

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 485 640**

51 Int. Cl.:

H04B 7/26 (2006.01)

H04B 7/155 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2009 E 09726487 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.06.2014 EP 2260655**

54 Título: **Estación repetidora de radio doble**

30 Prioridad:

04.04.2008 FR 0801869

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

14.08.2014

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
45, rue de Villiers
92200 Neuilly-sur-Seine, FR**

72 Inventor/es:

**HETHUIN, SERGE;
TONNERRE, ARNAUD y
DUPREZ, ADRIEN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 485 640 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

Estación repetidora de radio doble

5 La invención se refiere a una estación repetidora equipada con una o varias antenas emisor-receptor y que utiliza dos módulos de radio, en base a la misma tecnología, que están conectados entre sí y sincronizados a la altura de la capa de acceso al medio más conocida bajo la denominación anglosajona MAC (Medium Access Control).

La realización de la estación repetidora en los sistemas de comunicación de alta capacidad, a título de ejemplo el sistema WiMax, es una apuesta fundamental para las aplicaciones de seguridad civil. Por ejemplo, es posible citar los sistemas de supervisión de las cercanías o incluso la supervisión de puntos sensibles. Es posible también citar unas aplicaciones de defensa, tales como la protección de campos y control de zona.

10 Las normas civiles tienden actualmente a aportar las soluciones. Por ejemplo, el comité de normalización del IEEE está en trámite de especificar este tipo de mecanismos para los sistemas WiMax móviles (802.16e) en el seno del grupo 802.16j. Las informaciones más completas se disponen en la página de Wikipedia. No obstante, el despliegue de esta tecnología necesitará un nuevo y completo desarrollo de los módulos de radio actualmente presentes en los sistemas o "conjuntos de chips" que pueden engendrar dificultades tecnológicas y también costes.

15 En la descripción, las letras RF designan la radiofrecuencia y las letras BB, la señal en Banda Base.

El objeto de la presente invención se refiere a unas arquitecturas de sistemas y materiales (más conocidos con la designación anglosajona hardware) que permitan el desarrollo rápido y a coste reducido de las estaciones repetidoras. Este nuevo enfoque se basa particularmente en la conexión de dos módulos de radio en el seno de una estación repetidora que están sincronizados a la altura de la capa MAC.

20 El documento titulado "Multihop communication in relay enhanced IEEE 802.16 networks" presenta dos maneras de integrar una comunicación multi-salto en un sistema IEEE 802.16. El primer concepto sigue un enfoque centralizado en el que la estación base tiene un control total sobre la célula repetidora. El segundo concepto sigue un enfoque semidistribuido en el que una estación repetidora controla lo que puede inscribirse en la red.

25 La solución propuesta tiene en cuenta la posibilidad de desplegar unas antenas directivas que puedan funcionar en dos niveles jerárquicos (superior e inferior), para una red de comunicación desplegada en forma de árbol. Este enfoque se basa en la realización de antenas inteligentes de bajo coste y rápida conmutación o FESA (Fast Electronically Steerable Antenna). La topología en árbol se compone de una estación base del nivel jerárquico más elevado, de estaciones repetidoras RS y de estaciones de abonado SS.

30 En lo que sigue de la descripción, la letra "n" se utiliza para designar un nivel de jerarquía dado en la estructura en árbol de la red, "n-1" para designar el nivel de jerarquía superior al nivel n y "n+1" para designar un nivel de jerarquía inferior al nivel n. Además, el término "trama" designa un periodo de tiempo recurrente que comprende las diferentes asignaciones de recursos para cada estación. Puede denominarse igualmente "supertrama" y se encuentra generalmente delimitada por la emisión de motivos de sincronización.

35 La invención se refiere a una estación repetidora RS utilizada en una red de comunicación que tiene una arquitectura en árbol constituida por varios niveles jerárquicos TL_i , comprendiendo dicha red de comunicación un punto central, por ejemplo una estación base BS_0 del nivel jerárquico más elevado, una o varias estaciones repetidoras RS_i y una o varias estación(es) de abonado SS_i , caracterizada porque una estación repetidora RS_n comprende al menos dos módulos de radio, estando adaptado un primer módulo de radio para comunicar con unas estaciones de nivel jerárquico inferior $TL_{(n+1)}$ y estando adaptado un segundo módulo de radio para comunicar con
40 unas estaciones de nivel jerárquico superior $TL_{(n-1)}$, dicha RS utiliza dos frecuencias diferentes para las comunicaciones realizadas en el nivel jerárquico inferior $TL_{(n+1)}$ y en el nivel jerárquico superior $TL_{(n-1)}$, estando sincronizados los dos módulos de radio a la altura de su capa MAC y comprendiendo dicha estación repetidora al menos una antena unida a dicha capa MAC de los módulos de radio. La repetición de las informaciones se efectúa a la altura de la capa MAC de manera que se minimicen los retardos de las transmisiones de extremo a extremo.

45 La invención se refiere igualmente a la división de la banda pasante entre los diferentes nodos de una red tal como se ha descrito anteriormente. En este marco, se describen dos modos de funcionamiento que aportan diferentes estructuras de trama. El modo multicanal corresponde a la utilización de varios canales de frecuencia en los diferentes niveles jerárquicos vinculados a la estación repetidora. En el modo monocanal, una estación repetidora funciona en la misma frecuencia en los diferentes niveles jerárquicos a los que está asociada. La invención se refiere
50 también a un procedimiento o protocolo de transmisión realizado en el seno de una estación repetidora que presenta al menos una de las características antes citadas caracterizado porque utiliza una antena inteligente y dicha antena inteligente utiliza un modo omnidireccional en los periodos de la trama en los que la estación repetidora emite en modo de difusión hacia el nivel jerárquico inferior o en los que la estación repetidora recibe los mensajes emitidos en un periodo de contenciones, utilizando dichos mensajes emitidos en estos dos periodos de la trama una modulación robusta (tal como QPSK) mientras que las otras ranuras de transmisiones utilizan unas modulaciones adaptadas
55 para ofrecer una velocidad más elevada.

Surgirán mejor otras características y ventajas del dispositivo según la invención con la lectura de la descripción que sigue de un ejemplo de realización dado a título ilustrativo y en ningún caso limitativo con unas figuras adjuntas que representan:

- 5 • La figura 1, un ejemplo de topología de red punto-multipunto,
- la figura 2, un ejemplo de topología en árbol de cuatro niveles,
- la figura 3A y la figura 3B, un primer ejemplo de esquema funcional y la arquitectura asociada de una estación repetidora según la invención,
- las figuras 4A y 4B, un segundo ejemplo de esquema funcional y una arquitectura de una estación repetidora según la invención,
- 10 • las figuras 5A y 5B, un tercer ejemplo de esquema funcional y de una arquitectura repetidora según la invención,
- la figura 6, un ejemplo de estructura de trama utilizado en el caso de un funcionamiento en modo multicanal,
- la figura 7, un ejemplo de estructura de trama utilizado para el funcionamiento en modo monocanal,
- la figura 8, un segundo ejemplo de estructura de trama utilizado para el funcionamiento en modo monocanal,
- la figura 9A, un ejemplo de estructura de trama en un árbol de varios niveles en modo monocanal,
- 15 • la figura 9B, otro ejemplo de estructura de trama en una rama del árbol de varios niveles con reutilización espacial,
- la figura 10, una tabla que agrupa las características de transmisión para una configuración dada,
- la figura 11, las etapas realizadas en el transcurso del procedimiento de entrada de una estación en la red,
- la figura 12, las etapas ejecutadas durante los procedimientos de seguimiento, y
- 20 • la figura 13, un esquema que representa la dirección de escrutinio de una antena.

Con el fin de hacer comprender mejor la arquitectura y el funcionamiento de las estaciones repetidoras según la invención, el ejemplo de la descripción pone en práctica una antena inteligente del tipo FESA en un contexto 802.16d y 802.16e, por ejemplo.

Si salir del ámbito de la invención, esta última se puede aplicar también para unas antenas omnidireccionales. La utilización de antenas inteligentes FESA permite particularmente obtener una ganancia mejor y una mayor rapidez en unos cambios de dirección de apuntado.

La descripción se dirigirá también, a título de ejemplo, al contexto WiMAX, en el seno de un sistema que comprende una o varias estaciones base (BS), unas estaciones repetidoras (RS) y unas estaciones de abonado (SS).

La figura 1 representa un ejemplo de arquitectura de un sistema punto-multipunto que comprende una estación base BS que comunica con varias estaciones de abonado SS que están distribuidas en forma de estrella. Una estructura de ese tipo ofrece una cobertura limitada y unas conexiones también limitadas.

La figura 2 representa una arquitectura que implementa varias estaciones repetidoras RS. Esta arquitectura corresponde a una topología en árbol en la que las estaciones repetidoras RS comunican con la estación base BS del sistema y también con las estaciones de abonado SS. La red tiene una estructura en árbol que está compuesta de varios niveles jerárquicos designados por las letras TL_i, en la que i designa un nivel jerárquico en la red. Una estación repetidora RS tiene particularmente la capacidad reetidora de los flujos de información que circulan sobre el enlace ascendente (hacia una estación base, la estación base principal de la red o bien el módulo de radio que tiene el papel de una estación base de una estación repetidora). Tiene también la capacidad repetidora de los flujos de información que circulan en el enlace descendente (estación base hacia estación repetidora o estación repetidora hacia estación de abonado SS).

Una zona de acceso representa todos los enlaces existentes entre una estación de abonado SS y una estación repetidora RS o incluso entre una estación de abonado SS y la estación base. Una zona de retransmisión se refiere a los enlaces denominados enlaces repetidores, enlace entre dos estaciones repetidoras RS o bien entre una estación repetidora RS y la estación base BS. Por ejemplo, la topología punto-multipunto consiste exclusivamente en unos enlaces de acceso. El modo de repetición según la invención es un modo de repetición denominado "no transparente" en el que todos los paquetes, incluyendo la señalización, se transmiten por las estaciones repetidoras RS. La arquitectura en la que se implementa la invención comprende, particularmente, una estación base BS y varias estaciones de abonado SS que se pueden conectar a esta estación base BS utilizando una o varias estaciones repetidoras RS. La red tiene por ejemplo la forma de un árbol antes mencionado, con diferentes niveles TL₀, TL₁, etc. en el que el índice i más reducido corresponde al nivel jerárquico más elevado. Una estación repetidora RS se puede implementar para funcionar con uno al menos de los dos modos siguientes: un primer modo que funciona en monocanal (se utiliza una única frecuencia por la RS) y un segundo modo que funciona en multicanal (la RS utiliza dos frecuencias diferentes para las comunicaciones realizadas en los dos niveles jerárquicos diferentes). Los dos modos de funcionamiento necesitan la presencia de dos módulos de radio para operar, pudiendo ser visto un módulo de radio como una estación de abonado capaz de comunicar con una BS o una RS de nivel superior, y correspondiendo un módulo de radio a una estación base, que puede comunicar con una SS o una RS de nivel jerárquico inferior.

Considerando una estación repetidora RS que comprende dos módulos de radio según la invención, la topología de red en base a un árbol se puede dividir en varias subredes, consistiendo cada subred en una radio que funciona

como estación base BS de un nivel jerárquico TL_n asociado a uno o varios módulos de radio asimilados a una estación de abonado SS de nivel TL_{n+1} inferior. Dichas subredes corresponden a unas topologías punto-a-multipunto interconectadas mediante unas estaciones repetidoras.

5 Se dan tres ejemplos de arquitectura para una estación repetidora según la invención para ilustrar el principio realizado por la invención. Los ejemplos se dan realizando una antena inteligente del tipo FESA. Estas antenas están controladas por la capa MAC de la estación WIMAX en tiempo real de manera que se controle el sistema con un tiempo de conmutación muy reducido. El objetivo es cambiar la dirección del haz después de cada transmisión de paquetes con el fin de autorizar unas comunicaciones punto-a- multipunto. Sin salirse del marco de la invención, es posible también utilizar cualquier tipo de antena que comprenda una función de emisión y una función de recepción.
10 Se van a detallar varios ejemplos de arquitectura para hacer comprender mejor el funcionamiento de la estación repetidora según la invención.

La figura 3A es un primer esquema funcional para una estación repetidora según la invención.

