

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 909 567**

51 Int. Cl.:

H04Q 9/00 (2006.01)

H04B 3/54 (2006.01)

H04W 40/02 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.11.2017 PCT/EP2017/080693**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.06.2018 WO18099917**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2017 E 17823041 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.12.2021 EP 3549352**

54 Título: **Contador eléctrico que comprende una interfaz por corrientes portadoras en línea y al menos una interfaz por radiofrecuencia**

30 Prioridad:

30.11.2016 FR 1661694

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

09.05.2022

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**TEBOULLE, HENRI;
RAZAZIAN, KAVEH;
ROTER, ZIV y
VERNET, THIERRY**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 909 567 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

Contador eléctrico que comprende una interfaz por corrientes portadoras en línea y al menos una interfaz por radiofrecuencia

5 La presente invención se refiere a una conexión de un contador eléctrico inteligente, que comprende una interfaz de comunicación de corrientes portadoras en línea y al menos una interfaz de comunicación por radiofrecuencia a un sistema que comprende una red de comunicación por corrientes portadoras en línea con protocolo de encaminamiento reactivo.

10 En los últimos años han aparecido redes de comunicación por corrientes portadoras en línea ("PowerLine Communications" en inglés) para sistemas del tipo AMM ("Automated Meter Management" en inglés). Se puede mencionar, por ejemplo, la norma G3-PLC especificada en la recomendación ITU-T G.9903. En dichas redes de comunicación por corrientes portadoras en línea, las comunicaciones se establecen entre contadores eléctricos, denominados *contadores eléctricos inteligentes* ("smart electric meters" en inglés) y un dispositivo central, a veces denominado *nodo de base* ("base node" en inglés) o *coordinador* ("coordinator" en inglés), para permitir especialmente la lectura automatizada remota de las mediciones de consumo eléctrico efectuadas por dichos contadores eléctricos inteligentes. Después, se desarrollan geográficamente varios nodos de base para distribuir la carga de recogida de lecturas de recuento de contadores eléctricos inteligentes. Después, cada nodo de base actúa como un retransmisor entre los contadores eléctricos inteligentes y una entidad de gestión del sistema tipo AMM.

20 Dichas comunicaciones por corrientes portadoras en línea deben hacer frente a interferencias relacionadas con fenómenos de diafonía y/o falta de fiabilidad de ciertos enlaces de comunicación en la red de comunicación por corrientes portadoras en línea (por ejemplo, límite de alcance debido a la longitud de los cables), y/o a ruidos de diversa índole (principalmente ruido blanco, ruido de color, ruido impulsivo), y/o a desajustes de impedancia. Como recordatorio, la diafonía es un fenómeno que permite que las señales, normalmente por acoplamiento capacitivo, se propaguen sin pasar a través de pares de cobre propiamente dichos, sino a través de enlaces parásitos no visibles. Este fenómeno es inestable, ya que puede variar según la temperatura o la actividad en la red de comunicación por corrientes portadoras en línea. Cabe señalar que también pueden existir diafonías en el mismo aparato a través de conexiones de cobre en circuitos impresos y/o a través de determinados componentes que constituyen dicho aparato. Estos fenómenos pueden provocar roturas en los enlaces de comunicación y provocar desconexiones de nodos de la red de comunicación. Dicha inestabilidad de las redes de comunicación por corrientes portadoras en línea puede compensarse mediante el uso de una red de comunicación complementaria, como por ejemplo una red de comunicación por radiofrecuencia (RF), destinada a complementar la red de comunicación por corrientes portadoras en línea en el caso en que esta última resulte ser ineficaz. A continuación, se despliega una infraestructura de red complementaria para permitir que la entidad de gestión del sistema tipo AMM recupere las lecturas de recuento de los contadores eléctricos inteligentes. La convergencia de datos se produce entonces en la entidad de gestión del sistema tipo AMM.

35 Sin embargo, el despliegue de esta infraestructura de red complementaria requiere mucho tiempo y exige la consiguiente movilización de recursos (cantidad de dispositivos para crear la infraestructura, tiempo de instalación, etc.).

Véanse también las publicaciones WO2012/075496 y GB2529736.

40 Es deseable superar estos inconvenientes del estado de la técnica, y en particular permitir que un contador eléctrico inteligente, que comprenda una interfaz de comunicación por corrientes portadoras en línea y al menos una interfaz de comunicación por radiofrecuencia, pueda conectarse al sistema, y esto, de forma transparente en relación con un dispositivo de gestión centralizada del sistema.

45 La invención se refiere a un procedimiento para conectar un contador eléctrico inteligente a un sistema que comprende una red de comunicación por corrientes portadoras en línea con protocolo de encaminamiento reactivo para poner los nodos del sistema en contacto con un dispositivo de gestión centralizada del sistema ante el cual los contadores eléctricos inteligentes que son nodos del sistema deben registrarse, consistiendo cada camino entre dicho nodo del sistema y el dispositivo de gestión centralizada en un enlace o un conjunto de enlaces, estando asociado cada enlace a un coste de ruta. El sistema incluye al menos una pasarela que tiene una interfaz de comunicación por corrientes portadoras en línea para comunicarse a través de la red de comunicación por corrientes portadoras en línea y al menos una interfaz de comunicación por radiofrecuencia. Un contador eléctrico inteligente que pretende conectarse al sistema y que también comprende una interfaz de comunicación por corrientes portadoras en línea y al menos una interfaz de comunicación por radiofrecuencia realiza una fase de registro que comprende las siguientes etapas: difusión en cada una de sus interfaces de comunicación de un mensaje de solicitud de anuncio; después de recibir uno o varios mensajes de anuncio en respuesta al mensaje de solicitud de anuncio de, respectivamente, uno o varios vecinos del sistema, selección de un agente de retransmisión, siendo el agente de retransmisión el vecino del sistema que tiene el coste de ruta más bajo para llegar al dispositivo de gestión centralizada, incluyendo cada mensaje de anuncio una información de coste de ruta entre el vecino que envió dicho mensaje de anuncio y el dispositivo de gestión centralizada; y realización de una solicitud de registro de dicho contador eléctrico inteligente al dispositivo de gestión centralizada, usando al agente de retransmisión seleccionado como intermediario a través de la interfaz de

- comunicación mediante la cual el agente de retransmisión envió el mensaje de anuncio que ha permitido obtener dicho coste de ruta más bajo. Además, los costes de ruta de los enlaces que se basan en interfaces de comunicación por corrientes portadoras en línea y de los enlaces de comunicación por radiofrecuencia se definen de manera coherente entre sí. Y, tras el registro de dicho contador eléctrico inteligente, el encaminamiento de mensajes desde o hacia dicho contador eléctrico inteligente tiene lugar en el sistema en la capa de enlace del modelo OSI. Así, usando el agente de retransmisión como intermediario para la fase de registro y actuando en la capa de enlace para el encaminamiento, un contador eléctrico inteligente que comprende una interfaz de comunicación por corrientes portadoras en línea y al menos una comunicación por radiofrecuencia puede conectarse al sistema, de forma transparente frente al dispositivo de gestión centralizada.
- 5
- 10 Según una realización particular, tras el registro de dicho contador eléctrico inteligente, se realiza un procedimiento de búsqueda de rutas por sucesivas difusiones entre el dispositivo de gestión centralizada y dicho contador eléctrico inteligente con el fin de actualizar las tablas de encaminamiento locales en la capa de enlace del modelo OSI, y, cuando la interfaz de comunicación a través de la cual el agente de retransmisión envió el mensaje de anuncio que permitió obtener dicho coste de ruta más bajo es una interfaz de comunicación por radiofrecuencia, el agente de retransmisión registra en su tabla de encaminamiento local en la capa de enlace del modelo OSI que el encaminamiento de mensajes desde o hacia dicho contador eléctrico inteligente se realiza a través de dicha interfaz de comunicación por radiofrecuencia.
- 15
- 20 Según una realización particular, la capa de enlace del modelo OSI de cada pasarela se descompone en un conjunto de subcapas de control de acceso al medio propias de dichas interfaces de comunicación de dicha pasarela y una subcapa de adaptación que interconecta la capa de red del modelo OSI con las subcapas de control de acceso al medio, realizándose el encaminamiento de los mensajes en el sistema por dicha pasarela en la subcapa de adaptación.
- Según una realización particular, cada una de las subcapas de control de acceso al medio implementa un mismo mecanismo de control de acceso al medio que permite la comunicación entre vecinos, un mecanismo de fragmentación y reensamblado de paquetes, un mecanismo de repetición automática de solicitud y un mecanismo de escucha continua del medio cuando dicha pasarela no está transmitiendo en el medio en cuestión.
- 25
- Según una realización particular, el encaminamiento de mensajes en el sistema realizado por la subcapa de adaptación cumple con el protocolo 6LoWPAN.
- Según una realización particular, cuando dicho contador eléctrico inteligente está registrado en el sistema y cuando, además, la interfaz de comunicación a través de la cual el agente de retransmisión envió el mensaje de anuncio que ha permitido obtener dicho coste de ruta más bajo es la interfaz de comunicación por corrientes portadoras en línea, dicho contador eléctrico inteligente asume el papel de pasarela en el sistema.
- 30
- Según una realización particular, cuando dicho contador eléctrico inteligente está registrado en el sistema y cuando, además, la interfaz de comunicación a través de la cual el agente de retransmisión envió el mensaje de anuncio que ha hecho posible obtener dicho coste de ruta más bajo es una interfaz denominada de comunicación por radiofrecuencia, dicho contador eléctrico inteligente no responde a ningún mensaje de solicitud de anuncio de otros contadores eléctricos inteligentes.
- 35
- Según una realización particular, cuando además la interfaz de comunicación por la que el agente de retransmisión ha enviado el mensaje de anuncio que ha permitido obtener dicho coste de ruta más bajo es una interfaz de comunicación denominada por radiofrecuencia, dicho contador eléctrico inteligente pone en marcha con el agente de retransmisión un primer mecanismo de supervisión que consiste en intercambiar, a través de dicha interfaz de comunicación por radiofrecuencia, mensajes de verificación de la conectividad de radio, y dicho contador inteligente reinicia la fase de registro cuando el primer mecanismo de supervisión muestra una pérdida de conectividad de radio.
- 40
- Según una realización particular, cuando además la interfaz de comunicación por la que el agente de retransmisión ha enviado el mensaje de anuncio que ha permitido obtener dicho coste de ruta más bajo es una interfaz de comunicación denominada por radiofrecuencia, dicho contador eléctrico inteligente pone en marcha con el agente de retransmisión un segundo mecanismo de supervisión consistente en intercambiar mensajes de indicación de presencia y/u otros mensajes de aplicación con el dispositivo de gestión centralizada, y dicho contador inteligente reinicia la fase de registro cuando el segundo mecanismo de supervisión muestra una pérdida de contacto con el dispositivo de gestión centralizada.
- 45
- 50 La invención también se refiere a un contador eléctrico inteligente destinado a ser usado en un sistema que comprende una red de comunicación por corrientes portadoras en línea con protocolo de encaminamiento reactivo para poner en contacto los nodos del sistema con un dispositivo de gestión centralizada del sistema ante el cual los contadores eléctricos inteligentes que son nodos del sistema deben ser registrados, consistiendo cada camino entre dicho nodo del sistema y el dispositivo de gestión centralizada en un enlace o un conjunto de enlaces, estando asociado cada enlace a un coste de ruta. El sistema incluye al menos una pasarela que tiene una interfaz de comunicación por corrientes portadoras en línea para comunicarse a través de la red de comunicación por corrientes portadoras en línea y al menos una interfaz de comunicación por radiofrecuencia. Dicho contador eléctrico inteligente, que pretende conectarse al sistema y que además comprende una interfaz de comunicación por corrientes portadoras en línea y al
- 55

