(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 366 171**

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

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **09154703 .4**
(96) Fecha de presentación : **10.03.2009**
(97) Número de publicación de la solicitud: **2104243**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **23.09.2009**

(54) Título: **Red de telecomunicación.**

(30) Prioridad: **21.03.2008 FR 08 51885**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
17.10.2011

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
17.10.2011

(73) Titular/es: **EUTELSAT S.A.**
70, rue Balard
75015 Paris, FR

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

(74) Agente: **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).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Red de telecomunicación.

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

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

En el caso de que el sistema de telecomunicación por satélite de banda ancha ("broadband" en inglés) tenga alta capacidad, el satélite se utiliza de manera bidireccional, es decir a la vez para:

- transmitir los datos emitidos por una estación terrestre principal (conectada a la red terrestre) hacia una pluralidad de terminales terrestres: este primer enlace de tipo punto a multipunto constituye el camino de ida ("forward link" en inglés);

- transmitir hacia la estación terrestre principal los datos emitidos por los terminales terrestres: este segundo enlace, de tipo multipunto a punto, constituye la vía de retorno ("return link" en inglés).

Se señala que un servicio de radiodifusión por satélite puede ser considerado como equivalente en el camino de ida de un sistema bidireccional como se describió anteriormente.

Un ejemplo del camino de ida en una configuración de red de telecomunicación multihaz se ilustra en la figura 1.

Unas señales se envían hacia un satélite multihaz 3 en un enlace ascendente LM por una estación terrestre principal 2 (igualmente llamada estación central) tal que una pasarela de comunicación terrestre ("gateway" en inglés) conecta con una troncal de Internet 5. La estación terrestre principal controla la red a través de un sistema de gestión de la red que permite al operador supervisar y controlar todos los componentes de la red. Las señales enviadas por la estación terrestre principal se tratan a continuación a nivel del satélite 3 que las amplifica, las transpone a una frecuencia generalmente inferior después las retransmite a partir de la o de las antenas satelitales en un enlace descendente LD bajo la forma de una pluralidad de haces o puntos que forman unas zonas de coberturas elementales o celdas C1 a C8 en las que están situados unos terminales terrestres 6. Cada celda C1 a C8 está asociada a un haz SP1 a SP8. Se señala que, en el caso de la configuración 1, las ocho celdas C1 a C8 asociadas respectivamente a los ocho haces SP1 a SP8 que forman un grupo de celdas servidas por la misma estación terrestre 2. En la práctica, la red 1 está formada por una pluralidad de estaciones terrestres principales conectadas entre ellas a través de una red terrestre (red Internet por ejemplo). El camino de retorno de los terminales terrestres 6 hacia la estación terrestre 2 funciona de manera idéntica con una dirección de comunicación inversa.

La coordinación de las frecuencias entre operadores se hace dentro del marco de una reglamentación promulgada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT): así, a título de ejemplo, la banda Ka para la región 1 (Europa, África, Oriente Medio) está definida dentro de la tabla 1 más abajo:

Tabla 1.

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

Se observa que los espectros de la banda Ka en el enlace ascendente son adyacentes (es decir los intervalos [27,5 ; 29,5] y [29,5 ; 30,0] que no presentan discontinuidad). Lo mismo ocurre para los espectros de la banda Ka en el enlace descendente (es decir los intervalos [17,7 ; 19,7] y [19,7 ; 20,2] que no presentan discontinuidad).

Dado que la ganancia de una antena es inversamente proporcional a la apertura del haz, es necesario utilizar unas antenas multihaz para cubrir una zona extensa con una ganancia homogénea y elevada. Cuanto más grande sea el número de haces, más pequeña será la zona de servicio de cada haz. Así, la ganancia en cada haz y así la ganancia en la zona de servicio a cubrir se aumentará. Como hemos mencionado más arriba, una zona de servicio a

cubrir está formada por una pluralidad de celdas contiguas (zonas de cobertura elementales), un haz que está asociado a cada celda. Una zona de cobertura multihaz homogénea SA está representada en la figura 2a), cada celda que está representada por un hexágono FH de manera que la zona de cobertura está compuesta por 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. Sin embargo, el haz de la antena asociado a cada celda no es capaz de producir una forma hexagonal, una buena aproximación consiste 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 hace teniendo en cuenta los mejores rendimientos del satélite para dicho haz, especialmente en términos de PIRE (Potencia Isotrópa Radiada Equivalente) y el factor de mérito G/T (relación ganancia a temperatura de ruido): una celda se determina como la parte de la zona de servicio asociada al haz que ofrece la ganancia más elevada sobre esta zona entre todos los haces del satélite.

La configuración 1 tal como se representa en la figura 1 utiliza una técnica llamada reutilización de frecuencias: esta técnica permite utilizar un mismo intervalo de frecuencias varias veces en el mismo sistema satelital a fin de aumentar la capacidad total del sistema sin aumentar la banda de paso atribuida.

Se conocen unos esquemas de reutilización de frecuencias, llamados esquemas de color, que hacen corresponder un color con cada uno de los haces del satélite. Estos esquemas de color son utilizados para describir la atribución de una pluralidad de bandas de frecuencia con los haces del satélite a la vista de las transmisiones de radiofrecuencia a realizar en cada uno de estos haces. En estos esquemas, cada color corresponde a una de estas bandas de frecuencia.

Estos satélites multihaz permiten por otra parte emitir (y recibir) unas transmisiones polarizadas: la polarización puede ser lineal (en este caso los dos sentidos de polarización son respectivamente horizontal y vertical) o circular (en este caso los dos sentidos de polarización son respectivamente circular izquierdo o circular derecho). Se señala 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 por la carga útil del satélite 3 formarán los ocho haces SP1 a SP8 (un canal que está asociado con un haz en este ejemplo).

Según un esquema de cuatro colores (rojo, amarillo, azul, verde) con un espectro de frecuencia de 500 MHz para cada polarización, las transmisiones que están polarizadas en uno de los dos sentidos de polarización circular derecha o circular izquierda, cada color está asociado a una banda de 250 MHz y un sentido de polarización.

Tomamos en toda la descripción el convenio siguiente:

- el color rojo está representado por los trazos sombreados hacia la derecha;
- el color amarillo está representado por unos puntos denso;
- el color azul está representado por los trazos sombreados hacia la izquierda;
- el color verde está representado por los puntos dispersos.

Un color está asociado así a cada haz del satélite (y así pues a una celda) de manera que los haces de un mismo “color” no son adyacentes: las celdas contiguas corresponden así pues a unos colores distintos.

Un ejemplo de esquema a cuatro colores para la cobertura de Europa está representado en la figura 3. En este caso, 80 celdas son necesarias para cubrir Europa.

Este tipo de esquema es aplicable también tanto en el enlace ascendente como en el enlace descendente. A nivel del satélite, la creación de un haz se hace a partir de un cono radiante hacia un reflector. Un reflector puede estar asociado a un color de manera que una cobertura a cuatro colores está asegurada por cuatro reflectores. En otras palabras, la generación de 16 haces de cada estación terrestre principal se puede hacer a través de la utilización de cuatro antenas (una por color) que tienen cada una un reflector, cuatro conos que están asociados a cada reflector.

La figura 4 ilustra un plan de frecuencias descompuesto en un plan de frecuencias de enlace ascendente PMVA en el camino de ida, un plan de frecuencias de enlace descendente PDVA en el camino de ida, un plan de frecuencias de enlace ascendente PMVR en el camino de retorno y un plan de frecuencias de enlace descendente PDVR en el camino de retorno. Las notaciones RHC y LHC designan respectivamente los sentidos circulares derecho e izquierdo de polarización.

El plan PMVA correspondiente al enlace ascendente en el camino 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 manera que 16 canales de 250 MHz de banda de paso se generan por una estación terrestre (8 canales por cada polarización). Estos 16 canales, después del tratamiento por la carga útil del satélite formarán 16 haces. La hipótesis hecha aquí consiste en considerar que todo el espectro de 2 GHz es utilizado: se señala sin embargo que es igualmente posible,

especialmente por razones operativas, utilizar solamente una parte del espectro y generar menos canales. En el ejemplo antes mencionado, 16 haces (y así pues 16 celdas) se generan a partir de dos señales que multiplexan los 8 canales (una señal multiplexada por polarización) generados por una estación terrestre principal. Cada señal multiplexada que corresponde a una polarización se trata a continuación al nivel del repetidor del satélite a fin de proporcionar 8 haces; cada uno de estos ocho haces está asociado con un intervalo de frecuencia entre los dos intervalos de frecuencias [19,7; 19;95] y [19,95; 20,2] y a una polarización RHC o LHC tal como se representa en el plan de frecuencias del enlace descendente PDVA.

El plan PDVR que corresponde al enlace descendente sobre el camino 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 manera que 16 haces de 250 MHz de banda de paso (asociados a un intervalo de frecuencia entre los dos intervalos de frecuencias [29,5; 29;75] y [29,75; 30,0] y a una polarización RHC o LHC tal como se representa en el plan de frecuencias de enlace descendente PMVR) procedentes de celdas se multiplexan al nivel del satélite en dos señales (que corresponden a cada polarización) para ser reenviadas hacia la estación terrestre principal (8 canales para cada polarización). Hacemos siempre la hipótesis de que el conjunto del espectro de 2 GHz es utilizado. Así, en el caso de Europa con un espectro de 2 GHz utilizados, se tiene un número N_C de celdas igual a 80 y un número de estaciones terrestres activas $N_{GWactive}$ igual a 5 (que es el número 80 de celdas dividido por el número 16 de haces). Se señala que puede que una parte de la banda no sea utilizable, por ejemplo la parte que va de 17,7 a 18,45 GHz en el camino de vuelta y la parte que va de 27,5 a 28,25 Ghz en el camino de ida: en este caso, el número de canales Ns por polarización es igual a 5: por lo tanto, el número de celdas son siempre igual a 80 para Europa, el número de estaciones terrestres activas $N_{GWactive}$ se hace igual a 5. En todo caso, el número de estaciones terrestres principales $N_{GWactive}$ es siempre inferior al número N_C de celdas de la zona de cobertura.

Para el camino de ida, cada haz está asociado a uno de los cuatro colores siguientes:

- un color rojo correspondiente a una primera banda de 250 MHz (parte inferior del espectro disponible de 500 MHz) y con sentido de polarización circular derecho;
- un color amarillo correspondiente a la misma primera banda de 250 MHz y con sentido de polarización circular izquierdo;
- un color azul correspondiente a una segunda banda de 250 MHz (parte superior del espectro disponible de 500 MHz) y con sentido de polarización circular derecho;
- un color verde correspondiente a la misma segunda banda de 250 MHz y con sentido de polarización circular izquierdo;

Los cuatro haces adyacentes de un mismo dibujo están cada uno asociados a un color diferente.

En el camino de retorno, las polarizaciones son invertidas de manera que los colores rojo y amarillo tienen una polarización circular izquierda y los colores azul y verde tienen una polarización circular derecha. Los terminales terrestres emiten y reciben a continuación una polarización inversa de manera que se pueden separar fácilmente las señales de enlace ascendente de las señales de enlaces descendentes: una de tales configuraciones permite utilizar unos terminales menos costosos.

La carga útil del satélite designa la parte que le permite cumplir la misión para la que ha sido concebido es decir por un satélite de telecomunicación 3 tal como aquél representado en la figura 1, asegurar la recepción, el tratamiento (conversión de frecuencia, filtrado, amplificación) y el reenvío de las señales de telecomunicaciones procedentes de la estación terrestre 2. La carga útil comprende esencialmente las antenas del satélite y los repetidores (y no los equipos de control, de propulsión o de alimentación eléctrica que pertenecen a la plataforma del satélite).

