19,95 GHz] para, respectivamente, separar en frecuencia sin recurrir a una banda de guarda:

- la señal emitida desde una estación terrestre principal y la señal emitida desde los terminal terrestres pertenecientes a la misma celda de estación terrestre principal hacia el satélite;
- la señal emitida por el satélite con destino a una estación terrestre principal y la señal emitida por el satélite con destino a los terminales terrestres pertenecientes a la misma celda de estación terrestre principal.

5 Al forzar la posición de las estaciones terrestres principales a dos tipos de celdas, se reduce por dos el número de celdas posibles. La figura 8 ilustra las celdas potencialmente utilizables (azules o verdes) por parte de una estación terrestre principal en el caso de la cobertura de Europa. Se observa perfectamente que las estaciones terrestres pueden encontrarse en 40 celdas (frente a las 80 necesarias para cubrir Europa representadas en la figura 3).

Por supuesto, la invención no se limita a la forma de realización que acaba de ser descrita.

10 Así, la invención se ha descrito más concretamente en el caso de la banda Ka, pero asimismo puede ser de aplicación a otros tipos de banda de frecuencias, en particular bandas de frecuencias más elevadas tales como la banda Q/V; la invención tiene aplicación de manera general cuando las bandas atribuidas para las estaciones terrestres principales y para los terminales son adyacentes (es decir, se tocan a través de una frecuencia común).

15 Igualmente, se ha descrito la invención para el caso de un número N_s de canales igual a 8 para cada polarización (16 canales en total). Puede ocurrir que una parte de la banda no sea utilizable, por ejemplo la parte que va de 17,7 a 18,45 GHz en el canal de retorno y la parte que va de 27,5 a 28,25 GHz en el canal de ida: en tal caso, el número de canales N_s por polarización es igual a 5.

Además, aun si la invención ha sido descrita más específicamente para una red que utiliza una polarización, asimismo es de aplicación a una red sin polarización.

20

REIVINDICACIONES

1. Red de telecomunicación para el establecimiento de enlaces por radiofrecuencia sin recurrir a una banda de guarda entre estaciones terrestres principales y terminales terrestres a través de un satélite de telecomunicaciones de varios haces, llamado satélite multihaz, incluyendo dicha red:

- 5 - un satélite multihaz,
- una pluralidad de estaciones terrestres, estableciendo cada estación terrestre un enlace con dicho satélite en al menos N_s canales de enlace correspondientes a N_s intervalos de frecuencias $[f_i; f_{i+1}]$, con i variando de 0 a N_s-1 y
- 10 - un área de servicio compuesta de N_c celdas que incluyen cada una de ellas una pluralidad de terminales terrestres, estando cada celda asociada a un haz de enlace con dicho satélite al cual se asigna un intervalo de frecuencias seleccionado de entre una pluralidad de intervalos de frecuencias $[f'_i; f'_{i+1}]$, con i variando de 0 a $N-1$, siendo N un entero estrictamente superior a 1, siendo la frecuencia f'_0 sensiblemente igual a la frecuencia f_{N_s} , o siendo la frecuencia f'_N sensiblemente igual a la frecuencia f_0 ,

estando ubicada cada una de dichas estaciones terrestres principales en una de dichas N_c celdas, **estando caracterizada** dicha red **porque** las celdas en las que están ubicadas dichas estaciones terrestres principales están asociadas a un haz al que se asigna un intervalo de frecuencias seleccionado de entre los intervalos de frecuencias:

- 15 - $[f'_i; f'_{i+1}]$, con i variando de 1 a $N-1$ en el caso en que la frecuencia f'_0 es sensiblemente igual a la frecuencia f_{N_s} , de modo que ninguna estación terrestre principal de dicha red se halla ubicada en una celda asociada a un haz al que se asigna el intervalo de frecuencias $[f'_0; f'_1]$,
- 20 - $[f'_i; f'_{i+1}]$, con i variando de 0 a $N-2$ en el caso en que la frecuencia f'_N es sensiblemente igual a la frecuencia f_0 , de modo que ninguna estación terrestre principal de dicha red se halla ubicada en una celda asociada a un haz al que se asigna el intervalo de frecuencias $[f'_{N-1}; f'_N]$.