- menos una interfaz de comunicación por radiofrecuencia, comprende medios para realizar una fase de registro que comprende: medios de difusión en cada una de sus interfaces de comunicación de un mensaje de solicitud de anuncio; medios para, después de recibir uno o varios mensajes de anuncio en respuesta al mensaje de solicitud de anuncio de, respectivamente, uno o varios vecinos en el sistema, la selección de un agente de retransmisión, siendo el agente de retransmisión el vecino en el sistema que tiene el coste de ruta más bajo para llegar al dispositivo de gestión centralizada, incluyendo cada mensaje de anuncio información de costes de ruta entre el vecino que envió dicho mensaje de anuncio y el dispositivo de gestión centralizada; y medios para realizar una solicitud de registro de dicho contador eléctrico inteligente ante el dispositivo de gestión centralizada, usando el agente de retransmisión seleccionado como intermediario a través de la interfaz de comunicación mediante la cual el agente de retransmisión envió el mensaje de anuncio que ha obtenido dicho coste de ruta más bajo. Además, los costes de ruta de los enlaces que se basan en interfaces de comunicación por corrientes portadoras en línea y de los enlaces de comunicación por radiofrecuencia se definen de manera coherente entre sí. Y, tras el registro de dicho contador eléctrico inteligente, el encaminamiento de mensajes desde o hacia dicho contador eléctrico inteligente tiene lugar en la capa de enlace del modelo OSI.
- 15 La invención también se refiere a un programa informático, que puede almacenarse en un soporte y/o descargarse de una red de comunicación, para ser leído por un procesador. Este programa informático incluye instrucciones para implementar uno u otro de los procedimientos mencionados anteriormente en cualquiera de sus realizaciones, cuando dicho programa es ejecutado por el procesador. La invención también se refiere a un soporte de almacenamiento de información que comprende dicho programa informático.
- 20 Las características de la invención mencionadas anteriormente, así como otras, aparecerán más claramente con la lectura de la siguiente descripción de un ejemplo de realización, realizándose dicha descripción en relación con los dibujos adjuntos, entre los cuales:
- la Fig. 1A ilustra esquemáticamente un sistema de comunicación en el marco de la gestión automatizada remota de contadores eléctricos inteligentes;
 - 25 - la Fig. 1B ilustra esquemáticamente otro sistema de comunicación en el marco de la gestión automatizada remota de contadores eléctricos inteligentes;
 - la Fig. 2 ilustra esquemáticamente un ejemplo de arquitectura de hardware del dispositivo de comunicación del sistema de la Fig. 1A y/o de la Fig. 1B;
 - 30 - la Fig. 3 ilustra esquemáticamente un algoritmo, ejecutado por un contador eléctrico inteligente, para seleccionar un agente de retransmisión en el sistema de la Fig. 1A y/o de la Fig. 1B;
 - la Fig. 4A ilustra esquemáticamente un primer algoritmo, ejecutado por una pasarela del sistema de la Fig. 1A y/o de la Fig. 1B, para responder a una solicitud de anuncio;
 - la Fig. 4B ilustra esquemáticamente un segundo algoritmo, ejecutado por dicha pasarela del sistema de la Fig. 1A y/o de la Fig. 1B, para responder a otra solicitud de anuncio;
 - 35 - la Fig. 5A ilustra esquemáticamente un algoritmo ejecutado por dicha pasarela del sistema de la Fig. 1A, para tratar un mensaje de solicitud de registro;
 - la Fig. 5B ilustra esquemáticamente un algoritmo ejecutado por dicha pasarela del sistema de la Fig. 1A, para tratar un mensaje de respuesta a dicha solicitud de registro;
 - 40 - la Fig. 6A ilustra esquemáticamente un algoritmo ejecutado por dicha pasarela del sistema de la Fig. 1A, para tratar un mensaje en sentido ascendente después del registro de dicho contador eléctrico inteligente;
 - la Fig. 6B ilustra esquemáticamente un algoritmo ejecutado por dicha pasarela del sistema de la Fig. 1A, para tratar un mensaje en sentido descendente después del registro de dicho contador eléctrico inteligente;
 - la Fig. 7 ilustra esquemáticamente una parte de la pila de comunicación usada en el sistema de la Fig. 1A y/o de la Fig. 1B; y
 - 45 - las Fig. 8A a 8F ilustran esquemáticamente los formatos de mensaje usados en el sistema de la Fig. 1A y/o de la Fig. 1B.
- La Fig. 1A ilustra esquemáticamente un sistema de comunicación en el marco de la gestión automatizada remota de contadores eléctricos inteligentes.
- 50 El sistema representado en la Fig. 1A comprende una red de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea (representada por flechas continuas) destinada a interconectar contadores eléctricos inteligentes y a permitirles comunicarse con un nodo de base, denominado aquí dispositivo MNC ("Multimedia Networking Coordinator" en inglés) 110, en particular con el fin de transmitirle las lecturas de recuento. El término "Multimedia" en este contexto debe interpretarse en su etimología que significa "varios medios de enlace". La red de comunicación por Corrientes

Portadoras en Línea está en malla, lo que permite que un solo contador eléctrico inteligente disponga potencialmente de varios caminos para llegar al dispositivo MNC 110, y viceversa. En dicha red de malla, algunos nodos actúan como retransmisores para permitir que uno o varios nodos se comuniquen con el dispositivo MNC 110. Se entiende por *nodo* cualquier dispositivo susceptible de ser incluido en el sistema para comunicarse con otros dispositivos del sistema.

- 5 El dispositivo MNC 110 está a cargo de administrar la red de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea. El dispositivo MNC 110 se encarga de asignar direcciones de capa de enlace a cada nodo del sistema, para permitir que dicho nodo se comunique dentro del sistema. Por lo tanto, el dispositivo MNC 110 actúa como un dispositivo de gestión centralizada del sistema.

- 10 La red de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea se basa en un protocolo de encaminamiento de tipo reactivo, como el protocolo LOADng (“Lightweight On-demand Ad hoc Distance-vector Routing Protocol - Next Generation” en inglés). A diferencia de los protocolos de encaminamiento de tipo proactivo que se basan en el conocimiento global de la topología de la red, un protocolo de encaminamiento de tipo reactivo se basa en el descubrimiento de rutas bajo demanda, y cada nodo de la red solo necesita tener conocimiento de sus propios vecinos (es decir, los nodos con los que dicho nodo de red puede comunicarse directamente, sin retransmisión por otro nodo de red). En el marco de las tecnologías de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea, el protocolo de encaminamiento usado en la norma G3-PLC es de tipo reactivo, mientras que el usado en las especificaciones PRIME (“Powerline Intelligent Metering Evolution” en inglés) es de tipo reactivo y proactivo.

- 15 El sistema representado en la Fig. 1A incluye una pluralidad de contadores eléctricos inteligentes. Algunos contadores eléctricos inteligentes pueden incluir únicamente una sola interfaz de comunicación, de tipo Corrientes Portadoras en Línea, para permitir la comunicación con el dispositivo MNC 110. Estos son los contadores eléctricos inteligentes M 111, 112, 113, 115 de la Fig. 1A. Algunos contadores eléctricos inteligentes pueden incluir una interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea, así como al menos otra interfaz de comunicación por Radiofrecuencia, para permitir la comunicación con el dispositivo MNC 110. Estos son los contadores eléctricos inteligentes M+ 114, 116 en la Fig. 1A.

- 20 El sistema representado en la Fig. 1A puede comprender una o varias pasarelas GW 120, 121. Al igual que los contadores eléctricos inteligentes M+ 114, 116, las pasarelas GW 120, 121 comprenden una interfaz de comunicación por corrientes portadoras en línea, así como al menos otra interfaz de comunicación, por Radiofrecuencia. Estas pasarelas GW 120, 121 no tienen una función de recuento, sino que están destinadas a hacer posible la retransmisión entre la red de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea y un contador eléctrico inteligente, como el contador eléctrico inteligente M 116, comunicándose a través de una interfaz de comunicación por Radiofrecuencia (representada por flechas en trazo discontinuo en la Fig. 1A). Las pasarelas GW pueden adaptarse a una red por Corrientes Portadoras en Línea existente, lo que significa que no es necesario cambiar un nodo existente de dicha red para introducir las funciones que realizan estas pasarelas GW.

- 25 Una vez registrado en el sistema y conectado a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea, cada contador eléctrico inteligente M+, como el contador eléctrico inteligente M+ 114, también puede actuar como un retransmisor entre la red de comunicación por Corrientes Portadoras en línea y otro contador eléctrico inteligente que se comunica a través de una interfaz de comunicación por Radiofrecuencia. El contador eléctrico inteligente M+ 114 ha adoptado así el papel de pasarela en el sistema. Además de la cuestión de la función de recuento, una diferencia entre las pasarelas GW 120, 121 y los contadores eléctricos inteligentes M+ 114, 116 es que las pasarelas GW 120, 121 no pueden registrarse en el sistema a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia.

- 30 Las interfaces de comunicación por Radiofrecuencia usadas en el sistema son por ejemplo del tipo LoRaWAN (alcance de radio de varios kilómetros en campo libre). Las pasarelas GW y los contadores eléctricos M+ que usan sus interfaces de comunicación por Radiofrecuencia escuchan constantemente el medio para permitir el establecimiento de comunicaciones bidireccionales asíncronas. Las interfaces de comunicación por Radiofrecuencia usadas en el sistema son por ejemplo del tipo KNX RF (alcance de radio de 100 metros en campo libre), tal y como se describe en la norma ISO/IEC 14543-3-x. En el caso en que se suponga que el sistema tiene una alta densidad de contadores eléctricos, estas interfaces de comunicación por Radiofrecuencia usadas en el sistema son, por ejemplo, del tipo IEEE 802.15.4 (alcance de radio de 10 metros en campo libre) en *modo sin baliza* (“non-beacon mode” en inglés). Estas interfaces de comunicación por Radiofrecuencia pueden usar tecnología patentada en la banda ISM (“Industrial, científica y médica”).

- 35 Dado que los contadores eléctricos inteligentes M+ 114, 116 tienen a la vez una interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea y al menos una interfaz de comunicación por Radiofrecuencia, es posible que usen una u otra de estas interfaces de comunicación para registrarse en el sistema. Se aplica un procedimiento específico para optimizar el rendimiento de las comunicaciones con estos contadores eléctricos inteligentes M+ 114, 116, de forma transparente para el dispositivo MNC 110. Este aspecto se detalla a continuación en relación con las Fig. 3, 4A, 4B, 5A y 5B.

Considérese a continuación, a modo de ilustración y en aras de simplificar la descripción, que los contadores eléctricos inteligentes M+ 114, 116, así como las pasarelas GW 120, 121, disponen cada uno de una única interfaz de comunicación de tipo RF (según la misma tecnología de Radiofrecuencia).

5 Debe tenerse en cuenta que se puede integrar una pasarela GW en el dispositivo MNC 110, para poder conectar uno o varios contadores eléctricos inteligentes M+ directamente al dispositivo MNC 110.

La Fig. 1B ilustra esquemáticamente otro sistema de comunicación en el marco de la gestión automatizada remota de contadores eléctricos inteligentes. En comparación con el sistema de la Fig. 1A, el sistema de la Fig. 1B se distingue por el hecho de que una pasarela GW está integrada en el dispositivo MNC 110, así como por la posibilidad de usar una o varias pasarelas GW en una configuración diferente a la descrita en relación con la Fig. 1A.

10 La Fig. 1B presenta por lo tanto una pasarela GW 121' que está conectada al dispositivo MNC 110 a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia. En una realización particular, la interfaz de comunicación por Radiofrecuencia así usada es una interfaz de comunicación con una red de telecomunicaciones celular, por ejemplo del tipo LTE ("Long Term Evolution" en inglés).