15 Una estación repetidora según la invención comprende por ejemplo una tarjeta madre 1 que comprende las capas altas del modelo OSI, y dos módulos 2A, 2B de radio. Cada módulo 2A, 2B de radio comprende una capa 3A, 3B de acceso al medio MAC (Medium Access Control), una capa física 4A, 4B de banda base, y una capa física 5A, 5B de radiofrecuencia RF. Las capas físicas 5A, 5B reciben la señal de radiofrecuencia procedente de las antenas 6A, 6B o permiten la emisión de una señal de radiofrecuencia RF. La antena 6A, 6B es en este ejemplo de realización una antena inteligente del tipo FESA. Sin embargo, se puede utilizar cualquier tipo de antena inteligente u omnidireccional en el sitio y lugar de la antena FESA.

20 Una estación repetidora RS se puede ver como una estación que comprende un primer módulo 2A (3A, 4A, 5A) de radio y un segundo módulo 2B (3B, 4B, 5B) de radio, estando los dos módulos sincronizados entre sí. El primer módulo está dedicado, por ejemplo, a la comunicación con las estaciones de nivel jerárquico superior y el segundo módulo está dedicado a la comunicación con las estaciones de nivel jerárquico inferior.

25 Uno de los módulos de radio de repetición, por ejemplo el módulo 2A comprende una capa MAC 3A, la capa física en banda base 4A y la capa física de radiofrecuencia 5A agrupa las capas base dedicadas a la comunicación con las estaciones de nivel jerárquico inferior.

La figura 3B representa un ejemplo de arquitectura o implementación física que corresponde al esquema funcional representado en la figura 3A. Los números se han reutilizado para designar los elementos o módulos que constituyen la estación repetidora, descritos por su funcionalidad en la figura 3A.

30 En la figura 3A, se representan también: los flujos de información repetidos REL que se refieren a las capas 3A, 3B MAC; el control de sincronización SYNC entre las capas 3A, 3B MAC unos módulos de radio de repetición según la invención y las órdenes C_A y C_B de las antenas generadas por una capa MAC.

35 Las figuras 4A y 4B representan una variante de realización de la estación repetidora, que comprende una única antena 7 de emisión-recepción, un primer conmutador 8 por el que transitan las señales de radiofrecuencia RF emitidas o procedentes de la antena 7, estando controlado el conmutador 8 por una orden C_C procedente por ejemplo de la capa 3A MAC dedicada a la comunicación con las estaciones de nivel jerárquico superior. En efecto una de las dos radios de la estación repetidora tiene un papel de maestra. Esta radio denominada maestra podría ser por ejemplo la parte SS porque es la que recibe el motivo de sincronización del nivel jerárquico superior y que puede por tanto sincronizar a la otra parte en el nivel superior. Más precisamente, en lo que se refiere a la orden del conmutador C_C , las dos partes tienen conocimiento de la estructura de la trama y en consecuencia saben exactamente cuándo deben realizarse las conmutaciones. Es por lo tanto más simple que un único elemento, la radio denominada maestra, genera las conmutaciones. Se utiliza un segundo conmutador 9 para dirigir unas órdenes que proceden de las capas 3A y 3B MAC (órdenes C_A y C_B) y con destino en la antena 7. La orden C_P corresponde a la yuxtaposición de las órdenes C_A y C_B y permite controlar la dirección del lóbulo principal de la antena 7. Los elementos idénticos en estas dos figuras 3A y 3B llevan las mismas referencias. El conmutador 8 recibe por ejemplo de la capa 3A MAC una orden de control CTRL que tiene principalmente por función seleccionar el módulo de radio que debe funcionar en función de la comunicación en enlace ascendente o en enlace descendente.
40
45

50 La sincronización SYNC y la repetición REL se ejecutan siempre a la altura de las capas 3A, 3B MAC. La repetición de los paquetes de datos, de control y de gestión se efectúa por ejemplo en el nivel dos de la pila protocolaria OSI estableciendo un enlace entre las dos capas MAC de los dos módulos de radio de esta misma estación.

Las figuras 5A y 5B representan una variante de realización de una estación repetidora en la que la capa física de radiofrecuencia 10 es común a los dos módulos de radio y se dispone entre el conmutador 8 y la antena 7.

En este caso, la señal de banda base emitida por una de las capas físicas pasa por el conmutador 8 antes de ser transmitida a una capa física de radiofrecuencia 10 que comunica con la antena 7. La orden C_C de control del conmutador 8 es transmitida por la capa 3A MAC por ejemplo. Las señales de sincronización SYNC y los datos repetidos REL se intercambian entre las capas 3A, 3B MAC de la repetición según la invención. La orden de antena C_P se deduce de las órdenes de antena C_A y C_B por medio del conmutador 9. La orden C_C resultante de la capa MAC permite principalmente elegir el módulo de radio activo en función de la comunicación en un instante dado.

La figura 6 esquematiza una estructura de trama que puede funcionar en un contexto de transmisión multicanal (estación repetidora en modo multicanal).

En este modo, dos radios pueden funcionar de manera simultánea porque utilizan unas frecuencias diferentes. Sin embargo es necesario tener en cuenta las interferencias (de emplazamiento conjunto principalmente) entre canales adyacentes porque la transmisión emitida en una frecuencia puede producir interferencias en uno de los canales adyacentes. Para resolver este problema, la estructura de trama para el modo multicanal se construye según el principio siguiente; cuando una de las dos radios de la estación repetidora recibe, la segunda radio no debe emitir. En este caso, las dos radios deben estar en el mismo estado, o bien en emisión, o bien en recepción. En esta estructura de trama, el comienzo de la trama de una de las radios se desfasa para hacer coincidir los periodos de TX y de RX y en cada cambio de nivel jerárquico la radio que efectúa el desfase se debe modificar.

Los índices n , $n-1$, $n+1$ se utilizan para designar los diferentes niveles en los que se sitúan las estaciones repetidoras y que corresponden a los índices de los niveles TL_i en la estructura en árbol de la red. En los ejemplos descritos en las figuras 6, 7 y 8, el nivel TL_n se elige para designar una estación repetidora que comunica con una estación base de nivel superior TL_{n-1} , considerando el árbol jerárquico de la figura 2, y también con una estación de nivel inferior o nivel TL_{n+1} .

La estructura de trama de una estación repetidora de nivel n , RS_n se descompone en dos partes que corresponden a un periodo de recepción (periodo de RX) y a un periodo de emisión (periodo de TX).

- En el periodo de RX correspondiente a la ranura temporal T_1 , la parte "estación de abonado" de RS_n (SS) de la estación repetidora recibe los datos F_1 emitidos por la estación base BS_{n-1} o por una estación repetidora RS_{n-1} de nivel superior (flujo descendente). Además la parte "estación base" RS_n (BS) de esta estación repetidora recibe unos flujos F_2 que proceden de una o varias estaciones de abonado SS_{n+1} o estaciones repetidoras RS_{n+1} de nivel jerárquico inferior (flujo ascendente).
- En el periodo de TX correspondiente a la ranura temporal T_2 , la parte "estación de abonado" de RS_n (SS) de la estación repetidora emite unos datos F_3 hacia la BS_{n-1} o a la RS_{n-1} de nivel superior (flujo ascendente) y la parte "estación base" RS_n (BS) de esta estación repetidora transmite unos datos F_4 hacia una o varias SS_{n+1} o RS_{n+1} de nivel jerárquico inferior $n+1$ (flujo descendente).

La estación base BS y la parte "estación base" de las estaciones repetidoras RS juegan el papel de maestras en la subred que está asociada a ellas (formada con las estaciones de nivel jerárquico inferior). Transmiten un motivo de sincronización (no representado por razones de simplificación de la figura) a sus nodos de la red de esclavos con el fin de sincronizar temporalmente las tramas. Por otro lado, la sincronización global de la red se obtiene mediante una sincronización (a la altura de la capa MAC) de dos partes de la estación repetidora; RS (SS) y RS (BS). Se puede efectuar mediante el envío de un motivo de sincronización desde la parte RS (SS) hacia la parte RS (BS) en el seno de una estación repetidora al comienzo de uno de los periodos (RX o TX). En efecto en una arquitectura centralizada el conjunto de los nodos de la red se sincronizan en la estación base (punto central). La sincronización se efectúa por tanto mediante saltos sucesivos partiendo del nivel superior hacia el nivel inferior. Es por esta razón que la RS (SS) envía el motivo de sincronización a la RS (BS), lo que corresponde a sincronizar el nivel jerárquico inferior sobre el nivel superior.

En el conjunto del sistema, las diferentes subredes (una BS o RS (BS) asociada a una o varias SS o RS (SS)) deben utilizar unos canales diferentes con el fin de evitar unas interferencias entre redes. Es posible implementar unos mecanismos de reutilización espacial en particular gracias a la directividad aportada por unas antenas inteligentes, conocidas para el experto en la técnica y que no se detallarán.

La figura 7 esquematiza otra estructura de trama que se puede utilizar, pero esta vez en un contexto de transmisión monocal (estación repetidora en modo monocal). Las notaciones de la figura 6 se retoman para los elementos o módulos correspondientes.

Cuando la profundidad del árbol está limitada a dos saltos (es decir una rama de árbol puede contener una única estación repetidora), las tramas se dividen en 4 partes, simbolizadas por los periodos T_3 , T_4 , T_5 y T_6 en la figura 7. Se hace notar que, en una estación repetidora, el comienzo de la trama de nivel jerárquico inferior está desfasado de manera que se haga corresponder el final del periodo T_3 con el comienzo del periodo T_4 . Con estas notaciones, el procedimiento se desarrolla de la manera siguiente: en el primer periodo de RX (ranura temporal T_3), la parte SS de la estación repetidora RS_n recibe las informaciones o flujo de datos F_5 de la estación base BS_{n-1} o de la estación repetidora RS_{n-1} de un nivel superior, durante ese tiempo, la parte RS_n (BS) de la estación repetidora está en reposo.

Posteriormente, en el primer periodo de TX, correspondiente a la ranura temporal T_4 , es la parte RS_n (BS) de la

estación repetidora la que va a emitir unas informaciones o flujo de datos F_6 hacia una o varias estaciones de abonado o RS_{n+1} . A continuación una conmutación TX/RX permite a la misma parte, la RS_n (BS), recibir unos datos F_7 transmitidos desde el nivel jerárquico inferior $n+1$.

5 Finalmente, en el segundo periodo de TX, ranura temporal T_6 , la parte RS_n (SS) de la RS puede emitir unas informaciones F_8 hacia la estación base del nivel superior $n-1$.

La sincronización entre los dos módulos de radio se puede obtener transmitiendo un motivo de sincronización desde la parte RS_n (SS) hacia la parte RS_n (BS) al final del primer periodo de RX, que corresponde por ejemplo al comienzo de una trama 802.16 (emisión del preámbulo) en el contexto del WiMAX.

10 En el caso anterior, si coexisten varias estaciones repetidoras del mismo nivel jerárquico en la red, entonces es necesario generar de manera precisa las asignaciones para cada RS en los periodos TX (T_4 y T_6).

15 Cuando la profundidad del árbol es superior a dos saltos (es decir si una rama del árbol puede comprender más de una estación repetidora), se implementa una estructura "multi trama". En este caso, dos subredes que comprenden unos niveles jerárquicos consecutivos utilizan la misma trama, así se utiliza una trama adicional para otras dos subredes que utilizan unos niveles jerárquicos inferiores. Por ejemplo en una rama de la red que comprende 3 estaciones repetidoras, las subredes BS_0 / RS_1 (SS) y RS_1 (BS) / RS_2 (SS) utilizan la trama t mientras que las subredes RS_2 (BS) / RS_3 (SS) y RS_3 (BS) / SS_4 utilizan la trama $t+1$.

20 Esta manera de proceder es interesante en el caso en el que una rama del árbol comprendería un máximo de una estación repetidora, es decir en el caso en que la profundidad del árbol fuera inferior o igual a 2 saltos. La ventaja de un enfoque de este tipo se refiere a la localización de cada una de las partes en la trama, lo que permite una repetición eficaz de las informaciones. La figura 8 presenta una organización diferente de la trama con relación a la figura 7, siendo el objetivo simplificar el desarrollo de la estación repetidora. En este caso, las estructuras de trama utilizadas por las diferentes subredes son idénticas, de hecho, están simplemente desfasadas de manera que se eviten las interferencias entre subredes.

