

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 848**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/204** (2006.01)

**H01Q 3/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.03.2009 E 09305186 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2012 EP 2099142**

54 Título: **Procedimiento de establecimiento de enlaces de radiofrecuencia a través de un satélite multihaz**

30 Prioridad:

**05.03.2008 FR 0851432**

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

**03.04.2013**

73 Titular/es:

**EUTELSAT SA (100.0%)  
70 RUE BALARD  
75015 PARIS, FR**

72 Inventor/es:

**DUTRONC, JACQUES;  
FENECH, HECTOR y  
LANCE, EMMANUEL**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 399 848 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento de establecimiento de enlaces de radiofrecuencia a través de un satélite multihaz.

5 La presente invención concierne a un procedimiento de establecimiento de enlaces de radiofrecuencia a través de un satélite de telecomunicaciones de varios haces, llamado satélite multihaz o multipuntual, entre al menos una estación terrestre y un área de servicios compuesta por una pluralidad de áreas de cobertura elementales, llamadas celdas, incluyendo cada celda una pluralidad de terminales terrestres. 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 amplio.

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

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

Se notará que un servicio de radiodifusión por satélite se puede considerar equivalente al canal de ida de un sistema bidireccional tal y como se ha descrito anteriormente.

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

20 Hacia un satélite multihaz 3 se envían señales en un enlace ascendente LM mediante una estación terrestre 2 tal como una pasarela de comunicación («gateway» en inglés) enlazada con una malla central de Internet 5. Estas señales son tratadas a continuación en el satélite 3 y luego retransmitidas en un enlace descendente LD en forma de una pluralidad de haces o puntos conformantes de 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 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 terrestres 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 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:

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

Tabla 1.

Asimismo, se pueden utilizar otras bandas, tales como la banda Ku.

35 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 servicios que ha de cubrirse. Como hemos mencionado antes, un área de servicios que ha de cubrirse se conforma por una pluralidad de celdas contiguas (áreas de cobertura elementales), asociándose un haz a cada celda. En la figura 2a) se representa un área de cobertura multihaz homogénea SA, estando representada cada celda por un hexágono FH, de modo que el área de cobertura se compone de una pluralidad de hexágonos FH en la que  $\theta_{cell}$  es la dimensión externa de la celda expresada por el ángulo del satélite asociado a la

- 5 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 2b). 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 servicios asociada al haz que ofrece la ganancia más elevada sobre esa área de entre todos los haces del satélite.
- 10 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 adscrito.
- 15 Son conocidos esquemas de reutilización de frecuencias, llamados esquemas de color, 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 transmisiones por radiofrecuencia que han de realizarse en cada uno de esos haces. En estos esquemas, cada color corresponde a una de esas bandas de frecuencias.
- 20 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 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. 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).
- 25 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 derechas o circular a izquierdas, 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;
  - 30 - 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.
- 35 Las figuras 3a) y 3b) retoman el ejemplo de las figuras 2a) y 2b) con un esquema de cuatro colores. La figura 3a) ilustra un área de cobertura multihaz homogénea, estando representada cada celda por un hexágono asociado a un color, de modo que las celdas contiguas corresponden por tanto a colores diferentes. La figura 3b) representa los haces circulares asociados a cada celda (cuyo color es idéntico al de la celda asociada).
- 40 En la figura 4 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 esquema permite tener una cobertura europea hacia y desde los terminales utilizando un espectro de 500 MHz, pero con la reutilización de las frecuencias. La cobertura para las estaciones terrestres es menos exigente y se puede proporcionar mediante un subconjunto de haces o una cobertura aparte.
- 45 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.
- La figura 5 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.
- 50 El plan PMVA correspondiente al enlace ascendente en el canal de ida (de la estación terrestre al satélite) dispone de 2 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. En este ejemplo, son generados, por una estación terrestre, 16 haces (y, por tanto, 16 celdas).

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

- un primer 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 segundo color azul correspondiente a la misma primera banda de 250 MHz y al sentido de polarización circular a izquierdas;

10 - un tercer color amarillo correspondiente a una segunda banda de 250 MHz (parte superior del espectro disponible de 500 MHz) y al sentido de polarización circular a derechas;

- un cuarto color verde correspondiente a la misma segunda banda de 250 MHz y al sentido de polarización circular a izquierdas.

15 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.

Semejante configuración es susceptible, sin embargo, de plantear algunas dificultades.

En efecto, el más mínimo fallo que conlleve la pérdida de haces tiene un impacto directo sobre las celdas asociadas a esos haces, cuya cobertura deja de estar asegurada. Tal fallo puede ser debido, por ejemplo, a:

20 - el fallo de una estación terrestre que implica la pérdida del conjunto de los haces generados a partir de la estación (en nuestro anterior ejemplo, 16 haces);

- la avería de una antena a bordo del satélite (entonces generalmente se pierde el 25 % de los haces provenientes del satélite con cuatro antenas sobre el satélite y, por tanto, el 25 % de la superficie cubierta por el satélite);

25 - el mal funcionamiento de un multiplexador o de un filtro, que va a acarrear la pérdida de los haces en correspondencia directa;

30 - el fallo de un amplificador de potencia HPA («High Power Amplifier» en inglés) conformado generalmente por un amplificador de canal CAMP («Chanel Amplifier» en inglés) y un amplificador de tubo de ondas progresivas TWTA («Traveling Wave Tube Amplifier» en inglés) o el fallo parcial del sistema de potencia sobre el satélite: la pérdida puede oscilar entre uno y varios haces; así, habrá un haz perdido si ese haz es generado por un amplificador único y se pierde ese amplificador (así como su amplificador redundante); habrá dos haces (o más generalmente N haces) perdidos si el amplificador (y su redundancia) es utilizado por dos (más generalmente N) haces (es decir, dos haces por tubo o, más generalmente, N haces por tubo); se puede incluso perder cuatro haces si se trata de la pérdida del sistema de alimentación puesto en común por dos amplificadores («Electronic Power Conditioner double» en inglés), utilizados a su vez para generar dos haces cada uno de ellos.

35 La figura 7 ilustra este fenómeno en caso de fallo de una estación terrestre que da servicio a 16 haces para la cobertura del área Europa tal y como se representa en la figura 4. La pérdida de la estación corresponde a la pérdida de una quinta parte (pérdida de 16 haces de 80) de la cobertura global, siendo por supuesto considerable el impacto comercial de tal alteración de la cobertura. La figura 8 representa una ampliación de esa misma área a nivel de Gran Bretaña: se advierte que deja de estar cubierta el área muy poblada situada alrededor de Londres. El documento EP0812072 describe un procedimiento de reconfiguración de la carga de pago de un satélite multihaz en función de averías en dicha carga.

40 En este contexto, la presente invención pretende proporcionar un procedimiento de establecimiento de enlaces de radiofrecuencia a través de un satélite multihaz entre al menos una estación terrestre y un área de servicios compuesta por una pluralidad de celdas, permitiendo dicho procedimiento mejorar la cobertura en caso de pérdida de uno o de una pluralidad de haces.