15 En esta configuración, la pasarela GW 121' permite conectar contadores eléctricos inteligentes M o M+ al sistema gracias a su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea, tal y como se ilustra en la Fig. 1B. Dado que la pasarela GW 121' se basa en su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia para realizar el enlace con el dispositivo MNC 110, la pasarela GW 121' no autoriza la formación de un grupo de contadores eléctricos inteligentes a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea, es decir, en esta configuración, la pasarela GW 121' solo permite que sus propios vecinos en la interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea se beneficien de la retransmisión, hacia el dispositivo MNC 110, lograda a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia. Por lo tanto, se aplica un tratamiento específico de los mensajes de solicitud de registro JOIN-REQUEST, como se describe más adelante en relación con la Fig. 5A. Se rechazarían otros contadores eléctricos inteligentes que intentaran integrar el sistema a través de la pasarela GW 121' en esta configuración usando sus interfaces de comunicación por Radiofrecuencia. Por lo tanto, se aplica un tratamiento específico de los mensajes de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST, como se describe más adelante en relación con la Fig. 4B.

25 Así, en una realización particular, cada pasarela GW es susceptible de configurarse para su uso según la configuración descrita anteriormente en relación con la Fig. 1A y para su uso según la configuración descrita anteriormente en relación con la Fig. 1B, siendo estos dos usos mutuamente excluyentes. Por ejemplo, durante la instalación, un instalador elige en qué configuración se coloca dicha pasarela GW. Según otro enfoque, la configuración descrita anteriormente en relación con la Fig. 1B es adoptada por dicha pasarela GW cuando, en el arranque, dicha pasarela GW no puede ponerse en contacto con el dispositivo MNC 110 a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea.

30 También es posible que el sistema de comunicación en el marco de la gestión automatizada remota de contadores eléctricos inteligentes comprenda pasarelas GW configurables exclusivamente en una u otra de las configuraciones descritas anteriormente en relación con las Fig. 1A y 1B.

La Fig. 2 ilustra esquemáticamente un ejemplo de arquitectura de hardware de dispositivo de comunicación del sistema de la Fig. 1A y/o de la Fig. 1B, ya sea un contador eléctrico inteligente M+ o una pasarela GW.

35 El dispositivo de comunicación en cuestión comprende entonces, conectados por un bus de comunicación 220: un procesador o CPU ("Central Processing Unit" en inglés) 210; una memoria RAM de acceso aleatorio ("Random Access Memory" en inglés) 211; una memoria ROM de solo lectura ("Read-Only Memory" en inglés) 212; una unidad de almacenamiento 213, como un disco duro HDD ("Hard Disk Drive" en inglés), o un lector de soportes de almacenamiento, como un lector de tarjetas SD ("Secure Digital" en inglés); de manera que una o varias interfaces de comunicación 214 permiten que el dispositivo de comunicación se comunique dentro de dicho sistema, como se mencionó anteriormente en relación con la Fig. 1A y la Fig. 1B. En el caso en que el dispositivo de comunicación sea un contador eléctrico inteligente M+, el dispositivo de comunicación comprende además una unidad de recuento configurada para registrar el consumo eléctrico de una instalación eléctrica que dicho contador eléctrico inteligente M+ se encarga de supervisar.

40 El procesador 210 es capaz de ejecutar instrucciones cargadas en la memoria RAM 211 a partir de la memoria ROM 212, de una memoria externa (no representada), de un soporte de almacenamiento (como una tarjeta SD) o de una red de comunicaciones. Cuando se enciende el dispositivo de comunicación, el procesador 210 puede leer instrucciones de la memoria RAM 211 y ejecutarlas. Estas instrucciones forman un programa informático que provoca la implementación, por parte del procesador 210, de parte o la totalidad de los algoritmos y etapas que se describen a continuación en relación con el dispositivo de comunicación en cuestión.

45 Parte o la totalidad de los algoritmos y etapas que se describen a continuación pueden implementarse en forma de software mediante la ejecución de un conjunto de instrucciones por parte de una máquina programable, por ejemplo, un DSP ("Digital Signal Processor" en inglés) o un microcontrolador, o implementarse en forma de hardware por una máquina o componente dedicado, por ejemplo, una FPGA ("Field-Programmable Gateway" en inglés) o un ASIC ("Application-Specific Integrated Circuit" en inglés).

- La Fig. 3 ilustra esquemáticamente un algoritmo, ejecutado por cada contador eléctrico inteligente M+, para realizar una fase de registro en dicho sistema, mediante la selección de un agente de retransmisión que desempeñará el papel de intermediario (“proxy” en inglés) frente a dicho contador eléctrico inteligente M+ en el sistema de la Fig. 1A o de la Fig. 1B. Un agente de retransmisión es un dispositivo, ya registrado en el sistema, a través del cual dicho contador eléctrico inteligente M+ se comunicará con la red de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea. Por lo tanto, esta acción tendrá lugar a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea o a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia (o una de sus interfaces de comunicación por Radiofrecuencia). Considérese con fines ilustrativos que el algoritmo de la Fig. 3 es ejecutado por el contador eléctrico inteligente M+ 116.
- En una etapa 301, el contador eléctrico inteligente M+ 116 detecta que tiene que registrarse en el sistema o que volver a registrarse en el sistema. El contador eléctrico inteligente M+ debe registrarse en el sistema cuando se pone en servicio el contador eléctrico inteligente M+ 116. El contador eléctrico inteligente M+ debe volver a registrarse en el sistema cuando el contador eléctrico inteligente M+ 116 ya estaba registrado en el sistema pero ha perdido contacto con el dispositivo MNC 110.
- El contador eléctrico inteligente M+ 116 difunde entonces un mensaje de solicitud de anuncio, denominado BEACON-REQUEST, en cada una de sus interfaces de comunicación. El contador eléctrico inteligente M+ 116 pretende así determinar cuáles son sus posibles vecinos en el sistema. Así, en una etapa 302, el contador eléctrico inteligente M+ 116 difunde este mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea. Según el ejemplo del sistema de la Fig. 1A, este mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST es recibido por el contador eléctrico inteligente M 115 a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea. Según el ejemplo del sistema de la Fig. 1A, este mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST también es recibido por la pasarela GW 121 a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea. Además, en una etapa 303, el contador eléctrico inteligente M+ 116 difunde este mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia. Cuando el contador eléctrico inteligente M+ 116 dispone de varias interfaces de comunicación por Radiofrecuencia, el contador eléctrico inteligente M+ 116 procede de esta forma para cada una de sus interfaces de comunicación por Radiofrecuencia. Según el ejemplo del sistema de la Fig. 1A, este mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST es recibido por la pasarela GW 121 a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia, y es recibido por el contador eléctrico inteligente M+ 114 a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia. Por tanto, cabe señalar que, según el ejemplo del sistema de la Fig. 1A, la pasarela GW 121 recibe el mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST a través de cada una de sus dos interfaces de comunicación. Los demás dispositivos registrados en el sistema son considerados, de forma ilustrativa en el marco del sistema de la Fig. 1A, fuera del alcance del contador eléctrico inteligente M+ 116.
- El contador eléctrico inteligente M+ 116 espera a continuación una respuesta al mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST que se transmitió en las etapas 302 y 303. Después de un tiempo de espera predefinido, en una etapa 304, el contador eléctrico inteligente M+ 116 verifica si se recibió un solo mensaje de anuncio BEACON-RESPONSE como respuesta. Si este es el caso, se lleva a cabo una etapa 305; de lo contrario, se realiza una etapa 306.
- En la etapa 305, el contador eléctrico inteligente M+ 116 selecciona como agente de retransmisión el nodo que ha transmitido el único mensaje de anuncio BEACON-RESPONSE recibido. El contador eléctrico inteligente M+ 116 memoriza la interfaz de comunicación a través de la cual se recibió dicho mensaje de anuncio BEACON-RESPONSE, para saber la interfaz de comunicación a través de la cual entablar contacto con dicho agente de retransmisión para comunicarse con el dispositivo MNC 110. A continuación se pone fin al algoritmo de la Fig. 3.
- En la etapa 306, el contador eléctrico inteligente M+ 116 verifica si se han recibido múltiples mensajes de anuncio BEACON-RESPONSE en respuesta. Si es así, se realiza la etapa 307; de lo contrario, el contador eléctrico inteligente M+ 116 continuará sondeando sus interfaces de comunicación en busca de posibles vecinos en el sistema, reiterando la etapa 302.
- En la etapa 307, el contador eléctrico inteligente M+ 116 recupera en cada mensaje de anuncio BEACON-RESPONSE recibido una información sobre el coste de la ruta entre el nodo que ha transmitido dicho mensaje de anuncio BEACON-RESPONSE y el dispositivo MNC 110. El contador eléctrico inteligente M+ 116 actualiza entonces cada información de coste de ruta así recuperada, añadiendo un coste de ruta adicional debido al enlace entre dicho nodo que ha transmitido dicho mensaje de anuncio BEACON-RESPONSE en cuestión y el contador eléctrico inteligente M+ 116. Este coste de ruta adicional depende por tanto de la interfaz de comunicación, por Corrientes Portadoras en Línea o por Radiofrecuencia, a través de la cual dicho mensaje de anuncio BEACON-RESPONSE en cuestión fue recibido por el contador eléctrico inteligente M+ 116, ya que estas dos interfaces de comunicación suelen tener costes de ruta diferentes.
- Los costes de ruta son métricas de encaminamiento que permiten decidir qué ruta elegir cuando varias rutas permiten establecer una comunicación entre dos nodos en el sistema. Cada ruta o camino se compone de uno o varios enlaces, estando cada enlace asociado a un coste de ruta. El coste de ruta asociado con una ruta es la suma de los costes de ruta de los enlaces que constituyen el camino o el coste de la ruta del enlace que constituye el camino. Los costes de