2. Red según la reivindicación 1, caracterizada porque cada estación terrestre establece un enlace con dicho satélite en $2 \times N_s$ canales de enlace, incluyendo los $2 \times N_s$ canales:

- 25 - N_s canales asociados a una primera polarización y correspondientes a dichos N_s intervalos de frecuencias $[f_i; f_{i+1}]$, con i variando de 0 a N_s-1 y
- N_s canales asociados a una segunda polarización y correspondientes a dichos N_s intervalos de frecuencias $[f_i; f_{i+1}]$, con i variando de 0 a N_s-1 ,

estando asociada cada celda a un haz que lleva asignado una de dichas primera o segunda polarización.

30 3. Red según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizada porque dichos intervalos de frecuencias pertenecen a la banda Ka.

4. Red según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque:

- $f'_0 = f_{N_s} + f_B$, con f_B teniendo un valor positivo estrictamente inferior al ancho de la banda de guarda o,
- la frecuencia $f'_0 = f_N + f'_B$, con f'_B teniendo un valor positivo estrictamente inferior al ancho de la banda de guarda.

35 5. Red según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque la frecuencia f'_0 es igual a la frecuencia f_{N_s} o la frecuencia f'_N es igual a la frecuencia f_0 .

40 6. Red según la reivindicación 5, caracterizada porque, en el caso de enlaces ascendentes, por una parte entre dichas estaciones terrestres principales y dicho satélite y, por otra parte, entre dichas celdas y dicho satélite, las celdas en las que se hallan ubicadas dichas estaciones terrestres están asociadas a un haz al que se asigna el intervalo de frecuencias [29,75 GHz; 30 GHz], no hallándose ubicada ninguna estación terrestre de dicha red en una celda asociada a un haz al que se asigna el intervalo de frecuencias [29,5 GHz; 29,75 GHz].

45 7. Red según una de las reivindicaciones 5 ó 6, caracterizada porque, en el caso de enlaces descendentes, por una parte entre dichas estaciones terrestres principales y dicho satélite y, por otra parte, entre dichas celdas y dicho satélite, las celdas en las que se hallan ubicadas dichas estaciones terrestres están asociadas a un haz al que se asigna el intervalo de frecuencias [19,95 GHz; 20,2 GHz], no hallándose ubicada ninguna estación terrestre de dicha red en una celda asociada a un haz al que se asigna el intervalo de frecuencias [19,7 GHz; 19,95 GHz].

8. Red según una de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizada porque cada celda está asociada a uno de los siguientes cuatro colores:

- 50 - un primer color correspondiente en el enlace ascendente al intervalo de frecuencias [29,5 GHz; 29,75 GHz] acoplado a una primera polarización y en el enlace descendente al intervalo de frecuencias [19,7 GHz; 19,95 GHz] acoplado a una segunda polarización inversa de dicha primera polarización;

- un segundo color correspondiente en el enlace ascendente al intervalo de frecuencias [29,75 GHz; 30 GHz] acoplado a dicha segunda polarización y en el enlace descendente al intervalo de frecuencias [19,95 GHz; 20,2 GHz] acoplado a dicha primera polarización;
- 5
- un tercer color correspondiente en el enlace ascendente al intervalo de frecuencias [29,5 GHz; 29,75 GHz] acoplado a dicha segunda polarización y en el enlace descendente al intervalo de frecuencias [19,7 GHz; 19,95 GHz] acoplado a dicha primera polarización;
 - un cuarto color correspondiente en el enlace ascendente al intervalo de frecuencias [29,75 GHz; 30 GHz] acoplado a dicha primera polarización y en el enlace descendente al intervalo de frecuencias [19,95 GHz; 20,2 GHz] acoplado a dicha segunda polarización,
- 10
- siendo las celdas en las que están ubicadas dichas estaciones terrestres únicamente celdas de dicho segundo o cuarto color.
9. Red según la anterior reivindicación, caracterizada porque dicha primera polarización es una polarización circular a derechas y dicha segunda polarización es una polarización circular a izquierdas.
- 15
10. Red según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizada porque el número N_s de canales es igual a ocho.
11. Red según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizada porque el número N_s de canales es igual a cinco.
12. Red según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizada porque el entero N es igual a 2.
- 20
13. Procedimiento para atribuir una estación terrestre principal a una celda en una red de telecomunicación según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, incluyendo dicho procedimiento una etapa de selección de un intervalo de frecuencias seleccionado de entre los intervalos de frecuencias:
- $[f'_i; f'_{i+1}]$, con i variando de 1 a $N-1$ en el caso en que la frecuencia f'_0 es sensiblemente igual a la frecuencia f_{N_s} , de modo que ninguna estación terrestre principal de dicha red se halla ubicada en una celda asociada a un haz al que se asigna el intervalo de frecuencias $[f'_0; f'_1]$;
- 25
- $[f'_i; f'_{i+1}]$, con i variando de 0 a $N-2$ en el caso en que la frecuencia f'_N es sensiblemente igual a la frecuencia f_0 , de modo que ninguna estación terrestre principal de dicha red se halla ubicada en una celda asociada a un haz al que se asigna el intervalo de frecuencias $[f'_{N-1}; f'_N]$.

