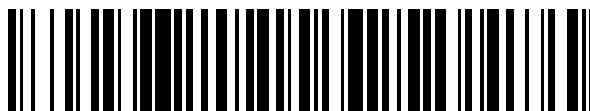


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 544**

51 Int. Cl.:

H04B 3/54 (2006.01)

H04W 84/18 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.06.2015** E 15170279 (2)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.03.2017** EP 2953270

54 Título: **Procedimiento de selección de un dispositivo nodo padre en una red de comunicación en forma de árbol**

30 Prioridad:

03.06.2014 FR 1455018

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

03.08.2017

73 Titular/es:

SAGEMCOM ENERGY & TELECOM SAS (100.0%)
250 route de l'Empereur
92500 Rueil-Malmaison, FR

72 Inventor/es:

TEBOULLE, HENRI;
SERGI, JÉRÉMIE y
MORO, PAOLO

74 Agente/Representante:

AZNÁREZ URBIETA, Pablo

ES 2 628 544 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de selección de un dispositivo nodo padre en una red de comunicación en forma de árbol

5 La presente invención se refiere a una selección de un dispositivo nodo padre en una red de comunicación en forma de árbol de dispositivos nodo implementada en una red de suministro eléctrico.

10 Las comunicaciones por corrientes portadoras en línea PLC ("PowerLine Communications" en inglés) se desarrollan principalmente en el marco de las redes de suministro eléctrico de tipo AMM ("Automated Meter Management" en inglés). Así, se utilizan redes de comunicación por encima de redes de suministro eléctrico para la recogida automatizada, desde contadores eléctricos inteligentes ("smart meters" en inglés), de datos de lectura del consumo energético.

15 Tales redes de comunicación pueden tener forma de árbol, lo que permite ampliar el alcance de las comunicaciones. Por ejemplo, es el caso en las especificaciones PRIME ("PowerLine Intelligent Metering Evolution" en inglés). Los dispositivos de esta red de comunicación se denominan en general nodos. Un dispositivo nodo cumple el papel de raíz de la red de comunicación y administra dicha red organizando el uso compartido de un mismo soporte de comunicación: emisión de balizas de sincronización, gestión de topología... Algunos dispositivos nodo sirven entonces de relés para otros dispositivos nodo de la red de comunicación cuando estos últimos no logran recibir directamente informaciones del dispositivo nodo raíz y para transmitir directamente informaciones al dispositivo nodo raíz. Se dice entonces que la red de comunicación está jerarquizada. En las especificaciones PRIME, un dispositivo concentrador de datos ("data concentrator" en inglés), a veces denominado *nodo base* ("base node" en inglés) cumple el papel de nodo raíz, y unos contadores eléctricos, denominados *nodos conmutadores* ("switch node" en inglés), cumplen el papel de relés entre el dispositivo concentrador de datos y otros contadores eléctricos, denominados *nodos terminales* ("terminal node" en inglés). Entonces, pueden ser necesarios varios relés para permitir a un dispositivo nodo terminal comunicarse con el dispositivo nodo raíz. Dicha jerarquía de la red de comunicación define entonces una dirección ascendente de transmisión, a saber, desde un dispositivo nodo conmutador o terminal hacia el dispositivo concentrador de datos, eventualmente a través de uno o varios dispositivos nodos conmutadores. Dicha jerarquía de la red de comunicación define también una dirección inversa de transmisión, denominada *descendente*. Un primer dispositivo nodo que sirve de relé para un segundo dispositivo nodo se denomina *padre*, mientras que en esta relación inter-nodo, el segundo dispositivo nodo se denomina *hijo*. Se dice también que el segundo dispositivo nodo está conectado al primer dispositivo nodo.

25 Se requiere entonces encontrar una solución que permita a un dispositivo nodo de tal red de comunicación conectarse a un dispositivo nodo padre que permita garantizar una estabilidad duradera de la jerarquía de la red de comunicación. La solicitud de patente US 2012/294377 divulga una solución del estado actual de la técnica.

35 La presente invención se refiere a un procedimiento de selección del dispositivo nodo padre en una red de comunicación en forma de árbol de dispositivos nodo implementado en una red de suministro eléctrico, pudiendo los dispositivos nodo ser relés entre un dispositivo nodo raíz del árbol y otros dispositivos nodo que están respectivamente conectados a ellos. El procedimiento es tal que al menos un primer dispositivo nodo realiza las etapas siguientes: obtener, de varios segundos dispositivos nodo que pueden desempeñar el papel de dispositivo nodo padre para dicho dispositivo nodo en el seno de la red de comunicación, primeras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción con respecto a las señales emitidas por el primer dispositivo nodo y recibidas por los segundos dispositivos nodo; obtener unas segundas informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción con respecto a señales emitidas por cada segundo dispositivo nodo y recibidas por el primer dispositivo nodo; y seleccionar el dispositivo nodo padre entre dichos segundos dispositivos nodo en función de dichas primeras y segundas informaciones obtenidas. Así, gracias a dichas primeras y segundas informaciones obtenidas, el dispositivo nodo mejora la estabilidad en el tiempo de la jerarquía (ligada a la forma de árbol) de la red de comunicación.

40 Según una forma de realización particular, para seleccionar el dispositivo nodo padre, el primer dispositivo nodo realiza las etapas siguientes: determinar para cada segundo nodo un mínimo de calidad de recepción entre la primera información de calidad de recepción y la segunda información de calidad de recepción; y seleccionar como dispositivo nodo padre el segundo dispositivo nodo para el cual la primera información de nivel de recepción es representativa de un nivel de recepción superior al umbral predefinido, para el cual la segunda información de nivel de recepción es también representativa de un nivel de recepción superior a un umbral predefinido y para el cual dicho mínimo determinado es el máximo entre dichos mínimos determinados.

45 Según una forma de realización particular, el primer dispositivo nodo obtiene dichas primeras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción mediante el envío de un requerimiento, correspondiendo dichas primeras informaciones a una calidad de recepción y/o a un nivel de recepción relativos a dicho requerimiento.

Según una forma de realización particular, dichas segundas informaciones corresponden a una calidad de recepción y/o a un nivel de recepción relativos a una respuesta a dicho requerimiento.

Según una forma de realización particular, dichas primeras informaciones corresponden a una calidad de recepción y/o a un nivel de recepción relativos a señales transmitidas por el primer dispositivo nodo y recibidas por dicho segundo dispositivo nodo padre en una ventana desplazable predefinida, y dichas segundas informaciones corresponden a una calidad de recepción y/o a un nivel de recepción relativos a señales transmitidas por dicho segundo dispositivo nodo y recibidas por el primer dispositivo nodo en la ventana desplazable predefinida.

Según una forma de realización particular, dicho procedimiento se reitera periódicamente.

Según una forma de realización particular, el primer dispositivo nodo, por estar conectado a un dispositivo nodo padre en la red de comunicación, obtiene dichas primeras y segundas informaciones con respecto al dispositivo nodo padre y con respecto a al menos un dispositivo nodo elegible como padre, decidiendo el primer dispositivo nodo cambiar o no de dispositivo nodo padre en función de dichas primeras y segundas informaciones obtenidas.

Según una forma particular de realización, ante la posibilidad de que surjan fenómenos de diafonía, en cada transmisión en la red de comunicación en dirección al dispositivo nodo raíz ascendente y cada transmisión en dirección contraria descendente, el primer dispositivo nodo realiza las etapas siguientes: obtener a través del dispositivo nodo padre dichas primeras informaciones de calidad y de nivel de recepción; utilizar, para transmitir señales en el marco de las transmisiones descendentes, un nivel de emisión fijo a un nivel de emisión máximo de dicho dispositivo nodo; y ajustar, en función de dichas informaciones obtenidas, un nivel de emisión de dicho dispositivo nodo utilizado para transmitir (604) señales en el marco de las transmisiones ascendentes, de modo que siga permitiendo a dicho dispositivo nodo padre recibir dichas señales minimizando al mismo tiempo interferencias relacionadas con los fenómenos de diafonía.

Según una forma particular de realización, la primera información de calidad de recepción obtenida con el dispositivo nodo padre es una información de relación señal-ruido, el primer dispositivo nodo determina el nivel de emisión V a aplicar en el marco de transmisiones ascendentes del modo siguiente:

$$\left\{ \begin{array}{l} V = N_{Tx_U} - \min((SNR - SNR_OK), (RX_LV - RX_LV_OK)) \\ \text{donde, si } V > N_{Tx_Max}, V = N_{Tx_Max} \\ \text{y : si } V < N_{Tx_Min}, V = N_{Tx_Min} \end{array} \right.$$

donde V se expresa en decibelios-microvoltios y donde: SNR, expresado en decibelios, es la información de relación señal-ruido; RX_LV, expresado en decibelios-microvoltios, es la primera información de nivel de recepción obtenida con el dispositivo nodo padre; N_{Tx_U} , expresado en decibelios-microvoltios es el nivel de emisión utilizado por el primer dispositivo nodo para emitir las señales cuyas informaciones SNR y RX_LV son relativas; SNR_OK, expresado en decibelios es un umbral de relación señal de ruido por debajo del cual se considera que la transmisión de referencia presenta riesgos no aceptables de fracaso; RX_LV_OK, expresado en decibelios-microvoltios es dicho umbral predefinido; N_{Tx_Max} es el nivel de emisión máximo y N_{Tx_Min} es un nivel de emisión mínimo para transmitir datos en la red de comunicación.

Según una forma de realización particular, el primer dispositivo nodo, al desconectarse de la red de comunicación, emite un requerimiento representativo de una solicitud de obtener dichas primeras informaciones y selecciona el dispositivo nodo padre para integrar o reintegrar la red de comunicación entre dichos segundos dispositivos nodos en función de las primeras y segundas informaciones obtenidas.

La invención se refiere igualmente a un dispositivo nodo destinado a ser utilizado en una red de comunicación en forma de árbol de dispositivos nodo implementado en una red de suministro eléctrico, pudiendo los dispositivos nodo ser relés entre un dispositivo nodo raíz del árbol y otros dispositivos nodo conectados a ellos respectivamente. El dispositivo nodo, denominado primer dispositivo nodo, comprende: medios para obtener de varios segundos dispositivos nodo, que pueden desempeñar el papel de dispositivo nodo padre para el primer dispositivo nodo en el seno de la red de comunicación, unas primeras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción con respecto a las señales emitidas por el primer dispositivo nodo y recibidas por los segundos dispositivos nodo; medios para obtener segundas informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción con respecto a señales emitidas por cada segundo dispositivo nodo y recibidas por el primer dispositivo nodo; y medios para seleccionar el dispositivo nodo padre entre dichos segundos dispositivos nodo en función de las primeras y segundas informaciones obtenidas.

La invención se refiere también a un programa de ordenador que puede ser guardado en un soporte y/o descargado de una red de comunicación, para ser leído por un procesador. Dicho programa de ordenador comprende instrucciones para implementar el procedimiento mencionado anteriormente cuando dicho programa es ejecutado por el procesador. La invención se refiere igualmente a medios de almacenamiento que comprenden dicho programa de ordenador.