- ruta son una noción clásica de encaminamiento en las redes de comunicación en malla. Los costes de ruta pueden basarse en criterios de rendimiento alcanzable y/o latencia de transmisión y/o relación entre la anchura de banda requerida para establecer dicha ruta y la anchura de banda aún disponible y/o cantidad de recursos de tratamiento requeridos y/o relación señal-ruido y/o tasa de pérdidas. Se pueden usar otros criterios, ya que los costes de ruta no son información absoluta sino relativa para comparar el impacto de establecer una ruta con respecto a otra. Por ejemplo, el uso de un esquema de modulación y codificación de tipo BPSK ("Binary Phase-Shift Keying" en inglés) en un enlace tiene un coste de ruta más alto que un esquema de modulación y codificación de tipo QPSK ("Quadrature Phase-Shift Keying" en inglés), que tiene a su vez un mayor coste de ruta que un esquema de codificación y modulación de tipo 8PSK ("8-Phase Shift Keying" en inglés). En otro ejemplo, un esquema de repetición de tres repeticiones en un enlace tiene un coste de ruta más alto que un esquema de repetición de dos repeticiones, que a su vez tiene un coste de ruta más alto que un esquema de repetición de una repetición. La definición del coste de ruta adicional antes mencionado puede, en particular, usar información representativa de la calidad de transmisión detectada en la recepción del mensaje de anuncio BEACON-RESPONSE a través del enlace en cuestión.
- Los costes de ruta a través de enlaces por Corrientes Portadoras en Línea y a través de enlaces por Radiofrecuencia se definen de forma coherente entre sí, es decir, se usa la misma escala de costes de ruta en ambos casos. Por ejemplo, considerando de manera ilustrativa que el coste de la ruta de un enlace depende esencialmente de la relación entre la anchura de banda requerida para establecer dicha ruta y la anchura de banda aún disponible en dicho enlace, el coste de la ruta será el mismo que el enlace ya sea por Corrientes Portadoras en Línea o Radiofrecuencia para relaciones idénticas. Por ejemplo, considerando:
- 20 - enlaces por Corrientes Portadoras en Línea en los que se pueden usar esquemas de modulación y codificación de tipo 8PSK, QPSK, BPSK y ROBO (esquema de modulación y codificación basado en un esquema de modulación y codificación BPSK con repetición de bits), y
 - enlaces por Radiofrecuencia en los que se pueden usar esquemas de repetición con una, dos o tres repeticiones, es posible establecer una coherencia de costes de ruta de la siguiente manera:
 - 25 - el uso de un enlace por Corrientes Portadoras en Línea con un esquema de modulación y codificación tipo 8PSK tiene un coste de ruta C_1 ;
 - el uso de un enlace por Corrientes Portadoras en Línea con un esquema de modulación y codificación tipo QPSK tiene un coste de ruta $C_2 > C_1$;
 - 30 - el uso de un enlace por Radiofrecuencia con un esquema de repetición de una repetición tiene un coste de ruta $C_3 > C_2$;
 - el uso de un enlace por Corrientes Portadoras en Línea con un esquema de modulación y codificación tipo BPSK tiene un coste de ruta $C_4 > C_3$;
 - el uso de un enlace por Radiofrecuencia con esquema de repetición con dos repeticiones tiene un coste de ruta $C_5 > C_4$;
 - 35 - el uso de un enlace por Corrientes Portadoras en Línea con un esquema de modulación y codificación tipo ROBO tiene un coste de ruta $C_6 > C_5$; y
 - el uso de un enlace por Radiofrecuencia con un esquema de repetición con tres repeticiones tiene un coste de ruta $C_7 > C_6$.
- También es posible establecer la coherencia de los costes de ruta definiendo intervalos de costes para cada uno de los esquemas de modulación y codificación y cada uno de los esquemas de repetición mencionados anteriormente, y afinar el coste de la ruta del enlace en el intervalo correspondiente usando uno o varios criterios, como por ejemplo la relación entre la anchura de banda necesaria para establecer dicha ruta y la anchura de banda aún disponible.
- Al terminar la etapa 307, el contador eléctrico inteligente M+ 116 selecciona como agente de retransmisión el nodo que transmitió el mensaje de anuncio BEACON-RESPONSE que presenta, después de agregar el coste de ruta adicional mencionado anteriormente, el coste de ruta más bajo. El contador eléctrico inteligente M+ 116 memoriza la interfaz de comunicación a través de la cual se recibió el mensaje de anuncio BEACON-RESPONSE en cuestión, para saber la interfaz de comunicación a través de la cual entablar contacto con dicho agente de retransmisión para comunicarse con el dispositivo MNC 110 (el agente de retransmisión puede de hecho estar cerca del contador eléctrico inteligente M+ 116 a través de varias interfaces de comunicación).
- 50 En una etapa 308, el contador eléctrico inteligente M+ 116 transmite, implícitamente al dispositivo MNC 110, un mensaje de solicitud de registro en el sistema, denominado JOIN-REQUEST. El mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST contiene un identificador único, de tipo EUI64, que identifica al contador eléctrico inteligente M+ 116 de forma única. El contador eléctrico inteligente M+ 116 transmite el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST a través de su interfaz de comunicación memorizada al agente de retransmisión seleccionado en la etapa 307. El

5 contador eléctrico inteligente M+ envía dicha solicitud de registro JOIN-REQUEST a dicho agente de retransmisión seleccionado en la etapa 307, ya sea la interfaz de comunicación memorizada en relación con el agente de retransmisión seleccionado en la etapa 307 la interfaz de comunicación por Radiofrecuencia o la interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea. El agente de retransmisión en cuestión se encarga entonces de transmitir, en modo punto a punto, el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST al dispositivo MNC 110, usando la ruta ya establecida entre el dispositivo MNC 110 y el agente de retransmisión en cuestión (la ruta que permitió al contador eléctrico inteligente M+ 116 seleccionar el agente de retransmisión en cuestión en la etapa 307). El agente de retransmisión en cuestión sirve entonces como intermediario frente al contador eléctrico inteligente M+ 116. Véase en las Fig. 5A y 5B el comportamiento de los agentes de retransmisión.

10 El contador eléctrico inteligente M+ 116 queda a continuación en espera de un mensaje de acuse de recibo de registro, denominado JOIN-ACCEPT. Este mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT es transmitido por el dispositivo MNC 110 en respuesta al mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST, y confirma el registro en el sistema del contador eléctrico inteligente M+ 116. Así, en una etapa 308, el contador eléctrico inteligente M+ 116 recibe, del agente de retransmisión seleccionado en la etapa 307, a través de la interfaz de comunicación memorizada en relación con dicho agente de retransmisión, el mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT esperado. Como se detalla a continuación en relación con la Fig. 5B, el contador eléctrico inteligente M+ 116 recibe solo un mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT, y esto, a través del agente de retransmisión seleccionado en la etapa 307 y a través de la interfaz de comunicación memorizada en relación con dicho agente de retransmisión.

20 El mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT incluye una dirección de capa de enlace del modelo OSI ("Open Systems Interconnection" en inglés), normalmente una dirección denominada dirección corta ("short address" en inglés), que el dispositivo MNC 110 ha asignado al contador eléctrico inteligente M+ 116. El dispositivo MNC 110 dispone así de una asociación entre el identificador único, tipo EUI64, que se incluyó en el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST y la dirección de capa de enlace asignada al contador eléctrico inteligente M+ 116. Esta dirección de capa de enlace es usada posteriormente por el contador eléctrico inteligente M+ 116 para comunicarse en el sistema, con el fin de permitir el encaminamiento de datos confinados en la capa de enlace del modelo OSI. Seguidamente se pone fin al algoritmo de la Fig. 3.

30 Cabe señalar que el procedimiento de registro para el contador eléctrico inteligente M+ 116 puede incluir más intercambios de mensajes que simplemente el intercambio de los mensajes JOIN-REQUEST y JOIN-ACCEPT mencionados anteriormente, en particular para integrar un procedimiento de autenticación y verificación de informaciones relativas a las claves de cifrado.

Después del registro en el sistema, se dice que el contador eléctrico inteligente M+ 116 está "conectado" al sistema a través de su agente de retransmisión.

35 Como se detalla a continuación, tras el registro del contador eléctrico inteligente M+ 116, el encaminamiento de mensajes desde o hacia dicho contador eléctrico inteligente M+ 116 se realiza en el sistema en la capa de enlace del modelo OSI sin que el agente de retransmisión usado hasta entonces por el contador eléctrico inteligente M+ 116 tenga que seguir desempeñando el papel de intermediario.

40 En una realización particular, cuando el contador eléctrico inteligente M+ 116 selecciona un agente de retransmisión que respondió a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea, el contador eléctrico inteligente M+ 116 adopta un papel de pasarela tras el registro de dicho contador eléctrico inteligente M+ 116 en el sistema. El contador eléctrico inteligente M+ 116 permite que cualquier otro contador eléctrico inteligente M+ se conecte al sistema a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia. Sin embargo, cuando el contador eléctrico inteligente M+ 116 se conecta al sistema gracias a una pasarela GW que actúa como agente de retransmisión y cuando esta pasarela GW se conecta directamente al dispositivo MNC 110 gracias a su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia (como la pasarela GW 121' en la Fig. 1B), la pasarela GW 121' evita que cualquier otro contador eléctrico inteligente M+ se conecte al sistema usando el contador eléctrico inteligente M+ 116 como agente de retransmisión. Este aspecto se aborda más adelante en relación con la Fig. 5B.

50 La Fig. 4A ilustra esquemáticamente un algoritmo, ejecutado por cada pasarela GW del sistema de la Fig. 1A o de la Fig. 1B y por cada contador eléctrico inteligente M+ conectado al sistema a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea, para responder a un mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST transmitido a través de una interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea (como se describe anteriormente en la etapa 302). Considérese con fines ilustrativos que el algoritmo de la Fig. 4A es ejecutado por la pasarela GW 121.

En una etapa 401, la pasarela GW 121 recibe, a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea, el mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST en cuestión.

55 En una etapa 402, la pasarela GW 121 recupera información de coste de ruta relacionada con la ruta usada para comunicarse entre dicha pasarela GW 121 y el dispositivo MNC 110. En el caso de la pasarela GW 121 (Fig. 1A), el coste de la ruta entre dicha pasarela GW 121 y el dispositivo MNC 110 se determina mediante la difusión de mensajes de descubrimiento de ruta, denominados RREQ, a través de la red de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea. La ruta en cuestión solo usa la red de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea como soporte. Se

describe un procedimiento típico en la norma G3-PLC y es aplicable a las redes de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea con un protocolo de encaminamiento de tipo reactivo. En el caso de la pasarela GW 121' (Fig. 1B), el coste de ruta entre dicha pasarela GW 121' y el dispositivo MNC 110 es el coste de ruta asociado al enlace por Radiofrecuencia que conecta directamente dicha pasarela GW 121' y el dispositivo MNC 110. En particular, cuando el enlace por Radiofrecuencia que conecta directamente dicha pasarela GW 121' y el dispositivo MNC 110 usa una red de telecomunicaciones celular, el coste de ruta de dicho enlace puede definirse de tal manera que favorezca cualquier alternativa de comunicación a través de la red de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea.

En una etapa 403, la pasarela GW 121 transmite, a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea en respuesta al mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST, un mensaje de anuncio BEACON-RESPONSE que incluye la información de coste de ruta recuperada en la etapa 402. Así se pone fin al algoritmo de la Fig. 4A.

Cabe señalar que la pasarela GW 121 no propaga el mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST recibido a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea en la etapa 401. Al igual que la pasarela GW 121 no propaga el mensaje de anuncio BEACON-RESPONSE que se recibiría de otro nodo, por la pasarela GW 121 a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea. Por lo tanto, los intercambios de mensajes de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST y mensajes de anuncio BEACON-RESPONSE solo se producen entre vecinos.

La Fig. 4B ilustra esquemáticamente un algoritmo, ejecutado por cada pasarela GW en el sistema y por cada contador eléctrico inteligente M+ conectado al sistema a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea, para responder a un mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST transmitido a través de una interfaz de comunicación por Radiofrecuencia (como se ha descrito anteriormente en la etapa 303). Considérese con fines ilustrativos que el algoritmo de la Fig. 4B es ejecutado por la pasarela GW 121.

En una etapa 411, la pasarela GW 121 recibe, a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia, el mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST en cuestión. Sin embargo, cuando la pasarela GW en cuestión está conectada directamente al dispositivo MNC 110 mediante un enlace por Radiofrecuencia (por ejemplo, la pasarela GW 121' en la Fig. 1B), dicha pasarela GW en cuestión ignora cualquier mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST recibido vía su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia.

En una etapa 412, la pasarela GW 121 recupera una información de coste de ruta relacionada con la ruta usada para comunicarse entre dicha pasarela GW 121 y el dispositivo MNC 110. La etapa 412 es idéntica a la etapa 402 descrita anteriormente.

En una etapa 413, la pasarela GW 121 transmite, a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia en respuesta al mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST, un mensaje de anuncio BEACON-RESPONSE que incluye la información de coste de ruta recuperada en la etapa 412. Así se pone fin al algoritmo de la Fig. 4B.

Conviene señalar que la pasarela GW 121 no propaga el mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST recibido a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia en la etapa 411. Asimismo la pasarela GW 121 no propaga un mensaje de anuncio BEACON-RESPONSE que se recibiría, procedente de otro nodo, por la pasarela GW a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia. Aquí también, los intercambios de mensajes de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST y mensajes de anuncio BEACON-RESPONSE, por lo tanto, solo ocurren entre vecinos. El comportamiento es el mismo para cada contador eléctrico inteligente M+ conectado al sistema a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea.