La figura 5 representa de forma conocida un diagrama de bloques funcional de una arquitectura de carga útil 10 en el camino de ida (de las estaciones terrestres principales hacia las celdas incluyendo los terminales terrestres) con emisión multihaz en el enlace descendente.

Después de la recepción y la selección de la polarización, $2N_{GWactive}$ señales multiplexadas (en el ejemplo citado más arriba, $N_{GWactive}$ señales de 8 canales por cada una de las dos polarizaciones) recibidas de $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales (o pasarela de comunicación) son cada una amplificadas por un amplificador de bajo nivel de ruido 12 LNA (“Low Noise Amplifier”). Cada señal se separa a continuación en N_C canales de enlace ascendente por un dispositivo de separación de las señales (demultiplexor) 13. Los N_C canales de enlace ascendente se traducen a continuación en frecuencia por un circuito convertidor de frecuencia 14 generalmente formado por un oscilador local y se filtran por un filtro de recepción 15 (del tipo filtro paso banda) para formar N_C canales de acuerdo con el plan de frecuencia del enlace descendente en el camino de ida (PDVA). Los N_C canales traducidos en frecuencia son amplificados a través de un amplificador de potencia 16 HPA (“High Power Amplifier” en inglés) generalmente formado por un amplificador de canal 17 CAMP (“Chanel AMPlifier” en inglés) y un amplificador de tubo de ondas progresivas 18 TWTA (“Traveling Wave Tube Amplifier” en inglés) que forma N_C señales de haz de enlace descendente. Cada una de las N_C señales se filtran a continuación a través de un filtro paso banda de emisión 19 luego se envían por un dispositivo radiante 20 tal como un cono radiante hacia un reflector para la formación de un

haz. Según esta configuración funcional, la carga útil 10 comprende:

- $2N_{GWactivo}$ amplificadores de bajo nivel de ruido 12 LNA;
- $2N_{GWactivo}$ dispositivos divisores de señal 13;
- N_C circuitos convertidores de frecuencia 14;
- N_C filtros de recepción 15;
- N_C amplificadores de potencia 16 HPA;
- N_C filtros paso banda de emisión 19;

La figura 6 representa de manera conocida un diagrama de bloques funcional de una arquitectura de carga útil 100 en el camino de retorno (de las celdas que incluyen los terminales terrestres hacia las estaciones terrestres principales) con la emisión multihaz en el enlace ascendente.

N_C señales recibidas de N_C celdas que comprenden los terminales de usuario se amplifican cada una por un amplificador de bajo nivel de ruido 112 LNA (“Low Noise Amplifier”). Cada señal se transpone a continuación en frecuencia por un circuito convertidor de frecuencia 114 generalmente formado por un oscilador local y filtrado por un filtro de recepción 115 (del tipo filtro paso banda) de manera que forma N_C canales de acuerdo con el plan de frecuencia del enlace descendente en el camino de retorno (PVDR). Los canales destinados a una misma estación terrestre principal (para una misma polarización) se reagrupan a continuación para formar una señal multiplexada a través de un multiplexor 113 (de N_C entradas y $2N_{GWactive}$ salidas): la estructura de esta señal multiplexada es idéntica a aquélla de una señal emitida por una estación terrestre principal hacia el satélite en el enlace ascendente en el camino de ida. Se tiene así pues $2N_{GWactive}$ señales en la salida del multiplexor 113. Cada una de las $2N_{GWactive}$ señales son amplificadas a través de un amplificador de potencia 116 HNA generalmente formado por un amplificador de canal 117 CAMP y un amplificador de tubo de ondas progresivas 118 TWTA que forma $2N_{GWactive}$ señales de enlace descendente en el camino de retorno. Cada una de las $2N_{GWactive}$ señales de enlace descendente en el camino de retorno se filtra a continuación a través de un filtro paso banda de emisión 119 después se envía por un dispositivo radiante 120 tal como un cono radiante hacia un reflector para la formación de las $2N_{GWactive}$ señales al destino de las $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales. Según esta configuración funcional, la carga útil 100 contiene:

- N_C amplificadores de bajo nivel de ruido 112 LNA;
- N_C circuitos convertidores de frecuencia 114;
- N_C filtros de recepción 115;
- Un dispositivo multiplexor 113 de N_C entradas y $2N_{GWactivo}$ salidas;
- $2N_{GWactive}$ amplificadores de potencia 116 HPA;
- $2N_{GWactive}$ filtros paso banda de emisión 119;

Se señala que los amplificadores de canal 17 y/o 117 son generalmente unos amplificadores de regulación de ganancia que permiten regular el nivel de potencia de las señales en la entrada de los tubos de ondas progresivas 18 y/o 118. Los tubos 18 y/o 118 pueden ser reemplazados por unos amplificadores de potencia de estado sólido SSPA (“Solid State Power Amplifier” en inglés). Es igualmente posible utilizar unas arquitecturas más sofisticadas que comprenden los dispositivos del tipo MPA (“Multiport Amplifier” en inglés) que ofrecen más flexibilidad.

Las cargas útiles 10 y 100 tales como se presentan anteriormente pueden sin embargo plantear algunas dificultades, especialmente en caso de averías de los tubos TWTA.

Una solución conocida de este problema consiste en utilizar unos tubos redundantes. Una configuración tal se ilustra en la figura 7. La figura 7 representa esquemáticamente la parte 200 de una carga útil en el camino de retorno situada entre el multiplexor y el filtro de emisión y que incluye unos CAMP y unos tubos TWTA redundantes.

Como se explicó más arriba, cada una de las $2N_{GWactive}$ señales se amplifica a través de un amplificador de potencia 216 HPA generalmente formado por un amplificador de canal 217 CAMP y un amplificador de tubo de ondas progresivas 218 TWTA que forman $2N_{GWactive}$ señales de enlace descendente en el camino de retorno. La diferencia con la figura 6 reside en el hecho de que la carga útil 200 incluye N_{TWTA} amplificadores de potencia 216 HPA formados por N_{TWTA} amplificadores de canal 217 CAMP y N_{TWTA} amplificadores de tubo de ondas progresivas TWTA, N_{TWTA} que es estrictamente superior a $2N_{GWactive}$.

La carga útil 200 contiene unos primeros medios 201 de selección que recibe en las entradas las $2N_{GWactive}$ señales a amplificar y seleccionando los $2N_{GWactive}$ amplificadores de potencia 217 entre los N_{TWTA} presentes que realizarán la

amplificación. En caso de avería de un amplificador de potencia (avería de un tubo por ejemplo), es entonces posible utilizar otro amplificador conmutando la señal en este amplificador. La carga útil 200 contiene en otro de los segundos medios 202 de selección que reciben en las entradas las salidas de los N_{TWTA} amplificadores de potencia para producir en la salida las $2N_{GWactive}$ señales amplificadas de enlace descendente en el camino de retorno que serán filtradas a continuación a través de un filtro paso banda de salida luego enviadas por un cono radiante hacia un reflector para la formación de las $2N_{GWactive}$ señales de destino de las $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales. Una configuración tal permite soportar N_{TWTA} -$2N_{GWactive}$ fallos de los amplificadores. Se señala que el mismo tipo de configuración se puede prever en el camino de ida con una redundancia de los amplificadores de bajo nivel de ruido LNA.

Una configuración tal puede sin embargo igualmente presentar ciertas dificultades. En efecto, puede igualmente que una estación terrestre principal sufra a una avería; en un caso tal, una solución conocida consiste en introducir una redundancia en los componentes utilizados en la estación terrestre principal de manera que permita conmutar sobre un componente redundante en caso de avería de un componente de una de las estaciones terrestres principales. Una redundancia tal entraña desde luego un sobrecoste importante.

Por otra parte, es igualmente posible que una estación terrestre esté momentáneamente indisponible o inutilizable (por ejemplo, en caso de intemperie que hace el tráfico de datos difícil o en caso de mantenimiento de la estación terrestre) por tanto sin ser defectuosa.

El documento WO2004/002016 describe un sistema con cambio de “pasarela” en el caso de una degradación de un enlace de usuario/ “pasarela” y propone este efecto de poner en marcha un algoritmo para la detección de la degradación y la transferencia de los usuarios relacionados con la pasarela para aquel enlace que está degradado hacia otra pasarela.

En este contexto, la presente invención se encamina a proporcionar una red de telecomunicación para el establecimiento de enlaces de radiofrecuencia entre unas estaciones terrestres principales y unos terminales terrestres a través de un satélite de telecomunicaciones multihaz, dicha red que permite franquear los problemas antedichos.

Con este fin, la invención propone una red de telecomunicación para el establecimiento de enlaces de radiofrecuencia entre unas estaciones terrestres principales y unos terminales terrestres a través de un satélite de telecomunicación de varios haces, llamado satélite multihaz, dicha red que contiene:

- un satélite multihaz que incluye una carga útil para la recepción, el tratamiento y la reemisión de las señales de telecomunicación recibidas por dicho satélite,
- una zona de servicios compuesta de una pluralidad de zonas de cobertura elementales, llamadas celdas, cada celda que contiene una pluralidad de terminales terrestres,
- una pluralidad $N_{GWactive}$ de estaciones terrestres principales activas conectadas entre ellas por una red terrestre, $N_{GWactive}$ siendo un número entero, dicho satélite que transmite las señales emitidas por dichas $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales activas hacia dichas celdas,

dicha red que se **caracteriza porque** contiene N_{GW} estaciones terrestres principales, N_{GW} que es un número entero estrictamente superior al número de $N_{GWactive}$ de estaciones terrestres principales activas, dichas N_{GW} estaciones terrestres principales que están conectadas entre ellas por dicha red terrestre y que incluyen dichas $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales activas de manera que N_{GW} -$N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales son no activas.

Se entiende por estación terrestre principal (“pasarela” en inglés) toda estación central que contiene una pasarela de comunicación terrestre conectada a una troncal de Internet. La estación terrestre principal envía en un camino de ida unas señales que se tratan a continuación al nivel del satélite que las amplifica, las transpone a una frecuencia diferente (generalmente inferior) después las retransmite a partir de las o de las antenas satelitales en un enlace descendente bajo la forma de una pluralidad de haces o puntos que forman unas zonas de cobertura elementales o celdas en las que están situados unos terminales terrestres.

Se entiende por estación terrestre principal activa una estación terrestre que participa efectivamente en la difusión y en la recepción de las señales hacia y de las celdas de los terminales terrestres de los usuarios. A la inversa, una estación terrestre no activa no participa en el tráfico de datos; en cambio, el conjunto de las estaciones terrestres activas e inactivas están conectadas entre ellas a través de una red terrestre tal como una red de tipo Internet.

Gracias a la invención, se utiliza al menos una estación terrestre adicional (N_{GW} - $N_{GWactive} \geq 1$) no activada en más del número total de estaciones terrestres activas $N_{GWactive}$ necesarias para la cobertura de la zona de servicio. Las estaciones N_{GW} terrestres principales están localizadas en unos lugares distintos y los medios de selección de la carga útil a bordo del satélite permiten conmutar una estación terrestre defectuosa o momentáneamente indisponible a una estación terrestre entre las N_{GW} - $N_{GWactive}$ estaciones terrestres previstas para este propósito. Una configuración tal es particularmente interesante no solamente en caso de avería de una estación terrestre principal

sino también y sobre todo operativamente en caso de indisponibilidad momentánea de una estación terrestre principal, por ejemplo en caso de mal tiempo (la lluvia entraña una alteración de las señales de radiofrecuencia) o en caso de mantenimiento planificado.