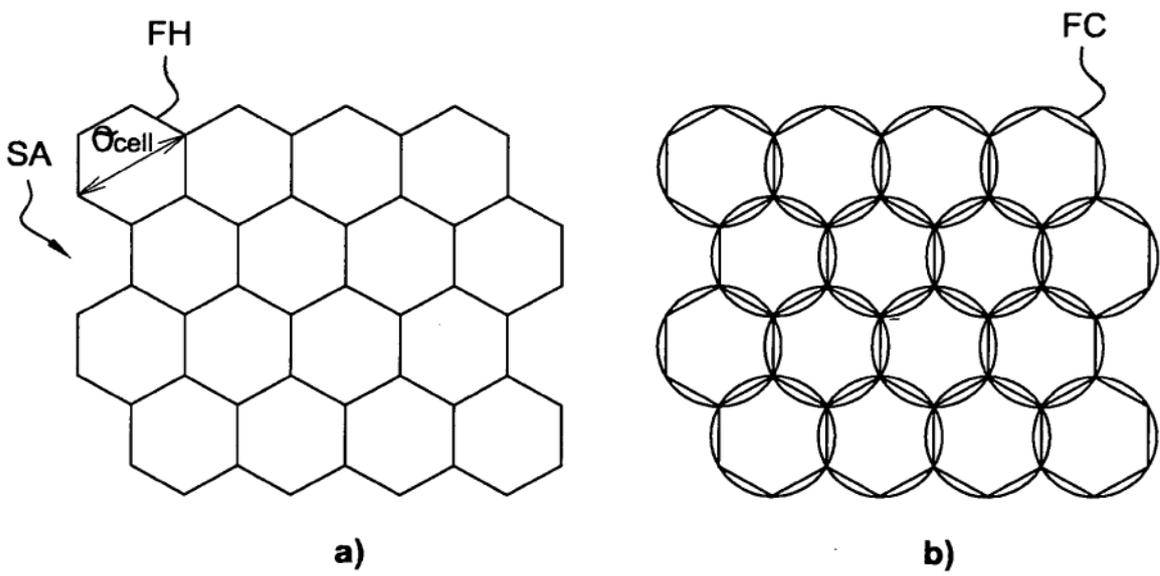