Conviene señalar que un contador eléctrico inteligente M+ del sistema que está conectado al sistema a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia no responde a los mensajes de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST, incluidos los que posiblemente reciba por Corrientes Portadoras en Línea a través de su interfaz de comunicación.

La Fig. 5A ilustra esquemáticamente un algoritmo, ejecutado por cada pasarela GW del sistema, para tratar un mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST recibido a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia. El algoritmo de la Fig. 5A también es ejecutado por cada contador eléctrico inteligente M+ que ha adoptado el papel de pasarela. Considérese con fines ilustrativos que el algoritmo de la Fig. 5A es ejecutado por la pasarela GW 121.

En una etapa 501, la pasarela GW 121 recibe, a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia, el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST en cuestión (como se transmite en la etapa 308).

En una etapa 502, la pasarela GW 121 desencapsula el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST, para conservar solo los datos (encabezado(s) y datos útiles) independientemente del soporte de transmisión. Para más detalles, véanse las Fig. 8A a 8F descritas más adelante.

En una etapa 503, la pasarela GW 121 memoriza que dicha pasarela GW 121 es seleccionada como agente de retransmisión por el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión (véase la etapa 307 descrita anteriormente), ya que el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST iba dirigido específicamente a él. El hecho de memorizar que dicha

pasarela GW 121 es seleccionada como agente de retransmisión por el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión permite, en particular, actualizar posteriormente una tabla de encaminamiento local, en el momento de establecer una ruta entre dicho contador eléctrico inteligente M+ y el dispositivo MNC 110. La pasarela GW 121 sabe además que el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST debe, por naturaleza, propagarse al dispositivo MNC 110.

5 A continuación, en una etapa 504, la pasarela GW 121 vuelve a encapsular el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST para permitir su propagación en la red de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea. Para más detalles, véanse las Fig. 8A a 8F descritas más adelante. La pasarela GW 121 propaga entonces el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST a través de la red de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea, para permitir que el dispositivo MNC lo reciba. Así se pone fin al algoritmo de la Fig. 5A.

10 Mientras no se establezca una ruta (incluso si el coste de la ruta se conoce de antemano gracias al mecanismo de intercambio de mensajes BEACON-REQUEST y BEACON-RESPONSE), las tablas de encaminamiento locales en la capa de enlace de los nodos de la red no permiten propagar paso a paso el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST desde el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión al dispositivo MNC 110. Sin embargo, estando ya establecida una ruta entre el agente de retransmisión y el dispositivo MNC 110, esta ruta se usa para propagar el
15 mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST. El agente de retransmisión usa su propia dirección de capa de enlace como dirección de origen, lo que permite que el dispositivo MNC 110 le devuelva posteriormente un mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT que el agente de retransmisión se encarga de propagar hasta el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión (véase Fig. 5B).

20 Cuando la pasarela GW 121 recibe, a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea, un mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST en cuestión (como se transmite en la etapa 308), dicho mensaje también se dirige específicamente a dicha pasarela GW 121. La pasarela GW 121 también debe posteriormente actuar como agente de retransmisión para el mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT que sigue al mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST en cuestión. Dado que ya se ha establecido una ruta entre el agente de retransmisión y el dispositivo MNC 110, el agente de retransmisión aquí también usa su propia dirección de capa de
25 enlace como dirección de origen, lo que permite que el dispositivo MNC 110 le devuelva posteriormente un mensaje de acuse de recibo de registro que el agente de retransmisión se encarga entonces de propagar al contador eléctrico inteligente M+ en cuestión.

30 Dado que el agente de retransmisión actúa en nombre del contador eléctrico inteligente M+ en cuestión en la propagación del mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST, el agente de retransmisión en cuestión actúa como un intermediario ("proxy" en inglés) con respecto al contador eléctrico inteligente M+ 116.

Sin embargo, en la configuración particular de la pasarela GW 121' descrita en relación con la Fig. 1B, dicha pasarela GW 121' está conectada directamente al dispositivo MNC 110 a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia y no permite la formación de grupos a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea. A continuación, la pasarela GW 121' verifica, al recibir un mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST
35 a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea, si dicho mensaje se produce por iniciativa de un vecino o si este vecino simplemente retransmite dicho mensaje. En este último caso, como se describe a continuación, la dirección de capa de dicho vecino aparece en el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST para fines de encaminamiento en el sistema en la capa de enlace del modelo OSI. Si el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST no se produce por iniciativa de un vecino, la pasarela GW 121' ignora dicho mensaje de solicitud de
40 registro JOIN-REQUEST, lo que impide el registro en el sistema del nodo por iniciativa de dicho mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST. Si el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST se produce por iniciativa de un vecino, la pasarela GW 121' memoriza que dicha pasarela GW 121' es seleccionada como agente de retransmisión por el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión, vuelve a encapsular el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST para permitir su transmisión a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia y transmite al
45 dispositivo MNC 110 el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia.

La Fig. 5B ilustra esquemáticamente un algoritmo, ejecutado por cada pasarela GW del sistema, para tratar un mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT relativo a un contador eléctrico inteligente M+ para el que dicha pasarela GW actúa como agente de retransmisión a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia. El algoritmo
50 de la Fig. 5B también es ejecutado por cada contador eléctrico inteligente M+, que ha adoptado el papel de pasarela, frente a cualquier otro contador eléctrico inteligente M+ para el que dicho contador eléctrico inteligente M+ actúa como agente de retransmisión a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia. Considérese con fines ilustrativos que el algoritmo de la Fig. 5B es ejecutado por la pasarela GW 121.

55 En una etapa 511, la pasarela GW 121 recibe, a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea, el mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT en cuestión, tal como lo transmite el dispositivo MNC 110. Como el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST al que responde el mensaje de acuse de recibo de registro incluía como dirección de origen de la capa de enlace la de la pasarela GW 121, dicho mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT fue enviado por el dispositivo MNC 110 a la pasarela GW 121. La pasarela GW 121 se encarga de propagar dicho mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT al contador eléctrico M+ que

había transmitido inicialmente el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST al cual responde dicho mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT.

5 En una etapa 512, la pasarela GW 121 detecta que ha sido seleccionada como agente de retransmisión por el contador eléctrico inteligente M+ afectado por el mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT (memorización en la etapa 503). La pasarela GW 121 desencapsula el mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT, para conservar solo los datos (encabezado(s) y datos útiles) independientemente del soporte de transmisión. Para más detalles, véanse las Fig. 8A a 8F que se describen a continuación, con el objetivo de transmitirlo después a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia.

10 En una etapa 513, la pasarela GW 121 vuelve a encapsular el mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT para permitir su transmisión a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia. Para más detalles, véanse las Fig. 8A a 8F descritas más adelante. Seguidamente, la pasarela GW 121 transmite el mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT a través de la interfaz de comunicación por Radiofrecuencia, para permitir que el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión lo reciba. El mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT se dirige aquí específicamente al contador eléctrico inteligente M+ en cuestión. Se pone fin así al algoritmo de la Fig. 5B.

15 Si el mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT se relaciona con un contador eléctrico inteligente M+ para el cual dicha pasarela GW actúa como un agente de retransmisión a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea, la pasarela GW 121 modifica el mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT específicamente dirigiendo dicho mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT a dicho contador eléctrico inteligente M+ y transmite el mensaje así modificado a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea.

20 Sin embargo, en la configuración particular de la pasarela GW 121' descrita en relación con la Fig. 1B, dicha pasarela GW 121' recibe el mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia directamente desde el dispositivo MNC 110. La pasarela GW 121' detecta que ha sido seleccionada como agente de retransmisión por el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión por el mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT y desencapsula el mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT, para conservar solo los datos (encabezado(s) y datos útiles) independientemente del soporte de transmisión. Entonces, la pasarela GW 121' vuelve a encapsular el mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT para permitir su transmisión a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea.

30 Como el mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT es dirigido en la capa de enlace por el dispositivo MNC 110 al agente de retransmisión que ha sido seleccionado por el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión, dicho contador eléctrico inteligente M+ recibe solo un mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT por mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST transmitido.

35 Una vez que el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión ha sido registrado en el sistema por el dispositivo MNC 110, es necesario establecer una ruta (bidireccional, y posiblemente asimétrica) entre el dispositivo MNC 110 y el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión, para comunicarse sin tener que recurrir a difusiones sucesivas, y sin requerir que el agente de retransmisión continúe desempeñando el papel de intermediario. Se debe realizar una fase de descubrimiento de rutas, para permitir la correspondiente actualización de las tablas de encaminamiento locales de los nodos del sistema. Para hacer esto, se transmiten en el sistema mensajes de solicitud de descubrimiento de ruta, llamados RREQ, y, como retorno, mensajes de respuesta de descubrimiento de ruta, llamados RRESP. Se usa entonces un modo de transmisión por difusiones sucesivas, con un mecanismo clásico de evitación de bucles perpetuos en protocolos de encaminamiento de tipo reactivo. Se encuentra este enfoque en particular en el protocolo de encaminamiento LOADng. La fase de descubrimiento de ruta puede ser iniciada por el dispositivo MNC 110 y/o por el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión.

45 Al final de la fase de descubrimiento de ruta entre el dispositivo MNC 110 y el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión, se establece la ruta que presenta el coste de ruta más bajo y se configuran las tablas de encaminamiento locales respectivas de los nodos del sistema para que sea posible llevar a cabo comunicaciones entre el dispositivo MNC 110 y el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión sin tener que recurrir a difusiones sucesivas, y sin requerir que el agente de retransmisión continúe desempeñando el papel de intermediario. Cuando el contador eléctrico inteligente M+ se basa en un nodo que actúa como agente de retransmisión a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia, dicho nodo ha memorizado en la etapa 503 que ha sido seleccionado como agente de retransmisión por el contador eléctrico inteligente M+. Así, durante la fase de descubrimiento de rutas entre el dispositivo MNC 110 y el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión, dicho agente de retransmisión indica en su tabla de encaminamiento local que la comunicación con el contador eléctrico inteligente M+ se produce a través de su comunicación por Radiofrecuencia (por omisión, la tabla de encaminamiento local indica que la comunicación se realiza a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea). La memorización realizada en la etapa 503 permite así respetar la elección de interfaz de comunicación, y por tanto indirectamente de ruta, inicialmente realizada por el contador eléctrico inteligente M+ en la etapa 307. Del mismo modo, cuando se conecta directamente una pasarela GW al dispositivo MNC 110 por su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia (como la pasarela GW 121' de la Fig. 1B), dicha pasarela GW indica en su tabla de encaminamiento local que la comunicación con el dispositivo MNC 110 se realiza a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia.

Una vez establecida la ruta entre el dispositivo MNC 110 y el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión, se pueden intercambiar mensajes de aplicación entre el dispositivo MNC 110 y el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión. Dichos mensajes de aplicación son, por ejemplo, mensajes que cumplen con las especificaciones DLMS (“Device Language Message Specification” en inglés) y COSEM (“Companion Specification for Energy Metering” en inglés), con el fin de permitir, en particular, que el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión transmita las lecturas de recuento al dispositivo MNC 110. Desde el punto de vista de la capa de enlace, estos mensajes de aplicación se ven simplemente como mensajes en sentido ascendente (desde el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión al dispositivo MNC 110) o mensajes en sentido descendente (desde el dispositivo MNC 110 al contador eléctrico inteligente M+ en cuestión). Gracias a las tablas de encaminamiento locales, los intercambios de mensajes se realizan de extremo a extremo en la capa de enlace. Solo el agente de retransmisión conoce la posible presencia del enlace por Radiofrecuencia para conectar el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión al sistema. Este aspecto se detalla a continuación en relación con las Fig. 6A y 6B.