Ventajosamente, dicha red es una red bidireccional de manera que dicho satélite transmite:

- las señales emitidas por dichas $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales activas hacia dichas celdas, este primer enlace que forma el camino de ida,
- las señales emitidas por dichas celdas hacia dichas $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales activas, este segundo enlace que forma el camino de retorno.

La presente invención tiene igualmente por objeto una carga útil del camino de retorno de un satélite de telecomunicación multihaz utilizado en una red según la invención, dicha carga útil que contiene unos medios para reencaminar una señal multiplexada a partir de una pluralidad de señales emitidas por dichas celdas, dicha señal que se destina inicialmente a una de dichas $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales activas que se vuelven indisponibles, hacia una de dichas $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales en las cuales una nuevamente activada se selecciona entre las N_{GW}-$N_{GWactive}$ estaciones terrestres inicialmente no activadas.

La carga útil según la invención puede igualmente presentar una o varias de las características de más abajo, consideradas individualmente o según todas las combinaciones técnicamente posibles:

De manera particularmente ventajosa, la carga útil contiene unos medios para amplificar dicha señal multiplexada y reencaminada, la operación reencaminamiento que se hace antes de la operación de amplificación.

Ventajosamente, la carga útil contiene unos medios de amplificación que incluyen N_{TWTA} líneas de amplificación aptas para amplificar N_{TWTA} señales multiplexadas, cada línea que tiene una entrada y una salida, N_{TWTA} siendo un número entero tal que $2N_{GWactive}$ es estrictamente inferior a N_{TWTA}, $2N_{GWactive}$ líneas que forman unas líneas de amplificación nominales y N_{TWTA} - $2N_{GWactive}$ líneas que forman unas líneas de amplificación de repuesto.

Ventajosamente, dichos medios de amplificación están formados:

- sea por N_{TWTA} unidades de amplificación que contienen N_{TWTA} amplificadores de tubo de ondas progresivas o N_{TWTA} amplificadores de potencia de estado sólido, cada unidad de amplificación que es apta para amplificar una señal multiplexada;
- sea por un dispositivo de amplificación multipuerto MPA que contiene N_{TWTA} entradas y N_{TWTA} salidas y apto para amplificar N_{TWTA} señales multiplexadas.

Según un primer modo de realización, la carga útil contiene:

- unos primeros medios para conectar selectivamente $2N_{GWactive}$ salidas seleccionadas entre N_{TWTA} salidas a $2N_{GWactive}$ entradas aptas para recibir $2N_{GWactive}$ señales multiplexadas, las $2N_{GWactive}$ señales que incluyen $N_{GWactive}$ señales polarizadas siguiendo una primera polarización y $N_{GWactive}$ señales polarizadas siguiendo una segunda polarización inversa de dicha primera polarización, dichas N_{TWTA} salidas que están conectadas a las dichas N_{TWTA} entradas de dichas N_{TWTA} líneas de amplificación;
- unos segundos medios para conectar selectivamente $2N_{GWactive}$ entradas seleccionadas entre N_{TWTA} entradas a $2N_{GWactive}$ salidas, dichas N_{TWTA} entradas que están conectadas a dichas N_{TWTA} salidas de dichas N_{TWTA} líneas de amplificación;
- los terceros medios para conectar selectivamente $2N_{GWactive}$ entradas a $2N_{GWactive}$ salidas seleccionadas entre $2N_{GW}$ salidas, dichas $2N_{GWactive}$ entradas que están conectadas a dichas $2N_{GWactive}$ salidas de dichos segundos medios de conexión selectiva.

Según un segundo modo de realización particularmente ventajoso, $2N_{GW}$ es igual o menor que N_{TWTA} y dicha carga útil contiene:

- unos primeros medios para conectar selectivamente $2N_{GWactive}$ salidas seleccionadas entre N_{TWTA} salidas a $2N_{GWactive}$ entradas aptas para recibir $2N_{GWactive}$ señales multiplexadas, las $2N_{GWactive}$ señales que incluyen $N_{GWactive}$ señales destinadas a una primera polarización y $N_{GWactive}$ señales destinadas a una segunda polarización inversa de dicha primera polarización, dichas N_{TWTA} salidas que están conectadas a dichas N_{TWTA} entradas de dichas N_{TWTA} líneas de amplificación;
- unos segundos medios para conectar selectivamente $2N_{GW}$ entradas seleccionadas entre N_{TWTA} entradas a $2N_{GW}$ salidas, dichas N_{TWTA} entradas que están conectadas a dichas N_{TWTA} salidas de dichas N_{TWTA} líneas de amplificación.

De manera particularmente ventajosa, la carga útil contiene:

- unos medios de amplificación que incluyen N_2 líneas de amplificación aptas para amplificar N_2 señales multiplexadas, cada línea que tiene una entrada y una salida, N_1 líneas que forman unas líneas de amplificación nominales y $N_2 – N_1$ líneas que forman las líneas de amplificación de repuesto, N_2 y N_1 siendo unos números enteros tales que el número entero N_1 es estrictamente inferior a N_2, el número entero N_1 que es o bien igual a $2N_{GWactive}$ o bien igual a $N_{GWactive}$;

- unos primeros medios para conectar selectivamente N_1 salidas seleccionadas entre N_2 salidas a N_1 entradas aptas para recibir N_1 señales multiplexadas, dichas N_2 salidas que están conectadas a las dichas N_2 entradas de dichas N_2 líneas de amplificación;

- unos segundos medios para conectar selectivamente N_3 entradas seleccionadas entre N_2 entradas a N_3 salidas, el número N_3 que es o bien igual a N_{GW} o bien igual a $2N_{GW}$, N_3 que es igual o menor que N_2, dichas N_2 entradas que están conectadas a las dichas N_2 salidas de dichas N_2 líneas de amplificación.

Ventajosamente, dichos medios de conexión selectiva están formados por una pluralidad de conmutadores de tipo R.

La presente invención tiene igualmente por objeto un procedimiento de reconfiguración de una red en caso de indisponibilidad de una de dichas $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales activas, dicho procedimiento que utiliza una carga útil según la invención y que contiene las etapas siguientes:

- activación de una estación terrestre seleccionada entre las N_{GW} - $N_{GWactive}$ estaciones terrestres no activadas, dicha estación terrestre seleccionada que recibe al menos una señal procedente de una salida de dichos segundos medios, la dicha salida que está conectada a través de los dichos segundos medios a una salida de una de dichas N_{TWTA} o N_2 líneas de amplificación, dicha línea de reconfiguración, dicha red que contiene así pues un grupo de $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales en las cuales una nuevamente activada seleccionada entre las N_{GW} - $N_{GWactive}$ estaciones terrestres no se activa;

- accionar dichos primeros medios para conectar la entrada de dicha línea de reconfiguración a una entrada apta para recibir las señales multiplexadas destinadas a una de las estaciones terrestres principales entre el grupo de $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales en las cuales una se activa nuevamente.

La presente invención tiene igualmente por objeto un satélite que contiene una carga útil de camino de retorno según la invención y una carga útil de camino de ida que contiene:

- una pluralidad de amplificadores de bajo nivel de ruido aptos para amplificar las señales multiplexadas emitidas por dichas estaciones terrestres principales activas;

- unos medios para reencaminar las señales multiplexadas emitidas por la estación terrestre que asegura el tráfico de dicha estación terrestre que se vuelve indisponible hacia el amplificador de bajo nivel de ruido destinado a amplificar las señales multiplexadas emitidas por dicha estación terrestre que se vuelven indisponible.

Otras características y ventajas de la invención surgirán claramente de la descripción que se hace más adelante, a título indicativo y no limitativo, en referencia a las figuras anexas, entre las que:

- la figura 1 es una representación esquemática simplificada de una configuración multihaz;

- la figura 2 a) representa un ejemplo de zona de cobertura compuesta de una pluralidad de hexágonos adyacentes;

- la figura 2 b) representa una aproximación de la zona de cobertura compuesta 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;

- la figura 5 es un diagrama de bloques funcional de una arquitectura de carga útil de referencia en el camino de ida según la última tecnología;

- la figura 6 es un diagrama de bloques funcional de una arquitectura de carga útil de referencia en el camino de retorno según la última tecnología;

- la figura 7 representa esquemáticamente la parte de una carga útil en el camino de retorno situada entre el multiplexor y el filtro de salida y que incluye unos CAMP y unos tubos TWTA redundantes según la última tecnología;

- la figura 8 representa esquemáticamente una carga útil en el camino de retorno según un primer modo de

realización de la invención;

- la figura 9 representa esquemáticamente una carga útil en el camino de retorno según un segundo modo de realización de la invención;

- las figuras 10 a 12 representan un ejemplo de carga útil según el segundo modo de realización de la invención en tres configuraciones diferentes;

- las figuras 13a a 13d representan un conmutador de tipo R en sus cuatro posiciones posibles.

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

La invención concierne una red de telecomunicación para el establecimiento de enlaces de radiofrecuencia entre unas estaciones terrestres principales y unos terminales terrestres a través de un satélite de telecomunicación multihaz. Un ejemplo de tal red se representa en la figura 1. La red según la invención contiene una pluralidad $N_{GWactive}$ de estaciones terrestres principales activas (es decir que participan en el tráfico de datos dentro de la red) conectadas entre ellas por una red terrestre tal como una red Internet.

Nos ponemos en que sigue en la hipótesis de una red bidireccional de manera que el satélite transmite:

- las señales emitidas por las $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales activas hacia las celdas, este primer enlace que forma el camino de ida,

- las señales emitidas de dichas celdas hacia las $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales activas, este segundo enlace que forma el camino de retorno.

Por otra parte, la red contiene N_{GW} estaciones terrestres principales, N_{GW} que es un número entero estrictamente superior al número $N_{GWactive}$ de estaciones terrestres activas (por ejemplo, $N_{GW} = N_{GWactive} +1$). Las N_{GW} estaciones terrestres principales incluyen las $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales activas y están conectadas entre ellas a través de la red terrestre mencionada más arriba. Entre estas N_{GW} estaciones terrestres principales, $N_{GW} - N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales están no activas (es decir no participan en el tráfico de datos dentro de la red).

Como vamos a ver más en detalle más tarde en referencia a las figuras 8 a 14, gracias a la invención, se utiliza al menos una estación terrestre adicional no activa en más del número total de estaciones terrestres activas $N_{GWactive}$ necesarias para la cobertura de la zona de servicio. Las estaciones N_{GW} terrestres principales están localizadas en unos lugares diferentes. La presencia de al menos una estación terrestre adicional permite conmutar de una estación terrestre que falla o momentáneamente indisponible hacia esta estación terrestre. Una configuración tal implica bien entendido que el conjunto de las estaciones terrestres están conectadas a la misma red de telecomunicación para ser intercambiables; esta configuración es particularmente interesante no solamente en caso de avería de una estación terrestre principal sino también y sobre todo operativamente en caso de indisponibilidad momentánea de una estación terrestre principal, por ejemplo en caso de mal tiempo (la lluvia entraña una alteración de las señales de radiofrecuencia) o en caso de mantenimiento planificado.