Las características de la invención mencionadas anteriormente, así como otras, surgirán con mayor claridad de la lectura de la descripción siguiente de un ejemplo de realización, descripción en relación a las figuras adjuntas, en las cuales:

- 5 Fig. 1: ilustra esquemáticamente una red de comunicación implementada en una red de suministro eléctrico en el cual puede realizarse la invención.
- Fig. 2: ilustra esquemáticamente un ejemplo de arquitectura material de un dispositivo nodo de la red de comunicación;
- Fig. 3: ilustra esquemáticamente un algoritmo realizado por un dispositivo nodo de la red de comunicación de re-selección eventual de un dispositivo nodo padre en la red de comunicación;
- 10 Fig. 4: ilustra esquemáticamente un formato de paquete emitido en la red de comunicación;
- Fig. 5: ilustra esquemáticamente un algoritmo realizado por un dispositivo nodo que quiere integrar (o reintegrar) la red de comunicación de selección de un dispositivo nodo padre en la red de comunicación;
- 15 Fig. 6: ilustra esquemáticamente un algoritmo de transmisión de datos realizado por un dispositivo nodo de la red de comunicación;
- Fig. 7: ilustra esquemáticamente un algoritmo realizado por un dispositivo nodo de la red de comunicación de procesamiento de un mensaje de requerimiento de informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción;
- 20 Fig. 8: ilustra esquemáticamente un algoritmo realizado por un dispositivo nodo de la red de comunicación de procesamiento de un mensaje de respuesta que incluye informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción; y
- Fig. 9: ilustra esquemáticamente un algoritmo realizado por un dispositivo nodo de la red de comunicación de configuración de una interfase de transmisión de datos de dicho dispositivo nodo.

25 La descripción a continuación detalla la presente invención en el marco de una red de comunicación en árbol implementada en una red de suministro eléctrico para operar servicios de tipo AMM, más particularmente conforme a las especificaciones PRIME (salvo intercambios de mensajes que incluyen informaciones de calidad de recepción de señal y de nivel de recepción de señal ("Received Signal Strength" en inglés) y de operaciones de procesamiento de dichas informaciones que se introducen en el marco de la presente invención). Es necesario señalar que la presente invención se aplica a toda red de comunicación en árbol (por tanto

30 jerarquizada) cuya estructura (jerarquía) puede cambiar en función de las interferencias detectadas en el transcurso de las transmisiones.

La Fig. 1 ilustra esquemáticamente una red de comunicación 121 en forma de árbol implementada en una red de suministro eléctrico donde puede realizarse la invención.

35 La red de comunicación 121 tiene forma de árbol donde el dispositivo nodo particular 110, denominado *dispositivo concentrador*, conforma la raíz. La red de comunicación 121 está así jerarquizada y destinada a permitir conectar una pluralidad de dispositivos nodo al dispositivo concentrador 110. En el cuadro de la Fig. 1, los dispositivos nodo que la red de comunicación 121 quiere conectar al dispositivo concentrador 110 son contadores eléctricos inteligentes. La red de comunicación 121 permite entonces establecer comunicaciones con corrientes portadoras en línea PLC.

40 Dado el alcance de las comunicaciones con corrientes portadoras en línea PLC, algunos dispositivos nodos desempeñan el papel de relés entre unos dispositivos nodos terminales (que no desempeñan el papel de relés) y el dispositivo concentrador 110. Algunas comunicaciones entre los dispositivos nodos terminales y el dispositivo concentrador 110 pueden necesitar varios relés sucesivos. Esto define por tanto conexiones de dispositivos nodo entre sí para formar el árbol que constituye la red de comunicación 121. Un dispositivo nodo que no está

45 conectado a la red de comunicación 121 es un dispositivo desconectado ("disconnected" en inglés).

Esta situación se muestra en la Fig. 1. Un dispositivo nodo terminal 132 está directamente conectado al dispositivo concentrador 110. Otros dos dispositivos nodo 130 y 131 están también conectados directamente al dispositivo concentrador 110. Estos dos dispositivos nodo 130 y 131 desempeñan el papel de relés entre el dispositivo concentrador 110 y otros dispositivos nodo. El dispositivo nodo 130 desempeña el papel de relé entre

50 el dispositivo concentrador 110 y un dispositivo nodo 133 que también desempeña el papel de relé entre el dispositivo nodo 130 y un dispositivo nodo terminal 137. Las comunicaciones entre el dispositivo concentrador 110 y el dispositivo nodo terminal 137 pasan entonces por dos relés sucesivos, a saber, los dispositivos nodos relés 130 y 133. El dispositivo nodo 131 desempeña el papel de relé entre el dispositivo concentrador 110 y otros tres dispositivos nodo 134, 135 y 136. Los dispositivos nodo 134 y 136 son dispositivos nodo terminales y el dispositivo nodo 135 desempeña el papel de relé entre el dispositivo nodo 131 y dos dispositivos nodo terminales

55 138 y 139.

La Fig. 1 muestra también un dispositivo nodo 140 que representa un dispositivo desconectado.

60 Es necesario comprender que la topología de la red de comunicación 121 no es fija. La Fig. 1 representa la topología de la red de comunicación 121 en un momento dado. Por ciertos problemas, principalmente fenómenos de diafonía y otras interferencias, algunos dispositivos nodo pueden estar desconectados de la red de comunicación 121 y entonces intentan reconectarse a la red de comunicación 121. La topología de la red de

comunicación 121 después de la reconexión resulta probablemente diferente a la topología de la red de comunicación 121 antes de la desconexión. La diafonía es un fenómeno que permite propagarse señales, típicamente por acoplamiento capacitivo, sin pasar por pares de cobre propiamente dichos, sino por uniones parásitas no visibles. Los fenómenos de diafonía son inestables en el tiempo, ya que pueden variar en función de la temperatura o de la actividad en la red de comunicación por corrientes portadoras en línea PLC. Se señala igualmente que puede haber fenómenos de diafonía en el seno de un mismo aparato, debido a uniones de cobre en circuitos impresos y/o a algunos componentes constitutivos de dicho aparato.

Las comunicaciones en la red de comunicación 121 se efectúan preferentemente bajo la forma de tramas divididas en tres partes.

Una primera parte de cada trama está dedicada a la emisión periódica de balizas (“beacons” en inglés). Estas balizas contienen informaciones que sirven, entre otras, para el descubrir y sincronizar la red de comunicación 121. Se definen varios intervalos de tiempo (“time slots” en inglés) en dicha primera parte de cada trama: un intervalo de tiempo está dedicado a la emisión de balizas por parte del dispositivo concentrador 110 y los demás intervalos de tiempo están dedicados a la emisión periódica de balizas por parte de los dispositivos nodo conmutadores, con el fin de permitir la sincronización de los dispositivos nodo respectivamente conectados a dichos dispositivos nodo conmutadores. El dispositivo concentrador 110 se encarga de atribuir un intervalo de tiempo de dicha primera parte de cada trama (así como una frecuencia de emisión) a cada dispositivo nodo conmutador.

Una segunda parte de cada trama está dedicada a las comunicaciones por parte de todos los dispositivos nodo de la red de comunicación. Se activa un mecanismo de tipo CSMA/CA (“Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance” en inglés), sin opción RTS/CTS (“Request To-Send/Clear-To-Send” en inglés). Cuando un dispositivo nodo debe enviar un paquete o un mensaje, dicho dispositivo nodo detecta el estado de ocupación del soporte de comunicación (*i.e.* canal de transmisión) y decide o no enviar el paquete o el mensaje en cuestión. Un plazo aleatorio para aplicar independientemente, desde el inicio de dicha segunda parte de trama, por parte de cada dispositivo nodo que quiere emitir, permite reducir el riesgo de colisión.

Una tercera parte de cada trama está dedicada a las comunicaciones por parte de dispositivos nodo específicos de la red de comunicación 121. Se vuelve a encontrar dicha tercera parte de trama en las especificaciones PRIME bajo el acrónimo CFP (“Contention-Free Period” en inglés).

Los mensajes a los cuales se hace referencia en la continuación del documento se intercambian de así en forma de paquetes en la segunda parte de trama, aplicando el mecanismo de tipo CSMA/CA. Dichos mensajes se presentan preferentemente bajo un formato de paquete compatible con las especificaciones PRIME y descrito a continuación en relación con la Fig. 4.

La Fig. 2 ilustra esquemáticamente un ejemplo de arquitectura material de un dispositivo nodo de la red de comunicación 121, ya sea el dispositivo concentrador 110, un dispositivo nodo conmutador o un dispositivo nodo terminal.

A título ilustrativo, consideramos que la Fig. 2 representa esquemáticamente la arquitectura nodo conmutador 135. El dispositivo nodo conmutador 135 comprende entonces, conectados por un bus de comunicación 210: un procesador o CPU (“Central Processing Unit” en inglés) 201; una memoria viva RAM (“Random Access Memory” en inglés) 202; una memoria muerta ROM (“Read Only Memory” en inglés) 203; una unidad de almacenamiento o un lector de soporte de almacenamiento, tal como un lector de tarjetas SD (“Secure Digital” en inglés) 204; una interfase de emisión-recepción (“transceiver interface” en inglés) 205 de señales corrientes portadoras en línea PLC, que le permite al dispositivo nodo conmutador 135 comunicar en el seno de la red de comunicación 121.

El procesador 201 es capaz de ejecutar instrucciones grabadas en la RAM 202 a partir de la ROM 203, de una memoria externa (no mostrada), de un soporte de almacenamiento (una tarjeta SD) o de una red de comunicación. Cuando el dispositivo nodo conmutador 135 se pone bajo tensión, el procesador 201 es capaz de leer instrucciones de la RAM 202 y ejecutarlas. Dichas instrucciones conforman un programa de ordenador que activa, a través del procesador 201, todo o parte de los algoritmos y etapas descritos a continuación.

Todo o parte de los algoritmos y etapas descritos a continuación puede implementarse bajo la forma de un programa mediante la ejecución de un conjunto de instrucciones por parte de una máquina programable, por ejemplo un procesador, un DSP (“Digital Signal Processor” en inglés) o un microcontrolador, o ser implementado bajo una forma material por una máquina o un componente dedicado, por ejemplo un FPGA (“Field-Programmable Gate Array” en inglés) o un ASIC (“Application-Specific Integrated Circuit” en inglés).

La Fig. 3 ilustra esquemáticamente un algoritmo llevado a cabo por un dispositivo nodo de la red de comunicación 121 de re-selección eventual de un dispositivo nodo padre en la red de comunicación 121. Se considera, al iniciar el algoritmo de la Fig. 3, que dicho dispositivo nodo está conectado a un dispositivo nodo padre en la red de comunicación 121.

En una etapa 301, el dispositivo nodo obtiene unas primeras informaciones de calidad de recepción (*e.g.* de relación señal de ruido SNR) y de nivel de recepción RX_LV por parte de dicho dispositivo nodo padre. Las primeras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV son relativas a señales emitidas

por dicho dispositivo nodo y recibidas por dicho dispositivo nodo padre. Las primeras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV son obtenidas por dicho dispositivo nodo padre por intercambio de mensajes LSE_REQ y LSE_RSP, como se detalla a continuación en relación con las Figs. 7 y 8.

5 En una etapa 302, el dispositivo nodo obtiene segundas informaciones de calidad de recepción (e.g. de relación señal-ruido SNR) y de nivel de recepción RX_LV complementarias de dichas primeras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV. Dichas segundas informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV son relativas a señales emitidas por dicho dispositivo nodo padre y recibidas por dicho dispositivo nodo. Dichas segundas informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV son complementarias a dichas primeras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV porque dichas primeras y segundas informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV permiten determinar conjuntamente las condiciones de transmisión bidireccional entre dicho dispositivo nodo y el dispositivo nodo padre.

15 En una etapa 303, el dispositivo nodo difunde ("broadcast" en inglés) un requerimiento único LSE_REQ. Dicho requerimiento LSE_REQ es representativo de una solicitud de obtención, ante cualquier dispositivo nodo elegible como padre de dicho dispositivo nodo, de terceras informaciones de calidad de recepción (e.g. de relación señal de ruido SNR) y de nivel de recepción RX_LV con respecto a señales emitidas por dicho dispositivo nodo y recibidas por el dispositivo nodo elegible como padre. Preferentemente, dicho requerimiento LSE_REQ tiene el formato de paquete conforme a las especificaciones PRIME, tal como se describe a continuación en la Fig. 4. En una variante de realización, cuando el dispositivo nodo conoce la topología de la red de comunicación 121, transmite un requerimiento LSE_REQ a cada dispositivo elegible como padre de dicho dispositivo nodo.