25 En una red simple que comprenda simplemente una estación repetidora, y retomando ciertas de las notaciones de las figuras 6 y 7 precedentes, el procedimiento según la invención se desarrolla de la manera siguiente: en el primer periodo de RX, ranura temporal T_7 , la parte RS_n (SS) de la estación repetidora recibe las informaciones o flujos de datos F_9 desde la estación base o de retransmisión de nivel superior, durante ese tiempo, la parte RS_n (BS) de la estación repetidora está en reposo.

30 Posteriormente en el primer periodo de TX, ranura temporal T_8 , es siempre la parte RS_n (SS) de la estación repetidora la que está en funcionamiento. Por el contrario esta vez va a emitir unas informaciones F_{10} hacia la estación de nivel superior. A continuación esta parte de la RS está en reposo, mientras que la parte de estación de abonado está activa. Inicialmente tiene la posibilidad de emitir hacia el nivel inferior unos flujos F_{11} en el periodo T_9 y a continuación recibir, en el periodo T_{10} , unos flujos F_{12} procedentes igualmente del nivel inferior.

35 La sincronización entre las dos estaciones se puede obtener transmitiendo un motivo de sincronización desde la parte SS hacia la parte BS de la estación repetidora al final del periodo T_8 , correspondiente por ejemplo al comienzo de la trama 802.16 (emisión del preámbulo) en el contexto del WiMAX.

40 Esta solución permite la implementación material más simple. Esta organización se puede extender a unas redes que utilicen varias estaciones repetidoras (número de subredes superior a dos), simplemente asignando un periodo de RX y un periodo de TX consecutivos a cada subred. De ese modo la incorporación de una nueva subred en el sistema necesita una reducción de la banda pasante para cada subred ya asociada (sin mecanismo de reutilización espacial), y la asignación de dos periodos de comunicación (RX y TX) dedicados a esta subred. Esta asignación se debe desfasar con relación a las otras asignaciones con el fin de evitar las interferencias entre subredes. La figura 9A presenta un ejemplo de estructura de trama en el que la red comprende dos estaciones repetidoras.

45 Se hace notar que es posible hacer arrancar un nuevo ciclo entre la BS_0 y la RS_1 (SS) en paralelo al intercambio de RS_2 (BS) y la SS. De hecho, se puede limitar la pérdida de velocidad, cualquiera que sea el número de niveles del árbol en una rama, a un factor dos, debido a la inicialización de la cola de transmisión. Esto se ilustra en la figura 9B en la que se observan los intercambios simultáneos entre BS y RS_1 (SS) por un lado, entre RS_2 (BS) y RS_3 (SS) así como entre RS_4 (BS) y la SS por otro lado y por tanto más generalmente unos intercambios simultáneos entre las BS de nivel n con SS de nivel $n+1$, BS de nivel $n+2$ con SS de nivel $n+3$, y así sucesivamente en el marco de una reutilización espacial.

50 Las flechas F corresponden a los flujos de informaciones intercambiados entre las estaciones de nivel de jerarquía diferentes. Las flechas en gris corresponden al comienzo de un nuevo periodo como en la figura 9A. Los algoritmos de gestión de asignación se basan en unos identificadores atribuidos a la estación base y a cada estación repetidora. La estación base se asocia siempre al identificador 0, y cada estación repetidora está asignada a un identificador que se le atribuye en función de su colocación en la topología en árbol, más exactamente, está ligada al nivel jerárquico (TL_i). Siendo el objetivo que una estación de nivel jerárquico n tenga un identificador superior a las estaciones de nivel superior ($n-x$) y un identificador inferior a las estaciones de nivel jerárquico inferior ($n+x$), siendo x

el número de niveles que separan las estaciones. La invención prevé dos modos de gestión de la asignación; un modo estático y un modo dinámico.

Para el modo estático, se puede implementar un algoritmo simple para generar las asignaciones efectuadas en la trama. Las estaciones repetidoras que se deben desplegar son conocidas inicialmente y se atribuyen sus identificadores durante su configuración. Cada estación base y estación repetidora dispone de la misma banda pasante que corresponde a la división de los recursos disponibles por el número de estaciones repetidoras, incrementado en una unidad. Se presenta en la figura 9 un ejemplo de estructura de trama, en el que los periodos T_{11} , T_{12} y T_{13} serían iguales a un periodo T . La estación base así como las partes "estación base" de cada RS determinan el comienzo de su periodo en base al identificador asignado al nodo. De ese modo el desfase con relación al comienzo de la trama para una estación BS o RS (BS) que tenga el identificador y corresponde a la multiplicación de este identificador por el periodo T . En consecuencia, la estación base de la red comienza siempre al comienzo de la trama. Este algoritmo se puede utilizar cuando la estación base y las estaciones repetidoras son fijas.

El modo dinámico permite tener en cuenta las modificaciones de topología que pueden intervenir durante el funcionamiento de la red en la gestión de los recursos del sistema. Inicialmente cuando una estación repetidora se pone en marcha la parte "estación de abonado" escanea el canal predefinido y trata de asociarse con la estación cuyo motivo de sincronización (preámbulo, balizamiento, etc.) corresponde a la mejor calidad de la señal. El procedimiento de asociación consiste por ejemplo en una sincronización y un intercambio de datos entre los que están las informaciones de asignación de recursos destinados a la parte BS de esta misma estación repetidora; el comienzo de la asignación y la duración de esta asignación.

Cuando se realiza la asociación con la estación de nivel jerárquico superior, la $RS_n(SS)$ puede transmitir un motivo de sincronización T_s a la parte "estación base" $RS_n(BS)$ de esta misma estación repetidora al final del primer periodo de RX. Este motivo de sincronización se transmite en el momento correspondiente al comienzo de la asignación acordada a la parte $RS_n(BS)$ y debe contener igualmente unas informaciones como por ejemplo la duración del periodo de asignación para la subred generada por dicha RS (BS). Desde un punto de vista general, es la estación base de la red quien determina las asignaciones en función de las solicitudes transmitidas por las diferentes estaciones repetidoras. Para realizar esto, se emiten periódicamente unos mensajes (con un periodo predeterminado) por el conjunto de las estaciones repetidoras con destino en la estación base. Más precisamente, las partes "estación base" de cada RS evalúan su necesidad de banda pasante y transmiten esta información a la parte "estación de abonado" correspondiente acompañada de complementos como por ejemplo un índice de prioridad. Todas estas informaciones se transmiten a continuación a la BS en el mensaje periódico. Si la BS no recibe un cierto número de mensajes consecutivos procedentes de una RS, entonces considera a ésta como desasociada.

Los identificadores se pueden modificar cuando una estación repetidora entra en la red o sale (averías, entorno desfavorable, etc.). En este caso, la estación base informa al conjunto de las RS de la red para que tengan en cuenta una modificación eventual de su identificador.

Desde un punto de vista general, si la estación repetidora no está enlazada directamente a la estación base de la red, entonces las informaciones intercambiadas entre estos dos nodos se deben repetir por la o las RS intermedias. Los datos procedentes de estaciones de niveles inferiores pueden fusionarse por una estación repetidora en un mismo mensaje destinado a la BS.

En los diferentes ejemplos descritos anteriormente, es posible utilizar cualquier tipo de antenas.

La ventaja de utilizar unas antenas inteligentes, por ejemplo FESA, en una red que presente una arquitectura del tipo árbol es incrementar de manera significativa las capacidades del sistema, particularmente en lo que concierne a la cobertura. En efecto, las antenas FESA ofrecen una capacidad de haz direccional y, al mismo tiempo, su utilización permite una exploración en 360° explotando la conmutación rápida del haz de la antena. Esta antena es capaz de operar en 2 modos:

- El modo omnidireccional en el que la antena emite un haz en todas las direcciones al mismo tiempo. La ganancia de la antena es más reducida que en el caso del segundo modo, lo que implica una reducción de la portadora del nodo asociada a la antena.
- El modo direccional, que se refiere a la selección de una de la antena para la comunicación en una dirección dada.

En el caso de una arquitectura de red en árbol en el que la que las estaciones repetidoras se pueden equipar con antenas inteligentes, por ejemplo del tipo FESA, se pueden encontrar tres configuraciones de enlaces:

- La configuración del enlace “omnidireccional hacia omnidireccional” (OvO) en el que ningún nodo está equipado con antenas directivas o inteligentes,
- La configuración de enlace “omnidireccional hacia direccional” (OvD), en el que uno de los dos nodos vecinos utiliza una antena direccional mientras que la otra estación está equipada con una antena inteligente (FESA por ejemplo),
- La configuración de enlace “direccional hacia direccional” (DvD) en el que dos nodos vecinos están equipados con antenas inteligentes.

Para permitir la realización del procedimiento según la invención en unas estaciones repetidoras equipadas con antenas inteligentes en una red que tenga una arquitectura en árbol, son necesarios diferentes procedimientos de búsqueda. Los procedimientos denominados a ciegas son requeridos para las redes en las que las estaciones no conocen las coordenadas de sus vecinos próximos. Las estaciones repetidoras RS y/o las estaciones de abonado SS son nómadas o móviles, no hay una dirección de referencia común en el conjunto de la red. Las descripciones siguientes se concentran en los procedimientos de control de antena a ciegas.

Cuando una estación base o la parte “estación base” de una estación repetidora utiliza una antena omnidireccional, se pueden concebir sólo las dos configuraciones OvO y OvD en la subred asociada y en este caso los procedimientos de descubrimiento de vecinos (si una de las SS o RS (SS) de la sub red está equipada con antenas inteligentes) no implica la adaptación específica de los modos de transmisión en la trama.

Por el contrario, la utilización de la antena inteligente en una estación base o una estación repetidora complica los procedimientos de descubrimiento de los vecinos. La solución propuesta en esta invención se basa en unas combinaciones particulares entre la modulación utilizada para la transmisión y el modo de las antenas inteligentes. De ese modo, las estructuras de trama presentadas anteriormente se pueden dividir en cuatro secciones, dos secciones para el periodo ascendente y dos secciones para el periodo descendente.

- La sección 1 se refiere a la transmisión del motivo de sincronización y a los datos destinados al conjunto de la subred, está comprendida en el periodo descendente. Por ejemplo, para un sistema WiMAX corresponde al envío del preámbulo, del encabezado de control o FCH (frame control header) y la primera ranura temporal para el enlace descendente que es difundido por la estación base o la parte “estación base” de una estación repetidora. En esta sección los mensajes se transmiten con una modulación simple tal como BPSK o QPSK, lo que corresponde a una velocidad reducida. En esta sección, la estación base de la subred debe utilizar el modo omnidireccional de la antena inteligente, mientras que las antenas receptoras deben operar en modo direccional de manera que se mantenga una cobertura dada o nominal.

- La sección 2 agrupa todas las otras ranuras del periodo asociado al enlace descendente. Los datos transmitidos en estas ranuras se pueden difundir en emisión o multiemisión y en este caso la estación base de la subred debe adoptar el mismo funcionamiento que la sección 1. Si no, cuando los datos se transmiten en “unicast”, las transmisiones pueden utilizar unas velocidades elevadas con un modo de antena direccional en la BS o la RS (BS).

- La sección 3 se asocia a los periodos de contención que se utilizan en el periodo correspondiente al enlace ascendente para permitir por ejemplo a las SS y RS (SS) asociarse a su estación de nivel superior. En esta sección, la estación base o la parte “estación de abonado” de la estación repetidora no está al corriente de las transmisiones que se realizarán por las diferentes estaciones de abonado y por ello debe funcionar en un modo omnidireccional de manera que sea capaz de recibir unos mensajes de control que proceden de diferentes SS o de RS (SS). Estos mensajes se deben transmitir con una modulación simple, que corresponde a una velocidad mínima.

- La sección 4 agrupa todas las otras ranuras del enlace ascendente, que están siempre en transmisión “unicast” con unas antenas que pueden funcionar en modo direccional en los dos niveles jerárquicos y con una modulación compleja, por ejemplo con modulación QAM 64, aportando unas velocidades elevadas.

Las características de cada una de las secciones se agrupan en la tabla de la figura 10.