La figura 8 representa esquemáticamente la parte de una carga útil 300 en el camino de retorno que permite la puesta en marcha de una red según la invención. Esta parte de carga útil 300 está situada entre el multiplexor y el filtro de emisión. De manera conocida y no representada, la carga útil 300 recibe N_C señales recibidas de una pluralidad de N_C celdas que contienen los terminales de usuario; estas N_C señales son cada una amplificadas por un amplificador de bajo nivel de ruido LNA. Cada señal a continuación se traduce en frecuencia por un circuito convertidor de frecuencia generalmente formado por un oscilador local y filtrado por un filtro de recepción (del tipo filtro paso banda) de manera que forma N_C canales de acuerdo con el plan de frecuencias del enlace descendente en el camino de retorno. Los canales destinados a una misma estación terrestre principal (para una misma polarización) a continuación se reagrupan para formar una señal multiplexada a través de un multiplexor (de N_C entradas y $2N_{GWactive}$ salidas): la estructura de esta señal multiplexada es idéntica a aquélla de una señal emitida por una estación terrestre principal hacia el satélite en el enlace ascendente en el camino de ida. Se tienen así pues $2N_{GWactive}$ señales en la salida del multiplexor: las $2N_{GWactive}$ señales incluyen $N_{GWactive}$ señales destinadas a una primera polarización y $N_{GWactive}$ señales destinadas a una segunda polarización inversa de la primera polarización (se puede tratar de una polarización en sentido circular derecho o izquierdo o de una polarización lineal en sentido horizontal o vertical). Cada una de las $2N_{GWactive}$ señales es amplificada a través de un amplificador de potencia 316 HPA generalmente formado por un amplificador de canal 317 CAMP y un amplificador de tubo de ondas progresivas 318 TWTA que forman $2N_{GWactive}$ señales de enlace descendente en el camino de retorno. La carga útil 300 incluye N_{TWTA} amplificadores de potencia 316 HPA (llamados indiferentemente más tarde N_{TWTA} líneas de amplificación) formados por N_{TWTA} amplificadores de canal 317 CAMP y N_{TWTA} amplificadores de tubo de ondas progresivas 318 TWTA, N_{TWTA} siendo estrictamente superior a $2N_{GWactive}$. La carga útil 300 contiene así pues $2N_{GWactive}$ amplificadores nominales destinados a amplificar las $2N_{GWactive}$ señales y $N_{TWTA} -2N_{GWactive}$ amplificadores redundantes.

La carga útil 300 comprende igualmente unos primeros medios 301 (de $2N_{GWactive}$ entradas y N_{TWTA} salidas) para conectar selectivamente $2N_{GWactive}$ salidas seleccionadas entre N_{TWTA} salidas a $2N_{GWactive}$ entradas. Las $2N_{GWactive}$ entradas reciben las $2N_{GWactive}$ señales multiplexadas. Los primeros medios 301 están formados por ejemplo por

unos conmutadores tales como unos conmutadores de tipo R. Las N_{TWTA} salidas de los primeros medios 301están conectadas a las N_{TWTA} entradas de las N_{TWTA} líneas de amplificación 316. En caso de avería de uno de los $2N_{GWactive}$ amplificadores de potencia 316 (avería de un tubo por ejemplo) que recibe las $2N_{GWactive}$ señales multiplexadas, es entonces posible utilizar otro amplificador en el que reencaminar la señal en otro amplificador entre los N_{TWTA}-$2N_{GWactive}$ amplificadores redundantes.

La carga útil 300 contiene por otra parte unos segundos medios 302 (de N_{TWTA} entradas y $2N_{GWactive}$ salidas) para conectar selectivamente $2N_{GWactive}$ entradas seleccionadas entre N_{TWTA} entradas a $2N_{GWactive}$ salidas, las N_{TWTA} entradas que están conectadas a las N_{TWTA} salidas de las N_{TWTA} líneas de amplificación 316. Los segundos medios 302 son igualmente por ejemplo realizados bajo la forma de conmutadores de tipo R. Los segundos medios 302 reciben en las entradas las salidas de los N_{TWTA} amplificadores de potencia 316 para producir en la salida $2N_{GWactive}$ señales amplificadas de enlace descendente en el camino de retorno. Estas $2N_{GWactive}$ se destinan a $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales activas.

En caso de avería de uno de los $2N_{GWactive}$ amplificadores de potencia 316, hemos visto que otro amplificador fue utilizado en el reencaminamiento de la señal en este otro amplificador a través de los primeros medios 301. Los segundos medios 302 permiten conectar esta línea de amplificación a la salida de dichos segundos medios 302 que corresponden a la estación terrestre principal inicialmente servida por la línea de amplificación que falla.

La carga útil 300 contiene en otro de los terceros medios 303 (de $2N_{GWactive}$ entradas y $2N_{GW}$ salidas) para conectar selectivamente $2N_{GWactive}$ entradas a $2N_{GWactive}$ salidas seleccionadas entre $2N_{GW}$ salidas. Las $2N_{GWactive}$ entradas de los terceros medios 303 están conectadas a las $2N_{GWactive}$ salidas de los segundos medios 302 de conexión selectiva. Así, en caso de indisponibilidad de una estación terrestre inicialmente activa, es posible reencaminar la señal inicialmente destinada a esta estación terrestre hacia una de las N_{GW} - $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales no activas que se vuelven activas. Se señala de paso que en el ejemplo presentado aquí, dos señales serán reencaminadas hacia dos salidas de los terceros medios 303 (puesto que la red utiliza dos polarizaciones, cada estación terrestre recibe dos señales que corresponden a las dos polarizaciones).

Se señala que la carga útil 300 contiene desde luego igualmente N_{GW} filtros de salida y $2N_{GW}$ conos a fin de poder emitir potencialmente hacia cada una de las N_{GW} estaciones terrestres disponibles.

La carga útil 300 presenta sin embargo un inconveniente en la medida en la que opera la conmutación por los terceros medios 303 se hace en una señal de una potencia elevada, una conmutación en potencia que no es deseable. A título puramente ilustrativo, una señal en la entrada de la línea de amplificación tiene una potencia del orden del milivatio mientras que la señal amplificada tiene una potencia del orden de una centena de vatios. Una manera de franquear este inconveniente consiste por ejemplo en utilizar la función silenciosa (“mute function” en inglés) del amplificador de canal CAN 317 de la línea de amplificación 316 en el que la operación de conmutación va a tener lugar: la ganancia del amplificador CAN 317 es entonces suficientemente reducida de manera que el amplificador de tubo 318 que a continuación no tiene prácticamente ninguna señal a amplificar, la operación de conmutación se hace entonces a potencia reducida.

La figura 9 ilustra una solución más elegante que permite franquear el problema de conmutación en potencia mencionada más arriba.

La figura 9 representa esquemáticamente la parte de una carga útil 400 en el camino de retorno que permite la puesta en marcha de una red según la invención. Como en el caso de la figura 3, esta parte de la carga útil 400 se sitúa entre el multiplexor y el filtro de salida. De manera conocida y no representada, la carga útil 400 recibe N_C señales recibidas de una pluralidad de N_C celdas que contienen los terminales de usuario; estas N_C señales son cada una amplificadas por un amplificador de bajo nivel de ruido LNA. Cada señal se traduce a continuación en frecuencia por un circuito convertidor de frecuencia generalmente formado por un oscilador local y filtrado por un filtro de recepción (del tipo filtro paso banda) de manera que forma N_C canales de acuerdo con el plan de frecuencia del enlace descendente en el camino de retorno. Los canales destinados a una misma estación terrestre principal (para una misma polarización) se reagrupan a continuación para formar una señal multiplexada a través de un multiplexor (de N_C entradas y $2N_{GWactive}$ salidas): la estructura de esta señal multiplexada es idéntica a aquélla de una señal emitida por una estación terrestre principal hacia el satélite en el enlace ascendente en el camino de ida. Se tienen así pues $2N_{GWactive}$ señales en la salida del multiplexor: las $2N_{GWactive}$ señales que incluyen $N_{GWactive}$ señales destinadas a una primera polarización y $N_{GWactive}$ señales destinadas a una segunda polarización inversa de la primera polarización (se puede tratar de una polarización en sentido circular derecho o izquierdo o de una polarización lineal en sentido horizontal y vertical). Cada una de las $2N_{GWactive}$ señales es amplificada a través de un amplificador de potencia 417 HPA generalmente formado por un amplificador de canal 417 CAMP y un amplificador de tubo de ondas progresivas 418 TWTA que forman $2N_{GWactive}$ señales de enlace descendente en el camino de retorno. La carga útil 400 incluye N_{TWTA} amplificadores de potencia 416 HPA formados por N_{TWTA} amplificadores de canal 417 CAMP y N_{TWTA} amplificadores de tubo de ondas progresivas TWTA, N_{TWTA} que es estrictamente superior a $2N_{GWactive}$. La carga útil 400 contiene así pues $2N_{GWactive}$ amplificadores nominales destinados a amplificar las $2N_{GWactive}$ señales y N_{TWTA} - $2N_{GWactive}$ amplificadores redundantes.

La carga útil 400 contiene igualmente unos primeros medios 401 (de $2N_{GWactive}$ entradas y N_{TWTA} salidas) para

conectar selectivamente $2N_{GWactive}$ salidas seleccionadas entre N_{TWTA} salidas a $2N_{GWactive}$ entradas. Las $2N_{GWactive}$ entradas que reciben las $2N_{GWactive}$ señales multiplexadas. Los primeros medios 401 están por ejemplo formados por unos conmutadores tales como unos conmutadores de tipo R. Las N_{TWTA} salidas de los primeros medios 401 están conectadas a las N_{TWTA} entradas de las N_{TWTA} líneas de amplificación 416. En caso de avería de uno de los $2N_{GWactive}$ amplificadores de potencia 416 (avería de un tubo por ejemplo) que reciben las $2N_{GWactive}$ señales multiplexadas, es entonces posible utilizar otro amplificador para reencaminar la señal en otro amplificador entre los N_{TWTA} - $2N_{GWactive}$ amplificadores redundantes.

La carga útil 400 contiene en otra unos segundo medios 402 (de N_{TWTA} entradas y $2N_{GW}$ salidas) para conectar selectivamente $2N_{GW}$ entradas seleccionadas entre $2N_{TWTA}$ entradas a $2N_{GW}$ salidas. Las N_{TWTA} entradas de los segundos medios 402 están conectadas a las N_{TWTA} salidas de las N_{TWTA} líneas de amplificación 416. Los segundos medios 402 se realizan por ejemplo bajo la forma de conmutadores de tipo R.

En el caso de avería de uno de los $2N_{GWactive}$ amplificadores de potencia 416 (avería de un tubo por ejemplo) que recibe las $2N_{GWactive}$ señales multiplexadas, es posible utilizar otro amplificador en el reencaminamiento de la señal a través de los primeros medios 401 en otra línea de amplificación entre los N_{TWTA} - $2N_{GWactive}$ amplificadores redundantes. Los segundos medios 402 que permiten conectar esta línea de amplificación a la salida de los segundos medios 402 que corresponden a la estación terrestre principal inicialmente servida por la línea de amplificación que falla.

En caso de indisponibilidad de una de las $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales activas, el procedimiento de reconfiguración de la red es el siguiente;

- se comienza por activar una estación terrestre seleccionada entre las N_{GW} - $N_{GWactive}$ estaciones terrestres no activadas inicialmente. La estación terrestre seleccionada es apta para recibir una señal procedente de una salida de los segundos medios 402, esta salida que está conectada a través de los segundos medios 402 a una salida de una de las N_{TWTA} líneas de amplificación que llamaremos línea de reconfiguración. La red contiene así pues un grupo de $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales activas en las cuales una nuevamente se activa seleccionada entre las N_{GW}-$N_{GWactive}$ estaciones terrestres no activadas;

- se ordena a los primeros medios 401 conectar la entrada de la línea de reconfiguración a una entrada apta para recibir las señales multiplexadas en una de las estaciones terrestres principales entre el grupo de $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales en las cuales una nuevamente se activa.