25 En una etapa 304, el dispositivo nodo recibe, proveniente de al menos un dispositivo nodo elegible como padre, una respuesta respectiva LSE_RSP a cada requerimiento LSE_REQ transmitido en la etapa 303. Cada respuesta LSE_RSP incluye las terceras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV solicitadas por dicho dispositivo nodo a través del requerimiento LSE_REQ correspondiente. Preferentemente, cada respuesta LSE_RSP tiene el formato de paquete conforme a las especificaciones PRIME, tal como se describe a continuación en relación con la Fig. 4. Mediante los mensajes LSE_REQ y LSE_RSP intercambiados en las etapas 303 y 304, el dispositivo nodo obtiene dichas terceras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV solicitadas.

30 En una etapa 305, el dispositivo nodo extrae de cada respuesta LSE_RSP las terceras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV transmitidas por el dispositivo nodo elegible como padre.

35 En una etapa 306, el dispositivo nodo obtiene cuartas informaciones de calidad de recepción (e.g. de relación señal-ruido SNR) y de nivel de recepción RX_LV complementarias a dichas terceras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV. Dichas cuartas informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV son relativas a señales emitidas por dicho dispositivo nodo elegible como padre y recibidas por dicho dispositivo nodo. Estas cuartas informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV son complementarias a dichas terceras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV porque dichas terceras y cuartas informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV permiten determinar conjuntamente las condiciones de transmisión bidireccional entre dicho dispositivo nodo y cada dispositivo nodo elegible como padre (distinto al dispositivo nodo padre actual).

40 En una etapa 307, el dispositivo nodo compara cada información de nivel de recepción RX_LV entre las primeras, segundas, terceras y cuartas informaciones con un umbral predefinido RX_LV_OK. El umbral predefinido RX_LV_OK, expresado en dBµV (decibelios-microvoltios), es un umbral de nivel de recepción por debajo del cual se considera que la transmisión en cuestión presenta riesgos de fracaso no aceptables. Por ejemplo, el umbral predefinido RX_LV_OK, está fijado en 75 dBµV (decibelios-microvoltios). El dispositivo nodo parte entonces de una lista de dispositivos nodos padres potenciales, que incluye al dispositivo padre al cual se encuentra actualmente conectado dicho dispositivo nodo y cada dispositivo nodo elegible como padre que ha transmitido una respuesta LSE_RSP recibida en la etapa 304. A continuación, el dispositivo nodo excluye de la lista al dispositivo nodo padre actual, si el nivel de recepción RX_LV indicado en dichas primeras informaciones es inferior al umbral predefinido RX_LV_OK o si el nivel de recepción RX_LV indicado en dichas segundas informaciones es inferior al umbral predefinido RX_LV_OK. Además, el dispositivo nodo excluye de la lista cada dispositivo nodo elegible como padre si el nivel de recepción RX_LV indicado en dichas terceras informaciones relativas a dicho dispositivo nodo elegible como padre es inferior al umbral predefinido RX_LV_OK o si el nivel de recepción RX_LV indicado en las cuartas informaciones relativamente a dicho dispositivo nodo elegible como padre es inferior al umbral predefinido RX_LV_OK. A continuación el dispositivo nodo determina el mínimo MIN_A entre la calidad de recepción indicada en dichas primeras informaciones y la calidad de recepción indicada en las segundas informaciones. Y, para cada dispositivo nodo elegible como padre que queda en la lista, el dispositivo nodo determina el mínimo MIN_B entre la calidad de recepción indicada en dichas terceras informaciones relativas a dicho dispositivo nodo elegible como padre y la calidad de recepción indicada en dichas cuartas informaciones relativas a dicho dispositivo nodo elegible.

60 En una etapa 308, el dispositivo nodo verifica si un cambio de dispositivo nodo padre permitiría mejorar la estabilidad de la red de comunicación 121, es decir si las condiciones de transmisión bidireccional entre dicho dispositivo nodo y un dispositivo nodo elegible como padre son mejores que las condiciones de transmisión

bidireccional entre dicho dispositivo nodo y el dispositivo nodo padre actual. Se considera que las condiciones de transmisión bidireccional entre dicho dispositivo nodo y un dispositivo nodo elegible como padre son mejores que las condiciones de transmisión bidireccional entre dicho dispositivo nodo y el dispositivo nodo padre actual cuando el mínimo MIN_B relativo a dicho dispositivo nodo elegible como padre es superior al mínimo MIN_A. En ese caso, es preferible elegir como padre dicho dispositivo nodo elegible como padre.

Cuando un cambio de dispositivo nodo padre permite mejorar la estabilidad de la red de comunicación 121, se realiza una etapa 309; en caso contrario se realiza una etapa 310.

En la etapa 309, el dispositivo nodo selecciona un nuevo dispositivo nodo padre entre los dispositivos nodos elegibles como padres para los cuales el mínimo MIN_B relativo a dicho dispositivo nodo elegible como padre es superior al mínimo MIN_A. Preferentemente, el dispositivo nodo selecciona como nuevo dispositivo nodo padre el dispositivo nodo elegible como padre para el cual el mínimo MIN_B es máximo entre los dispositivos nodos elegibles como padres para los cuales el mínimo MIN_B relativo a dicho dispositivo nodo elegible como padre es superior al mínimo MIN_A. Y se efectúa la etapa 310.

En la etapa 310, el dispositivo nodo aplica un plazo predeterminado antes de reiterar la etapa 301. Se observa que, según el algoritmo de la Fig. 3, el dispositivo nodo verifica periódicamente la pertinencia de la selección del dispositivo nodo padre. Alternativamente, es posible provocar ante una solicitud una reiteración del algoritmo de la Fig. 3 a partir de la etapa 301. Además, el valor del plazo aplicado en la etapa 310 puede modificarse dinámicamente, por ejemplo en función de una rapidez de evolución de las informaciones de calidad de recepción y/o de nivel de recepción RX_LV en el transcurso de dichas reiteraciones del algoritmo de la Fig. 3. La aplicación del plazo en la etapa 310 es preferentemente cancelable.

La Fig. 4 ilustra esquemáticamente un formato de paquete 400 emitido en la red de comunicación 121 cuando las transmisiones en la red de comunicación 121 son conforme a las especificaciones PRIME. Como ya se ha indicado, tales paquetes se transmiten según un mecanismo CSMA/CA, sin opción RTS/CTS.

El paquete 400 comprende un preámbulo 401, una cabecera 402 y datos útiles ("payload data" en inglés) 403.

El preámbulo 401 se utiliza para necesidades de sincronización.

La cabecera 402 comprende un campo, denominado PKT.CTYPE en las especificaciones PRIME, que indica el tipo de paquete 400. Las especificaciones PRIME definen actualmente diez tipos de paquetes respectivamente representados por los valores 1 a 10 (en decimales). Un nuevo tipo de paquete, LSE, puede ser definido entonces como el tipo LSE que cubre los requerimientos LSE_REQ y las respuestas LSE_RSP. La distinción entre requerimientos LSE_REQ y respuestas LSE_RSP puede ser realizada gracias a un bit dedicado en los datos útiles 403 (bit en "0" en el caso de un requerimiento LSE_REQ y bit en "1" en el caso de una respuesta LSE_RSP).

La cabecera 402 comprende además campos, denominados PKT.LNID y PKT.SID según las especificaciones PRIME, que permite indicar, en el marco de una transmisión ascendente, un identificador del dispositivo nodo en el origen del paquete 400; los campos PKT_LNID y PKT.SID permiten indicar, en el marco de una transmisión descendente, un identificador del dispositivo nodo destinatario del paquete 400. Un dispositivo nodo conmutador está en condiciones entonces de determinar gracias a los campos PKT.LNID y PKT.SID y por conocer la topología de la red de comunicación 121, si un requerimiento LSE_REQ proviene de un dispositivo nodo hijo de dicho dispositivo nodo conmutador y, por tanto, si el requerimiento LSE_REQ debe ser procesado por dicho dispositivo nodo conmutador. Un dispositivo nodo se encuentra entonces en condiciones de determinar, gracias a los campos PKT.LNID y PKT.SID y por conocimiento de la topología de la red de comunicación 121, si una respuesta LSE_RSP proviene del dispositivo nodo padre de dicho dispositivo nodo y, por tanto, si la respuesta LSE_RSP debe ser procesada por dicho dispositivo nodo. Los campos PKT.LNID y PKT.SID pueden ser utilizados también para difundir ("broadcast" en inglés) mensajes y principalmente requerimientos LSE_REQ y respuestas LSE_RSP. Los campos PKT.LNID y PKT.SID se rellenan entonces con un valor predefinido (todos los bits en 1) no utilizado para identificar los dispositivos nodos en la red de comunicación 121. Se utiliza entonces un campo LSE.EUI48 descrito a continuación para identificar el dispositivo nodo que ha transmitido el requerimiento LSE_REQ que representa el paquete 400 o en respuesta del cual fue generada la respuesta LSE_REQ que representa el paquete 400. Tal difusión de requerimientos LSE_REQ y de respuestas LSE_RSP es particularmente útil cuando un dispositivo nodo que quiere integrar o reintegrar la red de comunicación 121 intenta determinar a qué dispositivo nodo elegible como padre quiere conectarse, tal como se describe a continuación en la Fig. 5. Se señala que un mecanismo similar de identificación ya figura en las especificaciones PRIME para el registro de un dispositivo nodo en una red de comunicación (*i.e.* intercambios de mensajes denominados REG-B y REG-S).

Cuando el paquete 400 es un requerimiento LSE_REQ o una respuesta LSE_RSP, los datos útiles 403 contienen además un campo denominado LSE.SNR que genera una información de calidad de recepción de tipo relación señal-ruido SNR. Por ejemplo, el campo LSE.SNR está codificado en cuatro bits y permite generar una indicación de relación señal-ruido SNR que va de 0 dB (decibelio) a 15 dB (decibelios), con el valor 15 dB (decibelios) utilizado también para relaciones señal-ruido superiores a 15 dB (decibelios), y el valor 0 dB (decibelio) utilizado también para relaciones señal-ruido inferiores a 0 dB (decibelio).

5 Cuando el paquete 400 es un requerimiento LSE_REQ o una respuesta LSE_RSP, los datos útiles 403 contienen además un campo, denominado LSE.RX_LV que genera una información de nivel de recepción RX_LV. Por ejemplo, el campo LSE.RX_LV está codificado en ocho bits y permite generar una indicación de nivel de recepción RX_LV que va de 0 dBµV (decibelios-microvoltios) a 255 dBµV (decibelios-microvoltios), con el valor 255 dBµV (decibelios-microvoltios) utilizado también para niveles de recepción RX_LV superiores a 255 dBµV (decibelios-microvoltios), y el valor 0 dBµV (decibelios-microvoltios) utilizado también para niveles de recepción RX_LV inferiores a 0 dBµV (decibelios-microvoltios).

10 Cuando el paquete 400 es un requerimiento LSE_REQ o una respuesta LSE_RSP, los datos útiles 403 contienen además preferentemente el campo LSE_EUI48 que da una información representativa de un identificador único del dispositivo nodo que ha transmitido el requerimiento LSE_REQ que representa el paquete 400 o como respuesta en la cual ha sido generada la respuesta LSE_RSP que representa el paquete 400.