El procedimiento de entrada en la red para una estación repetidora o una estación de abonado se ha descrito anteriormente, comprende la búsqueda de la estación de nivel superior que aporta las mejores características (número de saltos hacia la BS, calidad de la señal recibida, etc.). La sincronización con esta estación y el procedimiento de asociación. Durante la primera fase (fase de escrutinio), una estación equipada con antenas inteligentes que desee entrar en la red debe escanear los diferentes canales disponibles y comprobar igualmente el conjunto de las posiciones del haz de una manera “round robin”. En consecuencia, la duración del escrutinio Tescan está relacionada con el número de canales disponibles Ncanales y con el número de haces Nhaces que se pueden utilizar por la antena inteligente. Este procedimiento de escrutinio se detalla en la figura 11 que esquematiza las diferentes etapas implementadas en el transcurso del procedimiento de entrada de una estación en una red. En resumen las etapas de este procedimiento comprenden las etapas siguientes:

- Etapas 11.0: inicio del algoritmo
- Etapas 11.1: arranque de un contador temporal o temporizador
- Etapas 11.2: búsqueda del motivo de sincronización sobre un canal de transmisión i, o de una trama
- Etapas 11.3: si se detectan este motivo o la trama, entonces:

- 11.4: memorizar las medidas efectuadas o mediciones
- 11.5: mirar si se han comprobado todos los lóbulos de la antena (¿ha terminado la antena el escrutinio?)
- 11.7: si es sí entonces seleccionar el haz y efectuar la sincronización, etapa 11.8
- 11.6: si no cambiar de haz, cambiar de canal y volver a la etapa 11.1

5 Etapa 11.9: en este caso en el que el motivo no se ha detectado (duración de tiempo sobrepasado o timeout), entonces

- 11.10: si el conjunto de los canales ya ha sido comprobado entonces ir a la etapa 11.5
- 11.11: si hay más canales disponibles entonces escanear el canal $i+1$ y volver a la etapa 11.1

10 Los sistemas WiMAX soportan unos procedimientos que permiten la entrada y el registro de una nueva estación de abonado en la red. El procedimiento global de inicialización se puede dividir en varias fases, que comprende el escrutinio del canal para el enlace descendente, la sincronización, un procedimiento que permite efectuar unas mediciones sobre el canal de radio (más conocido con el término "ranging"), la negociación para unas capacidades de base y la configuración de las conexiones.

Para la etapa de escrutinio, el algoritmo se inicializa 11.0 y se inicializa un contador de tiempo 11.1.

15 En el transcurso de la etapa de escrutinio, la estación de abonado o la parte SS de la estación repetidora RS escruta los canales y las posiciones del haz disponibles por ejemplo siguiendo un procedimiento en el que se efectúan las medidas por turno siguiendo un orden predefinido o procedimiento denominado de "round robin". De ese modo, la duración del escrutinio Tescan está relacionado con el número de canales disponibles Ncanales y el número de haces Nhaces que se pueden utilizar por la antena.

20 Cuando una estación base o una estación repetidora (parte BS) está en funcionamiento, debe difundir el preámbulo, FCH y la primera ranura DL en un modo omnidireccional con el fin de que cada estación de nivel jerárquico inferior pueda recibir estas informaciones. De ese modo el procedimiento de escrutinio de un nodo equipado con una antena inteligente consiste en buscar el preámbulo del comienzo de trama transmitido por la estación de nivel superior, etapa 11.2.

25 En lo que se refiere a las estaciones de abonado o a la parte SS de las estaciones repetidoras, se selecciona un haz de la antena inteligente de manera aleatoria de manera que se comience la inicialización. Se efectúan unas medidas para cada haz y la duración de la evolución de un haz de antena depende específicamente del tiempo de escrutinio o "scan timer" denominado T20 en el procedimiento IEEE 802.16-2004, lo que corresponde una duración de $2 \cdot T_{marco}$. La duración de la evaluación se puede determinar de la manera siguiente si la duración asociada al temporizador T20 es suficiente para tener las mediciones de potencia de la señal recibida y de la tasa de error: Tescan = $(2 \cdot T_{marco}) \cdot N_{canales} \cdot N_{haces}$.

35 Durante cada escrutinio, el módem del sistema de comunicación puede memorizar las medidas efectuadas con el fin de ofrecer diferentes mediciones que permitan seleccionar el haz disponible para la operación. Las mediciones se dividen, por ejemplo, en dos subgrupos de medidas, el primer grupo se refiere a la medida de la potencia de la señal "SSM" o en anglosajón signal strength metric y el segundo grupo la medida de la calidad de la señal o "SQM" por signal quality metric. Además de estas mediciones, la CPU puede memorizar también diferentes parámetros asociados a cada medida tales como la orientación del haz, la dirección de la estación asociada. Comparando los diferentes valores de SSM y de SQM, el módulo receptor puede determinar la mejor orientación del haz para la señal incidente.

40 Una vez que se selecciona el haz, el procedimiento no solicita ninguna modificación comparado con el algoritmo de sincronización del sistema WiMAX convencional Punto-Multipunto (PMP) hasta que el nodo se sincroniza. Por otro lado, si la estación es una estación repetidora, arrancará a continuación la transmisión de los mensajes para los enlaces descendentes (preámbulo, FCH y primera ráfaga descendente) hacia el nivel jerárquico inferior. Esta operación se ejecuta según la estructura de la trama concebida para la estación repetidora.

45 La gestión de la movilidad en el sistema propuesto se realiza de la manera siguiente.

Se realiza un conjunto de medidas continuamente y se memorizan en cada recepción de los paquetes en todas las estaciones. Se basan en las dos mediciones antes citadas: la fuerza de la señal y la calidad de la señal. Se calculan los valores medios de estos dos valores sobre un número de medidas que se define en función del entorno y de la velocidad de desplazamiento estimada para las estaciones móviles.

50 A partir de estos cálculos, la estación comparará la medición obtenida a unos valores de umbral predeterminados. Estos parámetros (medición medida) se deben determinar de manera suficientemente precisa para distinguir los cambios de propagación (por ejemplo un nuevo obstáculo), asociados principalmente a unas evoluciones de la potencia de la señal recibida y unos cambios en los ángulos de llegada que tiene un impacto sobre las dos mediciones. De ese modo, cuando la potencia de la señal cae por debajo de un valor de umbral, se debería ajustar el nivel de potencia de umbral, mientras que cuando las dos mediciones SSM y SQM disminuyen y caen por debajo de los valores de umbral predeterminados, se debe poner en práctica el procedimiento de continuación a ciegas. En

este caso, la estación o sus vecinos próximos se desplazarán en una dirección que tiene una componente perpendicular a la dirección de llegada o DOA. Si las dos estaciones A y B se desplazan según la línea recta (A, B), es decir sin componente perpendicular a la dirección de llegada de las señales, o aparece un obstáculo entre los dos nodos A, B, entonces la degradación del estado del enlace requiere simplemente un ajuste de potencia y no un cambio de dirección de la antena.

El procedimiento de seguimiento propuesto presenta como ventaja el no afectar al comportamiento de la red porque se apoya en la utilización de una ranura de transmisión dedicada a la realización de medidas. En efecto, un procedimiento a ciegas para la gestión de la movilidad de los nodos de la red, necesita efectuar unas medidas con diferentes direcciones de apuntado del haz de la antena. Una modificación de ese tipo puede tener un impacto sobre la sincronización si se efectúa durante la transmisión del motivo de sincronización y puede también estar en el origen de la pérdida de un paquete cuando se realiza en el transcurso de transmisiones.

La figura 12 esquematiza un ejemplo de procedimiento de puesta en práctica para la gestión de la movilidad en los sistemas WiMAX.

En esta figura 12 se proponen dos procedimientos, uno para las estaciones de abonado SS o las partes "estación de abonado" de las estaciones repetidoras RS (SS), la otra se dedica las estaciones base BS o las partes "estación base" de las estaciones repetidoras RS (BS).

De ese modo el procedimiento propuesto se basa en la utilización del procedimiento de "ranging" periódico que se incluye en las normas WiMAX. El "ranging" es un procedimiento que permite a las estaciones SS y BS mantener una calidad del enlace de comunicación de radio entre ellas. La realización del procedimiento de seguimiento en el periodo de "ranging" no implica perturbaciones en el funcionamiento de la red porque los mensajes de ranging están asociados únicamente a unas medidas. En consecuencia, la pérdida de uno o de varios paquetes de ranging durante las pruebas realizados sobre la antena (cambio de dirección del haz), no implica la pérdida de sincronización, ni el incremento de las tasas de error sobre los paquetes de datos.

Una SS o RS(SS) espera en etapas 12.0 y 12.1 en un primer tiempo del periodo de ranging en la trama, posteriormente cambia, etapa 12.2, la dirección del haz y envía un mensaje de solicitud de ranging (RNG-REQ) 12.3 a la estación de nivel superior. Si no se recibe ninguna respuesta al mensaje en el nivel de esta estación, el procedimiento vuelve a la etapa 12.1. En el caso contrario, hay recepción de una respuesta en la etapa 12.5 y el nodo realiza unas medidas sobre el mensaje transmitido en respuesta por la estación de nivel superior (RNG-RSP). Este procedimiento se realiza para uno o varios haces de la antena de manera que puedan compararse las medidas. Las mediciones resultantes se memorizan 12.6 y si el valor medido para cada una de las dos mediciones es más elevado que el valor de los niveles de umbral predeterminados, 12.7 entonces la selección del haz se rechaza y el procedimiento de seguimiento se termina 12.7. En caso contrario, el procedimiento comprueba 12.8 si todos los haces han sido comprobados. Si es así, entonces hay una inicialización del haz 12.9 y si no, el procedimiento vuelve a la etapa 12.1. La inicialización del haz significa que se selecciona el haz asociado a la mejor calidad de señal y se utiliza a continuación para el funcionamiento de la estación repetidora cuando la antena inteligente está en modo direccional. Puede ser que ningún haz esté disponible para respetar los niveles requeridos para la calidad de la señal y la potencia de la señal, en este caso, se selecciona el haz utilizado antes del procedimiento y el procedimiento de seguimiento se detiene.

La figura 13 describe las diferentes etapas ejecutadas durante el procedimiento utilizado por una estación base BS o la parte "estación base" de una estación repetidora RS(BS) es vecina de la que se realiza en las estaciones SS y RS(SS). Cuando una estación desencadena un procedimiento de seguimiento 13.0, espera al próximo periodo de "ranging" en la trama 13.1, después cambia el modo de antena para utilizar las capacidades omnidireccionales de la antena inteligente. En el periodo de "ranging", si la estación recibe un mensaje procedente de la estación de nivel jerárquico inferior, identificado como que tiene necesidad de ser seguida (procedimiento de "tracking"), entonces emite una respuesta (RNG-RSP) solicitando la repetición de este mensaje 13.3. A continuación se pone en modo direccional poniendo en práctica uno de los haces directivos y esperando a recibir el mensaje en cuestión 13.4. A continuación en el estado 13.5, la estación comprueba si recibe el mensaje. Si la estación no recibe el mensaje entonces se coloca en el estado 13.1. Si no la estación efectúa las medidas de calidad de la señal sobre el paquete recibido 13.6 y a continuación cambia de modo de antena 13.7 para colocarse en funcionamiento omnidireccional y poder así comunicar con otras estaciones de nivel inferior en el periodo de ranging.

Las etapas 13.8, 13.9, 13.10 y 13.11 son idénticas a las etapas 12.6, 12.7, 12.8 y 12.9 descritas anteriormente.

Es posible medir varias veces las mediciones con el mismo haz de manera que se promedien los valores y obtener de ese modo unos estados del enlace más estables. Además, la selección del haz en los procedimientos precedentes no es aleatoria o efectuada de una manera "round robin". Tiene en cuenta el comportamiento de movilidad que se ha observado durante las medidas precedentes. Esto se basa en unos índices del haz, presentados en la figura 13.

En esta figura 13, se asocia un índice k a un haz seleccionado antes del procedimiento de seguimiento durante el que los otros haces disponibles corresponden a un índice en relación con k . Al comienzo del procedimiento de

seguimiento, se determina una dirección de escrutinio, en base a las medidas memorizadas, permitiendo a una estación estar al corriente de la tendencia de movilidad. Todos los haces que puedan estar disponibles siguiendo la dirección de escrutinio recibirán un índice k incrementado en el número de haces que le separan del haz inicial, índices que incluye el haz afectado ($k-1$, $k-2$, etc.). De ese modo, un poco después la mitad los haces están localizados en la dirección de escrutinio. Además, se identifica un índice de objetivo gracias a las medidas memorizadas. Este índice de objetivo está en relación con la dirección teórica que se debería utilizar si el comportamiento de la red no se hubiera modificado.