45 Para este fin, la invención propone un procedimiento de establecimiento de enlaces de radiofrecuencia a través de un satélite de telecomunicaciones de varios haces, llamado satélite multihaz, entre al menos una estación terrestre y un área de servicios compuesta por una pluralidad de áreas de cobertura elementales, llamadas celdas, incluyendo cada celda una pluralidad de terminales terrestres y estando asociada a un haz al que se adscribe una banda de frecuencias, **caracterizándose** dicho procedimiento **porque**, en caso de pérdida de un haz asociado a una celda, llamada celda defectuosa, el haz asociado a al menos una celda contigua a dicha celda defectuosa se asocia igualmente a una parte de dicha celda defectuosa.

- En virtud de la invención, se «amplía» al menos una celda contigua a la celda defectuosa; dicho de otro modo, se utiliza el haz asociado a esa celda contigua para cubrir una parte de la superficie de la celda defectuosa utilizando el rendimiento del haz al exterior de su propia celda. En el caso en que ya no puede funcionar la celda de referencia dentro de la cual se encuentra un terminal terrestre, en efecto es posible vincular ese terminal a otro haz
- 5 «extendiendo» la celda asociada a ese haz. Así, parte de los terminales terrestres pertenecientes inicialmente a la celda defectuosa viene a ocupar una celda contigua «ampliada» cuyo haz asociado cubre no sólo la celda contigua, sino también una parte de la celda defectuosa. Naturalmente, la ganancia de este nuevo haz es inferior a la propia del haz de referencia perdido, siendo inferiores la G/T y la PIRE del satélite ofrecidas por el nuevo haz, pero el procedimiento según la invención ofrece una solución de emergencia en modo degradado que limita la pérdida de
- 10 cobertura del área de servicios debida al haz perdido. Se notará que el haz cubre no sólo la celda que inicialmente tiene asociada, sino también la parte de la celda defectuosa sin modificación del tamaño de dicho haz: es precisamente el tamaño de la celda contigua el que se amplía a través de la asociación parcial de su haz a la celda defectuosa. Esto está posibilitado por el hecho de que los haces, equiparados a puntos circulares, no se detienen en el borde de la celda generalmente hexagonal a la que están asociados. Se notará asimismo que el procedimiento según la invención es de aplicación por igual en un enlace ascendente a partir de las celdas que incluyen terminales terrestres hacia el satélite (canal de retorno) como en un enlace descendente del satélite hacia las celdas que incluyen terminales terrestres (canal de ida). Conviene mencionar asimismo que el procedimiento según la invención se aplica sin modificaciones a bordo del satélite: los haces siguen siendo iguales y se utiliza ventajosamente el desbordamiento de haces sobre celdas contiguas a las celdas que tienen asociadas.
- 15
- 20 El dispositivo según la invención puede presentar asimismo una o varias de las características que siguen, consideradas individualmente o según todas las combinaciones técnicamente posibles:
- Ventajosamente, una pluralidad de haces asociados a sendas celdas contiguas a dicha celda defectuosa son asociados cada uno de ellos a una parte de dicha celda defectuosa.
- De acuerdo con una primera variante, cada una de dichas partes contribuye a una superficie igual de cobertura.
- 25 De acuerdo con una segunda variante, al menos dos de dichas partes contribuyen a una superficie diferente de cobertura.
- Ventajosamente, cada haz presenta una banda de frecuencias ascendente o descendente dada y un sentido de polarización dado, siendo no adyacentes los haces que presentan una misma banda de frecuencias y un mismo sentido de polarización.
- 30 Preferentemente, dichas bandas de frecuencias ascendentes o descendentes pertenecen a una de las siguientes bandas: Ka, Ku.
- De acuerdo con una primera forma de realización, los terminales terrestres de dicha celda defectuosa son aptos para emitir y/o recibir señales en ambos sentidos de polarización, de modo que el conjunto de los haces asociados a las celdas contiguas a dicha celda defectuosa se pueden asociar a una parte de dicha celda defectuosa. El sentido
- 35 de la polarización de emisión y de recepción es, en general, opuesto.
- De acuerdo con una segunda forma de realización, los terminales terrestres de dicha celda defectuosa son aptos para emitir y/o recibir señales en un sólo sentido de polarización, de modo que sólo se pueden asociar a una parte de dicha celda defectuosa los haces que, asociados a las celdas contiguas a dicha celda defectuosa, presentan el mismo sentido de polarización que el haz defectuoso.
- 40 De manera particularmente ventajosa, dichos enlaces de radiofrecuencia se establecen entre una pluralidad de estaciones terrestres y dicha área de servicios de modo que, para un primer haz asignado a una primera estación terrestre, el conjunto de los haces adyacentes a dicho primer haz son asignados cada uno de ellos a una estación terrestre diferente de dicha primera estación terrestre.
- Preferentemente, dicha pérdida de un haz surge como consecuencia de uno de los siguientes fallos:
- 45 - fallo de una estación terrestre;
- fallo de una antena de dicho satélite multihaz;
- fallo de un componente del repetidor de dicho satélite multihaz.
- 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:
- 50 la figura 1 es una representación esquemática simplificada de una configuración multihaz;
- la figura 2a) representa un ejemplo de área de cobertura compuesta por una pluralidad de hexágonos

disjuntos;

la figura 2b) representa una aproximación del área de cobertura de la figura 2a) compuesta por una pluralidad de haces circulares;

las figuras 3a) y 3b) retoman la ilustración de las figuras 2a) y 2b) con un esquema de cuatro colores;

5 la figura 4 ilustra un esquema de cuatro colores para la cobertura de Europa;

la figura 5 ilustra un plan de frecuencias en banda Ka;

la figura 6 retoma la ilustración de la figura 3b) en el caso de pérdida de los haces amarillos;

la figura 7 retoma la figura 4 en el caso de fallo de una estación terrestre;

la figura 8 es una ampliación de la figura 7 a nivel de Gran Bretaña;

10 las figuras 9a) y b) ilustran la puesta en práctica del procedimiento según una primera forma de realización de la invención;

las figuras 10a) y b) ilustran la puesta en práctica del procedimiento según una segunda forma de realización de la invención;

15 la figura 11 ilustra la puesta en práctica del procedimiento según una tercera forma de realización de la invención; y

la figura 12 ilustra la puesta en práctica de la tercera forma de realización de la invención en la situación representada en la figura 8.

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

20 La figura 6 retoma la ilustración de la figura 3b) en el caso de pérdida de los haces amarillos. Tal situación puede producirse, por ejemplo, en caso de fallo del reflector de la antena del satélite a cargo de la generación de los haces amarillos. Este tipo de avería conlleva la pérdida de la cuarta parte de los haces. Como ya hemos mencionado antes, las celdas perdidas CPJ asociadas a los haces amarillos están rodeadas cada una de ellas de seis celdas contiguas, ninguna de las cuales es una celda asociada a un haz amarillo (dos celdas asociadas a un haz verde, dos celdas asociadas a un haz azul y dos celdas asociadas a un haz rojo).