15 Cuando el paquete 400 es un requerimiento LSE_REQ o una respuesta LSE_RSP, los datos útiles 403 pueden contener un campo denominado LSE.SNR_TYPE, que da una información que indica un tipo de información de relación señal-ruido para indicar o respectivamente indicada en el campo LSE_SNR cuando son posibles varios tipos de información de relación señal-ruido. Por ejemplo, un tipo es una medida de relación señal-ruido efectuada en el requerimiento LSE_REQ como respuesta de la cual ha sido generada la respuesta LSE_RSP que representa el paquete 400; un segundo tipo es una media de medidas de relación señal-ruido efectuadas en una ventana desplazable con respecto a señales recibidas del dispositivo nodo que haya generado el requerimiento LSE_REQ como respuesta de la cual ha sido generada la respuesta LSE_RSP que representa el paquete 400.

20 Cuando el paquete 400 es un requerimiento LSE_REQ o una respuesta LSE_RSP, los datos útiles 403 pueden contener un campo, denominado LSE.RX_LV_TYPE, que da una información que indica un tipo de información de nivel de recepción para indicar o respectivamente indicada en el campo LSE.RX_LV, cuando son posibles varios tipos de información de nivel de recepción. Por ejemplo, un primer tipo es una medida de nivel de recepción efectuada en el requerimiento LSE_REQ como respuesta de la cual la respuesta LSE_RSP que representa el paquete 400 ha sido generada; un segundo tipo es una media de medidas de nivel de recepción efectuadas en una ventana desplazable con respecto a señales recibidas del dispositivo nodo que ha generado el requerimiento LSE_REQ como respuesta de la cual ha sido generada la respuesta LSE_RSP que representa el paquete 400. En un modo de realización particular, los campos LSE.SNR_TYPE y LSE.RX_LV_TYPE pueden estar fusionados en un único campo LSE.DATA_TYPE, con las selecciones de tipo de información de relación señal de ruido y de tipo de información de nivel de recepción que se efectúan entonces conjuntamente, e.g. medida en recepción del requerimiento LSE_REQ o media de medidas en una ventana desplazable.

25 En una forma de realización particular, cuando el paquete 400 es un requerimiento LSE_REQ, los datos útiles 403 pueden contener un campo denominado LSE.REQ_DATA, que da una información que indica si el requerimiento LSE_REQ contiene además informaciones complementarias de calidad de recepción y de nivel de recepción que el dispositivo nodo que ha generado el requerimiento LSE_REQ quiere entregar al dispositivo nodo al cual está dirigido dicho requerimiento LSE_REQ. Dichas informaciones complementarias de calidad de recepción y de nivel de recepción son representativas de una calidad de recepción y de un nivel de recepción de señales que han sido emitidas por el dispositivo nodo al cual dicho requerimiento LSE_REQ está dirigido y que han sido recibidas por el dispositivo nodo que ha generado dicho requerimiento LSE_REQ. Esto supone que el requerimiento LSE_REQ no sea difundido, sino dirigido específicamente a un dispositivo nodo. Esto supone también que dichas informaciones complementarias de calidad de recepción y de nivel de recepción son relativas a señales transmitidas antes de la transmisión de dicho requerimiento LSE_REQ. Por tanto, los campos LSE.SNR y LSE.RX_LV contienen respectivamente dichas informaciones complementarias de calidad de recepción y de nivel de recepción.

La Fig. 5 ilustra esquemáticamente un algoritmo llevado a cabo por un dispositivo nodo que quiere integrar o reintegrar la red de comunicación 121, de selección de un dispositivo nodo padre en la red de comunicación 121. Se considera, en el inicio del algoritmo de la Fig. 5, que dicho dispositivo nodo está desconectado de la red de comunicación 121.

50 En una etapa 501, el dispositivo nodo difunde un requerimiento LSE_REQ y espera una duración predefinida T0 (por ejemplo T0 = 30 segundos) antes de pasar a una etapa 502. El requerimiento LSE_REQ difundido no está dirigido a un dispositivo nodo particular. Se supone que todo dispositivo nodo elegible como padre (i.e. todo dispositivo nodo conmutador o que pueda cumplir el papel de dispositivo nodo conmutador) que recibe el requerimiento LSE_REQ difundido debe responder a dicho requerimiento LSE_REQ mediante la difusión de una respuesta LSE_RSP. El requerimiento LSE_REQ difundido es representativo de una solicitud de obtención de primeras informaciones de calidad de recepción (e.g. de relación señal-ruido SNR) y de nivel de recepción RX_LV con respecto a señales emitidas por dicho dispositivo nodo y recibidas por el dispositivo nodo elegible como padre que recibe dicho requerimiento LSE_REQ. El requerimiento LSE_REQ difundido adopta preferentemente el formato de paquete conforme a las especificaciones PRIME, tal como está ya descrito en relación con la Fig. 4.

60 En la etapa 502, el dispositivo nodo verifica si el dispositivo nodo ha recibido, proveniente de al menos un dispositivo nodo elegible como padre, una respuesta respectiva LSE_RSP al requerimiento LSE_REQ difundido

5 en la etapa 501. Cada respuesta LSE_RSP recibida incluye las primeras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV solicitadas por dicho dispositivo nodo a través del requerimiento LSE_REQ difundido en la etapa 501. Cada respuesta LSE_RSP recibida adopta preferentemente el formato de paquete conforme a las especificaciones PRIME, tal como se describe en relación con la Fig. 4. Gracias a los mensajes LSE_REQ y LSE_RSP intercambiados en las etapas 501 y 502, el dispositivo nodo obtiene dichas primeras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV solicitadas. Si el dispositivo nodo ha recibido al menos una respuesta LSE_RSP, se efectúa una etapa 503; si no, se reitera la etapa 501.

En la etapa 503, el dispositivo nodo extrae, de cada respuesta LSE_RSP, dichas primeras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV transmitidas por el dispositivo nodo elegible como padre.

10 En una etapa 504, el dispositivo nodo obtiene segundas informaciones de calidad de recepción (e.g. de relación señal-ruido SNR) y de nivel de recepción RX_LV complementarias a dichas primeras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV. Dichas segundas informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV son relativas a señales emitidas por dicho dispositivo nodo elegible como padre y recibidas por este dispositivo nodo. Dichas segundas informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV son complementarias de dichas primeras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV, en el sentido en que dichas primeras y segundas informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV permiten conjuntamente determinar las condiciones de transmisión bidireccional entre dicho dispositivo nodo y cada dispositivo nodo elegible como padre.

20 En una etapa 505, el dispositivo nodo compara cada información de nivel de recepción RX_LV entre dichas primeras y segundas informaciones con el primer umbral predefinido RX_LV_OK ya mencionado en relación con la Fig. 3. El dispositivo nodo parte entonces de una lista de dispositivos nodo padre potenciales, incluyendo cada dispositivo nodo elegible como padre el que ha transmitido una respuesta LSE_RSP recibida en la etapa 502. A continuación, el dispositivo nodo excluye de la lista cada dispositivo nodo elegible como padre si el nivel de recepción RX_LV indicado en dichas primeras informaciones relativas a dicho dispositivo nodo elegible como padre es inferior al primer umbral predefinido RX_LV_OK o si el nivel de recepción RX_LV indicado en dichas segundas informaciones relativas a dicho dispositivo nodo elegible como padre es inferior al primer umbral predefinido RX_LV_OK. Y, para cada dispositivo nodo elegible como padre que queda en la lista, el dispositivo nodo determina el mínimo MIN_X entre la calidad de recepción indicada en dichas primeras informaciones relativas a dicho dispositivo nodo elegible como padre y la calidad de recepción indicada en dichas segundas informaciones relativas a dicho dispositivo nodo elegible.

25 En una etapa 506, el dispositivo nodo selecciona un dispositivo nodo padre para integrar o reintegrar la red de comunicación 121. El dispositivo nodo selecciona como padre el dispositivo nodo elegible como padre para el cual el mínimo MIN_X es máximo entre los dispositivos nodo elegibles como padre que quedan en la lista. El dispositivo nodo que quiere integrar o reintegrar la red de comunicación 121 selecciona así como padre el dispositivo nodo elegible como padre para el cual las condiciones de transmisión bidireccional son las mejores entre dicho dispositivo nodo y el dispositivo nodo elegible como padre.

La Fig. 6 ilustra esquemáticamente un algoritmo de transmisión de datos realizado por un dispositivo nodo de la red de comunicación 121 o que quiere integrar o reintegrar la red de comunicación 121.

40 Todos los mensajes transmitidos o difundidos por cada dispositivo nodo pueden serlo al nivel máximo de emisión N_Tx_Max posible. En una forma de realización particular, las transmisiones ascendentes pueden apoyarse en un nivel de emisión ajustado, tal como se describe en relación con la Fig. 9, con las transmisiones descendentes y las difusiones realizadas al nivel máximo de emisión N_Tx_Max. El algoritmo de la Fig. 6 propone tener en cuenta dicha diferencia de configuración de interfase de transmisión de datos de dicho dispositivo nodo.

45 En una etapa 601, el dispositivo nodo detecta que dicho dispositivo nodo tiene un mensaje a transmitir o a difundir.

En una etapa 602, el dispositivo nodo determina si dicho mensaje es relativo a una difusión o a una transmisión dirigida a un dispositivo nodo en particular. Si dicho mensaje es relativo a una difusión, se efectúa una etapa 605; si no, se efectúa una etapa 603.

50 En la etapa 603, el dispositivo nodo determina si dicho mensaje es relativo a una transmisión ascendente o a una transmisión descendente. Si dicho mensaje es relativo a una transmisión ascendente, se efectúa una etapa 604; si no, si dicho mensaje es relativo a una transmisión descendente, se efectúa la etapa 605.

55 En la etapa 604, el dispositivo nodo efectúa la transmisión de dicho mensaje utilizando una configuración específica para las transmisiones ascendentes que resulta de la aplicación del algoritmo descrito a continuación en relación con la Fig. 9. En otros términos, el dispositivo nodo utiliza una configuración que puede haber sido ajustada desde la fase de inicialización.

En la etapa 605, el dispositivo nodo efectúa la transmisión de dicho mensaje cuando utiliza el nivel máximo N_Tx_Max de emisión.