La Fig. 6A ilustra esquemáticamente un algoritmo, ejecutado por cada pasarela GW del sistema, para tratar un mensaje en sentido ascendente (“uplink” en inglés) procedente de un contador eléctrico inteligente M+ para el que dicha pasarela GW actúa como agente de retransmisión a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia. El algoritmo de la Fig. 6A también lo ejecuta cada contador eléctrico inteligente M+, conectado al sistema a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea, frente a cualquier otro contador eléctrico inteligente M+ para el que dicho contador eléctrico inteligente M+ actúa como agente de retransmisión a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia. Considérese con fines ilustrativos que el algoritmo de la Fig. 6A es ejecutado por la pasarela GW 121.

El mensaje en sentido ascendente en cuestión es un mensaje iniciado por dicho contador eléctrico inteligente M+ y destinado al dispositivo MNC 110. El mensaje se transmite, a través del sistema, por saltos (“hop” en inglés) desde dicho contador eléctrico inteligente M+ hasta el dispositivo MNC 110. La transmisión entre dicho contador eléctrico inteligente M+ y la pasarela GW 121 es el primer salto en secuencia. Para poder realizar esta transmisión por saltos a través del sistema, el mensaje en sentido ascendente identifica dicho contador eléctrico inteligente M+ gracias a su dirección de capa de enlace, así como el dispositivo MNC 110, también gracias a su dirección de capa de enlace. Además, en cada salto, el mensaje en sentido ascendente se actualiza para identificar el nodo del sistema desde el que se transmite dicho mensaje en sentido ascendente, gracias a su dirección de capa de enlace, así como el nodo al que va destinado dicho mensaje en sentido ascendente del salto en cuestión, gracias también a su dirección de capa de enlace. Los saltos se realizan así manteniéndose en el nivel de capa de enlace, gracias a las tablas de encaminamiento locales del protocolo de encaminamiento de tipo reactivo, tal como se usa en el modo “mesh-under forwarding” del protocolo 6LoWPAN (de “IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks” en inglés, que inicialmente se desarrolló como soporte de IPv6 sobre IEEE 802.15.4 y que se ha extendido a la norma G3-PLC) que se basa en el protocolo de encaminamiento de tipo reactivo LOADng.

En una etapa 601, la pasarela GW 121 recibe, a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia, el mensaje en sentido ascendente en cuestión, procedente del contador eléctrico inteligente M+ en cuestión, para lo cual dicha pasarela GW 121 actúa como agente de retransmisión a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia.

En una etapa 602, la pasarela de enlace GW 121 desencapsula el mensaje en sentido ascendente en cuestión, para conservar solo los datos (encabezado(s) y datos útiles) independientemente del soporte de transmisión. Para más detalles, véanse las Fig. 8A a 8F descritas más adelante.

En una etapa 603, la pasarela de enlace GW 121 vuelve a encapsular el mensaje en sentido ascendente en cuestión para permitir que se realice el siguiente salto al dispositivo MNC 110 a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea. La pasarela GW 121 identifica el siguiente nodo en ruta hacia el dispositivo MNC 110 a través de su tabla de encaminamiento local de protocolo de encaminamiento de tipo reactivo. La pasarela GW 121 actualiza el mensaje en sentido ascendente con las direcciones de capa de enlace necesarias para asegurar el siguiente salto al dispositivo MNC 110. Para más detalles, véanse las Fig. 8A a 8F descritas más adelante. La pasarela GW 121 transmite a continuación el enlace ascendente del mensaje, a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea.

En el caso en que el mensaje en sentido ascendente generado por dicho contador eléctrico inteligente M+ y destinado al dispositivo MNC 110 sea recibido por la pasarela GW 121 a través de su interfaz por Corrientes Portadoras en Línea, la pasarela GW 121 reenvía el mensaje en sentido ascendente en cuestión en la red de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea seleccionando el siguiente nodo en ruta hacia el dispositivo MNC 110 de acuerdo con su tabla de encaminamiento local.

Sin embargo, en la configuración particular de la pasarela GW 121' descrita en relación con la Fig. 1B, dicha pasarela GW 121' recibe el mensaje en sentido ascendente en cuestión a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea. La pasarela GW 121' desencapsula seguidamente el mensaje en sentido ascendente en cuestión, para conservar solo los datos (encabezado(s) y datos útiles) independientemente del soporte de transmisión. La pasarela GW 121' vuelve a encapsular el mensaje en sentido ascendente en cuestión para permitir su transmisión a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia, y transmite al dispositivo MNC 110 dicho mensaje en sentido ascendente a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia.

La Fig. 6B ilustra esquemáticamente un algoritmo, ejecutado por cada pasarela GW del sistema, para tratar un mensaje en sentido descendente (“downlink” en inglés) destinado a un contador eléctrico inteligente M+ para el que dicha pasarela GW actúa como agente de retransmisión a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia. El algoritmo de la Fig. 6B también es ejecutado por cada contador eléctrico inteligente M+, conectado adjunto al sistema a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea, frente a cualquier otro contador eléctrico inteligente M+ para el cual dicho contador eléctrico inteligente M+ actúa como agente de retransmisión a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia. Considérese con fines ilustrativos que el algoritmo de la Fig. 6B es ejecutado por la pasarela GW 121.

El mensaje en sentido descendente en cuestión es un mensaje iniciado por el dispositivo MNC 110 y destinado a dicho contador eléctrico inteligente M+. El mensaje se transmite, a través del sistema, en saltos desde el dispositivo MNC 110 hasta dicho contador eléctrico inteligente M+. La transmisión entre dicho contador eléctrico inteligente M+ y la pasarela GW 121 es el último salto en secuencia. En este caso, los saltos también se realizan permaneciendo en el nivel de la capa de enlace.

En una etapa 611, la pasarela GW 121 recibe, a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea, el mensaje en sentido descendente en cuestión, destinado al contador eléctrico inteligente M+ en cuestión, para el que dicha pasarela GW 121 actúa como agente de retransmisión a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia.

En una etapa 612, la pasarela GW 121 desencapsula el mensaje en sentido descendente en cuestión, para conservar solo los datos (encabezado(s) y datos útiles) independientemente del soporte de transmisión. Para más detalles, véanse las Fig. 8A a 8F descritas más adelante.

En una etapa 613, la pasarela GW 121 vuelve a encapsular el mensaje en sentido descendente en cuestión para poder realizar, a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia, el siguiente y último salto a dicho contador eléctrico inteligente M+ para el que la pasarela GW 121 actúa como un agente de retransmisión a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia. La pasarela GW 121 actualiza el mensaje en sentido descendente con las direcciones de capa de enlace necesarias para proporcionar el siguiente y último salto al contador eléctrico inteligente M+ en cuestión. Para más detalles, véanse las Fig. 8A a 8F descritas más adelante. La pasarela GW 121 transmite a continuación el mensaje en sentido descendente, a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia.

En el caso en que el mensaje en sentido descendente generado por el dispositivo MNC 110 y destinado a dicho contador eléctrico inteligente M+ sea recibido por la pasarela GW 121 y la pasarela GW 121 no actúe para dicho contador eléctrico inteligente M+ como agente de retransmisión a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia, la pasarela GW 121 reenvía el mensaje en sentido descendente en cuestión en la red de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea seleccionando el siguiente nodo en ruta a dicho contador eléctrico inteligente M+ (que puede ser dicho contador eléctrico inteligente M+) según su tabla de encaminamiento local.

Sin embargo, en la configuración particular de la pasarela GW 121' descrita en relación con la Fig. 1B, dicha pasarela GW 121' recibe el mensaje en sentido descendente en cuestión a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia, directamente desde el dispositivo MNC 110. La pasarela GW 121' desencapsula a continuación el mensaje en sentido descendente en cuestión, para conservar solo los datos (encabezado(s) y datos útiles) independientemente del soporte de transmisión. La pasarela GW 121' vuelve a encapsular el mensaje en sentido descendente en cuestión para permitir su transmisión a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea para garantizar el último salto, y transmite dicho mensaje en sentido descendente al contador eléctrico inteligente M+ correspondiente a través de su interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea.

La Fig. 7 ilustra esquemáticamente una parte de la pila de comunicación usada en el sistema.

La parte de la pila de comunicación representada esquemáticamente en la Fig. 7 muestra las tres capas más bajas del modelo OSI, en concreto, la capa física 701, la capa de enlace 702 y la capa de red 703. Las comunicaciones entre las capas de red de los nodos del sistema (en los que se basan las capas de orden superior) se basan en el direccionamiento IPv6, mientras que las direcciones de la capa de enlace permiten la comunicación entre las capas de enlace de los nodos del sistema (sin tener que volver a las capas de orden superior, incluida la capa de red).

Cada pasarela GW del sistema y cada contador eléctrico inteligente M+ del sistema tienen al menos dos interfaces de comunicación, en concreto, una interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea y al menos una interfaz de comunicación por Radiofrecuencia. Para cada una de estas interfaces, la capa física 701 incluye una subcapa física dedicada. La Fig. 7 muestra dos subcapas físicas PHY1 711 (para la interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea) y PHY2 712 (para una interfaz de comunicación por Radiofrecuencia).

La Fig. 7 también muestra que la capa de enlace 702 se descompone en varias subcapas. La capa de enlace 702 incluye en primer lugar una subcapa de control de acceso al medio MAC (“Medium Access Control” en inglés) asociada con cada subcapa física, por lo tanto, para cada interfaz de comunicación. La Fig. 7 muestra así una subcapa de control de acceso al medio MAC1 723 asociada con la subcapa física PHY1 711 y una subcapa de control de acceso al medio MAC2 722 asociada con la subcapa física PHY2 712. Las subcapas de control de acceso al medio MAC1 723 y MAC2 722 son responsables de asegurar las comunicaciones con los vecinos a través de las subcapas físicas

PHY1 711 y PHY2 712 respectivamente y, en particular, de definir las configuraciones de las subcapas físicas PHY1 711 o PHY2 712 que se usarán para cada vecino (esquema de modulación y codificación, etc.).

En una realización particular, las subcapas de control de acceso al medio MAC1 723 y MAC2 722 implementan funcionalidades y servicios similares. Más en concreto, cada una de las subcapas de control de acceso al medio MAC1 723 y MAC2 722 implementa el mismo mecanismo de control de acceso al medio, por ejemplo del tipo CSMA-CA ("Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance" en inglés), permitiendo la comunicación entre nodos vecinos. Además, cada una de las subcapas de control de acceso al medio MAC1 723 y MAC2 722 implementa un mecanismo de fragmentación y reensamblaje de paquetes, un mecanismo de solicitud de repetición automática ARQ ("Automatic Repeat reQuest" en inglés) y un mecanismo de escucha continua del medio cuando el nodo en cuestión no está transmitiendo en el medio. Preferentemente, cada una de las subcapas de control de acceso al medio MAC1 723 y MAC2 722 implementa un mecanismo de gestión de prioridad de paquetes y es capaz de soportar tamaños de paquetes iguales a 1.500 bytes.

La capa de enlace 702 también comprende una subcapa de adaptación 721 que interconecta la capa de red 701 con las subcapas de control de acceso al medio MAC1 723 y MAC2 722. La subcapa de adaptación 721 implementa la tabla de encaminamiento local, definiendo para cada nodo el sistema a través de qué vecino propagar un mensaje dirigido a dicho nodo del sistema. Cada nodo se identifica por su dirección de capa de enlace. El protocolo de encaminamiento de tipo reactivo se implementa así en esta subcapa de adaptación 721. La subcapa de adaptación 721 está de acuerdo preferentemente con el protocolo 6LoWPAN.