25 El procedimiento según la invención permite reducir la pérdida de cobertura originada por esas celdas perdidas.

En las figuras 9a) y 9b) se ilustra una primera forma de realización del procedimiento según la invención. Como ya hemos apuntado antes, un haz de antena asociado a una celda no es capaz de producir una forma hexagonal, consistiendo una buena aproximación en considerar un haz circular. Una celda queda determinada como la parte del área de servicios asociada al haz que ofrece la ganancia más elevada sobre esa área de entre todos los haces del satélite. No obstante, los haces no se detienen en los bordes de la celda: el procedimiento según la invención utiliza ventajosamente el desbordamiento de cada haz sobre las celdas contiguas a la celda que tiene asociada. Al igual que en la figura 6, todos los haces amarillos fallan, de modo que las celdas asociadas a los haces amarillos no quedan cubiertas: estas celdas son llamadas celdas defectuosas. En virtud del procedimiento según la invención, se amplían las celdas contiguas a las celdas defectuosas. Al ser no adyacentes los haces de un mismo «color», las celdas contiguas corresponden por tanto a colores diferentes. Por ampliación de una celda contigua se entiende el hecho de asociar el haz asociado a esa celda contigua a una parte de la superficie de la celda defectuosa. Los seis haces (dos rojos FR1 y FR2, dos azules FB1 y FB2 y dos verdes FV1 y FV2) respectivamente asociados a las 6 celdas CR1, CR2, CB1, CB2, CV1 y CV2 contiguas a la celda defectuosa se asocian cada uno de ellos a una parte de la superficie de la celda hexagonal, de modo que la superficie no cubierta CPJ' es muy inferior a la superficie de la celda CPJ defectuosa, tal y como se representa en la figura 6. Por supuesto, los haces FR1, FR2, FB1, FB2, FV1 y FV2 también siguen estando respectivamente asociados a las celdas CR1, CR2, CB1, CB2, CV1 y CV2. Se notará que el tamaño de los haces FR1, FR2, FB1, FB2, FV1 y FV2 no aumenta, estando encaminada únicamente la ampliación de los haces representada en la figura 9a) (es decir, mostrando los dos círculos concéntricos, en línea de puntos uno y con trazo continuo el otro, respectivamente el haz utilizado en modo de funcionamiento según la técnica anterior y el haz en modo de funcionamiento acorde al procedimiento según la invención) a ilustrar el hecho de que estos últimos están asociados a una mayor superficie: el tamaño de los haces sigue siendo el mismo. Igualmente, las bandas de frecuencias atribuidas a los haces siguen siendo las mismas: no hay reorganización de las bandas de frecuencias, sino que en la celda defectuosa las bandas de frecuencias y las polarizaciones quedan definidas según los sectores (geográficos) y la extensión de los haces (es decir, los terminales situados dentro de la celda defectuosa emiten y reciben en la banda de frecuencias asociada a la nueva celda ampliada en la que se encuentran, pero ello no implica ningún cambio de infraestructura). Por supuesto, estos haces no están optimizados (en su construcción) para funcionar con la celda defectuosa en términos de figura de mérito G/T y de PIRE, sino que se trata de una solución de emergencia que permite mitigar una pérdida de la superficie global de la celda

defectuosa: se comprende enseguida que el procedimiento según la invención ofrece una solución en modo degradado intermedia entre la solución óptima con todas las celdas en funcionamiento y la solución con pérdida de haces sin solapamiento parcial de superficie de servicios. Otra manera de describir la invención consiste en considerar que parte de los terminales terrestres que inicialmente se encuentran dentro de la celda defectuosa son reasignados a las celdas contiguas a la celda defectuosa. A título de ejemplo, el terminal terrestre T1, que inicialmente pertenecía a la celda defectuosa, pertenece a la celda CV1: la celda CV1 es «ampliada» (es decir, el enlace de radiofrecuencia se lleva a cabo en el haz FV1) para permitir cubrir el área a la que inicialmente pertenecía el terminal T1. Igualmente, el terminal terrestre T2, que inicialmente pertenecía a la celda defectuosa, pertenece a la celda CV2: la celda CV2 es «ampliada» (es decir, el enlace de radiofrecuencia se lleva a cabo en el haz FV2) para permitir cubrir el área a la que inicialmente pertenecía el terminal T2. La figura 9b) representa el área de servicios cubierta en virtud del procedimiento según esta primera forma de realización de la invención que utiliza la extensión del conjunto de las celdas contiguas a la celda defectuosa.

Se notará que la forma de realización descrita con referencia a las figuras 9a) y 9b) parte de la hipótesis de que los terminales terrestres son aptos para funcionar en los dos sentidos de polarización circulares a izquierdas y a derechas (u horizontal y vertical, según el caso). Con referencia a las figuras 10a) y b) se ilustra una segunda forma de realización del procedimiento según la invención para el caso de terminales terrestres con menos prestaciones que funcionan tan sólo en un sentido de polarización. El color amarillo del haz asociado a la celda defectuosa tiene un sentido de polarización circular a derechas. En este caso, sólo son ampliadas las celdas CR1' y CR2' asociadas a los haces rojos FR1' y FR2', cuyo sentido de polarización es asimismo circular a derechas; dicho de otro modo, los haces de igual polarización que el haz asociado a la celda defectuosa se asocian cada uno de ellos a una parte de la celda defectuosa con objeto de obtener una superficie no cubierta CPJ" reducida respecto a la superficie de la celda defectuosa CPJ (la superficie CPJ" evidentemente es superior a la superficie CPJ'). La figura 10b) representa el área de servicios cubierta en virtud del procedimiento según esta segunda forma de realización de la invención que utiliza la extensión de las celdas contiguas a la celda defectuosa y que presentan una polarización de igual sentido que la celda defectuosa.

El procedimiento según la invención es de aplicación por igual en un enlace ascendente a partir de las celdas que incluyen terminales terrestres hacia el satélite (canal de retorno) como en un enlace descendente del satélite hacia las celdas que incluyen terminales terrestres (canal de ida). El esquema de cuatro colores es simétrico entre el canal de ida y el canal de retorno. 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 entre señal transmitida y señal recibida mediante polarización y sin necesitar de un filtrado específico. Retomando el plan de frecuencias de la Figura 5, se observa bien esta inversión de polarización y la diferencia de frecuencia, para el mismo color entre el canal de ida y el canal de retorno. Por lo tanto, el procedimiento se aplica de igual manera en el canal de ida y en el canal de retorno, puesto que una celda va a servir de interfaz con una sola estación terrestre para el canal de ida (recepción por parte de los terminales de la celda de las señales enviadas por la estación terrestre a través del satélite) y para el canal de retorno (transmisión de las señales por parte del terminal hacia la estación terrestre a través del satélite). En caso de fallo de una estación terrestre, o bien en caso de fallo de una antena de satélite, se pierde entonces la capacidad de las celdas enlazadas con esa estación terrestre y respectivamente la capacidad de las celdas enlazadas con el segmento de tierra a través de esa antena, a la vez en el canal de ida y en el canal de retorno. Un fallo de un amplificador de satélite podría afectar tan sólo al canal de ida o al canal de retorno, según que ese amplificador se utilice para el canal de ida o para el canal de retorno.