La Fig. 7 ilustra esquemáticamente un algoritmo, realizado por un dispositivo nodo de la red de comunicación 121, de procesamiento de un mensaje de requerimiento de informaciones de calidad de recepción y de nivel de

- recepción. En una etapa 701, el dispositivo nodo recibe un requerimiento LSE_REQ. El requerimiento LSE_REQ es representativo de una solicitud de obtención de informaciones de calidad de recepción (e.g. de relación señal de ruido SNR) y de nivel de recepción RX_LV con respecto a señales emitidas por dicho dispositivo nodo que ha emitido dicho requerimiento LSE_REQ y recibidas por dicho dispositivo nodo que ejecuta el algoritmo de la Fig. 7, cuando dicho dispositivo que ejecuta el algoritmo de la Fig. 7 es un dispositivo nodo padre para el dispositivo nodo que ha emitido dicho requerimiento LSE_REQ o cuando dicho dispositivo nodo 7 es un dispositivo nodo padre para el dispositivo nodo que ha emitido dicho requerimiento LSE_REQ o cuando dicho dispositivo nodo que ejecuta el algoritmo de la Fig. 7 es elegible como padre para el dispositivo nodo que ha emitido dicho requerimiento LSE_REQ.
- En una etapa 702 siguiente, el dispositivo nodo verifica si dicho dispositivo nodo está involucrado por el requerimiento LSE_REQ recibido. En otros términos, el dispositivo nodo verifica si dicho dispositivo es dispositivo nodo padre para el dispositivo nodo que ha emitido dicho requerimiento LSE_REQ o elegible como padre para el dispositivo nodo que ha emitido dicho requerimiento LSE_REQ. Si el dispositivo nodo está involucrado por el requerimiento LSE_REQ recibido, se efectúa una etapa 703; si no, se efectúa una etapa 705.
- En la etapa 703, el dispositivo nodo obtiene informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV con respecto a señales emitidas por el dispositivo nodo de donde proviene el requerimiento LSE_REQ recibido y recibidos por dicho dispositivo nodo que ejecuta el algoritmo de la Fig. 7.
- En una primera forma de realización, dichas informaciones son informaciones de calidad de recepción (e.g. relación señal-ruido SNR) y de nivel de recepción RX_LV relativos al requerimiento LSE_REQ recibido en la etapa 701.
- En una segunda forma de realización, dichas informaciones son informaciones de calidad de recepción (e.g. relación señal-ruido SNR) media y de nivel de recepción RX_LV medio relativos a señales emitidas por el dispositivo nodo de dónde proviene el requerimiento LSE_REQ recibido y recibidos, en una ventana desplazable predefinida, por el dispositivo nodo que ejecuta el algoritmo de la Fig. 7.
- En una etapa 704 siguiente, el dispositivo nodo elabora una respuesta LSE_RSP que incluye las informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV obtenidas en la etapa 703. Y el dispositivo nodo transmite la respuesta LSE_RSP elaborada en respuesta al requerimiento LSE_REQ recibido en la etapa 701. Cuando el requerimiento LSE_REQ recibido en la etapa 701 ha sido específicamente dirigido a dicho dispositivo nodo, el dispositivo nodo dirige específicamente la respuesta LSE_RSP al dispositivo nodo que ha transmitido el requerimiento LSE_REQ recibido en la etapa 701. Al adoptar el formato descrito en relación con la Fig. 4, dicho dispositivo nodo rellena por tanto los campos PKT.LNID y PKT.SID siguiendo las reglas dictadas por las especificaciones PRIME. Cuando el requerimiento SE_REQ recibido en la etapa 701 ha sido difundido, dicho dispositivo nodo difunde la respuesta LSE_RSP. Al adoptar el formato descrito en relación con la Fig. 4, dicho dispositivo nodo vuelve a copiar en el campo LSE_EUI48 de la respuesta LSE_RSP, el contenido del campo LSE.EUI48 del requerimiento LSE_REQ recibido en la etapa 701. Esto ocurre cuando el dispositivo nodo que ha emitido el requerimiento LSE_REQ trata de integrar o de reintegrar la red de comunicación 121 y busca determinar a qué dispositivo nodo de la red de comunicación 121 conectarse. A continuación se finaliza el algoritmo de la Fig. 7.
- En la etapa 705, el dispositivo nodo ignora el requerimiento LSE_REQ recibido en la etapa 701 y finaliza el algoritmo de la Fig. 7.
- Conviene señalar que en ninguna de las operaciones efectuadas en las etapas 704 y 705, el requerimiento LSE_REQ recibido en la etapa 701 es transmitido por el dispositivo nodo. Esto permite reducir el impacto de las transmisiones de requerimientos LSE_REQ en la carga de la red de comunicación 121. Además, no interesa que los requerimientos LSE_REQ sean transmitidos, ya que los requerimientos LSE_REQ buscan obtener, por parte de los dispositivos nodos que pueden actuar como padre, informaciones de calidad y de nivel de recepción de señal, lo que supone que los dispositivos nodo en cuestión estén al alcance de una comunicación directa (i.e. sin relé).
- La Fig. 8 ilustra esquemáticamente un algoritmo realizado por un dispositivo nodo de procesamiento de un mensaje de respuesta que incluye informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción.
- En una etapa 801, el dispositivo nodo recibe una respuesta LSE_RSP.
- En una etapa 802 siguiente, el dispositivo nodo verifica si dicho dispositivo nodo está involucrado en la respuesta LSE_RSP recibida. En otros términos, el dispositivo nodo verifica si dicha respuesta LSE_RSP constituye la respuesta a un requerimiento LSE_REQ anteriormente transmitido por dicho dispositivo nodo. Al seguir el formato descrito en relación con la Fig. 4, los campos PKT.LNID y PKT.SID identifican, conforme a las especificaciones PRIME, dicho dispositivo nodo cuando dicha respuesta LSE_RSP ha sido específicamente dirigida a dicho dispositivo nodo; y cuando la respuesta LSE_RSP ha sido difundida, el campo LSE.EUI48 identifica dicho dispositivo nodo. Si el dispositivo nodo está involucrado con la respuesta LSE_RSP recibida, se efectúa una etapa 803; si no, se efectúa una etapa 804.

En la etapa 803, el dispositivo nodo procesa la respuesta LSE_RSP recibida en la etapa 801 como ya se vio en las Fig. 3 y 5 o como se detalla a continuación en relación con la Fig. 9. A continuación finaliza el algoritmo de la Fig. 8.

5 En la etapa 804, el dispositivo nodo ignora la respuesta LSE_RSP recibida en la etapa 801 y finaliza el algoritmo de la Fig. 8.

Conviene señalar que en ninguna de las operaciones efectuadas en las etapas 803 y 804, la respuesta LSE_RSP recibida en la etapa 801 es transmitida por el dispositivo nodo. Esto permite limitar el impacto de las transmisiones de respuestas LSE_RSP en la carga de la red de comunicación 121. Además, ya no interesa que las respuestas LSE_RSP sean transmitidas, ya que las respuestas LSE_RSP pretenden entregar informaciones de calidad y de nivel de recepción de señal, lo que supone que los dispositivos nodo afectados estén al alcance de comunicación directa (*i.e.* sin relé).

10 La Fig. 9 ilustra esquemáticamente un algoritmo realizado por un dispositivo nodo de la red de comunicación 121 de configuración de una interfase de transmisión de datos de dicho dispositivo nodo. Se considera entonces en el cuadro de la Fig. 9 que dicho dispositivo nodo forma parte de la red de comunicación 121 y, en ese sentido, está vinculado a un dispositivo nodo padre. El dispositivo nodo aplica el algoritmo de la Fig. 9 para reducir interferencias ligadas a los fenómenos de diafonía.

15 En una etapa 901, el dispositivo nodo define una configuración de dicho dispositivo nodo para las transmisiones descendentes para utilizar el nivel máximo de emisión N_Tx_Max de dichas transmisiones descendentes. Se denomina N_Tx_D al nivel de emisión para las transmisiones descendentes. Tal configuración para las transmisiones descendentes no está destinada a ser ajustada en el tiempo, de modo que se emiten principalmente las señales de baliza con el máximo alcance de dicho dispositivo nodo cuando dicho dispositivo nodo es un dispositivo nodo conmutador que actúa como relé en la red de comunicación.

Así, $N_{Tx_D} = N_{Tx_Max}$, de modo permanente. Por ejemplo N_Tx_Max se fija en 125 dBμV (decibelio-microvoltios).

20 En una etapa 902, el dispositivo nodo 902 define una configuración de dicho dispositivo nodo para las transmisiones ascendentes, de modo que utiliza el nivel máximo de emisión N_Tx_Max para dichas transmisiones ascendentes. Se denomina N_Tx_U al nivel de emisión para las transmisiones ascendentes. Tal configuración para las transmisiones ascendentes está, por el contrario, destinada a ser ajustada en el tiempo, de modo que reduzca las interferencias ligadas a los fenómenos de diafonía en la red de comunicación 121.

30 Por tanto, $N_{Tx_U} = N_{Tx_Max}$ en fase de inicialización.

En una etapa 903 siguiente, el dispositivo nodo transmite al dispositivo nodo padre al cual está vinculado el dispositivo nodo en el árbol formado por dicha red de comunicación 121 un requerimiento LSE_REQ. El requerimiento LSE_REQ es representativo de una solicitud de obtención de informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV con respecto a señales emitidas y recibidas por dicho dispositivo nodo. El requerimiento LSE_REQ adopta preferentemente el formato de paquete conforme a las especificaciones PRIME, tal como se describe a continuación en relación con la Fig. 4.

35 En una etapa 904 siguiente, el dispositivo nodo recibe, proveniente del dispositivo nodo padre, una respuesta LSE_RSP al requerimiento LSE_REQ transmitido en la etapa 903. La respuesta LSE_RSP incluye las informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV solicitadas por dicho dispositivo nodo a través del requerimiento LSE_REQ. La respuesta LSE_RSP adopta preferentemente el formato de paquete conforme a las especificaciones PRIME, tal como está descrito a continuación en relación con la Fig. 4. Gracias a los mensajes LSE_REQ y LSE_RSP intercambiados en las etapas 903 y 904, el dispositivo nodo obtiene dichas informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV solicitadas.

40 En una etapa 905 siguiente, el dispositivo nodo extrae de la respuesta LSE_RSP las informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción RX_LV transmitidas por dicho dispositivo nodo padre.

En una etapa siguiente 906, el dispositivo nodo determina, a partir de informaciones de calidad de recepción (*e.g.* de relación señal-ruido SNR) y de nivel de recepción RX_LV extraídas, un valor V de nivel de emisión de señales para aplicar en el cuadro de transmisiones ascendentes, de modo que permite a dicho dispositivo nodo padre recibir dichas señales minimizando al mismo tiempo interferencias relacionadas a los fenómenos de diafonía. Al considerar que la información de calidad de recepción es una información de relación señal-ruido SNR, el valor V está expresado en dBμV (decibelios-microvoltios) del modo siguiente:

$$\left\{ \begin{array}{l} V = N_{Tx_U} - \min ((SNR - SNR_{OK}), (RX_{LV} - RX_{LV_OK})) \\ \text{donde, si } V > N_{Tx_Max}, V = N_{Tx_Max} \\ \text{y si } V < N_{Tx_Min}, V = N_{Tx_Min} \end{array} \right.$$

donde:

- SNR_OK, expresado en dB (decibelios), es un umbral de relación señal-ruido por debajo del cual se considera que la transmisión en cuestión presenta riesgos de fracaso no aceptables; y
- N_Tx_Min, expresado en dBμV (decibelios-microvoltios), es un nivel de emisión mínimo para transmitir datos en la red de comunicación 121.

5 Por ejemplo, SNR_OK está fijado en 10 dB (decibelios) y N_Tx_Min está fijado en 50 dBμV (decibelios-microvoltios).

Se señala entonces que la determinación del valor V comprende:

- determinar una primera diferencia entre dicha información de relación señal-ruido SNR y la relación señal-ruido mínimo SNR_OK;
- 10 - determinar una segunda diferencia entre dicha información de nivel de recepción RX_LV y el nivel de recepción mínimo RX_LV_OK;
- determinar una diferencia mínima entre la primera y la segunda diferencia;
- calcular el nivel de emisión V restando dicha diferencia mínima al nivel de emisión N_Tx_U utilizado por el primer dispositivo nodo para emitir las señales a las cuales se refieren la información de calidad de recepción (*i.e.* la información de relación señal de ruido SNR) y la información de nivel de recepción RX_LV y,
- 15 - sustituir el nivel de emisión V por el nivel de emisión N_Tx_Max si V es superior al nivel de emisión máximo N_Tx_Max y por el nivel de emisión mínimo N_Tx_Min si V es inferior al nivel de emisión mínimo N-Tx_Min.

20 Fijando un valor mínimo para el nivel de emisión V, aquí igual a N_Tx_Min, se garantizan transmisiones correctas, lo que minimiza los fenómenos de diafonía en la red.

Además, dando un valor mínimo al nivel de emisión V, se evitan degradaciones producidas por un ruido de comunicación.