Se señala que dos soluciones son posibles: o bien se alimenta en potencia la línea de reconfiguración después de la activación de la estación terrestre seleccionada o bien se deja la o las línea(s) de reconfiguración potencial(es) siempre alimentadas (en espera) para asegurar que la o las línea(s) está(están) lista(s) para ser utilizada(s). En el primer caso, se introduce un retardo de recalentamiento vinculado a la conexión de alimentación de la línea de reconfiguración. En el segundo caso, se franquea este retardo (en cambio, se obliga a mantener una cierta alimentación de potencia, que induce un consumo más importante).

Es así de todo hecho posible prever la puesta en espera de la línea de reconfiguración cuando una operación de mantenimiento de una estación terrestre principal está planificada: se evita así el retardo inducido por recalentamiento de la línea de amplificación.

Se señala que la reconfiguración depende del tipo de medios de conexión selectiva utilizado: se puede por ejemplo conectar directamente la entrada de la línea de reconfiguración a la entrada apta para recibir las señales multiplexadas inicialmente destinadas a la estación terrestre principal indisponible. Se puede igualmente conectar la entrada de la línea de reconfiguración a una entrada distinta de la entrada apta para recibir las señales multiplexadas inicialmente destinadas a la estación terrestre principal indisponible: en este caso, habrá que operar otra conmutación (compárese con el ejemplo de las figuras 10 a 13).

Esta reconfiguración es muy rápida ya que, igual que en el caso en el que la línea de reconfiguración no está en espera, la puesta en alimentación de la línea de reconfiguración y la conmutación de los primeros medios 401 lleva solamente algunos minutos (típicamente 4 minutos).

Gracias a la carga útil 400 según la invención, es así pues posible reencaminar las señales inicialmente destinadas a una estación terrestre indisponible hacia una estación terrestre de sustitución sin realizar la conmutación de potencia (la conmutación de los segundos medios 402 se hace antes de las líneas de amplificación 416, así pues a baja potencia).

El tráfico así pues se redirige sin reducir la ganancia de los amplificadores CAMP 417 (o hasta apagar completamente las líneas de amplificación 416).

Según este modo de realización, no se hace distinción entre los amplificadores nominales y los amplificadores redundantes, un amplificador redundante que puede convertirse en un amplificador nominal para satisfacer una estación terrestre de sustitución.

La condición de funcionamiento de una red que utiliza una carga útil tal como la carga útil 400 es que el número $2N_{GW}$ sea igual o menor que el número total N_{TWTA} de amplificadores. Conviene señalar aquí que la red según la invención permite utilizar un número N_{GW} de estaciones terrestres principales que no es el doble en relación al número de estaciones terrestres activas.

Las problemáticas relacionadas por una parte con la reconfiguración relacionada con la pérdida de un amplificador por otra parte con la reconfiguración relacionada con la indisponibilidad de una estación terrestre son dos problemáticas no correlacionadas.

Se señala que, en el modo de realización presentado aquí, en caso de indisponibilidad de una estación terrestre principal, se tienen dos líneas de reconfiguración que reciben cada una las señales multiplexadas que siguen a una polarización inicialmente destinada a la estación terrestre principal indisponible (la red utiliza en efecto dos polarizaciones, cada estación terrestre que recibe dos señales correspondientes a las dos polarizaciones).

Como para la carga útil 300 de la figura 8, se señala por otra parte que la carga útil 400 contiene desde luego igualmente N_{GW} filtros de salida y $2N_{GW}$ conos a fin de poder emitir potencialmente hacia cada una de las N_{GW} estaciones terrestres disponibles.

Las figuras 10 a 12 ilustran un ejemplo simplificado de carga útil 500 según el segundo modo de realización de la invención (caso de la carga útil 400 tal como se presenta en la figura 9) en tres configuraciones diferentes. En aras de la simplificación, no introduciremos (contrariamente a la carga útil 400) la exigencia relacionada con dos sistemas de amplificación (un sistema por polarización) en el caso de las figuras 10 a 13, el principio es el mismo según funcione con uno o dos sistema(s) de amplificación.

Antes de describir las figuras 10 a 12, recordamos en referencia a las figuras 13A a 13D el funcionamiento de un conmutador de guía ondas 503 de tipo R. Las figuras 13A a 13D representan las cuatro configuraciones posibles de un conmutador de tipo R. Los conmutadores de tipo R son adaptados para girar por pasos de 45º y para conectar sin importar qué puerto dado a cualquiera de los otros tres puertos, solo el caso de la conexión entre unos puertos opuestos que implican un asilamiento de cada uno de los otros puertos; estos conmutadores tienen cuatro configuraciones distintas de conexión. Este conmutador de cuatro puertos P1, P2, P3 y P4 (numeración en el sentido de las agujas de un reloj) y un medio de conmutación adaptado para:

- conectar dos puertos opuestos aislando los otros (figuras 13A y 13B);
- conectar dos puertos colindantes así como los otros puertos (figuras 13C y 13D)

La carga útil 500 contiene unos primeros medios 501 que contienen N_1 (N_1=4 en nuestro ejemplo) entradas E (E_1 a E_{N1} con N_1=4) y N_2 (N_2=6 en nuestro ejemplo) salidas S (S_1 a S_{N2} con N_2=6). Las N_1 entradas son aptas para recibir N_1 señales multiplexadas; en comparación con el ejemplo de la figura 9, N_1 es igual a $2N_{GWactive}$. Sin embargo, si se utiliza una carga útil con dos sistemas de amplificación (un sistema por polarización), N_1 es igual a $N_{GWactive}$ para cada sistema de amplificación. La invención se aplica así pues a la vez para una carga útil de $2N_{GWactive}$ entradas que para una carga útil organizada en dos sistemas de amplificación que tiene cada uno $N_{GWactive}$ entradas. Los primeros medios 501 contienen una serie de N_1 conmutadores 503 de tipo R (503_1 a 503_{N1} con N_1=4): en referencia a las figuras 13A a 13C, las N_1 entradas de los primeros medios 501 corresponden a los puertos P1 de los conmutadores 503. Por otra parte, cada puerto P4 de un conmutador está conectado al puerto P2 del conmutador siguiente. Las N_2 salidas corresponden a los puertos P3 de los conmutadores 503 así como al puerto P2 del conmutador 503_1 situado en un primer extremo de la serie de conmutadores 503 y al puerto P4 del conmutador 503_4 situado en un segundo extremo de la serie de conmutadores 503. N_2 es un entero estrictamente superior a N_1; en comparación con el ejemplo de la figura 9, N_2 es igual a N_{TWTA}. Si se utiliza una carga útil con dos sistemas de amplificación (un sistema por polarización), N_2 es igual a N_{TWTA} /2 para cada sistema de amplificación.

La carga útil 500 incluye N_2 amplificadores de potencia 516 o líneas de amplificación (516_1 a 516_{N2} con N_2=6) formadas por N_2 amplificadores de canal CAMP 517 (517_1 a 517_{N2} con N_2=6) y N_2 amplificadores de tubo de ondas progresivas TWTA 518 (518_1 a 518_{N2} con N_2=6). Las N_2 salidas están conectadas a las N_2 entradas de las N_2 líneas de amplificación 516. Se tiene así pues N_2 - N_1 amplificadores 516 de reserva (los amplificadores 516_1 y 516_6 en nuestro ejemplo). En la configuración de la figura 10, los primeros medios 501 son tales que las entradas E_1 a E_4 están conectadas a las salidas S_2 a S_5.

La carga útil 500 contiene por otra parte unos segundos medios 502 que contienen N_2 entradas E' (E'_1 a E'_{N2} con N_2=6) y N_3 (N_3=6 en nuestro ejemplo) salidas S' (S'_1 a S'_{N2} con N_2=6). Las N_2 entradas son aptas para recibir N_2 señales multiplexadas amplificadas. El número N_3 es igual o menor al número total N_2 de amplificadores (en nuestro ejemplo $N_3 = N_2$).

Las N_2 entradas E'_1 a E'_{N2} de los segundos medios 502 está conectadas a las N_2 salidas de las N_2 líneas de amplificación 516_1 y 516_{N2}.

Las N_3 salidas S'_1 a S'_{N3} de los segundos medios 502 está conectadas a las N_2 entradas de las N_2 líneas de amplificación E'_1 y E'_{N2}.

Los segundos medios 502 contienen una serie de N_3 conmutadores 503' de tipo R (503'$_1$ a 503'$_{N3}$ con N_3=6): en referencia a las figuras 13A a 13C, las N_1 entradas de los segundos medios 502 corresponden a los puertos P1 de los conmutadores 503'. Por otra parte, cada puerto P4 de un conmutador está conectado al puerto P2 del conmutador siguiente. Las N_3 salidas correspondientes a los puertos P3 de los conmutadores 503'. Las N_3 salidas corresponden a los puertos de salida que permiten el envío de señales hacia las estaciones terrestres principales. En comparación con el ejemplo de la figura 9, N_3 es igual a $2N_{GW}$. Sin embargo, si se utiliza una carga útil con dos sistemas de amplificación (un sistema por polarización), N_3 es igual a N_{GW}. En la figura 10, los conmutadores de tipo R son tales que su puerto P1 está conectado eléctricamente con su puerto P3.

En el ejemplo, las estaciones terrestres principales no activas son las estaciones terrestres conectadas a las salidas S'$_1$ y S'$_6$.

El caso de una indisponibilidad (mantenimiento, intemperie, …) de una de las $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales activas (en nuestro ejemplo la estación terrestre principal conectada a la salida S'$_3$) se ilustra por el paso de la figura 10 a la figura 11.

Se empieza por activar una estación terrestre seleccionada entre las $N_{GW} - N_{GWactive}$ estaciones terrestres no activadas inicialmente: en nuestro ejemplo, se trata de la estación terrestre conectada a la salida S'$_1$. Esta salida S'$_1$ está conectada a través de la entrada E'$_1$ de los segundos medios 502 a la salida de la línea de amplificación 516$_1$ que llamaremos línea de reconfiguración. Se alimenta en potencia esta línea de reconfiguración 516$_1$ (como hemos mencionado antes, esta etapa no es necesaria si la línea de reconfiguración está ya en espera). Se ordenan entonces a los primeros medios 501 conectar la entrada de la línea de reconfiguración a la entrada E_1 (se hace girar el primer conmutador R de manera que su puerto P1 sea conectado a su puerto P2 y que su puerto P3 sea conectado a su puerto P4) apto para recibir las señales multiplexadas inicialmente destinadas a la estación terrestre principal que recibe las señales de la salida S'$_2$. Se ordena igualmente a los primeros medios 501 conectar la entrada de la línea de amplificación 516$_2$ a la entrada E_2 (se hace girar el segundo conmutador R de manera que su puerto P1 sea conectado a su puerto P2 y que su puerto P3 sea conectado a su puerto P4) apto para recibir las señales multiplexadas inicialmente destinadas a la estación terrestre principal que se vuelve indisponible. Se ve aquí que la reconfiguración de la red necesita dos conmutaciones al nivel de los primeros medios 501 (unos medios de conmutación más sofisticados permiten sin embargo conectar directamente la entrada de la línea de reconfiguración a la entrada E_2 apta para recibir las señales multiplexadas inicialmente destinadas a la estación terrestre principal que se vuelve indisponible de manera que se franquea este efecto "dominó") Se constata igualmente que esta reconfiguración no tiene necesidad de alguna acción sobre los segundos medios 502 y que las conmutaciones son efectuadas en unas señales de baja potencia. Se señala por otra parte que los $N_2 - N_1$ amplificadores 516 de reserva han cambiado: se trataba de los amplificadores 516$_1$ y 516$_6$ en el caso de la figura 10; se trata de los amplificadores 516$_3$ y 516$_6$ en nuestro ejemplo.