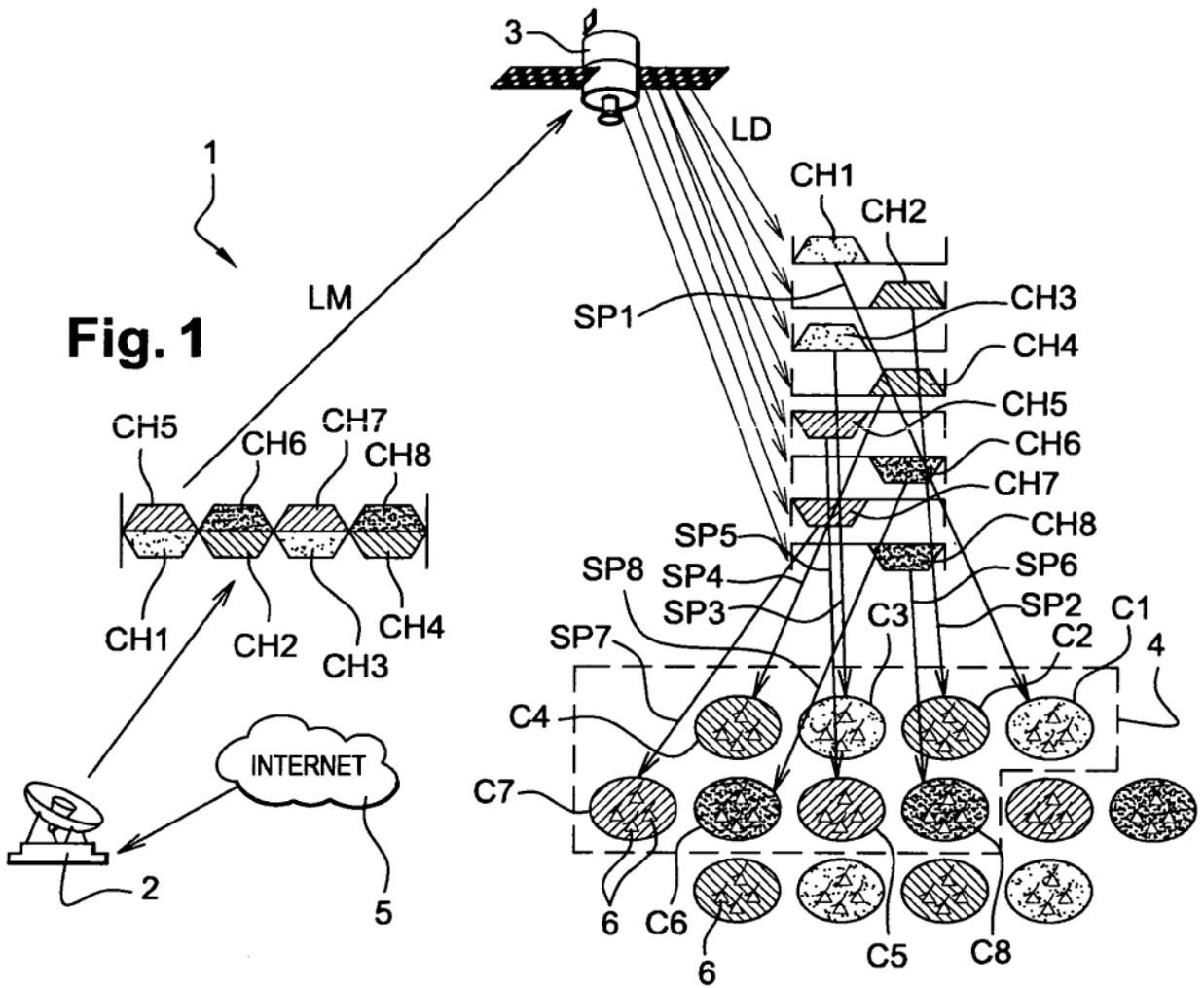