25 Del mismo modo, al limitar el nivel de emisión V a un valor máximo N_Tx_Max, se evitan fenómenos de saturación.

Por otra parte, se señala que el cálculo del valor V de nivel de emisión está basado en dos criterios diferentes: una información de calidad de recepción en forma de una relación señal-ruido SNR, y una información de nivel de recepción RX_LV. Es importante tener en cuenta estos dos criterios, ya que son interdependientes. Por ejemplo, si solo se considerara la información de calidad de recepción para ajustar el nivel de emisión, un valor elevado de la relación señal-ruido SNR provocaría una disminución del nivel de emisión V, lo que podría provocar una disminución del nivel de recepción RX_LV hasta alcanzar un valor inaceptable. En otro ejemplo, si solo se considerara la información de nivel de recepción RX_LV para ajustar el nivel de emisión, un valor elevado del nivel de recepción RX_LV provocaría una disminución del nivel de emisión V, lo que podría provocar una disminución de la calidad de recepción hasta un valor inaceptable.

35 En una etapa 907 siguiente, el dispositivo nodo verifica si resulta conveniente un ajuste del nivel de emisión para las transmisiones ascendentes, *i.e.* cuando el valor V es diferente al nivel de emisión N_Tx_U utilizado para efectuar las transmisiones a las cuales se refieren las informaciones de calidad de recepción (*e.g.* de relación señal-ruido SNR) y de nivel de recepción RX_LV extraídas. Si se desea un ajuste de nivel de emisión para las transmisiones ascendentes, se efectúa una etapa 908; en caso contrario, se efectúa una etapa 909.

40 En la etapa 908, el dispositivo nodo define una configuración ajustada de dicho dispositivo nodo para las transmisiones ascendentes, de modo que utiliza el nivel de emisión definido para el valor V determinado en la etapa 906. El valor V puede corresponder a una disminución o a un incremento del nivel de emisión para las transmisiones ascendentes. La configuración del dispositivo nodo para las transmisiones descendentes sigue sin cambios. A continuación se efectúa la etapa 909.

45 En la etapa 909, el dispositivo nodo aplica un plazo predeterminado, que puede ser diferente al plazo aplicado en la etapa 310 de la Fig. 3, antes de reiterar la etapa 903. Resulta que, según el algoritmo de la Fig. 9, el dispositivo nodo verifica periódicamente la pertinencia de la configuración de dicho dispositivo nodo para las transmisiones ascendentes. Alternativamente, es posible provocar, ante una solicitud, una reiteración del algoritmo de la Fig. 9 a partir de la etapa 903. El valor del plazo aplicado en la etapa 909 puede también modificarse dinámicamente, por ejemplo en función de la rapidez de evolución de la calidad de recepción y/o del nivel de recepción RX_LV indicados por el dispositivo nodo padre en el transcurso de dichas reiteraciones del algoritmo de la Fig. 9. La aplicación del plazo en la etapa 909 es preferentemente cancelable.

55 Cuando el dispositivo nodo ya no está más vinculado al mismo dispositivo nodo padre por la ejecución del algoritmo de la Fig. 3, el algoritmo de la Fig. 9 puede ser reiterado desde el inicio con el nuevo dispositivo nodo padre retomando el nivel de emisión último utilizado con el anterior nodo padre. El algoritmo de la Fig. 3 ha demostrado efectivamente que el vínculo con el nuevo dispositivo nodo padre permitiría una mejor estabilidad de la red de comunicación 121 según la configuración actual para las transmisiones

ascendentes. Como variante, el algoritmo de la Fig. 9 puede ser reiterado desde el inicio con el nuevo dispositivo nodo padre utilizando el nivel máximo de emisión N_Tx_Max para las transmisiones ascendentes y las transmisiones de requerimientos LSE_REQ.

5 Cuando la topología de la red de comunicación 121 cambia de modo que el dispositivo nodo ya no está vinculado al mismo dispositivo nodo padre sin que la re-selección de dispositivo nodo padre sea de hecho el algoritmo de la Fig. 3 (e.g. desconexión del dispositivo nodo padre de la red de comunicación 121), el algoritmo de la Fig. 5 permite seleccionar un nuevo dispositivo nodo padre y el algoritmo de la Fig. 9 puede ser reiterado desde el inicio con el nuevo dispositivo nodo padre de dicho dispositivo nodo. La fase de inicialización se reitera entonces, con el dispositivo nodo que se configura de modo a utilizar el nivel máximo de emisión N_Tx_Max para las transmisiones de los requerimientos LSE_REQ.

10 Así, mediante la aplicación del algoritmo de la Fig. 9, el nivel de emisión utilizado para las transmisiones ascendentes se ajusta. El nivel de emisión utilizado para transmitir los requerimientos LSE_REQ en el cuadro del algoritmo de la Fig. 3 debe entonces ser el mismo que para las transmisiones ascendentes, mientras que el nivel de emisión utilizado para transmitir los requerimientos LSE_REQ en el cuadro del algoritmo de la Fig. 5 debe ser entonces el nivel máximo de emisión N_Tx_Max. En efecto, para permitirle a dicho dispositivo nodo determinar qué dispositivo nodo está mejor adaptado para asumir el papel de dispositivo nodo con respecto a dicho dispositivo nodo, es conveniente que las transmisiones de señales que sirven para definir las informaciones de calidad de recepción de calidad y de nivel de recepción sean efectuadas con un nivel de emisión idéntico, de modo que se puedan realizar las comparaciones de la etapa 307. El nivel de emisión para las transmisiones hacia el dispositivo nodo padre, al estar ajustado por el algoritmo de la Fig. 9, también debe estarlo el nivel de emisión para las transmisiones hacia los dispositivos nodos elegibles como padres.

15 Es posible que la red de comunicación 121 comprenda dispositivos nodos conformes a las especificaciones PRIME y desconozcan mecanismos relativos a los requerimientos LSE_REQ y a las respuestas LSE_RSP y que dichos dispositivos nodos vinculen dichos requerimientos LSE_REQ y dichas respuestas LSE_RSP. Para no sobrecargar la red de comunicación 121, los mecanismos relativos a los requerimientos LSE_REQ y a las respuestas LSE_RSP pueden ser entonces cancelables y los dispositivos nodo en cuestión utilizan entonces el nivel de emisión máximo N_Tx_Max para realizar las transmisiones ascendentes y utilizan criterios convencionales para seleccionar el dispositivo nodo al cual vincularse en la red de comunicación 20 25 30 121.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de selección de un dispositivo nodo padre en una red de comunicación (121) en forma de árbol de dispositivos nodo implementados en una red de suministro eléctrico, dispositivos nodo que pueden ser relés (130; 131, 133; 135) entre un dispositivo nodo raíz del árbol y otros dispositivos nodo (134; 136; 137; 138; 139) a los cuales están respectivamente vinculados, caracterizado porque al menos un dispositivo nodo efectúa las etapas siguientes:
 - obtener (301, 305; 503) de varios segundos dispositivos nodo que pueden desempeñar el papel de dispositivo nodo padre en el seno de la red de comunicación unas primeras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción con respecto a señales emitidas por el primer dispositivo nodo y recibidas por los segundos dispositivos nodo;
 - obtener (302, 306; 504) unas segundas informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción con respecto a señales emitidas por cada segundo dispositivo nodo y recibidas por el primer dispositivo nodo;
 - determinar, para cada segundo dispositivo nodo, un mínimo de calidad de recepción entre la primera información de calidad de recepción y la segunda información de calidad de recepción; y
 - seleccionar como dispositivo nodo padre el segundo dispositivo nodo para el cual la primera información de nivel de recepción es representativa de un nivel de recepción superior a un umbral predefinido, para el cual la segunda información de nivel de recepción es también representativa de un nivel de recepción superior al umbral predefinido y para el cual dicho mínimo determinado es el máximo entre dichos mínimos determinados.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el primer dispositivo nodo obtiene dichas primeras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción mediante el envío (303; 501; 903) de un requerimiento y porque dichas primeras informaciones corresponden a una calidad de recepción y/o a un nivel de recepción relativos a dicho requerimiento.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque dichas segundas informaciones corresponden a una calidad de recepción y/o a un nivel de recepción relativos a una respuesta a dicho requerimiento.

4. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dichas primeras informaciones corresponden a una calidad de recepción y/o a un nivel de recepción relativos a señales transmitidas por el primer dispositivo nodo y recibidas por dicho segundo dispositivo nodo padre en una ventana desplazable predefinida, y porque dichas segundas informaciones corresponden a una calidad de recepción y/o a un nivel de recepción relativos a señales transmitidas por dicho segundo dispositivo nodo y recibidas por el primer dispositivo nodo en la ventana desplazable predefinida.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque dicho procedimiento se reitera periódicamente (310).

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el primer dispositivo nodo, al estar vinculado a un dispositivo nodo padre en la red de comunicación, obtiene dichas primeras y segundas informaciones con respecto al dispositivo nodo padre y con respecto a al menos un dispositivo nodo elegible como padre, y porque el primer dispositivo nodo decide cambiar (309) o no de dispositivo nodo padre en función de dichas primeras y segundas informaciones obtenidas.

7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque, ante la posible aparición de fenómenos de diafonía, cada transmisión en la red de comunicación en dirección al dispositivo nodo raíz siendo ascendente y cada transmisión en dirección contraria siendo descendente, el primer dispositivo nodo efectúa las etapas siguientes:
 - obtener (903, 904) del dispositivo nodo padre las primeras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción;
 - utilizar, para transmitir (605) señales en el cuadro de las transmisiones descendentes, un nivel de emisión fijo en un nivel de emisión máximo de dicho dispositivo nodo; y
 - ajustar (906, 908), en función de dichas informaciones obtenidas, un nivel de emisión de dicho dispositivo nodo utilizado para transmitir (604) señales en el cuadro de las transmisiones ascendentes, de modo que sigan permitiendo a dicho dispositivo nodo padre recibir dichas señales minimizando al mismo tiempo interferencias vinculadas a los fenómenos de diafonía.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado porque la primera información de calidad de recepción obtenida del dispositivo nodo padre es una información de relación señal-ruido (SNR) y porque, para determinar el nivel de emisión V a aplicar en el cuadro de transmisiones ascendentes, el primer dispositivo nodo realiza las etapas siguientes:
 - determinar una primera diferencia entre dicha información de relación señal-ruido (SNR) y una relación señal-ruido mínima predefinida (SNR_OK);

- determinar una segunda diferencia entre dicha información de nivel de recepción (RX_LV) y un nivel de recepción mínimo predefinido RX_LV_OK);
 - determinar una diferencia mínima entre la primera y la segunda diferencia;
 - calcular el nivel de emisión V restando dicha diferencia mínima a un nivel de emisión (N_Tx_U) utilizado por el primer dispositivo nodo para emitir las señales a las cuales se vinculan la primera información de calidad de recepción y la primera información de nivel de recepción;
 - sustituir el nivel de emisión V por el nivel de emisión máximo (N_Tx_Max) si V es superior al nivel de emisión máximo y por un nivel de emisión mínimo predefinido (N_Tx_Min) si V es inferior al nivel de emisión mínimo predefinido.
- 5
- 10
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el primer dispositivo nodo, estando desconectado de la red de comunicación, emite (501) un requerimiento representativo de una solicitud de obtención de dichas informaciones y selecciona (506) el dispositivo nodo padre para integrar o reintegrar la red de comunicación entre dichos segundos dispositivos nodo en función de dichas primeras y segundas informaciones obtenidas.
- 15
10. Dispositivo nodo para su uso en una red de comunicación (121) en forma de árbol de dispositivos nodo implementado en una red de suministro eléctrico, dispositivos nodo que pueden ser relés (130; 131; 133; 135) entre un dispositivo nodo raíz del árbol y otros dispositivos nodo (134; 136; 137; 138; 139) que les son respectivamente atribuidos, caracterizado porque el dispositivo nodo denominado primer dispositivo nodo comprende:
- 20
- medios para obtener (301, 305; 503), de varios segundos dispositivos nodo que pueden desempeñar el papel de dispositivo nodo padre para el primer dispositivo nodo en el seno de la red de comunicación, unas primeras informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción con respecto a señales emitidas, siendo dichas señales emitidas por el primer dispositivo nodo y recibidas por los segundos dispositivos nodo;
 - medios para obtener (302, 306; 504) segundas informaciones de calidad de recepción y de nivel de recepción con respecto a señales emitidas por cada segundo dispositivo nodo y recibidas por el primer dispositivo nodo;
 - medios para determinar, para cada segundo dispositivo nodo, un mínimo de calidad de recepción entre la primera información de calidad de recepción y la segunda información de calidad de recepción; y
 - medios para seleccionar como dispositivo nodo padre el segundo dispositivo nodo para el cual la primera información de nivel de recepción es representativa de un nivel de recepción superior a un umbral predefinido, para el cual la segunda información de nivel de recepción es también representativa de un nivel de recepción superior al umbral predefinido y para el cual dicho mínimo determinado es el máximo entre dichos mínimos determinados.
- 25
- 30
- 35
11. Programa de ordenador, caracterizado porque comprende instrucciones para llevar a cabo, a través de un dispositivo nodo, el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, cuando dicho programa está ejecutado por un procesador de dicho dispositivo nodo.
- 40
12. Medios de almacenamiento, caracterizados porque guardan un programa de ordenador que comprende instrucciones para llevar a cabo, a través de un dispositivo nodo, el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, cuando dicho programa es ejecutado por un procesador de dicho dispositivo nodo.
- 45