Se notará que las partes de la celda defectuosa nuevamente atribuidas a otro haz adyacente, tanto en las figuras 9a) y 9b) como en las figuras 10a) y 10b), tienen la misma superficie. No obstante, se puede aplicar igualmente el procedimiento según la invención aumentando de manera diferente las superficies de la celda perdida en función de las necesidades de recursos, los cuales no necesariamente son repartidos de manera homogénea sobre la superficie perdida. La figura 11 ilustra esta forma de realización. Se advierte que la parte P1 asociada al haz rojo FR1" presenta una superficie inferior a la superficie de la parte P2 asociada al haz rojo FR2". Tal puesta en práctica del procedimiento según la invención puede resultar ser especialmente útil cuando se desea recuperar un funcionamiento sobre una parte que incluye un lugar de interés L. En la figura 12 se ilustra un ejemplo de utilización de esta forma de realización, en la que se observa un haz azul asociado a una parte mayor que las demás de la celda perdida, incluyendo dicha parte la ciudad de Londres: el procedimiento según esta tercera forma de realización permite, por tanto, recubrir determinadas ciudades importantes a diferencia de lo que se ilustraba con referencia a la figura 8, para la cual se perdía el área londinense.

La ampliación de las celdas implica que las estaciones terrestres deben gestionar una extensión del número de terminales terrestres con los que deben comunicarse. Esto es posible en el caso de una gestión centralizada de las direcciones de tipo MAC («Media Access Control» en inglés) o IP («Internet Protocol» en inglés) de los terminales. Esta gestión centralizada permite a todas las estaciones terrestres, prácticamente en tiempo real, saber cuáles son los terminales que tienen vinculados y asumir su control en caso de fallo. Otra solución puede consistir en dar a los terminales terrestres una dirección en modo de funcionamiento normal que los enlaza con su estación terrestre de

referencia y una dirección "de reserva" (en caso de fallo del haz con el que están vinculados) que los enlaza con una estación terrestre de reserva, pasando así a ser muy rápida la reconfiguración.

5 El procedimiento según la invención encuentra una aplicación especialmente interesante en el caso del fallo de una estación terrestre que implica la pérdida del conjunto de los haces generados desde la estación (perdiéndose 16 haces en el ejemplo citado anteriormente con referencia al estado de la técnica). En tal caso, la red de transmisión de datos por satélite se construye de modo que, para un primer haz asignado a una primera estación terrestre, el conjunto de los haces adyacentes a dicho primer haz son asignados cada uno de ellos a una estación terrestre diferente de esa primera estación terrestre. Dicho de otro modo, si a un haz le «da servicio» una estación terrestre, a los haces que rodean ese haz necesariamente les da servicio otra estación terrestre. Tal configuración permite, en 10 caso de fallo de una estación terrestre, disponer siempre de los haces adyacentes al haz perdido procedente de la estación terrestre defectuosa; entonces, la puesta en práctica del procedimiento según la invención siempre es posible, puesto que siempre se dispone de los haces asociados a las celdas contiguas a la celda perdida. Se notará que tal arquitectura es particularmente original por cuanto que los haces a los que da servicio una misma estación terrestre no se hallan agrupados geográficamente sino que, por el contrario, están alejados voluntariamente de 15 manera que se puede poner en práctica el procedimiento según la invención.

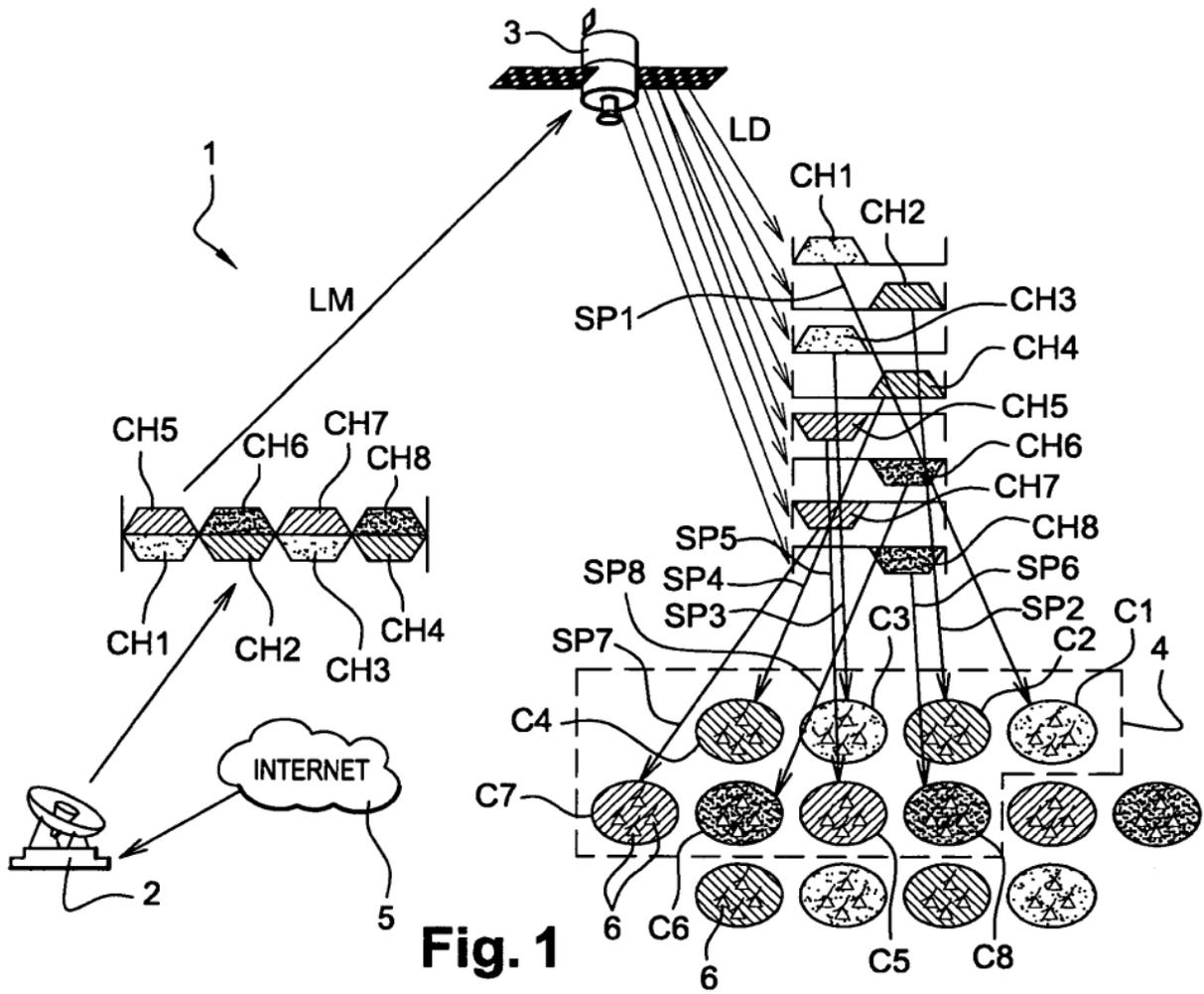
Por supuesto, la invención no se limita a la forma de realización que acaba de ser descrita.