Fig. 2

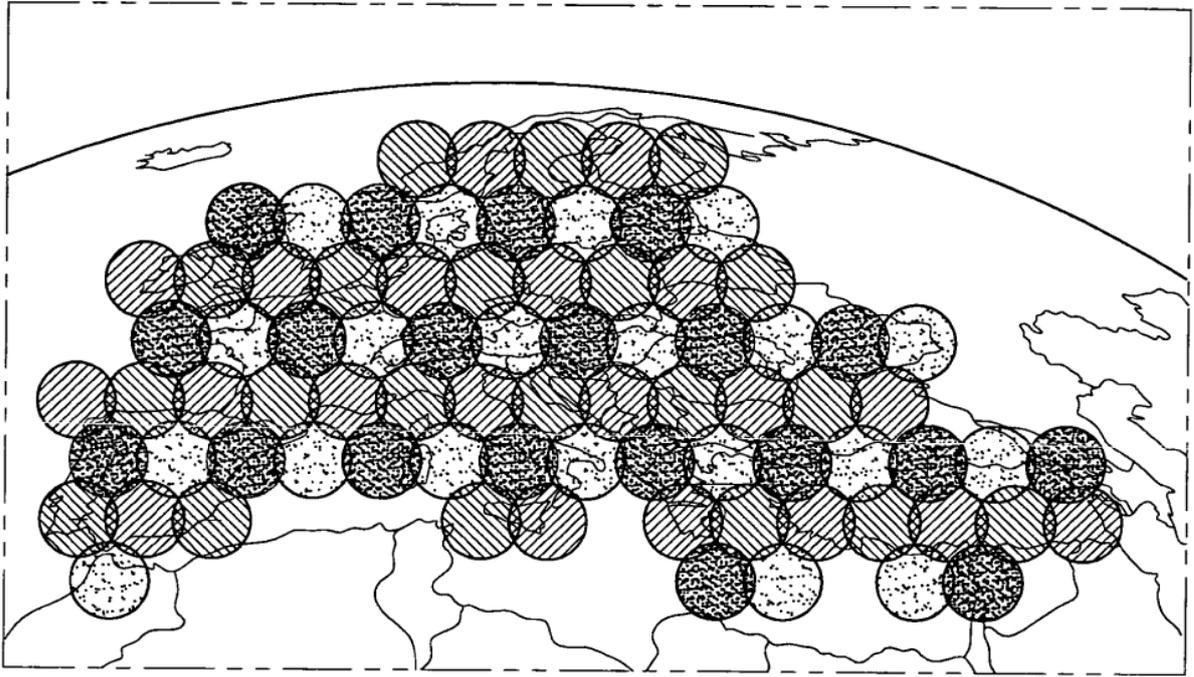


Fig. 3

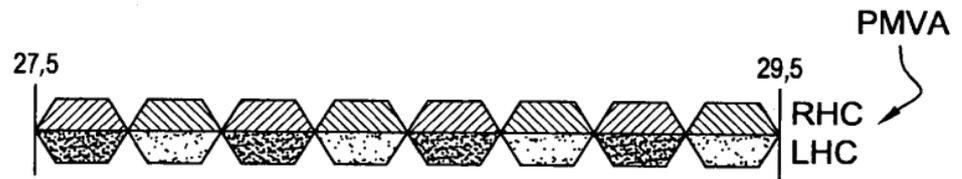
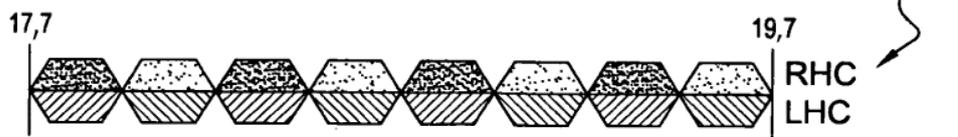
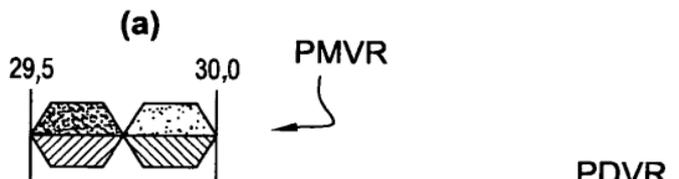


Fig. 4



(b)