La primera selección de un haz se basa en el índice objetivo ($k+x$), a continuación en tanto en cuanto las mediciones sean inferiores a los niveles de umbral predeterminados, se seleccionará el haz según los criterios descritos a continuación. La estación comienza seleccionando los haces adyacentes ($k+x-1$) y ($k+x+1$) y a continuación prueba todos los haces en la dirección de escrutinio comenzando a partir de los haces adyacentes. Si el procedimiento no tiene éxito aun, entonces la estación probará los haces que no están en la dirección de escrutinio, comenzando a partir del haz adyacente a la selección inicial y disminuyendo a continuación el índice.

El procedimiento y la estación repetidora según la invención ofrecen particularmente las ventajas listadas a continuación.

La puesta a punto de las estaciones repetidoras que se basa en unos módulos existentes, no necesita ninguna modificación de la capa física y cambios menores en la capa MAC. Además, la arquitectura propuesta permitirá incrementar de manera significativa las capacidades de la red gracias a una reutilización de la frecuencia (modo multicanal). La invención propone igualmente unos mecanismos que permiten a la red auto-configurarse y auto-organizarse con el fin de soportar una topología dinámica. Cuando la invención utiliza antenas inteligentes como por ejemplo unas antenas del tipo FESA, la invención presenta particularmente las ventajas siguientes:

- En el modo multicanal, la utilización de antenas direccionales permite la reducción de interferencias entre diferentes canales adyacentes. Esto permite la emisión y la recepción simultánea. En los sistemas fijos, la estación repetidora de una estación de abonado puede utilizar una antena direccional. Sin embargo la utilización de una antena inteligente permite una reconfiguración automática de la red en caso de rotura del enlace o de pérdida de la estación repetidora. En los sistemas móviles, se requiere una antena inteligente para la estación de abonado de una estación repetidora puesto que el nodo debe ser capaz de seguir esta estación. En lo que se refiere a la estación base de una estación repetidora, una antena inteligente, por ejemplo del tipo FESA, ofrece una solución de coste reducido y elevado rendimiento sustituyendo a las antenas omnidireccionales y a las antenas inteligentes convencionales que se basan por ejemplo en el "beam forming".

- En el funcionamiento en modo de canal simple, es posible desplegar las antenas o solamente una antena puesto que el canal está compartido en el tiempo entre dos radios o dos módulos de radio. Para este último caso de utilización, no puede concebirse la utilización de una antena direccional simple puesto que la estación repetidora RS debe ser capaz de comunicar con la estación base y varias estaciones de abonado localizadas en diferentes entornos. El sistema FESA ofrece una capacidad de haz direccional aprovechando la conmutación rápida de la antena FESA.

- La posibilidad en la estación base y en las estaciones repetidoras de comunicar con sus estaciones de abonado con un mejor balance del enlace en comparación a unas antenas omnidireccionales,

- La aportación de una capacidad de reconfiguración automática de las repeticiones en caso de avería o de destrucción de una entre dos, lo que no permite la utilización de antenas directivas fijas.

REIVINDICACIONES

1. Estación repetidora RS utilizada en una red de comunicación que tiene una arquitectura en árbol constituida por varios niveles jerárquicos TL_i , comprendiendo dicha red de comunicación un punto central, tal como una estación base BS_0 del nivel jerárquico más elevado, una o varias estaciones repetidoras RS_i , y una o varias estación(es) de abonado SS_i , **caracterizada porque** una estación repetidora RS_n comprende al menos dos módulos (2A, 2B) de radio, estando adaptado un primer módulo (2A) de radio para comunicar con unas estaciones de nivel jerárquico inferior $TL_{(n+1)}$ y estando adaptado un segundo módulo (2B) de radio para comunicar con unas estaciones de nivel jerárquico superior $TL_{(n-1)}$, dicha RS utiliza dos frecuencias diferentes para las comunicaciones realizadas en el nivel jerárquico inferior $TL_{(n+1)}$ y en el nivel jerárquico superior $TL_{(n-1)}$, estando sincronizados los dos módulos (2A, 2B) de radio a la altura de su capa MAC y comprendiendo dicha estación repetidora al menos una antena (6A, 6B, 7) unida a dicha capa MAC de los módulos de radio.
2. Estación repetidora según la reivindicación 1 **caracterizada porque** dicha estación repetidora RS_n comprende una única antena (7) y **porque** un módulo (2A, 2B) de radio está constituido por una capa física (4A, 4B) en banda base, una capa física (5A, 5B) de radiofrecuencia y una capa (3A, 3B) MAC y **porque** dicha estación repetidora comprende un conmutador (8) que recibe las señales de radiofrecuencia RF de la capa física de cada uno de los módulos y también de la antena (7), recibiendo un conmutador (9) las órdenes procedentes de la capa MAC y estando unido a dicha antena.
3. Estación repetidora según la reivindicación 2 **caracterizada porque** comprende una capa física (5A, 5B) de RF común a dos módulos de radio, estando colocada dicha capa física (5A, 5B) de radiofrecuencia entre el conmutador (8) y la antena.
4. Estación repetidora según la reivindicación 1 **caracterizada porque** la trama que contiene las informaciones o datos a transmitir está compuesta por dos partes que corresponden a un periodo de recepción RX y a un periodo de emisión TX y **porque** la secuencia de transmisión es la siguiente:
- en el periodo de RX correspondiente a la ranura temporal T_1 , la parte "estación de abonado" de la estación repetidora $RS_n(SS)$ recibe un flujo de datos F_1 emitidos por la estación de nivel superior (flujo descendente), BS_{n-1} o $RS_{n-1}(BS)$ y la parte "estación base" de esta estación repetidora $RS_n(BS)$ recibe un flujo de datos flujos F_2 procedentes de una o varias estaciones de abonado SS_{n+1} o $RS_{n+1}(SS)$ de nivel jerárquico inferior (flujo ascendente),
 - en el periodo de TX, correspondiente a la ranura temporal T_2 , la parte "estación de abonado" de la estación repetidora $RS_n(SS)$ emite unos datos F_3 hacia la estación de nivel superior (flujo ascendente) BS_{n-1} o $RS_{n-1}(BS)$ y la parte "estación base" de esta estación repetidora $RS_n(BS)$ transmite unos datos F_4 hacia una o varias estaciones de nivel jerárquico inferior (flujo descendente).
5. Estación repetidora según una de las reivindicaciones 1 a 3 **caracterizada porque** la trama que contiene las informaciones o datos a transmitir está compuesta por dos partes que corresponden a un periodo de recepción RX y a un periodo de emisión TX y **porque** la secuencia de transmisión es la siguiente:
- en el primer periodo de RX (ranura temporal T_3), la parte SS de la estación repetidora $RS_n(SS)$ recibe un flujo de datos F_5 de la estación de nivel superior, durante este tiempo, la parte BS de esta estación repetidora $RS_n(BS)$ está en reposo,
 - en el primer periodo de RX, correspondiente a la ranura temporal T_4 , la parte BS de la estación repetidora $RS_n(BS)$ emite un flujo de datos F_6 hacia una o varias estación(es) de nivel inferior, a continuación una conmutación TX/RX permite a la misma parte, la $RS_n(BS)$, recibir un flujo de datos F_7 transmitidos desde el nivel jerárquico inferior,
 - en el segundo periodo de TX, ranura temporal T_6 , la parte SS de la RS_n emite un flujo de datos F_8 hacia la estación de nivel superior BS_{n+1} o $RS_{n+1}(BS)$.
6. Estación repetidora según una de las reivindicaciones 1 a 3 **caracterizada porque** la trama que contiene las informaciones o datos a transmitir está compuesta por dos partes que corresponden a un periodo de recepción RX y a un periodo de emisión TX y **porque** la secuencia de transmisión es la siguiente:
- en el primer periodo de RX, ranura temporal T_7 , la parte SS de la estación repetidora $RS_n(SS)$ recibe un flujo de datos F_9 de la estación de nivel superior $n+1$, durante este tiempo, la parte BS de esta estación repetidora $RS_n(BS)$ está en reposo,
 - en la primera parte del periodo de TX, ranura temporal T_8 , la parte BS de la estación repetidora $RS_n(BS)$ emite un flujo de datos F_{10} hacia la estación de nivel superior $n+1$, a continuación una conmutación TX/RX permite a la parte SS de la estación repetidora $RS_n(SS)$ emitir en la ranura temporal T_9 del periodo de TX hacia una o varias estación(es) de nivel jerárquico inferior $n-1$, posteriormente esta misma parte recibirá en la ranura temporal T_{10} del periodo de RX un flujo de datos F_{12} procedentes de una o varias estación(es) de nivel jerárquico inferior $n-1$.
7. Estación repetidora según la reivindicación 6 **caracterizada porque** la trama en una rama permiten unas transmisiones simultáneas en los niveles n y $n+2$, a saber por ejemplo entre BS_{n+2} y SS_{n+3} por una parte y BS_n y

SS_{n+1} por otra parte.

8. Estación repetidora según una de las reivindicaciones 1 a 6 **caracterizada porque** la sincronización se efectúa transmitiendo un motivo de sincronización T_s desde la parte de estación de abonado $RS_n(SS)$ hacia la parte estación base $RS_n(BS)$ al final del primer periodo de RX.

5 9. Estación repetidora según una de las reivindicaciones 1 a 8 **caracterizada porque** la repetición de los paquetes de datos, de control y de gestión se efectúa a la altura dos de la pila protocolaria OSI estableciendo un enlace entre dos capas MAC de los dos módulos de radio de esta misma estación.

10. Estación repetidora según una de las reivindicaciones 1 a 9 **caracterizada porque** la antena que equipa dicha estación repetidora es una antena inteligente de conmutación rápida, del tipo FESA.