El caso de una avería de uno de los N_2 amplificadores de potencia 516 (avería de un tubo por ejemplo) se ilustra por el paso de la figura 10 a la figura 12. En el caso de la figura 12, el tubo 518$_1$ está fallando y el tubo 518$_2$ se convierte en el tubo de reserva. En este caso, se hace girar el conjunto de los conmutadores R de los primeros medios 501 de manera que su puerto P1 sea conectado a su puerto P4 y que su puerto P2 sea conectado a su puerto P3. Igualmente, se hace girar el conjunto de conmutadores R de los segundos medios 502 de manera que su puerto P1 sea conectado a su puerto P2 y que su puerto P3 sea conectado a su puerto P4. En este caso, la línea de amplificación 518$_2$ se convierte en la línea de amplificación de reserva. Las salidas S'$_2$ a S'$_5$ de los segundos medios 502 que emiten las señales hacia las estaciones terrestres principales quedan sin cambios. Se constata así pues que la avería de un tubo (o de una línea de amplificación) no entraña reconfiguración de las estaciones terrestres principales activas.

La invención ha sido descrita más concretamente en el caso de una carga útil de camino de retorno. Sin embargo, puede ser igualmente deseable aplicar el mismo principio a una carga útil de camino de ida al nivel de los amplificadores de bajo nivel de ruido (tales como los amplificadores LNA 112 representados en la figura 6). En este caso, la carga útil de camino de ida contiene:

- una pluralidad de amplificadores de bajo nivel de ruido aptos para amplificar las señales multiplexadas emitidas por las estaciones terrestres principales activas;
- unos medios para reencaminar las señales multiplexadas emitidas por la estación terrestre que asegura que el tráfico de la estación terrestre se vuelve inactivo hacia el amplificador de bajo nivel de ruido destinado a amplificar las señales multiplexadas emitidas por la estación terrestre que se vuelve indisponible.

Desde luego, la invención no está limitada al modo de realización que acaba de ser descrito.

Así, la invención ha sido descrita más concretamente en el caso del amplificador formado por un CAMP seguido de un TWTA. Se señala sin embargo que la invención se aplica igualmente al caso de un amplificador SSPA o de un equipo del tipo MPA.

REIVINDICACIONES

1. La carga útil (400, 500) del camino de retorno de un satélite de telecomunicación multihaz utilizado en una red de telecomunicación para el establecimiento de enlaces de radiofrecuencia entre unas estaciones terrestres principales y unos terminales terrestres a través de un satélite de telecomunicación en varios haces, llamado satélite multihaz, dicha red que contiene:

- un satélite multihaz que incluye una carga útil para la recepción, el tratamiento y la reemisión de las señales de telecomunicación recibidas por dicho satélite,

- una zona de servicios compuesta de una pluralidad de zonas de coberturas elementales, llamadas celdas, cada celda que contiene una pluralidad de terminales terrestres,

- una pluralidad $N_{GWactive}$ de estaciones terrestres principales activas conectadas entre ellas, $N_{GWactive}$ que es un número entero, dicho satélite que transmite las señales emitidas por dichas $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales activas hacia dichas celdas,

- N_{GW} estaciones terrestres principales, N_{GW} que es un número entero estrictamente superior al número $N_{GWactive}$ de estaciones terrestres principales activas, dichas N_{GW} estaciones terrestres principales que están conectadas entre ellas e incluyen dichas $N_{GWactive}$ estaciones principales activas de manera que N_{GW} - $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales están no activas.

dicha carga útil que contiene unos medios (401, 402, 501, 502) para reencaminar una señal a partir de una pluralidad de señales emitidas por dichas celdas, dicha señal que está inicialmente destinada a una de dichas $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales activas se vuelve indisponible, hacia una de dichas $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales en las cuales una nuevamente se activa seleccionada entre las N_{GW}- $N_{GWactive}$ estaciones terrestres inicialmente no activadas., dicha carga útil que se **caracteriza porque** contiene unos medios (416, 516) para amplificar dicha señal reencaminada, la operación de reencaminamiento se hace antes de la operación de amplificación.

2. La carga útil (400) según la reivindicación precedente caracterizada porque contiene unos medios (416) de amplificación que incluyen N_{TWTA} líneas de amplificación aptas para amplificar N_{TWTA} señales, cada línea que tiene una entrada y una salida, N_{TWTA} que es un número entero tal que $2N_{GWactive}$ es inferior estrictamente a N_{TWTA}, $2N_{GWactive}$ líneas que forman unas líneas de amplificación nominales y $N_{TWTA} - 2N_{GWactive}$ líneas que forman unas líneas de amplificación de reserva.

3. La carga útil (400) según la reivindicación precedente caracterizada porque dichos medios (416) de amplificación están formados:

- o bien por N_{TWTA} unidades de amplificación que contienen N_{TWTA} amplificadores de tubo de ondas progresivas (417) o N_{TWTA} amplificadores de potencia de estado sólido, cada unidad de amplificación que es apta para amplificar una señal;

- o bien por un dispositivo de amplificación multipuerto MPA que contiene N_{TWTA} entradas y N_{TWTA} salidas y aptas para amplificar N_{TWTA} señales.

4. La carga útil (400) según una de las reivindicaciones 2 a 3 caracterizada porque $2N_{GW}$ es igual o menor que N_{TWTA}, dicha carga útil que contiene:

- unos primeros medios (401) para conectar selectivamente $2N_{GWactive}$ salidas seleccionadas entre N_{TWTA} salidas a $2N_{GWactive}$ entradas aptas para recibir $2N_{GWactive}$ señales, las $2N_{GWactive}$ señales que incluyen $N_{GWactive}$ señales destinadas a una primera polarización y $N_{GWactive}$ señales destinadas a una segunda polarización inversa de dicha primera polarización, dichas N_{TWTA} salidas que están conectadas a dichas N_{TWTA} entradas de dichas N_{TWTA} líneas de amplificación;

- unos segundos medios (402) para conectar selectivamente $2N_{GW}$ entradas seleccionadas entre N_{TWTA} entradas a $2N_{GW}$ salidas, dichas N_{TWTA} entradas que están conectadas a dichas N_{TWTA} salidas de dichas N_{TWTA} líneas de amplificación.

5. La carga útil (400) según una de las reivindicaciones 1 a 3 caracterizada porque contiene:

- unos medios de amplificación (516) que incluyen N_2 líneas de amplificación aptas para amplificar N_2 señales, cada línea que tiene una entrada y una salida, N_1 líneas que forman las líneas de amplificación nominales y N_2-N_1 líneas que forman unas líneas de amplificación de reserva, N_2 y N_1 que son unos números enteros tales que el número entero N_1 es inferior estrictamente a N_2, el número entero N_1 que es o bien igual a $2N_{GWactive}$ o bien igual a $N_{GWactive}$;

- unos primeros medios (501) para conectar selectivamente N_1 salidas seleccionadas entre N_2 salidas a N_1 entradas aptas para recibir N_1 señales, dichas N_2 salidas que están conectadas a dichas N_2 entradas de dichas

N_2 líneas de amplificación;

- unos segundos medios (502) para conectar selectivamente N_3 entradas seleccionadas entre N_2 entradas a N_3 salidas, el número N_3 que es o bien igual a N_{GW} o bien igual a $2N_{GW}$, N_3 que es igual o menor que N_2, dichas N_2 entradas que están conectadas a dichas N_2 salidas de dichas N_2 líneas de amplificación.

6. La carga útil (400) según una de las reivindicaciones 4 a 5 caracterizada porque dichos medios (401, 402, 501, 502) de conexión selectiva están formados por una pluralidad de conmutadores tipo R.

7. El procedimiento de reconfiguración de una red en caso de indisponibilidad de una de dichas $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales activas, dicho procedimiento que utiliza una carga útil (400, 500) según una de las reivindicaciones 4 a 6 dicho procedimiento que contiene las etapas siguientes:

- activación de una estación terrestres seleccionada entre las N_{GW}-$N_{GWactive}$ estaciones terrestres no activadas, dicha estación terrestre seleccionada que recibe al menos una señal procedente de una salida de dichos segundos medios (402, 502), dicha salida que está conectada a través de dichos segundos medios (402, 502) a una salida de una de dichas N_{TWTA} o N_2 líneas de amplificación, llamada línea de reconfiguración, dicha red que contiene así pues un grupo de $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales en las cuales una nuevamente se activa seleccionada entre las N_{GW}-$N_{GWactive}$ estaciones terrestres no activadas;

- ordenar a dichos primeros medios (401, 501) conectar la entrada de dicha línea de reconfiguración a una entrada apta para recibir las señales destinadas a una de las estaciones terrestres principales entre el grupo $N_{GWactive}$ estaciones terrestres principales en las cuales una se activa nuevamente.

8. El satélite que contiene una carga útil de camino de retorno según una de las reivindicaciones 1 a 6 y una carga útil de camino de ida que contiene:

- una pluralidad de amplificadores de bajo nivel de ruido aptos para amplificar las señales emitidas por dichas estaciones terrestres principales activas;

- unos medios para reencaminar las señales emitidas por la estación terrestre que aseguran que el tráfico de dicha estación terrestre se vuelve indisponible hacia el amplificador de bajo nivel de ruido destinado a amplificar las señales emitidas por dicha estación terrestre se vuelve indisponible.

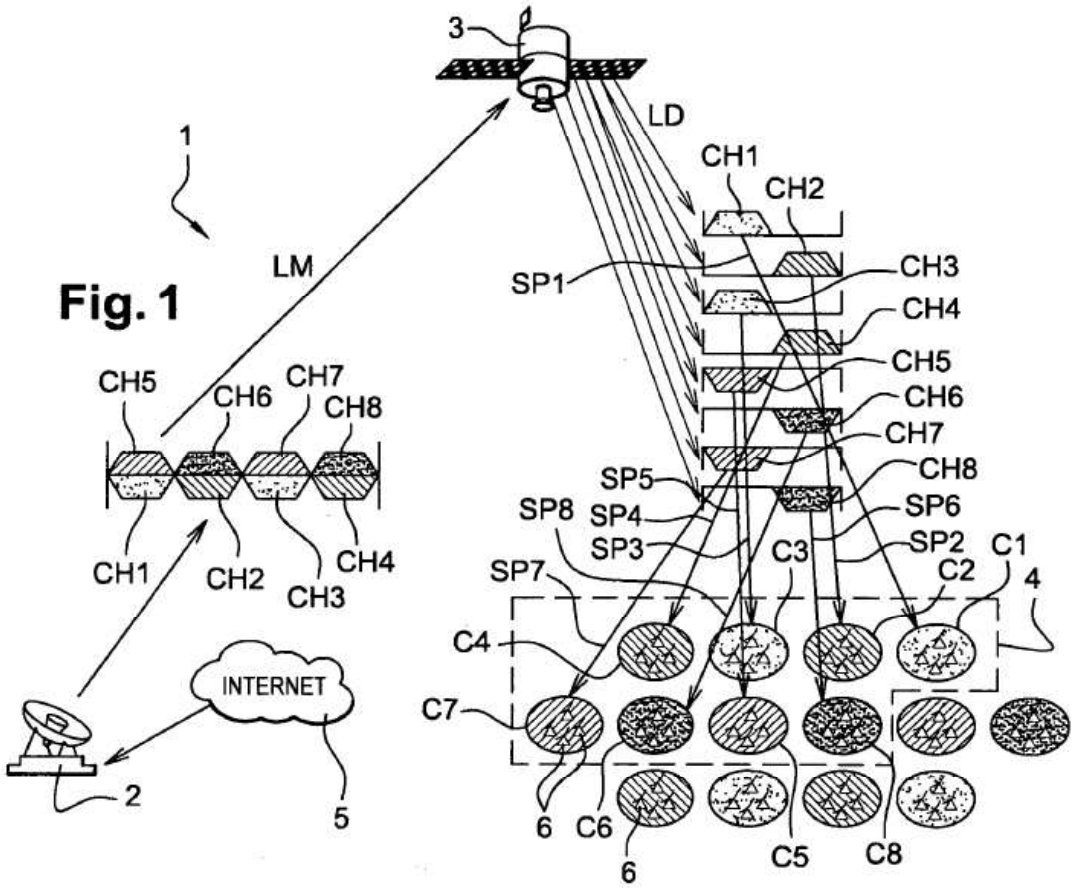
3
LD
1
CH1
CH2
LM
CH3
SP1
CH4
CH5
CH6
CH7
CH8
SP5
SP8
SP4
SP6
SP3
SP2
C1
C3
C2
SP7
4
C4
C7
INTERNET
2
5
6
C6
6
C5
C8