Fig. 5

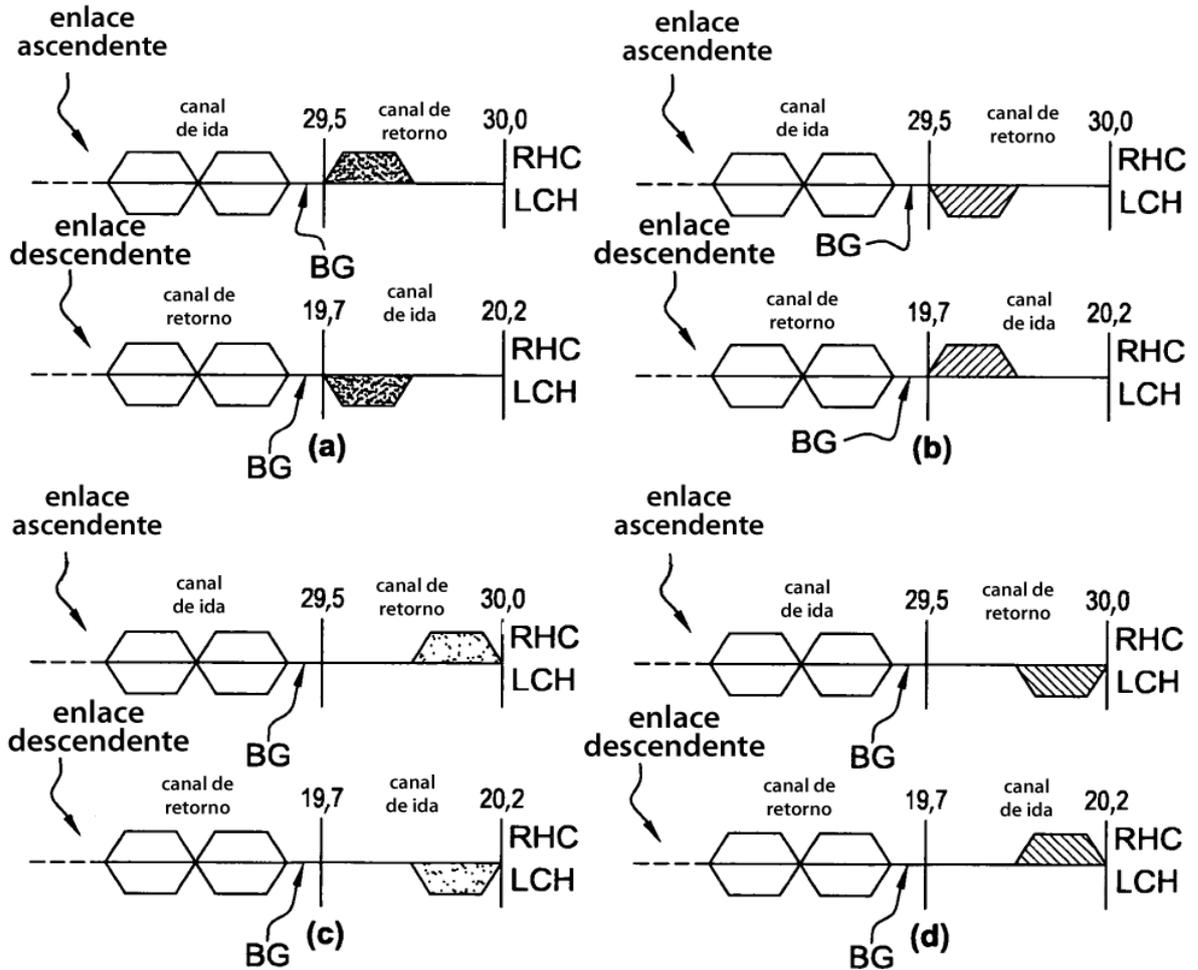
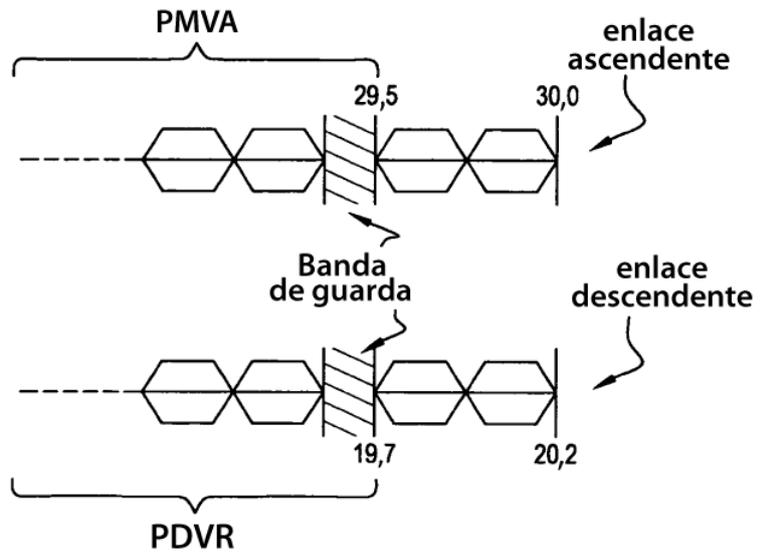