Por lo tanto, es evidente en la Fig. 7 que la convergencia de las interfaces de comunicación por Radiofrecuencia y por Corrientes Portadoras en Línea se efectúa en el nivel 2 del modelo OSI (capa de enlace). Esta diversidad de medios de transmisión es así transparente en el nivel 3 del modelo OSI (capa de red). Esta diversidad de medios de transmisión también es vista por la subcapa de adaptación 721 de cada nodo que tiene tanto una interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea como al menos una interfaz de comunicación por Radiofrecuencia. No obstante, el hecho de que uno u otro nodo del sistema tenga tanto una interfaz de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea como al menos una interfaz de comunicación por Radiofrecuencia es transparente para el dispositivo MNC 110, que puede así gestionar el sistema como si todos los nodos estuvieran conectados directamente a la red de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea.

Por motivos de sencillez, la Fig. 7 no muestra las capas de orden superior del modelo OSI.

Las Fig. 8A a 8F ilustran esquemáticamente los formatos de mensajes usados en el sistema.

La Fig. 8A muestra un formato de mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST, o de mensaje de anuncio BEACON-RESPONSE, usado en enlaces por Radiofrecuencia. El formato de la Fig. 8A incluye un encabezado PHY RF 801 de capa física, apropiado para la subcapa física (véase Fig. 7) en cuestión. El formato de la Fig. 8A incluye además un encabezado MAC RF 811 de subcapa de control de acceso (véase Fig. 7) adecuado para la capa física en cuestión. El formato de la Fig. 8A incluye además la carga útil 821 representativa del mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST, o del mensaje de anuncio BEACON-RESPONSE. Obsérvese, por tanto, que el formato de la Fig. 8A no incluye un encabezado de subcapa de adaptación (véase Fig. 7), ya que los mensajes de anuncio BEACON-REQUEST y los mensajes de anuncio BEACON-RESPONSE solo se intercambian entre vecinos y no se encaminan a través de la red de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea.

La Fig. 8B muestra un formato de mensaje de solicitud de anuncio BEACON-REQUEST, o de mensaje de anuncio BEACON-RESPONSE, usado en enlaces por Corrientes Portadoras en Línea. El formato de la Fig. 8B incluye un encabezado PHY PLC 802 de capa física, apropiado para la subcapa física (véase Fig. 7) en cuestión. El formato de la Fig. 8B incluye además un encabezado MAC PLC 812 de subcapa de control de acceso (véase Fig. 7) adecuado para la capa física en cuestión. El formato de la Fig. 8B incluye además los datos útiles 821 ya mencionados en relación con la Fig. 8A. Debe observarse, por tanto, que el formato de la Fig. 8B no incluye un encabezado de subcapa de adaptación (véase Fig. 7), ya que los mensajes de anuncio BEACON-REQUEST y los mensajes de anuncio BEACON-RESPONSE solo se intercambian entre vecinos y no se encaminan a través de la red de comunicación por Corrientes Portadoras en Línea.

La Fig. 8C muestra un formato de mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST, o de mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT, usado en enlaces por Radiofrecuencia. El formato de la Fig. 8C incluye el encabezado PHY RF 801 de la capa física ya expuesto en relación con la Fig. 8A. El formato de la Fig. 8C incluye además el encabezado MAC RF 811 de la subcapa de control de acceso ya mencionado en relación con la Fig. 8A. El formato de la Fig. 8C incluye además un encabezado 820 de subcapa de adaptación (véase Fig. 7) para el encaminamiento a través del sistema. El encabezado 820 de la subcapa de adaptación comprende la dirección de capa de enlace del nodo de origen del mensaje (excepto el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST) y la dirección de capa de enlace del nodo de destino del mensaje. El encabezado 820 de la subcapa de adaptación también comprende, para cada salto realizado en el sistema, la dirección de capa de enlace del nodo de origen del mensaje para dicho salto (excepto cuando se envía el mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST por parte del contador eléctrico inteligente M+ que pretende registrarse en el sistema) y la dirección de capa de enlace del nodo de destino para dicho salto. El encabezado 820 de la subcapa de adaptación es independiente del enlace, por Corrientes Portadoras en

Línea o Radiofrecuencia, por el que transita el mensaje en cuestión. El formato de la Fig. 8C incluye además datos útiles 822 representativos del mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST, o del mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT. La dirección de capa de enlace asignada por el dispositivo MNC 110 al contador eléctrico inteligente M+ para el cual está destinado dicho mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT se incluye así en el encabezado 820 de la subcapa de adaptación, así como la dirección de capa de enlace del dispositivo MNC 110.

La Fig. 8D muestra un formato de mensaje de solicitud de registro JOIN-REQUEST, o formato de mensaje de acuse de recibo de registro JOIN-ACCEPT, usado en los enlaces por Corrientes Portadoras en Línea. El formato de la Fig. 8D incluye el encabezado PHY PLC 802 de la capa física ya expuesto en relación con la Fig. 8B. El formato de la Fig. 8D incluye además el encabezado MAC PLC 812 de la subcapa de control de acceso ya expuesto en relación con la Fig. 8B. El formato de la Fig. 8D incluye además el encabezado 820 de la subcapa de adaptación ya mencionado en relación con la Fig. 8C. El formato de la Fig. 8D incluye además los datos útiles 822 ya mencionados en relación con la Fig. 8C.

La Fig. 8E muestra un formato de mensaje en sentido ascendente, o un formato de mensaje en sentido descendente, usado en enlaces por Radiofrecuencia después del registro del contador eléctrico inteligente M+ en el sistema. El formato de la Fig. 8E incluye el encabezado PHY RF 801 de la capa física ya expuesto en relación con la Fig. 8A. El formato de la Fig. 8E incluye además el encabezado MAC RF 811 de la subcapa de control de acceso ya mencionado en relación con la Fig. 8A. El formato de la Fig. 8E incluye además el encabezado 820 de la subcapa de adaptación ya mencionado en relación con la Fig. 8C. El encabezado 820 de la subcapa de adaptación comprende la dirección de capa de enlace del nodo de origen del mensaje y la dirección de capa de enlace del nodo de destino del mensaje. El encabezado 820 de la subcapa de adaptación comprende además, para cada salto realizado en el sistema, la dirección de capa de enlace del nodo de origen del mensaje para dicho salto y la dirección de capa de enlace del nodo de destino del mensaje para dicho salto. El encabezado 820 de la subcapa de adaptación es independiente del enlace, por Corrientes Portadoras en Línea o Radiofrecuencia, usado para realizar dicho salto. El formato de la Fig. 8E incluye además datos de carga útil 823 representativos del mensaje en sentido ascendente o del mensaje en sentido descendente. Estos datos de carga útil 823 pueden basarse en protocolos de transporte y protocolos de aplicación, por ejemplo, de acuerdo con las especificaciones DLMS y COSEM.

La Fig. 8F muestra un formato de mensaje en sentido ascendente, o un formato de mensaje en sentido descendente, usado en enlaces por Corrientes Portadoras en Línea después del registro del contador eléctrico inteligente M+ en el sistema. El formato de la Fig. 8F incluye el encabezado PHY PLC 802 de la capa física ya expuesto en relación con la Fig. 8B. El formato de la Fig. 8F incluye además el encabezado MAC PLC 812 de la subcapa de control de acceso ya mencionado en relación con la Fig. 8B. El formato de la Fig. 8F incluye además el encabezado 820 de la subcapa de adaptación como se describe en relación con la Fig. 8E. El formato de la Fig. 8F incluye además los datos útiles 823 ya mencionados en relación con la Fig. 8E.

Cuando un contador eléctrico inteligente M+ se apoya para comunicarse en el dispositivo MNC 110 en un agente de retransmisión a través de su interfaz de comunicación por Radiofrecuencia, es posible que el enlace por Radiofrecuencia en cuestión se rompa y que el contador eléctrico inteligente M+ pierda contacto con el dispositivo MNC 110. Así, en una realización particular, el contador eléctrico inteligente M+ supervisa el estado del enlace por Radiofrecuencia en cuestión. Para ello, el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión puede usar uno y/u otro de los siguientes mecanismos de supervisión.

Un primer mecanismo de supervisión consiste en intercambiar con el agente de retransmisión, a través de dicho enlace por Radiofrecuencia, mensajes de verificación de la conectividad de radio. Uno de los puntos finales de dicho enlace por Radiofrecuencia (es decir, dicho contador eléctrico inteligente M+ o su agente de retransmisión) transmite un mensaje de solicitud de verificación de conectividad de radio, denominado LinkCheckReq. Cuando el otro punto final recibe este mensaje de solicitud de verificación de conectividad de radio LinkCheckReq, transmite en respuesta un mensaje de acuse de recibo de la existencia de conectividad de radio, llamado LinkCheckResp. Recibir correctamente estos mensajes asegura que la conectividad de radio esté siempre presente.

Un segundo mecanismo de supervisión consiste en intercambiar periódicamente mensajes de indicación de presencia ("keep-alive" en inglés) con el dispositivo MNC 110. Esto permite también que el dispositivo MNC 110 sepa que el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión todavía está presente en el sistema. Además, el intercambio con el dispositivo MNC 110 de mensajes de aplicación distintos de dichos mensajes de indicación de presencia permite que el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión y el dispositivo MNC 110 sepan que se mantiene el contacto. La ausencia de respuesta a los mensajes de la aplicación es, por otro lado, indicativa de una pérdida de contacto.