10

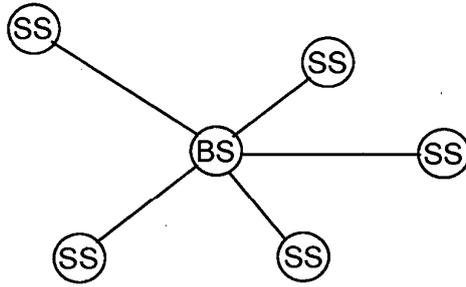


FIG.1

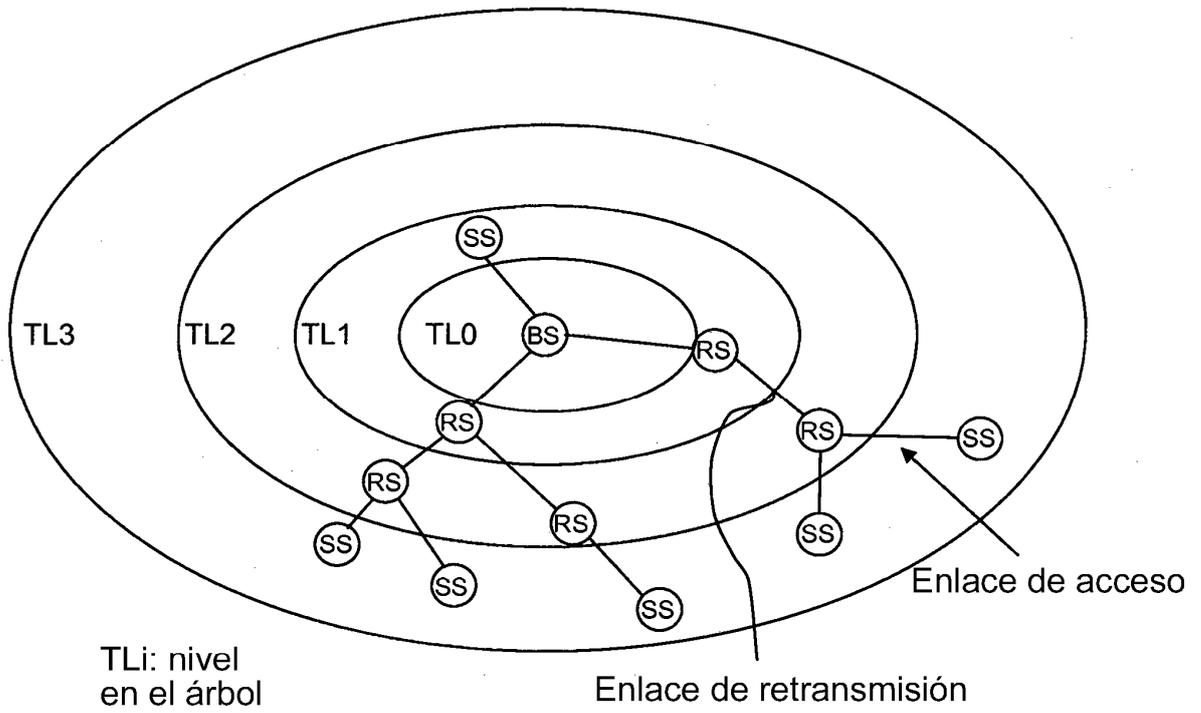


FIG.2

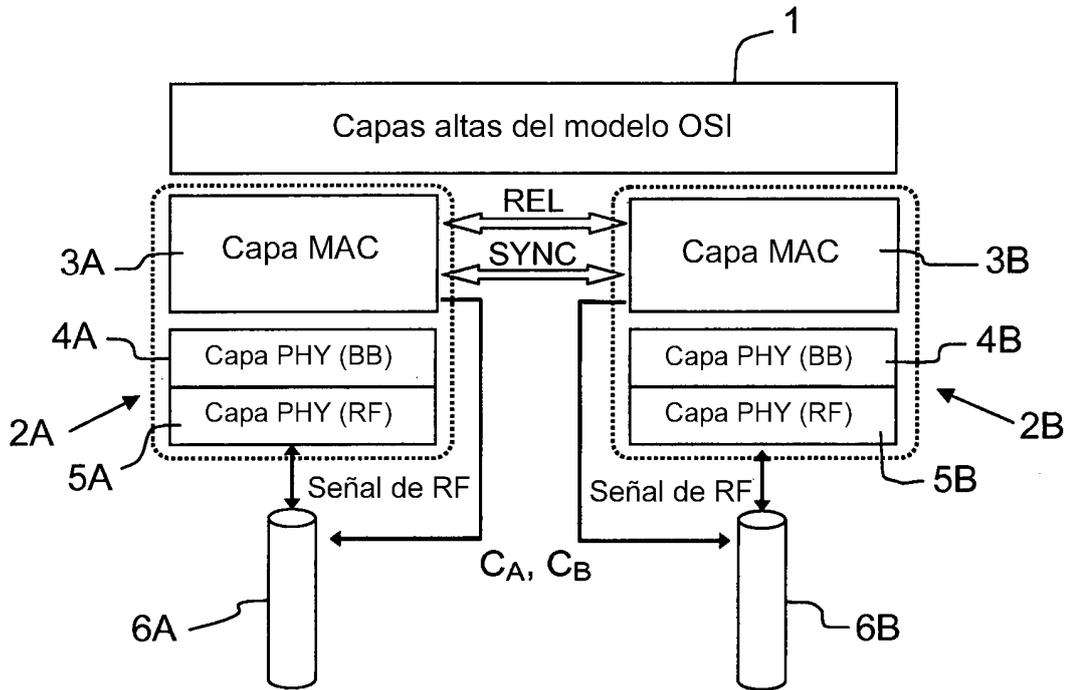


FIG.3A

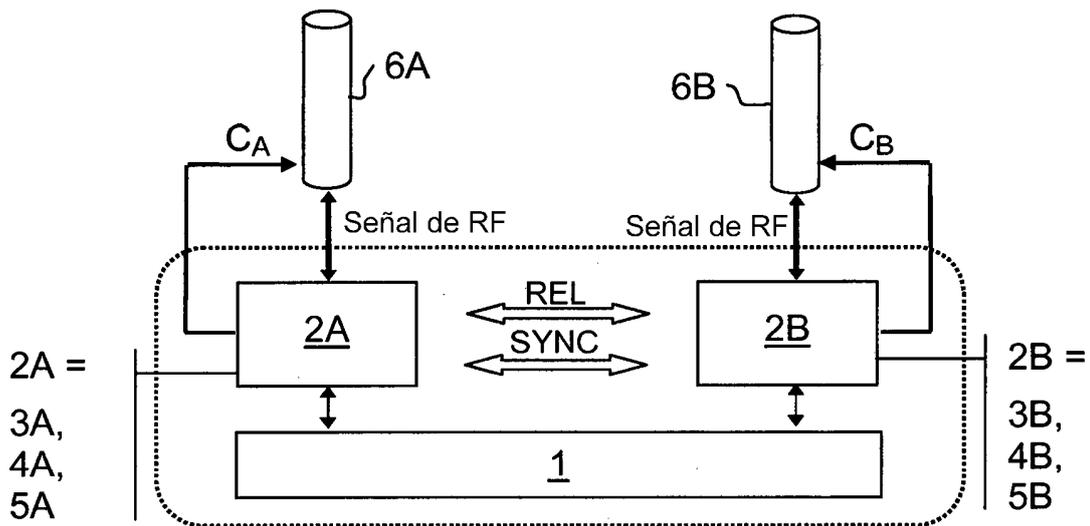
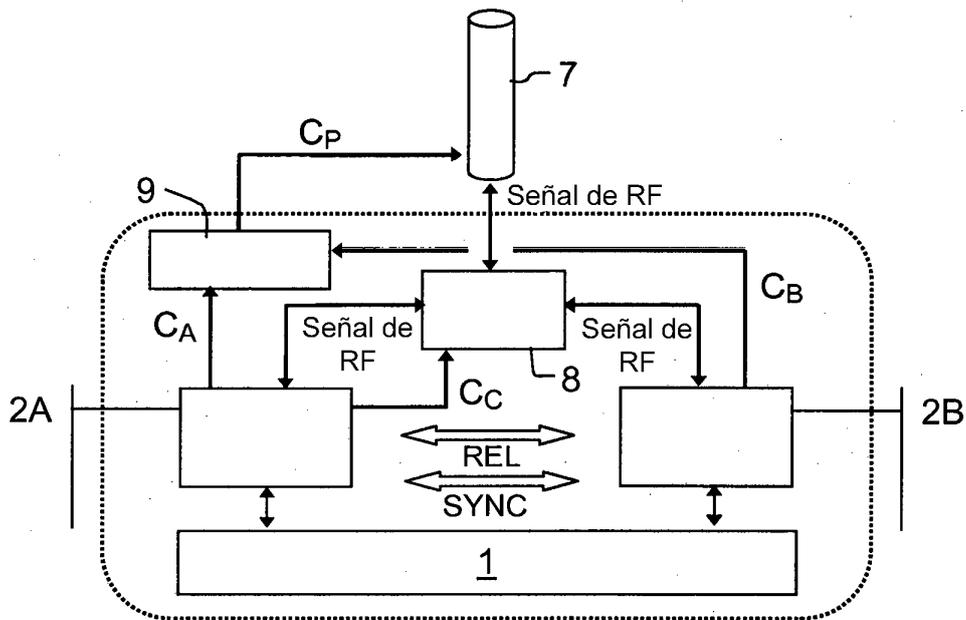
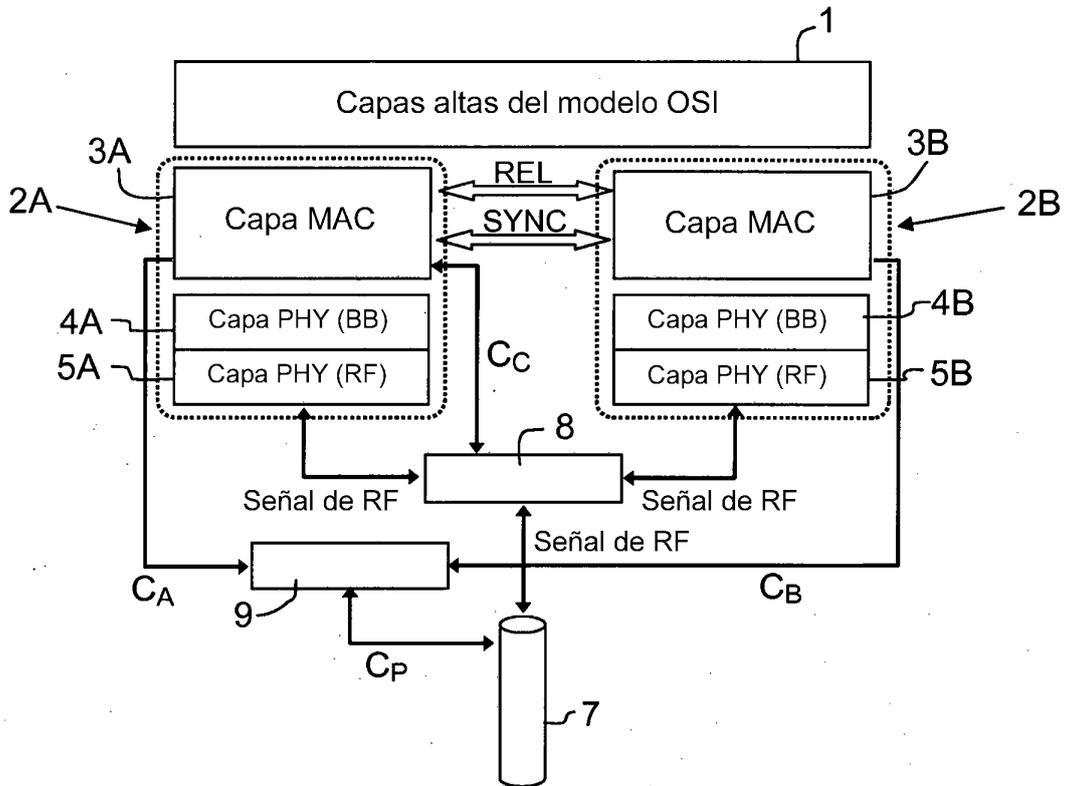