Fig. 6

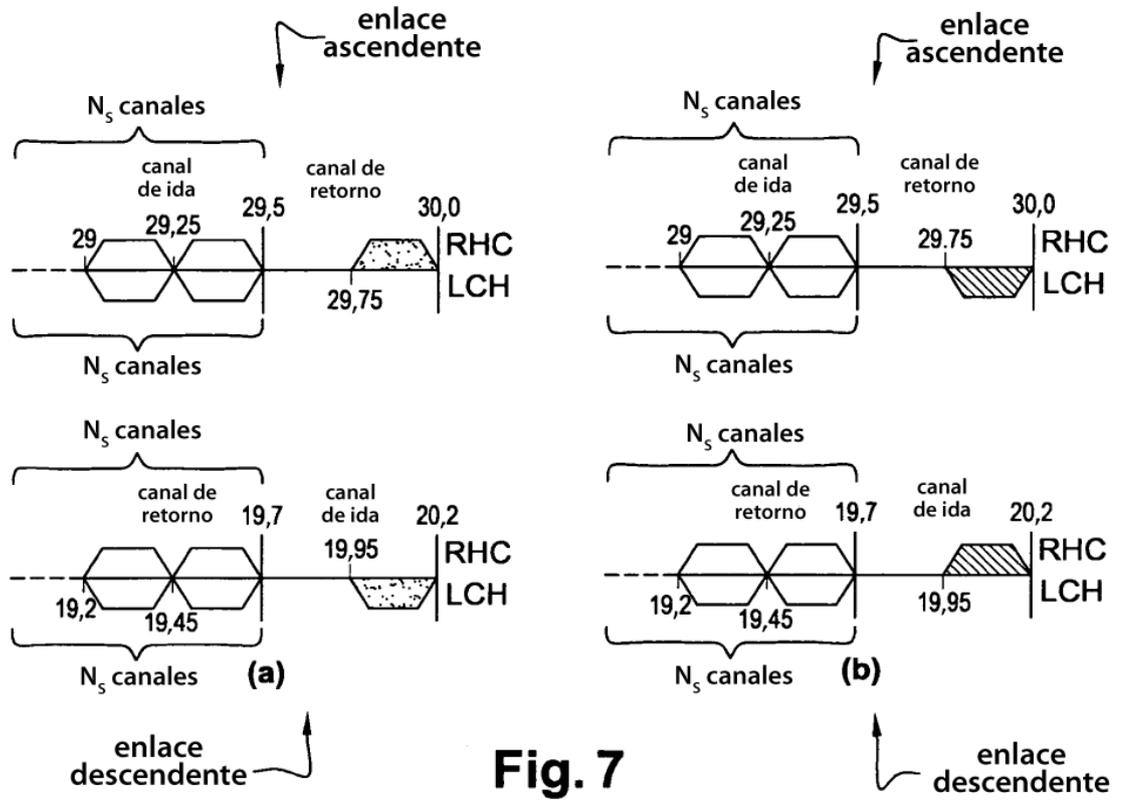


Fig. 7

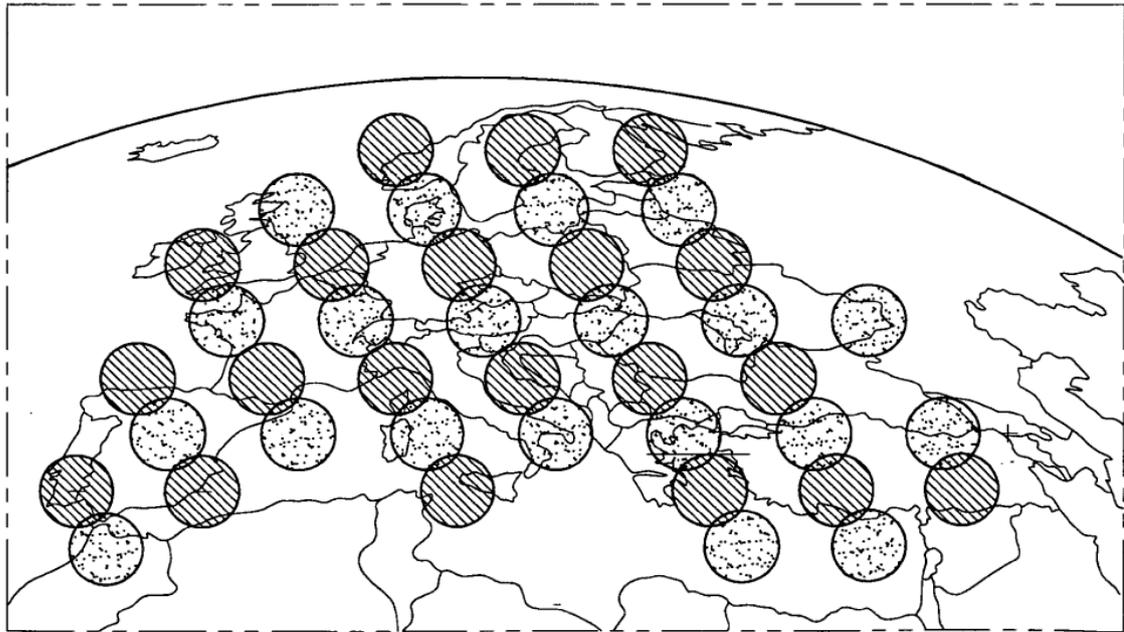


Fig. 8