En particular, la invención ha sido descrita más concretamente en el caso de un esquema de cuatro colores, pero puede ser de aplicación a otro número de colores (por ejemplo, dos).

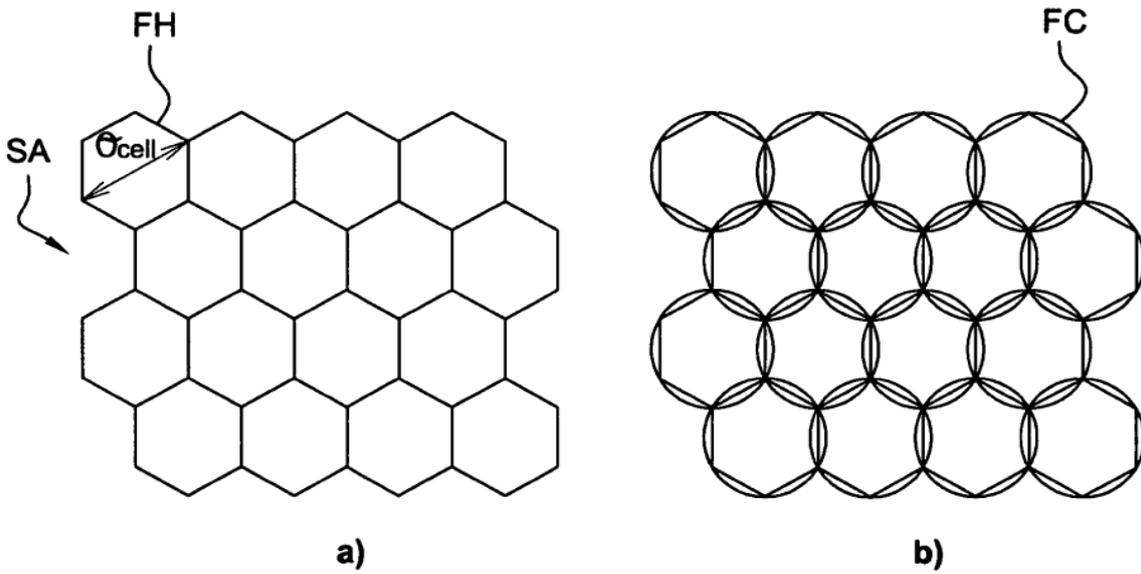
20 Adicionalmente, hemos descrito más específicamente el caso de pérdidas de haces relacionados con un color o de un conjunto de haces a los que da servicio una misma estación terrestre, pero el procedimiento según la invención es de aplicación por igual en el caso de otros fallos que inducen la pérdida de haces (mal funcionamiento de un multiplexador o de un filtro, fallo de un amplificador de potencia HPA o fallo del sistema de potencia en el satélite).

**REIVINDICACIONES**

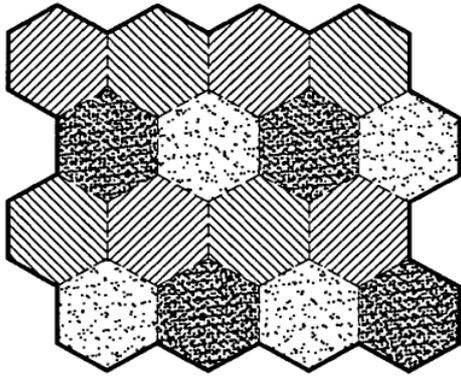
- 5 1. Procedimiento de establecimiento de enlaces de radiofrecuencia a través de un satélite de telecomunicaciones de varios haces, llamado satélite multihaz, entre al menos una estación terrestre y un área de servicios compuesta por una pluralidad de áreas de cobertura elementales, llamadas celdas, incluyendo cada celda una pluralidad de terminales terrestres y estando asociada a un haz al que se adscribe una banda de frecuencias, en el que, en caso de pérdida de un haz asociado a una celda, llamada celda defectuosa, el haz (FR1, FR2, FB1, FB2, FV1, FV2) asociado a al menos una celda contigua (CR1, CR2, CB1, CB2, CV1, CV2) a dicha celda defectuosa se asocia igualmente a una parte de dicha celda defectuosa, de modo que quede reducida la superficie (CPJ') de dicha celda defectuosa, siendo establecidos dichos enlaces de radiofrecuencia entre una pluralidad de estaciones terrestres y dicha área de servicios de modo que, para un primer haz asignado a una primera estación terrestre, el conjunto de los haces adyacentes a dicho primer haz son asignados cada uno de ellos a una estación terrestre diferente de dicha primera estación terrestre.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque una pluralidad de haces (FR1, FR2, FB1, FB2, FV1, FV2) asociados a sendas celdas contiguas (CR1, CR2, CB1, CB2, CV1, CV2) a dicha celda defectuosa son asociados cada uno de ellos a una parte de dicha celda defectuosa.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque cada una de dichas partes contribuye a una superficie de cobertura.
4. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque al menos dos de dichas partes (P1, P2) contribuyen a una superficie diferente de cobertura.
- 20 5. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque cada haz (FR1, FR2, FB1, FB2, FV1, FV2) presenta una banda de frecuencias ascendente o descendente dada y un sentido de polarización dado, siendo no adyacentes los haces que presentan una misma banda de frecuencias y un mismo sentido de polarización.
- 25 6. Procedimiento según la anterior reivindicación, caracterizado porque dichas bandas de frecuencias ascendentes o descendentes pertenecen a una de las siguientes bandas: Ka, Ku.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 ó 6, caracterizado porque los terminales terrestres de dicha celda defectuosa son aptos para emitir y/o recibir señales en ambos sentidos de polarización, de modo que el conjunto de los haces (FR1, FR2, FB1, FB2, FV1, FV2) asociados a las celdas contiguas (CR1, CR2, CB1, CB2, CV1, CV2) a dicha celda defectuosa se pueden asociar a una parte de dicha celda defectuosa.
- 30 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 ó 6, caracterizado porque los terminales terrestres de dicha celda defectuosa son aptos para emitir y/o recibir señales en un sólo sentido de polarización, de modo que sólo se pueden asociar a una parte de dicha celda defectuosa los haces (FR1', FR2') que, asociados a las celdas contiguas (CR1', CR2') a dicha celda defectuosa, presentan el mismo sentido de polarización que el haz defectuoso.
- 35 9. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque dicha pérdida de un haz surge como consecuencia de uno de los siguientes fallos:
  - fallo de una estación terrestre;
  - fallo de una antena de dicho satélite multihaz;
  - fallo de un componente del repetidor de dicho satélite multihaz.