FIG.3B



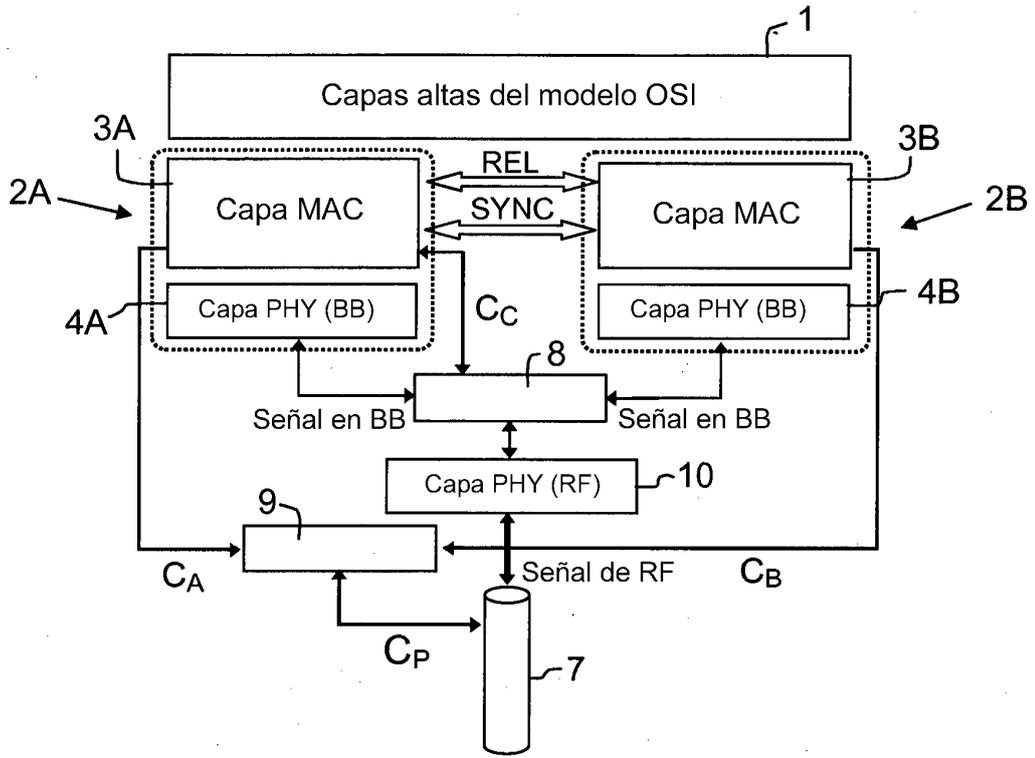


FIG.5A

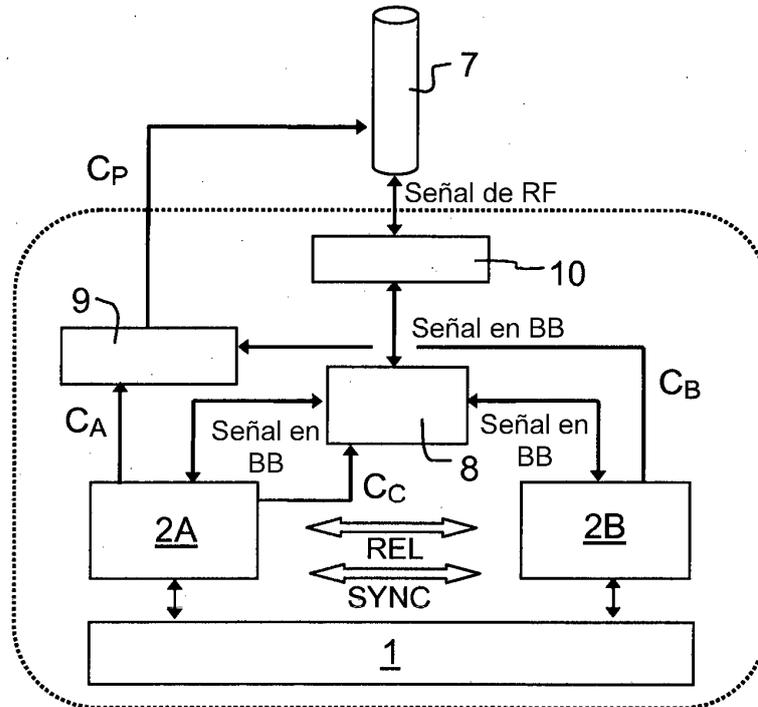


FIG.5B

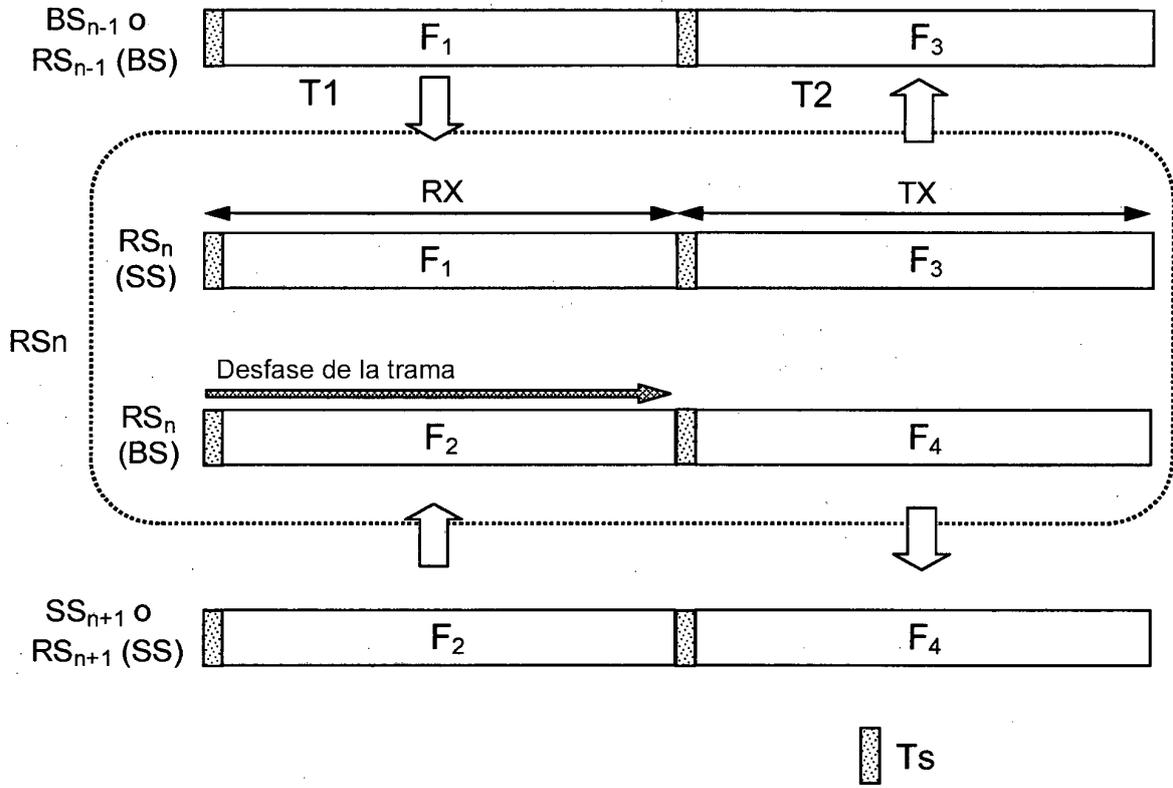


FIG.6

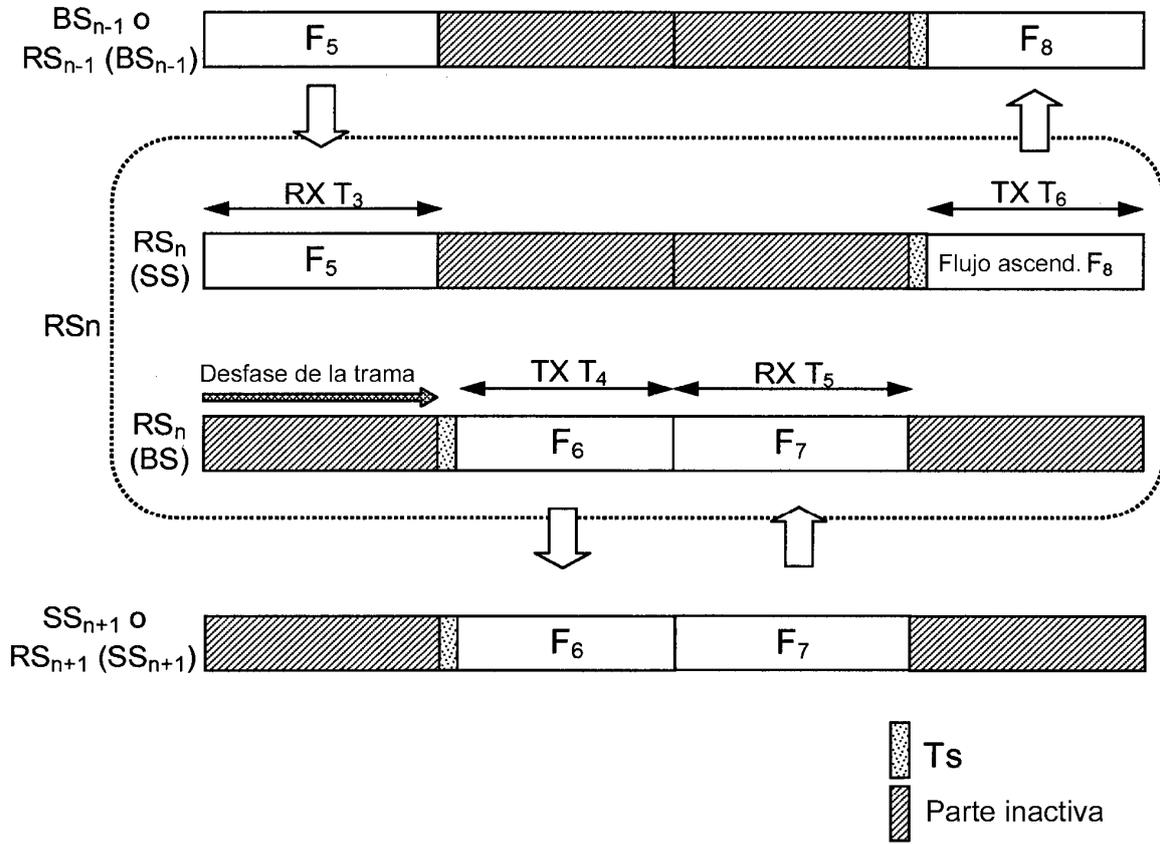


FIG.7

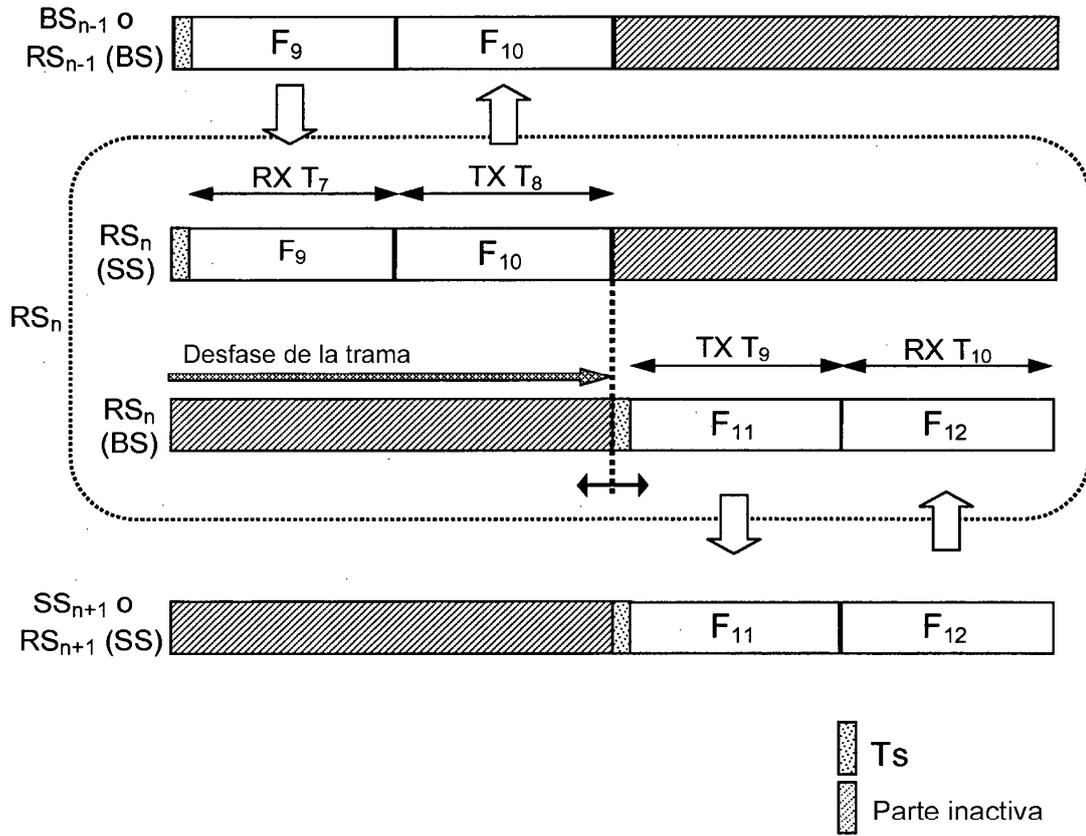


FIG.8

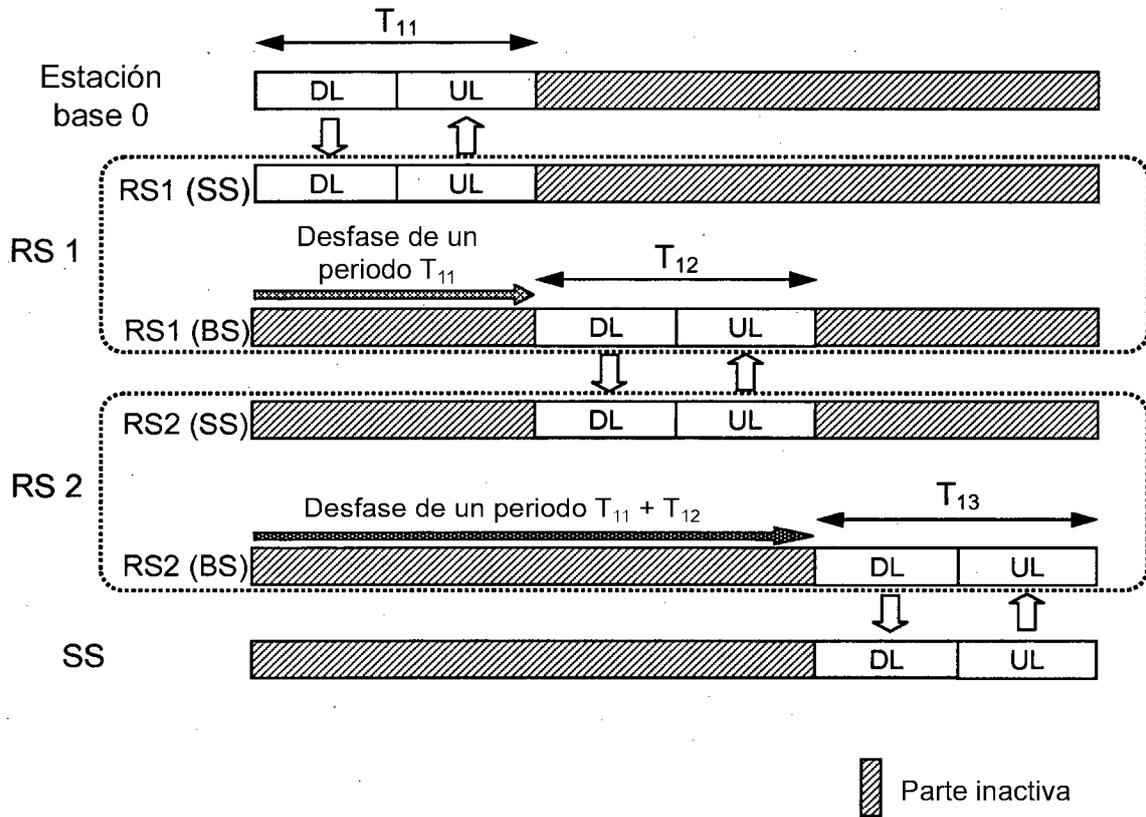


FIG.9

Tipo de nodo	Características	Flujo descendente para la subred		Flujo ascendente para la subred	
		Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4
BS o RS (BS) de la subred	Tx / Rx	Tx	Tx	Rx o Tx	Rx
	Tipo de transmisión	Difusión	Difusión o unicast		