Fig. 1

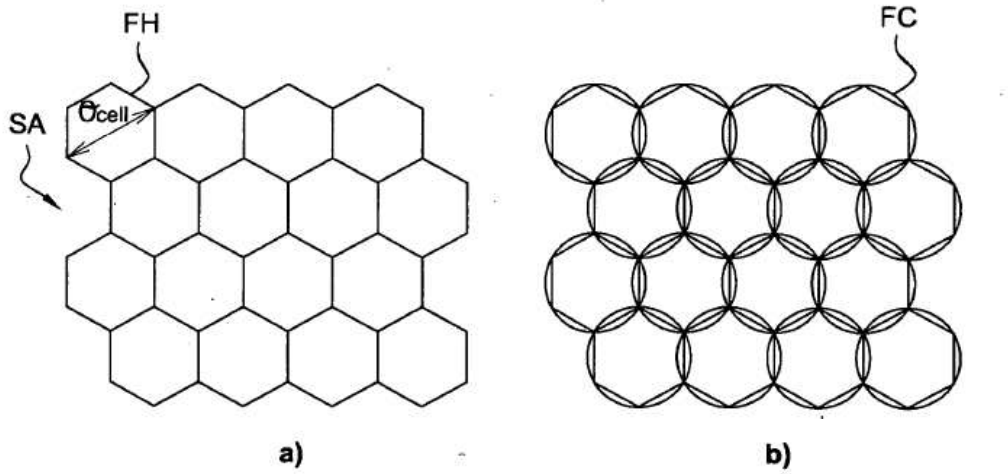
FH
FC
SA
Ocell
a)
b)

Fig. 2

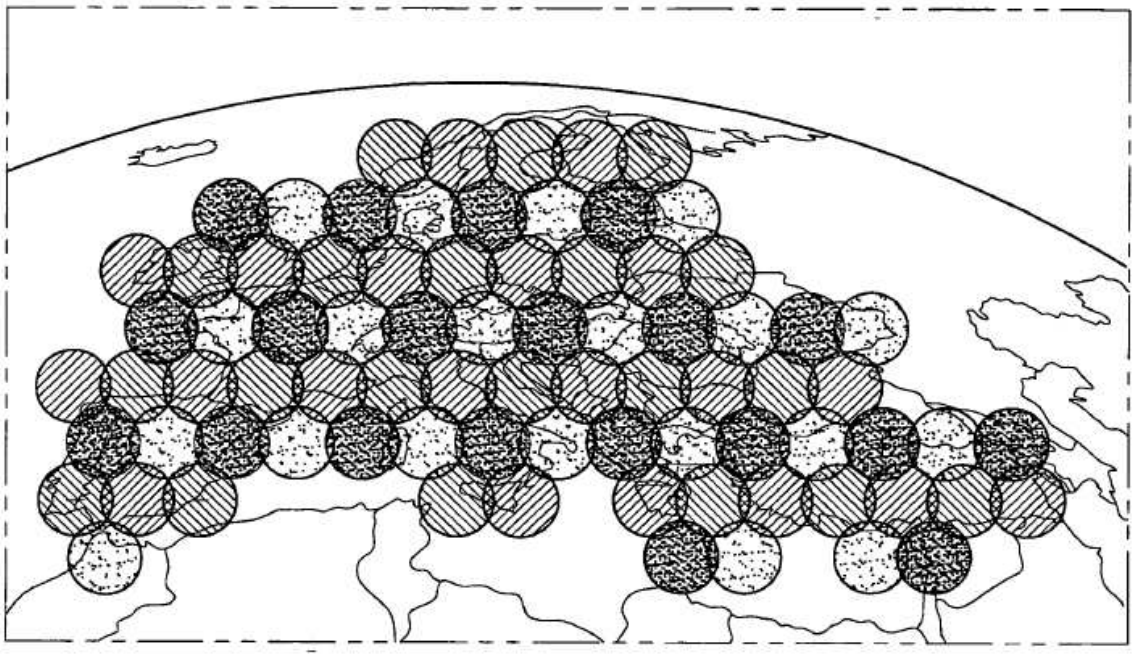

Fig. 3

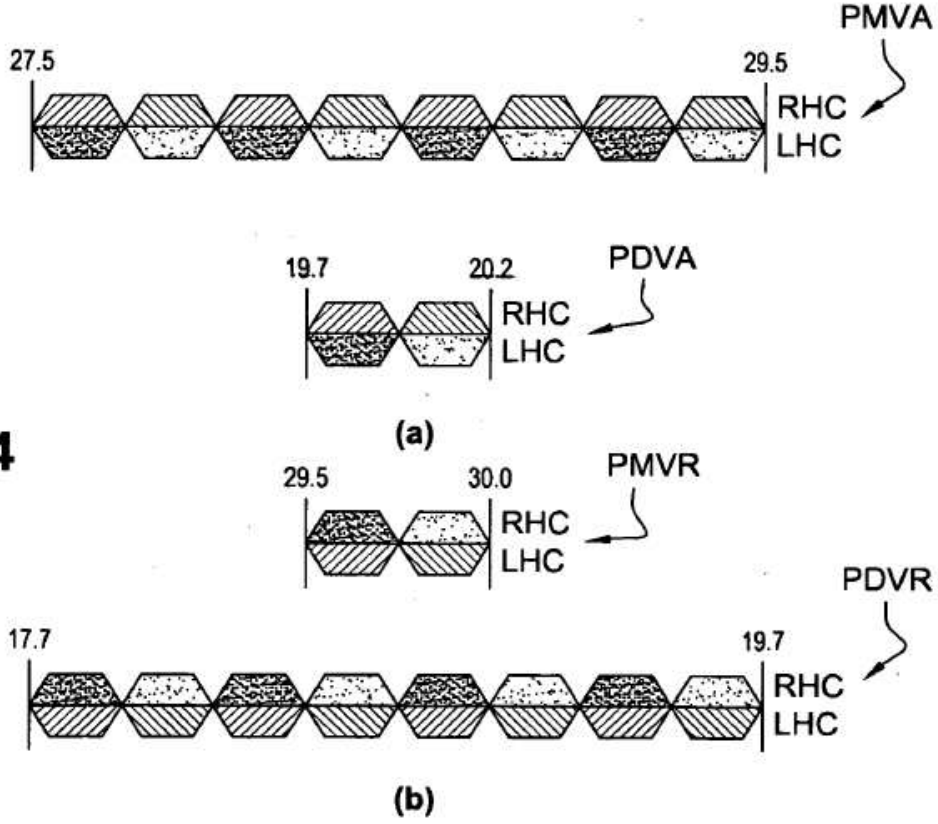
PMVA
27.5
29.5
RHC
LHC
19.7
20.2
PDVA
RHC
LHC
(a)
29.5
30.0
PMVR
RHC
LHC
PDVR
17.7
19.7
RHC
LHC
(b)