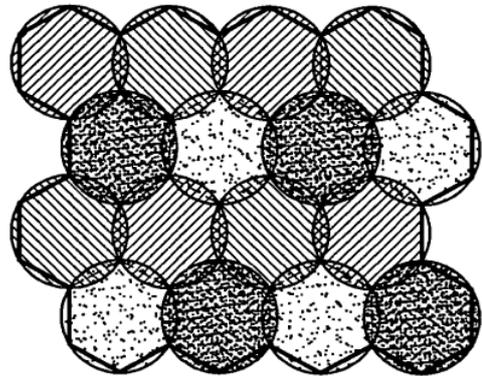
**Fig. 1**



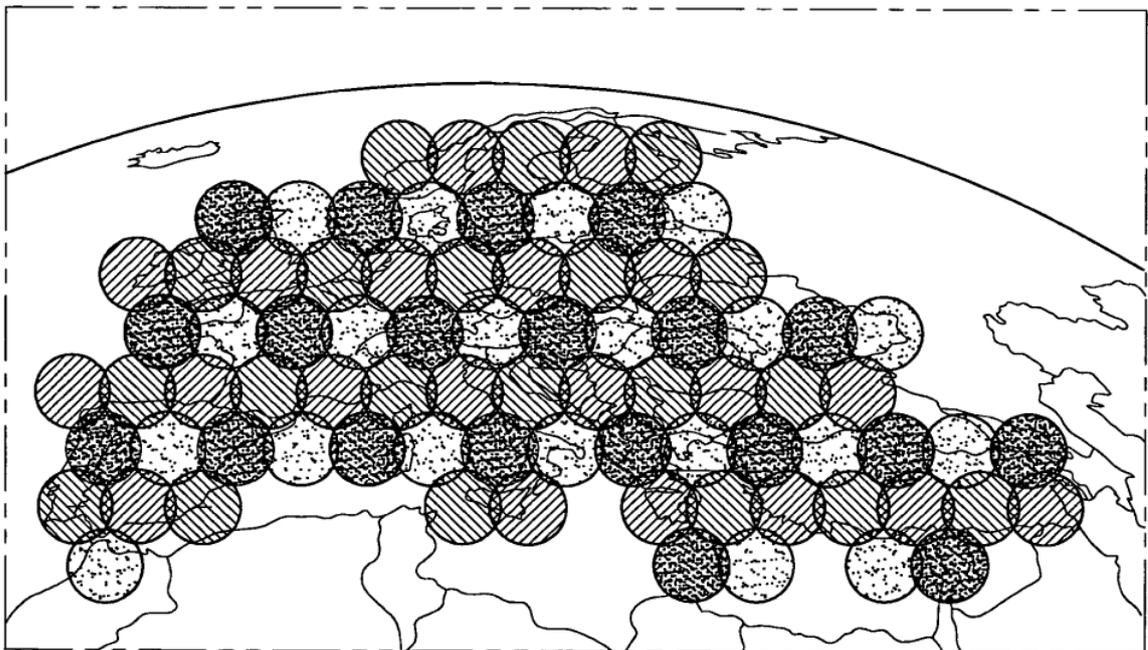
**Fig. 2**



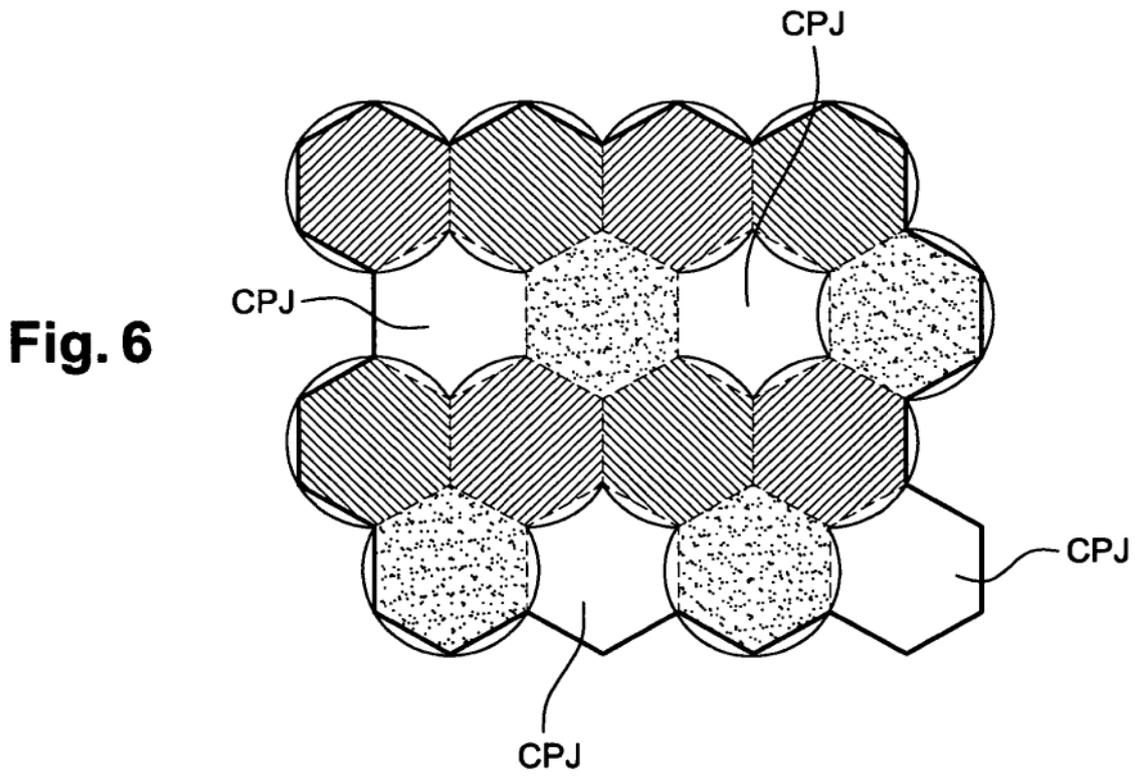
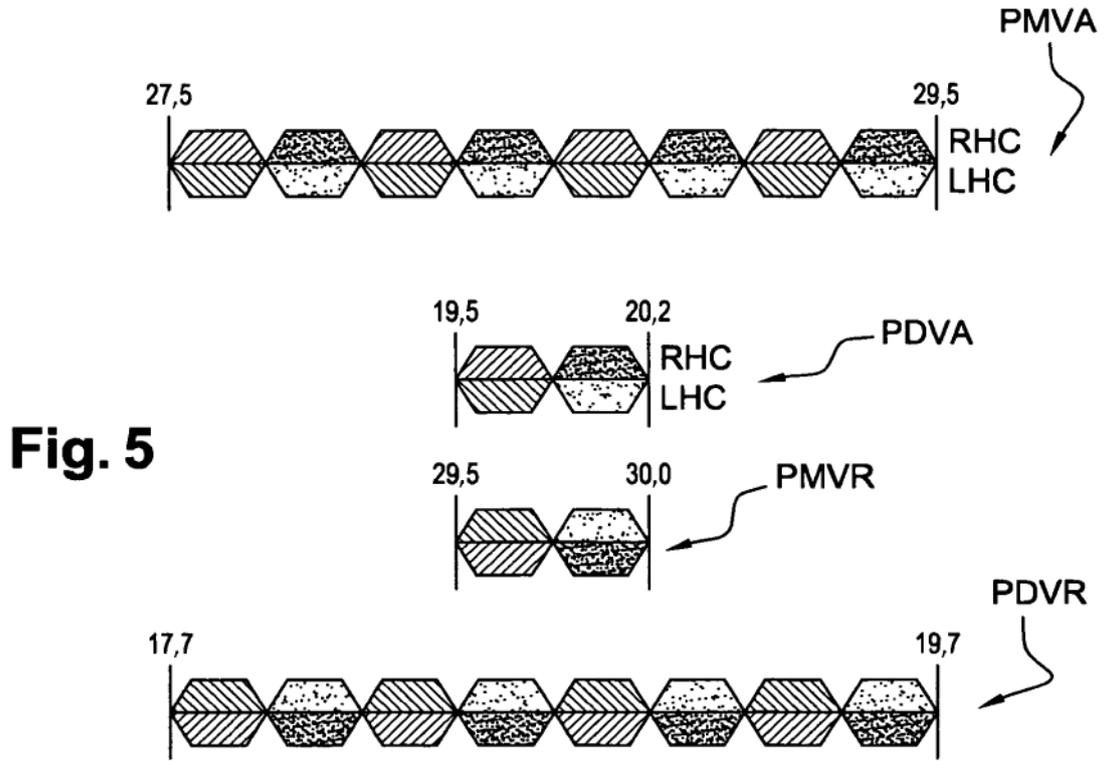
**Fig. 3a**