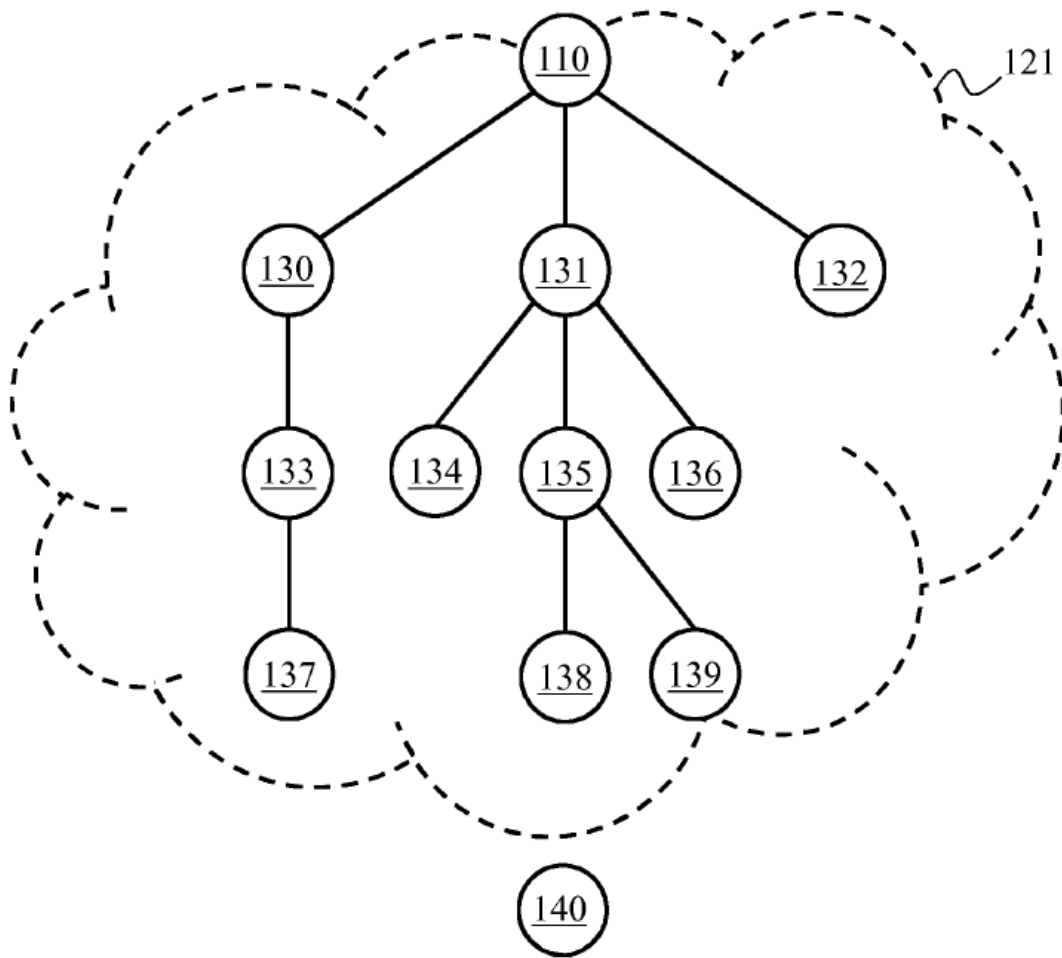


Fig. 1

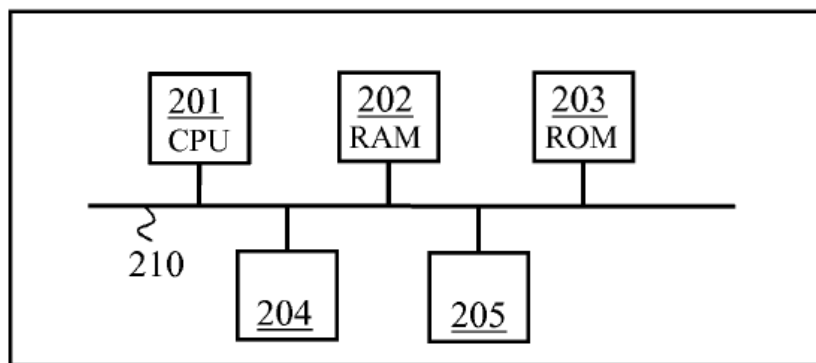


Fig. 2

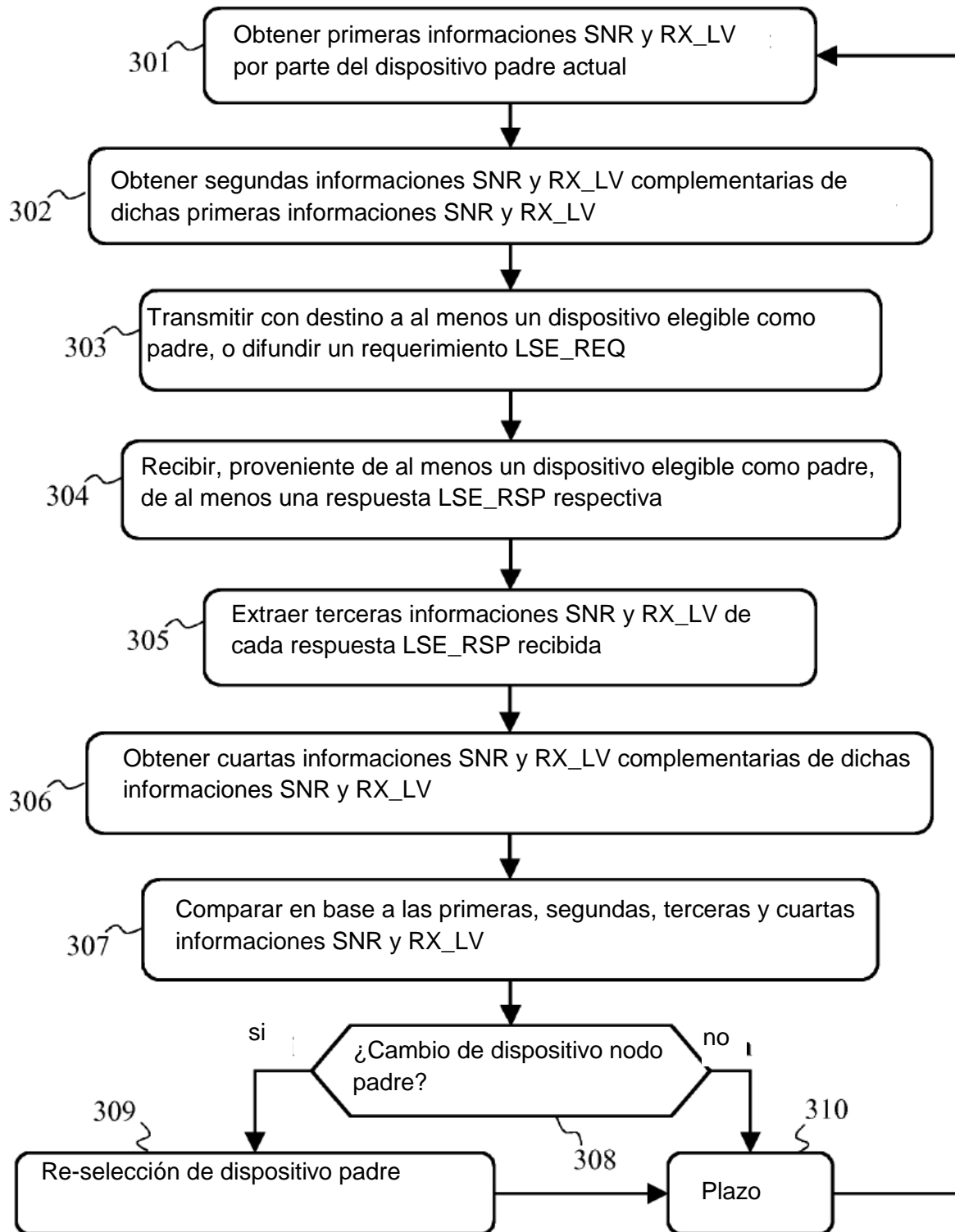


Fig. 3

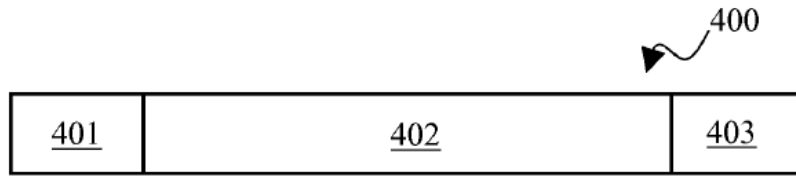


Fig. 4

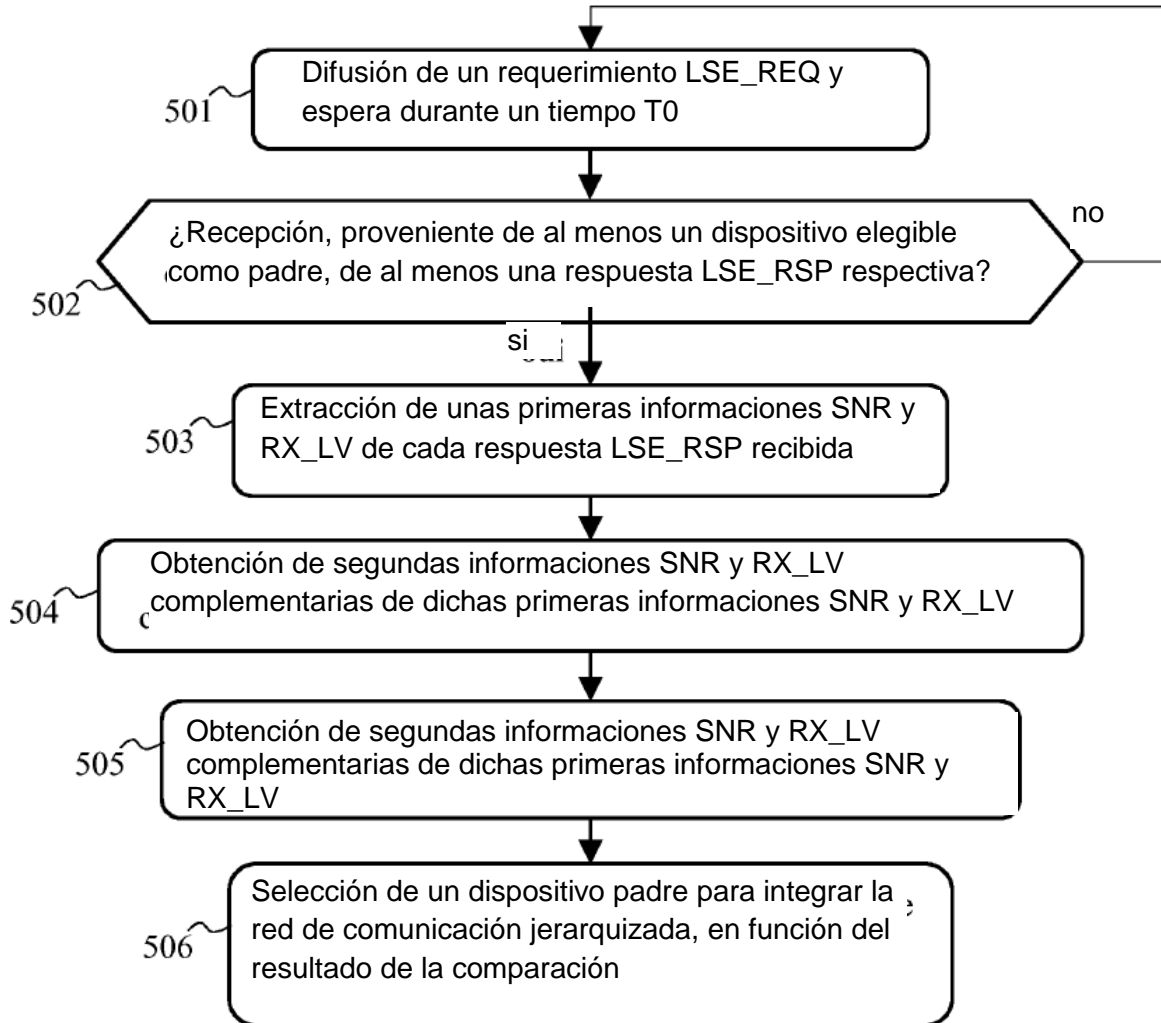