Fig. 4

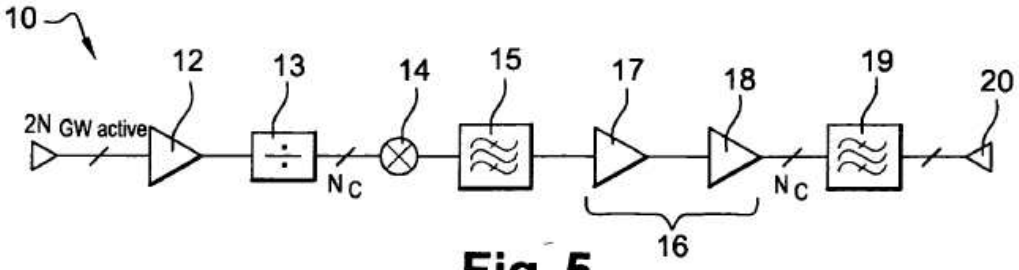

Fig. 5

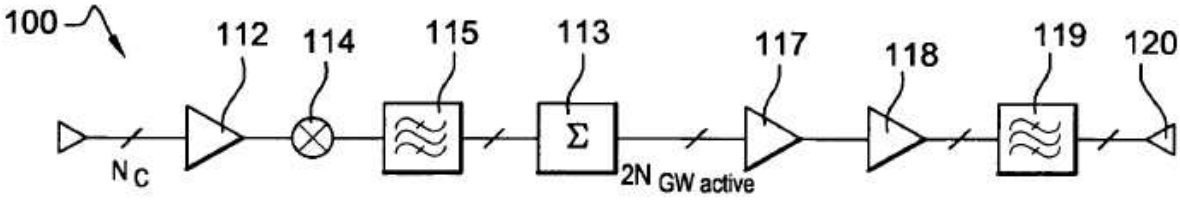

Fig. 6

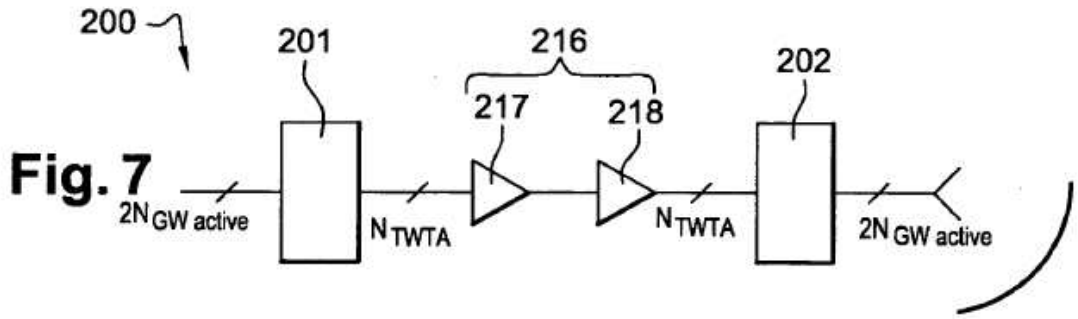

Fig. 7

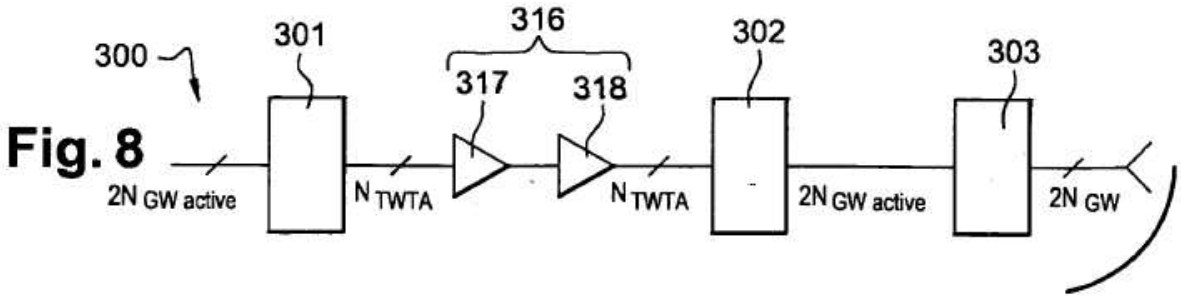

Fig. 8

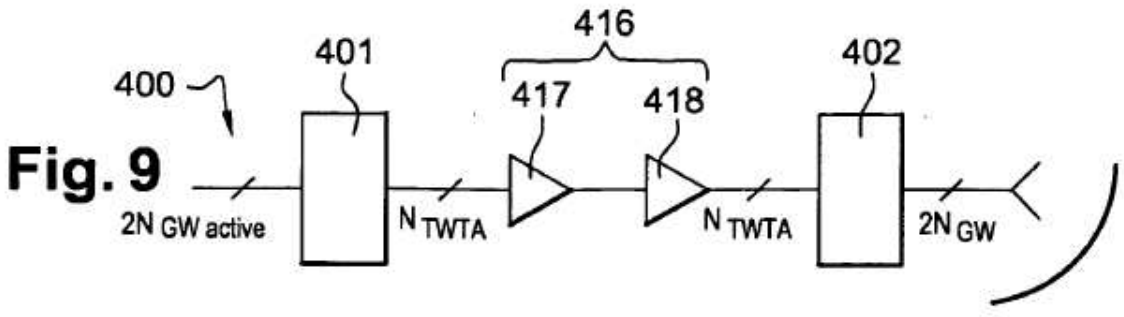

Fig. 9

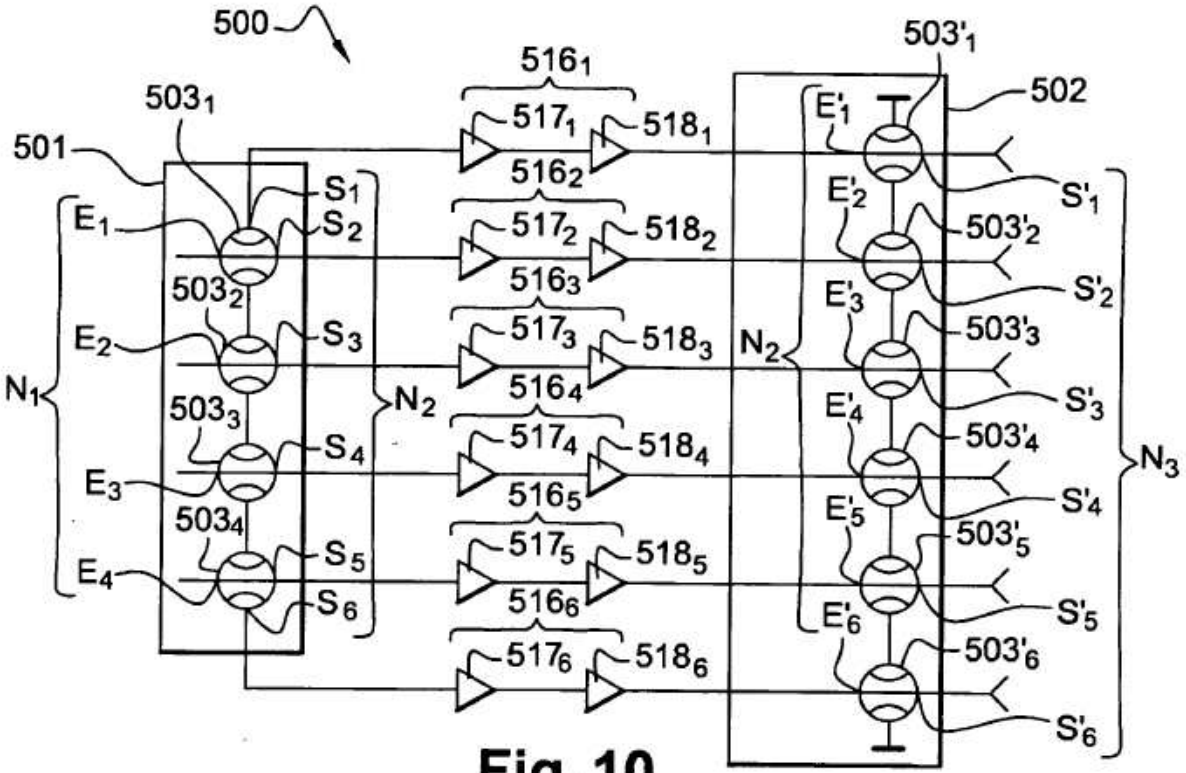
500
501
503_1
503_2
503_3
503_4
516_1
516_2
516_3
516_4
516_5
516_6
517_1
517_2
517_3
517_4
517_5
517_6
518_1
518_2
518_3
518_4
518_5
518_6
$503'_1$
$503'_2$
$503'_3$
$503'_4$
$503'_5$
$503'_6$
502
E_1
E_2
E_3
E_4
S_1
S_2
S_3
S_4
S_5
S_6
E'_1
E'_2
E'_3
E'_4
E'_5
E'_6
S'_1
S'_2
S'_3
S'_4
S'_5
S'_6
N_1
N_2
N_3

Fig. 10

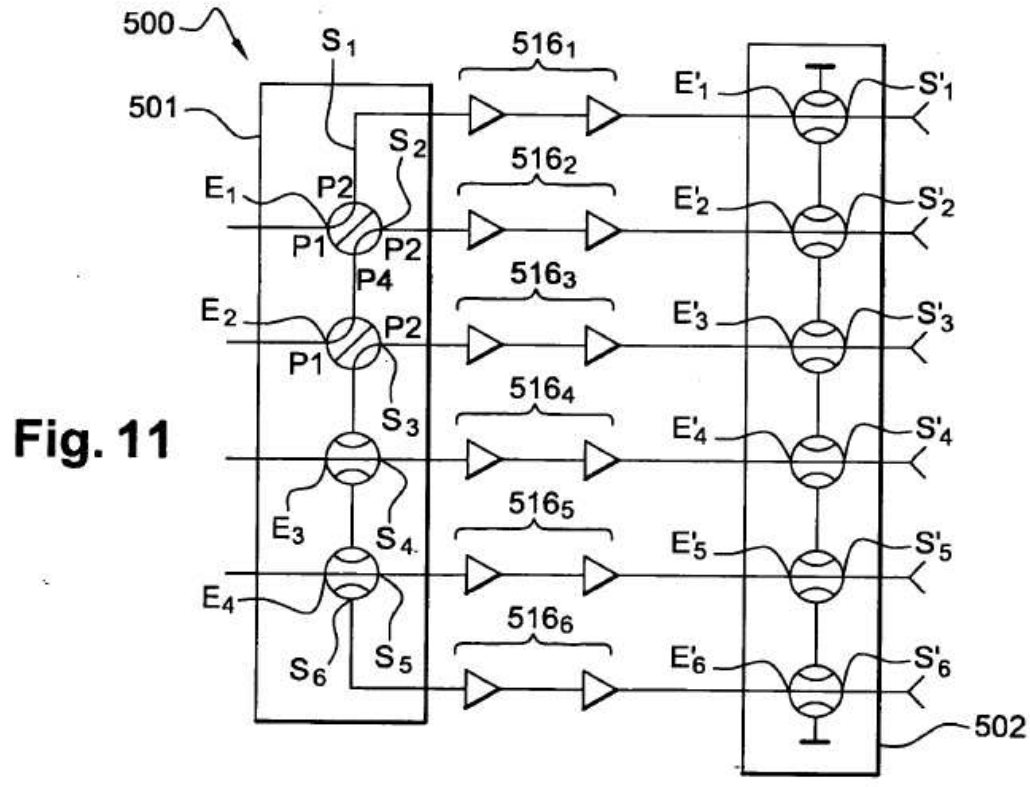
500
501
S_1
S_2
S_3
S_4
S_5
S_6
E_1
E_2
E_3
E_4
P1
P2
P4
516_1
516_2
516_3
516_4
516_5
516_6
E'_1
E'_2
E'_3
E'_4
E'_5
E'_6
S'_1
S'_2
S'_3
S'_4
S'_5
S'_6
502

Fig. 11

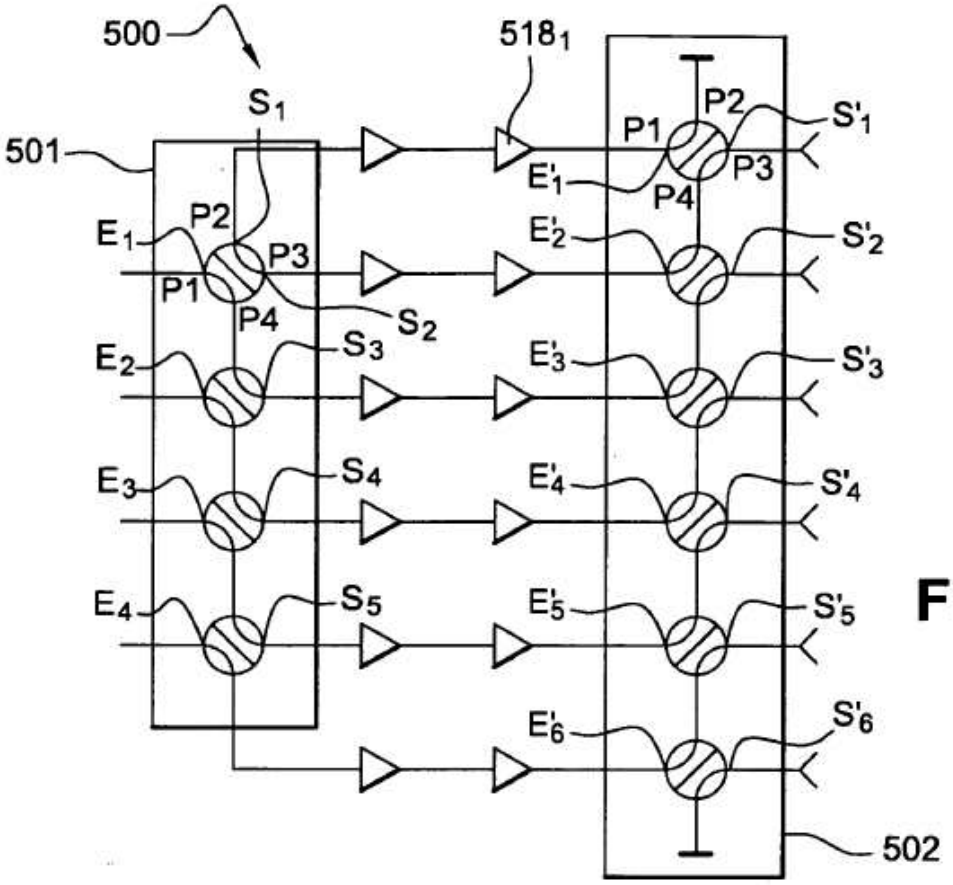

Fig. 12

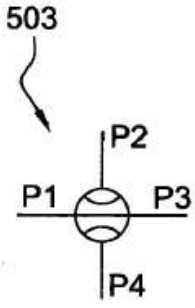

Fig. 13A

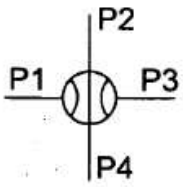

Fig. 13B

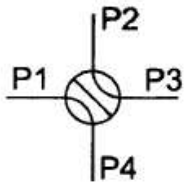

Fig. 13C

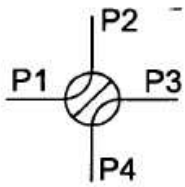

Fig. 13D