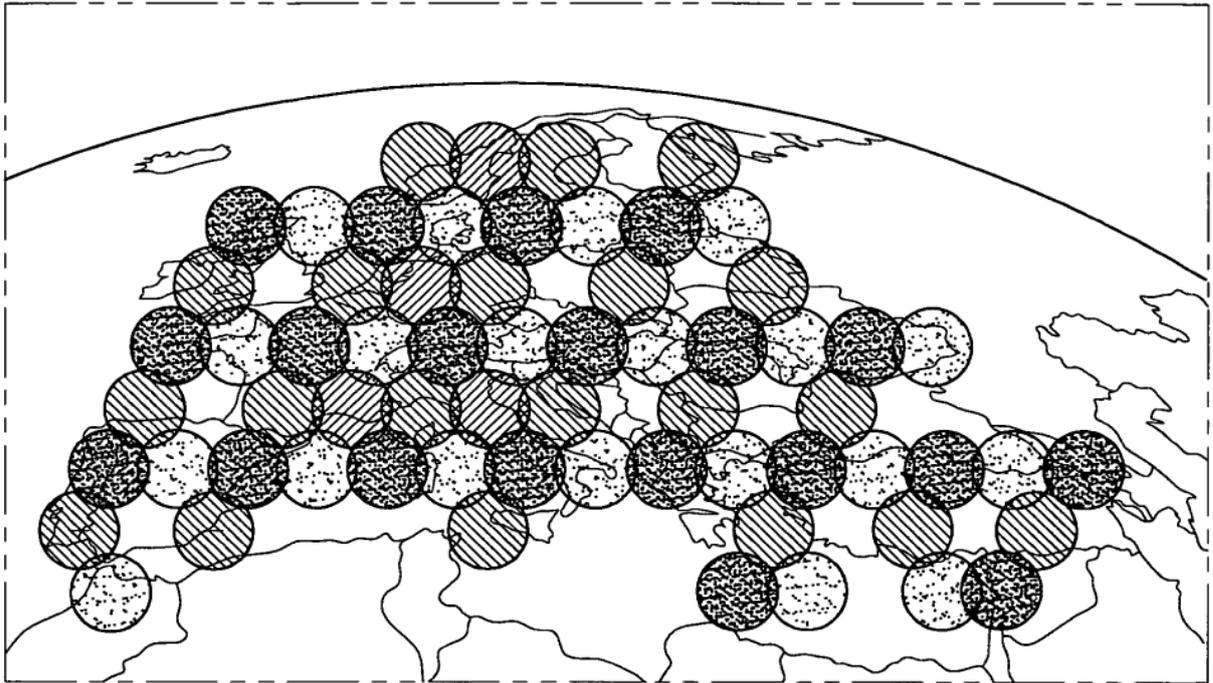


**Fig. 3b**

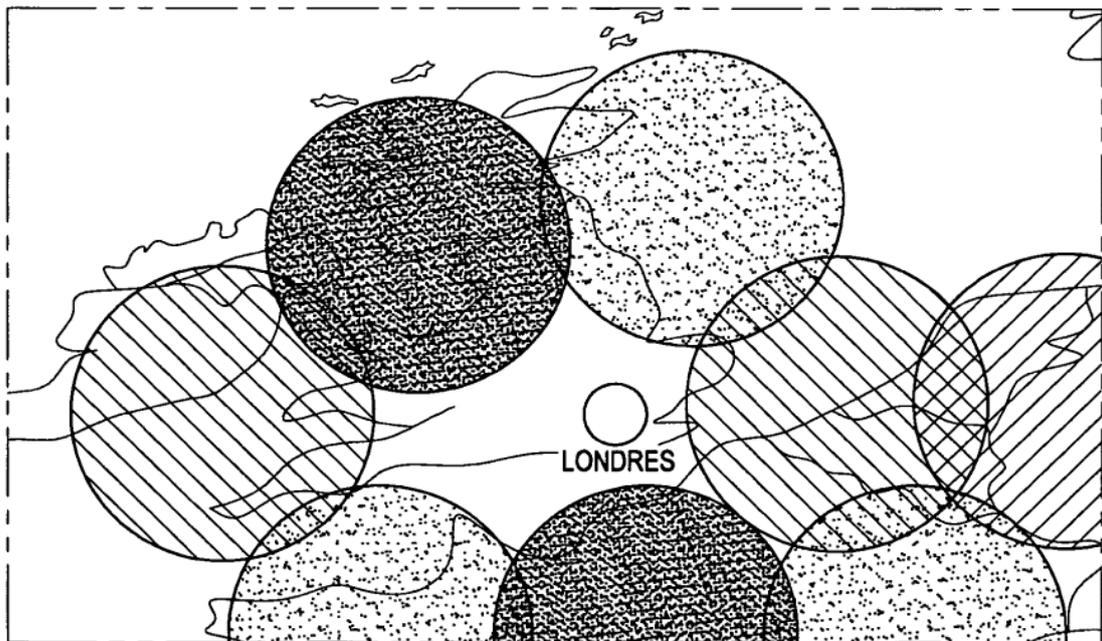


**Fig. 4**

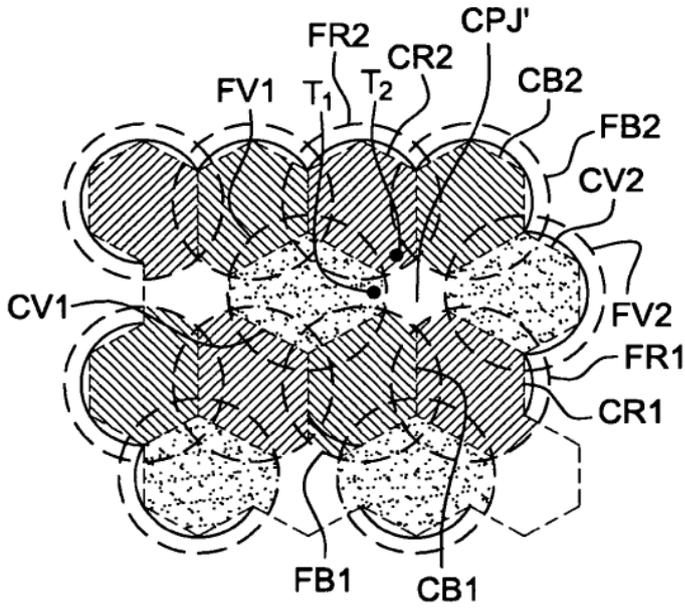




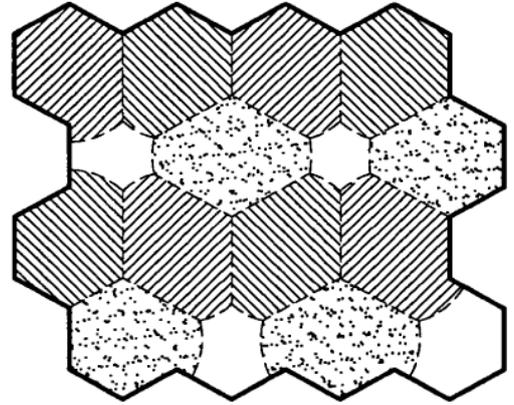
**Fig. 7**



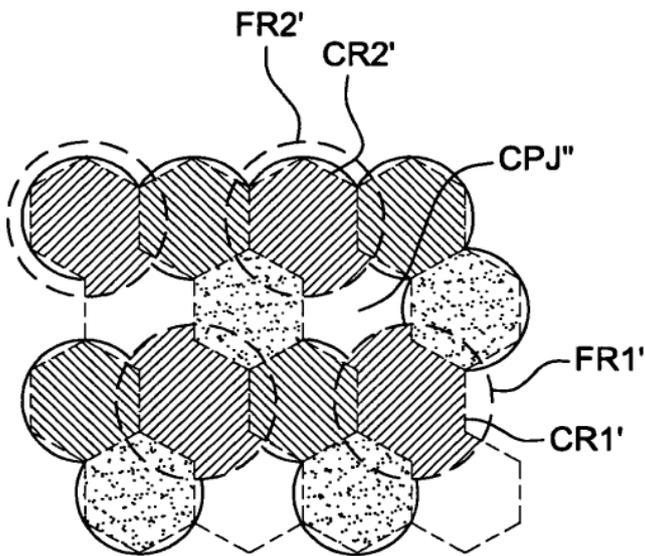