Fig. 5

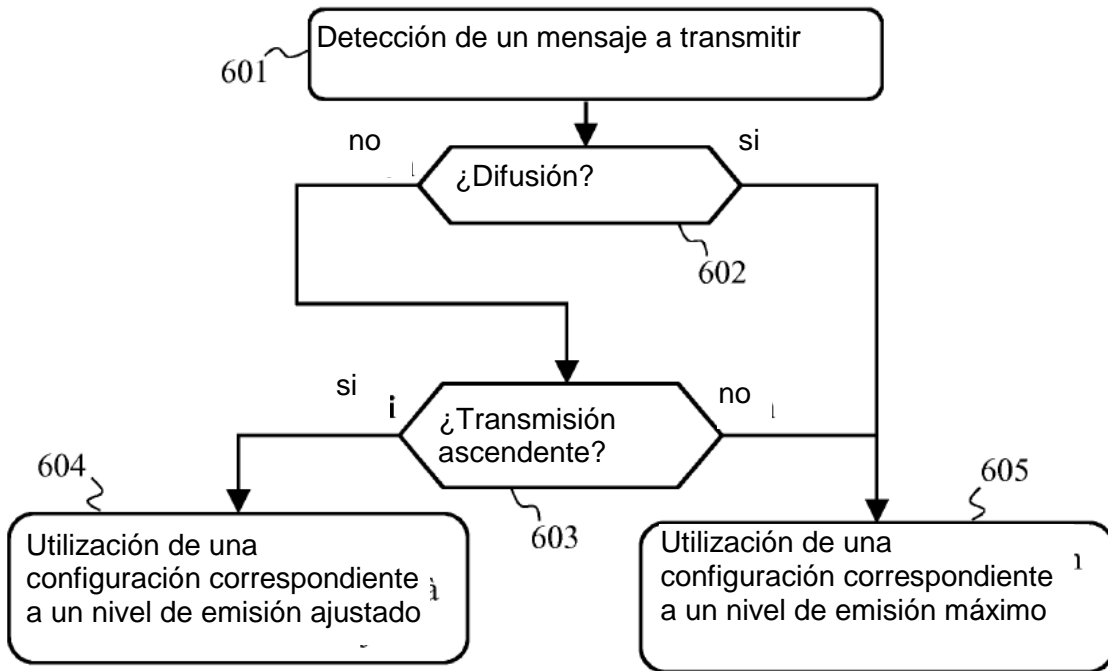


Fig. 6

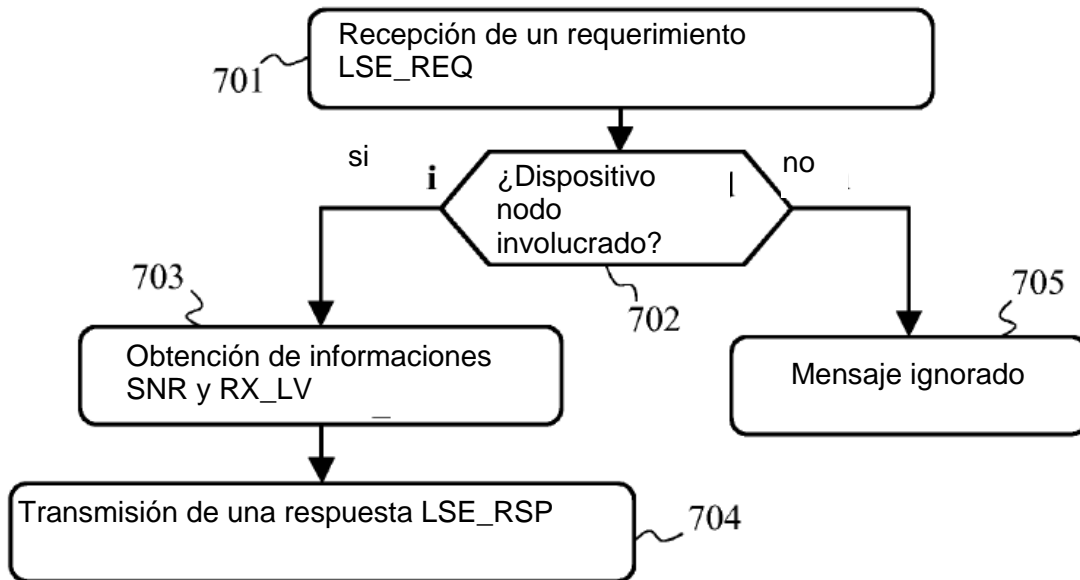


Fig. 7

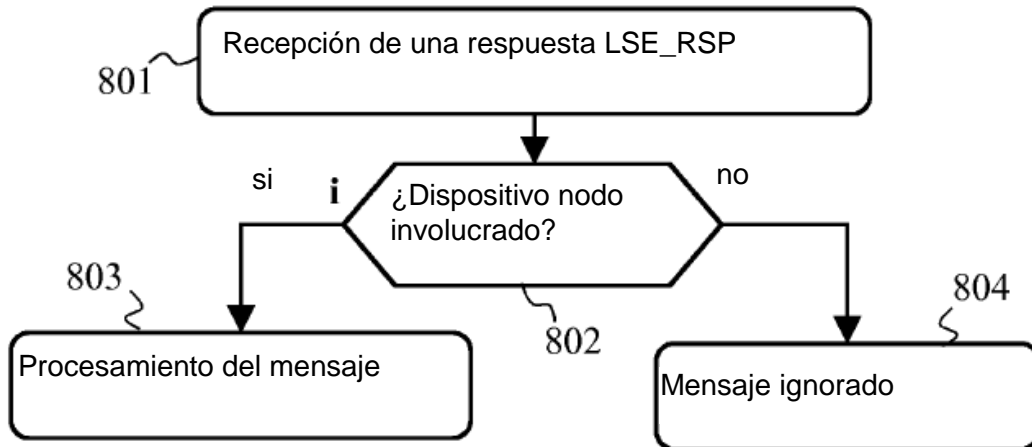


Fig. 8

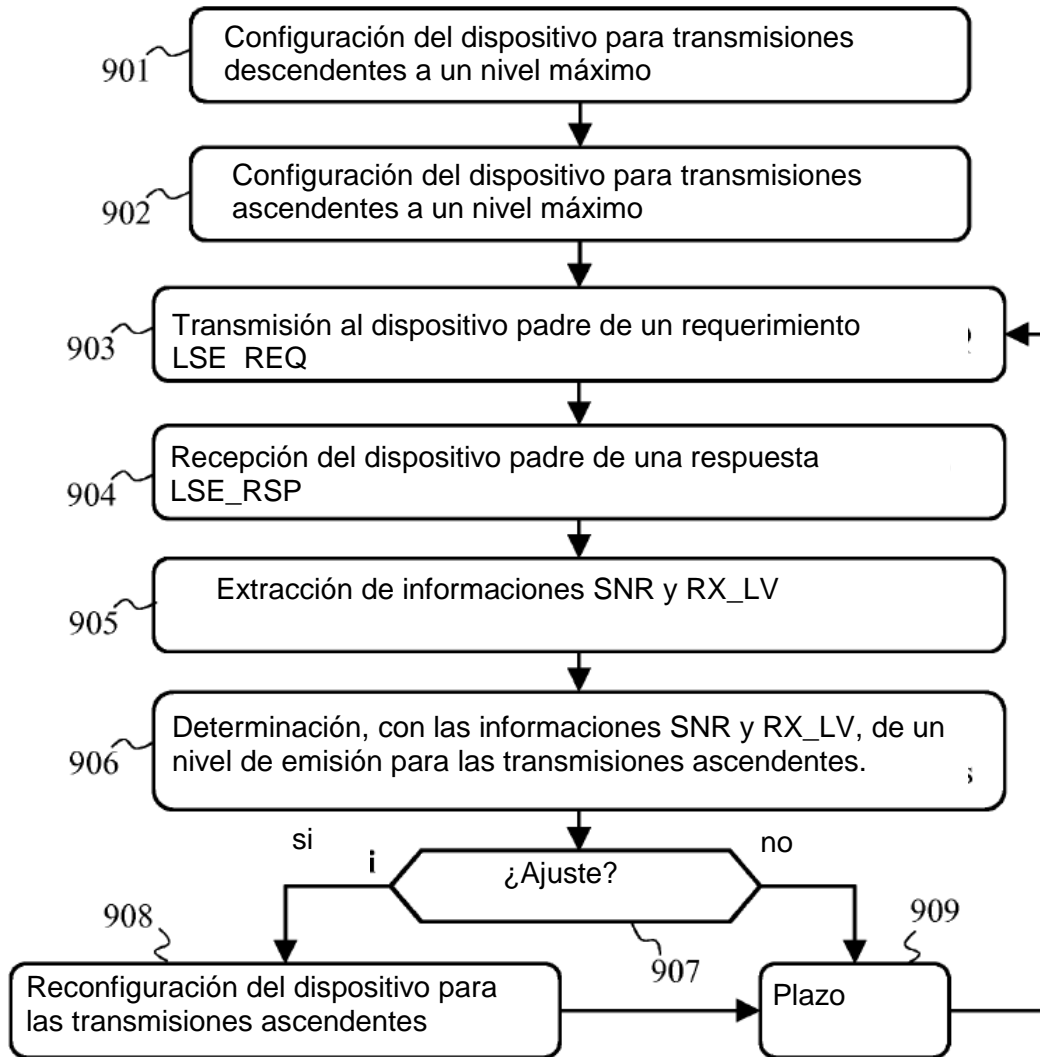


Fig. 9