	Modulación	Modulación simple (velocidad baja)	Modulación compleja (velocidad elevada)	Modulación simple (velocidad baja)	
	Modo de antena	Omnidireccional	Si difusión: Omnidir. Si unicast: Direcc.	Omnidireccional / Direccional	Direccional
SS o RS (SS) de la subred	Tx / Rx	Rx	Rx	Tx	Tx
	Tipo de transmisión			Unicast	Unicast
	Modulación			Modulación simple (velocidad baja)	Modulación compleja (velocidad elevada)
	Modo de antena	Direccional	Direccional	Direccional	Direccional

FIG.10

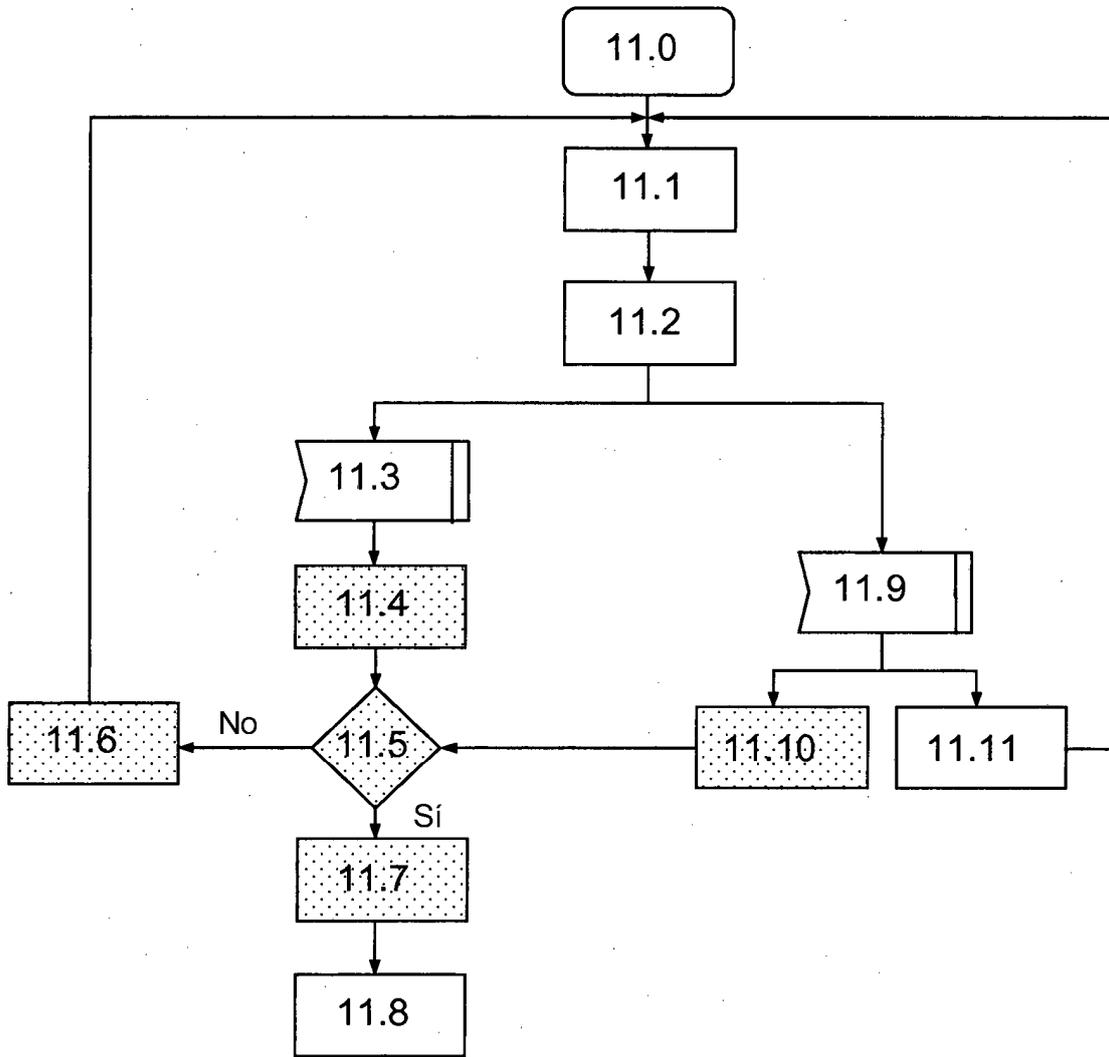


FIG.11

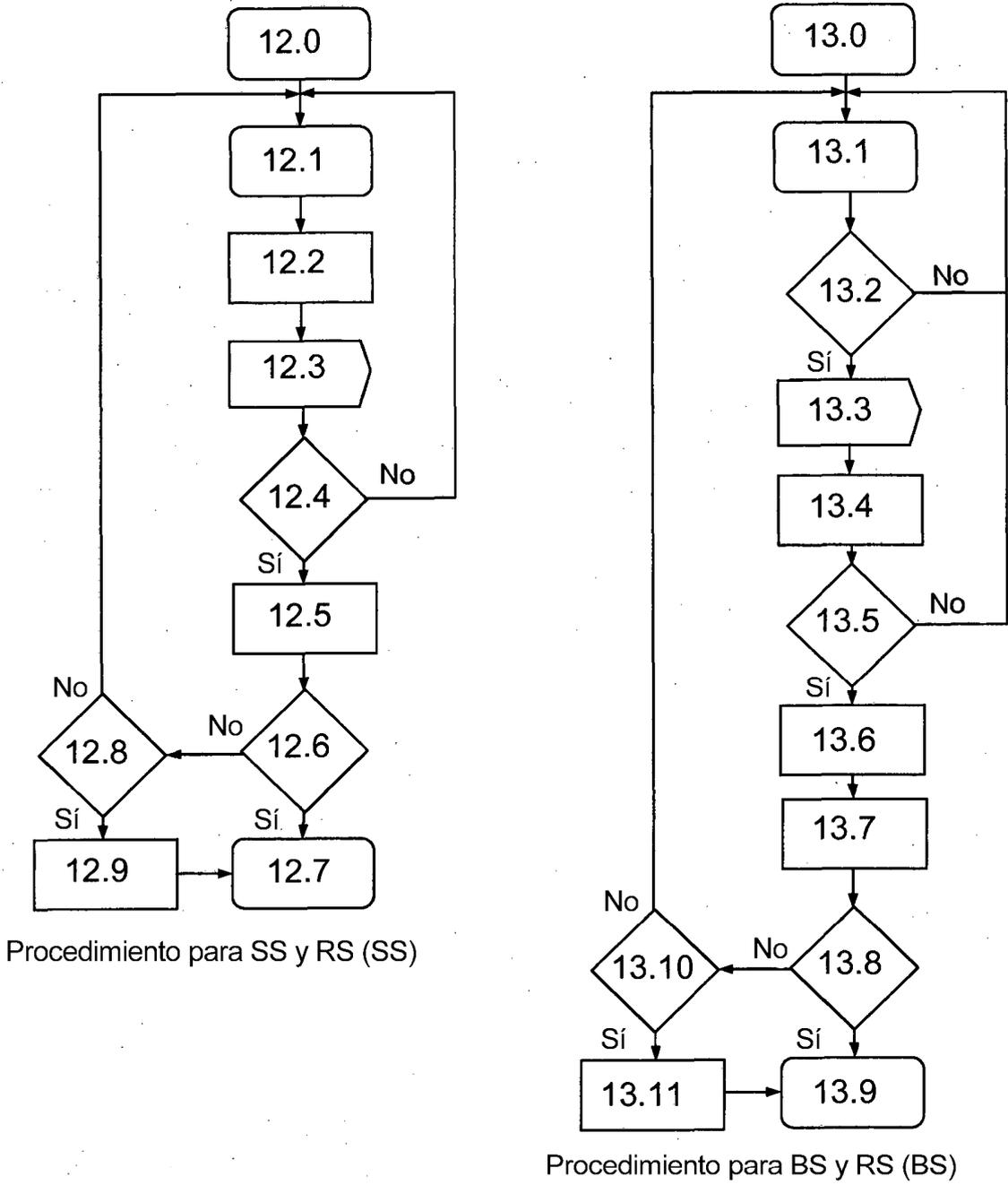


FIG.12

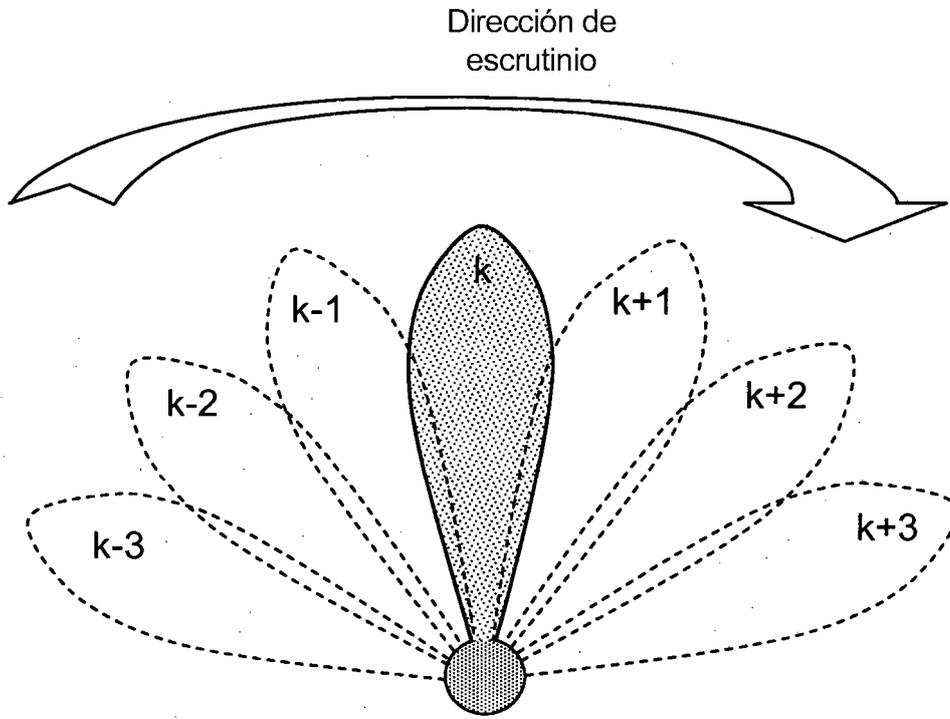


FIG.13