**Fig. 8**



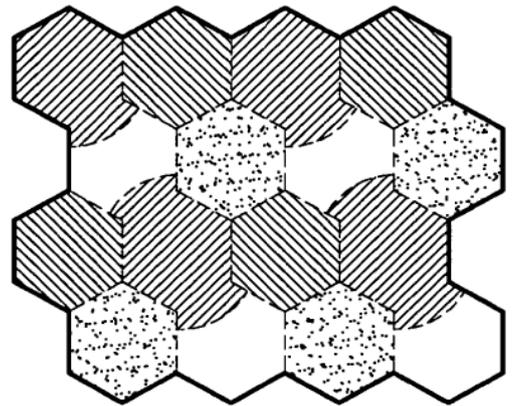
**Fig. 9a**



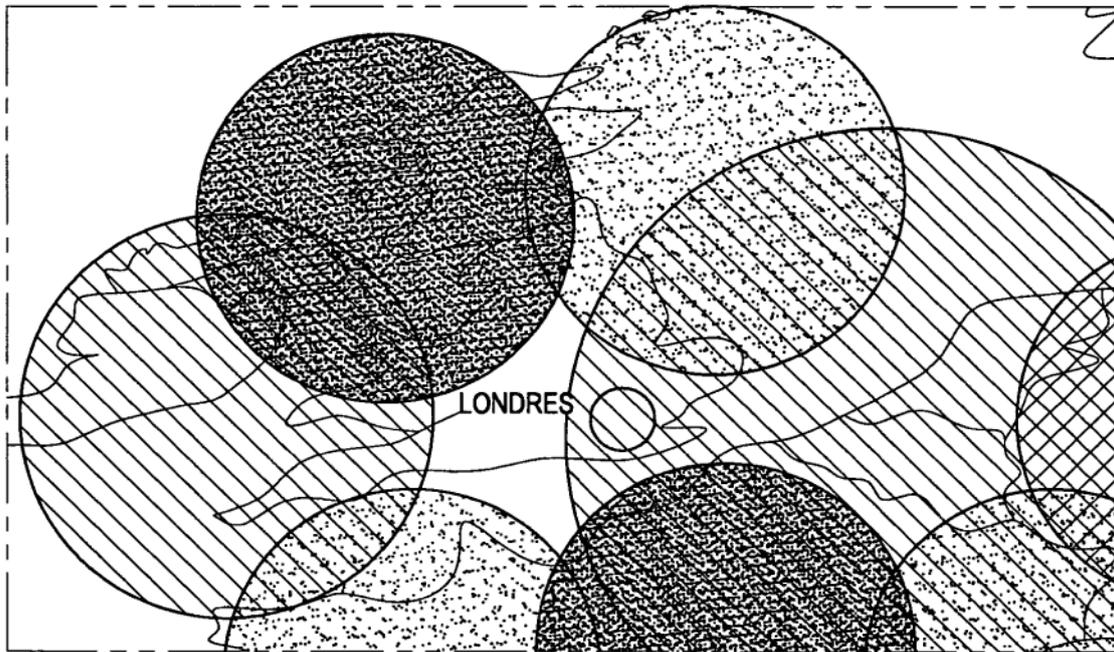
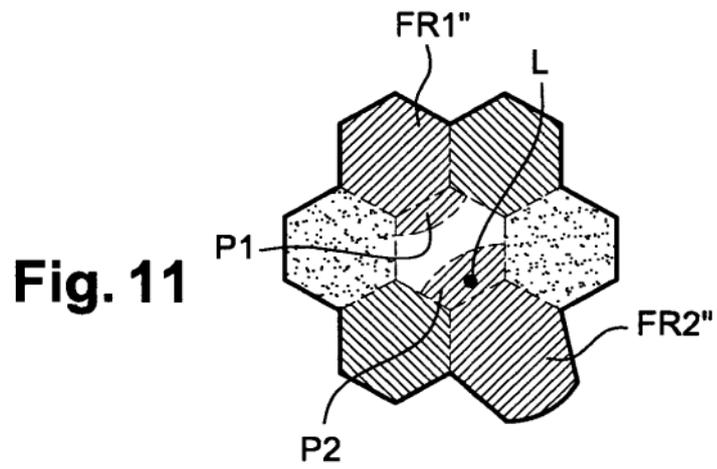
**Fig. 9b**



**Fig. 10a**



**Fig. 10b**



**Fig. 12**