Cuando el primer mecanismo de supervisión y/o el segundo mecanismo de supervisión muestran una pérdida de contacto, el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión reinicia el algoritmo de la Fig. 3. Se reinician las tablas de encaminamiento locales, en relación con el recorrido entre el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión y el dispositivo MNC 110, en dicho contador eléctrico inteligente M+ y el dispositivo MNC 110. Las tablas de encaminamiento locales de los demás nodos del sistema se reinician, en relación con la ruta entre el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión y el dispositivo MNC 110, bien por caducidad de los datos relativos a dicha ruta (los datos están asociados a un tiempo de vida) o bien por definición de una nueva ruta mediante la reactivación de una fase de descubrimiento de ruta entre el contador eléctrico inteligente M+ en cuestión y el dispositivo MNC 110.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de conexión de un contador eléctrico inteligente (116) a un sistema que comprende una red de comunicación por corrientes portadoras en línea con protocolo de encaminamiento reactivo para poner en contacto los nodos del sistema y un dispositivo de gestión centralizada (110) del sistema ante el cual deben registrarse los contadores eléctricos inteligentes (111, 112, 113, 114, 115) que son nodos del sistema, consistiendo cada camino entre uno de dichos nodos del sistema y el dispositivo de gestión centralizada en un enlace o un conjunto de enlaces, estando cada enlace asociado a un coste de ruta,
- comprendiendo el sistema al menos una pasarela (120, 121) que comprende una interfaz de comunicación por corrientes portadoras en línea para comunicarse a través de la red de comunicación por corrientes portadoras en línea y al menos una interfaz de comunicación por radiofrecuencia, y siendo el procedimiento tal que un contador eléctrico inteligente (116) que pretende conectarse al sistema y que además comprende una interfaz de comunicación por corrientes portadoras en línea y al menos una interfaz de comunicación por radiofrecuencia, realiza una fase de registro que comprende las etapas siguientes:
- difusión (302, 303), en cada una de sus interfaces de comunicación, de un mensaje de solicitud de anuncio;
 - después de la recepción de uno o varios mensajes de anuncio en respuesta al mensaje de solicitud de anuncio de, respectivamente, uno o varios vecinos en el sistema, selección (305, 307) de un agente de retransmisión, siendo el agente de retransmisión el vecino en el sistema que tiene el coste de ruta más bajo para unirse al dispositivo de gestión centralizada, incluyendo cada mensaje de anuncio información sobre el coste de la ruta entre el vecino que envió el mensaje de anuncio y el dispositivo de gestión centralizada; y
 - realización (308, 309) de una solicitud de registro de dicho contador eléctrico inteligente ante el dispositivo de gestión centralizada, usando como intermediario al agente de retransmisión seleccionado a través de la interfaz de comunicación mediante la cual el agente de retransmisión envió el mensaje de anuncio que permitió obtener dicho coste de ruta más bajo,
- estando además el procedimiento caracterizado por que los costes de ruta de los enlaces que se basan en interfaces de comunicación por corrientes portadoras en línea y los enlaces de comunicación por radiofrecuencia se definen de manera coherente entre sí,
- por que, después del registro de dicho contador eléctrico inteligente, el encaminamiento de mensajes que provienen de o se dirigen a dicho contador eléctrico inteligente tiene lugar en el sistema en la capa de enlace (702) del modelo OSI,
- y por que, cuando dicho contador eléctrico inteligente está registrado en el sistema y además la interfaz de comunicación a través de la cual el agente de retransmisión envió el mensaje de anuncio que permitió obtener el coste de ruta más bajo es la interfaz de comunicación por corrientes portadoras en línea, dicho contador eléctrico inteligente adopta el papel de pasarela en el sistema, y
- cuando dicho contador eléctrico inteligente está registrado en el sistema y además la interfaz de comunicación a través de la cual el agente de retransmisión envió el mensaje de anuncio que permitió obtener el coste de ruta más bajo es una de dichas interfaces de comunicación por radiofrecuencia, dicho contador eléctrico inteligente no responde a posibles mensajes de solicitud de anuncio provenientes de otros contadores eléctricos inteligentes.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que, tras el registro de dicho contador eléctrico inteligente, se implementa un procedimiento de búsqueda de ruta mediante difusiones sucesivas entre el dispositivo de gestión centralizada y dicho contador eléctrico inteligente con el fin de actualizar las tablas de encaminamiento locales en la capa de enlace de datos (702) del modelo OSI, y por que, cuando la interfaz de comunicación a través de la cual el agente de retransmisión envió el mensaje de anuncio que permitió obtener dicho coste de ruta más bajo es una interfaz de comunicación por radiofrecuencia, el agente de retransmisión registra en su tabla de encaminamiento local en la capa de enlace de datos del modelo OSI el hecho de que el encaminamiento de los mensajes procedentes de o destinados a dicho contador eléctrico inteligente se realiza a través de dicha interfaz de comunicación por radiofrecuencia.
3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado por que la capa de enlace de datos del modelo OSI de cada pasarela se descompone en un conjunto de subcapas de control de acceso al medio (722, 723) específicas de dichas interfaces de comunicación de dicha pasarela y una subcapa de adaptación (721) que interconecta la capa de red del modelo OSI con las subcapas de control de acceso al medio, siendo realizado el encaminamiento de mensajes en el sistema por dicha pasarela en la subcapa de adaptación.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que cada una de las subcapas de control de acceso al medio (722, 723) implementa el mismo mecanismo de control de acceso al medio para comunicarse entre vecinos, un mecanismo de fragmentación y reensamblaje de paquetes, un mecanismo de repetición automática de solicitud y un mecanismo de escucha continua del medio cuando dicha pasarela no está transmitiendo en el medio en cuestión.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 3 y 4, caracterizado por que el encaminamiento de mensajes en el sistema realizado por la subcapa de adaptación está de acuerdo con el protocolo 6LoWPAN.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que, cuando además la interfaz de comunicación a través de la cual el agente de retransmisión envió el mensaje de anuncio que permitió obtener dicho coste de ruta más bajo es una de dichas interfaces de comunicación por radiofrecuencia, dicho contador inteligente establece con el agente de retransmisión un primer mecanismo de supervisión consistente en intercambiar, a través de dicha interfaz de comunicación por radiofrecuencia, mensajes de verificación de conectividad de radio, y por que dicho contador eléctrico inteligente reinicia la fase de registro cuando el primer mecanismo de supervisión muestra una pérdida de conectividad de radio.
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que, cuando además la interfaz de comunicación a través de la cual el agente de retransmisión envió el mensaje de anuncio que permitió obtener el coste de ruta más bajo es una de dichas interfaces de comunicación por radiofrecuencia, dicho contador inteligente establece con el agente de retransmisión un segundo mecanismo de supervisión consistente en intercambiar con el dispositivo de gestión centralizada mensajes de indicación de presencia y/u otros mensajes de aplicación, y por que dicho contador eléctrico inteligente reinicia la fase de registro cuando el segundo mecanismo de supervisión muestra una pérdida de contacto con el dispositivo de gestión centralizada.
8. Contador eléctrico inteligente (116) destinado a ser usado en un sistema que comprende una red de comunicación por corrientes portadoras en línea con protocolo de encaminamiento reactivo para poner en contacto los nodos del sistema y un dispositivo de gestión centralizada (110) del sistema ante el cual deben registrarse los contadores eléctricos inteligentes (111, 112, 113, 114, 115) que son nodos del sistema, consistiendo cada camino entre uno de dichos nodos del sistema y el dispositivo de gestión centralizada en un enlace o un conjunto de enlaces, estando cada enlace asociado a un coste de ruta,
- comprendiendo el sistema al menos una pasarela (120, 121) que comprende una interfaz de comunicación por corrientes portadoras en línea para comunicarse a través de la red de comunicación por corrientes portadoras en línea y al menos una interfaz de comunicación por radiofrecuencia,
- comprendiendo dicho contador eléctrico inteligente, que pretende conectarse al sistema y que comprende además una interfaz de comunicación por corrientes portadoras en línea y al menos una interfaz de comunicación por radiofrecuencia, medios para realizar una fase de registro que comprende:
- medios para difundir (302, 303) un mensaje de solicitud de anuncio en cada una de sus interfaces de comunicación;
 - medios para, después de la recepción de uno o varios mensajes de anuncio en respuesta al mensaje de solicitud de anuncio de, respectivamente, uno o varios vecinos en el sistema, seleccionar (307) un agente de retransmisión, siendo el agente de retransmisión el vecino en el sistema que tiene el coste de ruta más bajo para unirse al dispositivo de gestión centralizada, incluyendo cada mensaje de anuncio información sobre el coste de la ruta entre el vecino que envió dicho mensaje de anuncio y el dispositivo de gestión centralizada; y
 - medios para realizar (308, 309) una solicitud de registro de dicho contador eléctrico inteligente ante el dispositivo de gestión centralizada, usando como intermediario al agente de retransmisión seleccionado a través de la interfaz de comunicación mediante la cual el agente de retransmisión envió el mensaje de anuncio que permitió obtener dicho coste de ruta más bajo;
- estando el sistema además caracterizado por que los costes de ruta de los enlaces que se basan en interfaces de comunicación por corrientes portadoras en línea y los enlaces de comunicación por radiofrecuencia se definen de manera que sean coherentes entre sí,
- y por que, después del registro de dicho contador eléctrico inteligente, el encaminamiento de mensajes que provienen de o se dirigen a dicho contador eléctrico inteligente tiene lugar en la capa de enlace de datos (702) del modelo OSI,
- y por que, cuando dicho contador eléctrico inteligente está registrado en el sistema y además la interfaz de comunicación a través de la cual el agente de retransmisión envió el mensaje de anuncio que permitió obtener el coste de ruta más bajo es la interfaz de comunicación por corrientes portadoras en línea, medios para adoptar el papel de pasarela en el sistema, y
- cuando dicho contador eléctrico inteligente está registrado en el sistema y además la interfaz de comunicación a través de la cual el agente de retransmisión envió el mensaje de anuncio que permitió obtener el coste de ruta más bajo es una de dichas interfaces de comunicación por radiofrecuencia, medios para no responder a posibles mensajes de solicitud de anuncio provenientes de otros contadores eléctricos inteligentes.
9. Producto de programa informático, caracterizado por que comprende instrucciones que provocan la ejecución del procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, cuando dichas instrucciones son ejecutadas por un procesador.

10. Soporte de almacenamiento de informaciones, caracterizado por que almacena un programa informático que comprende instrucciones que provocan la ejecución del procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, cuando dichas instrucciones son ejecutadas por un procesador.

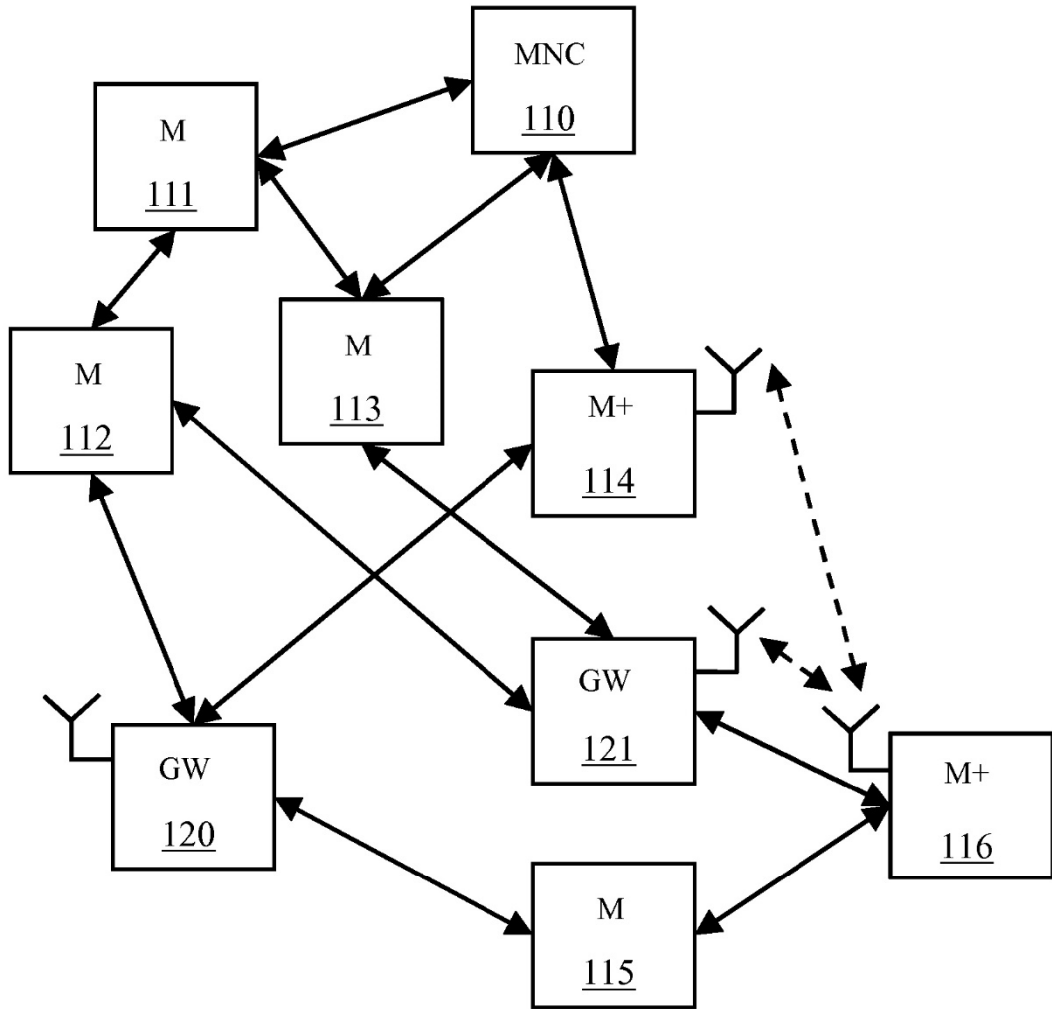


Fig. 1A

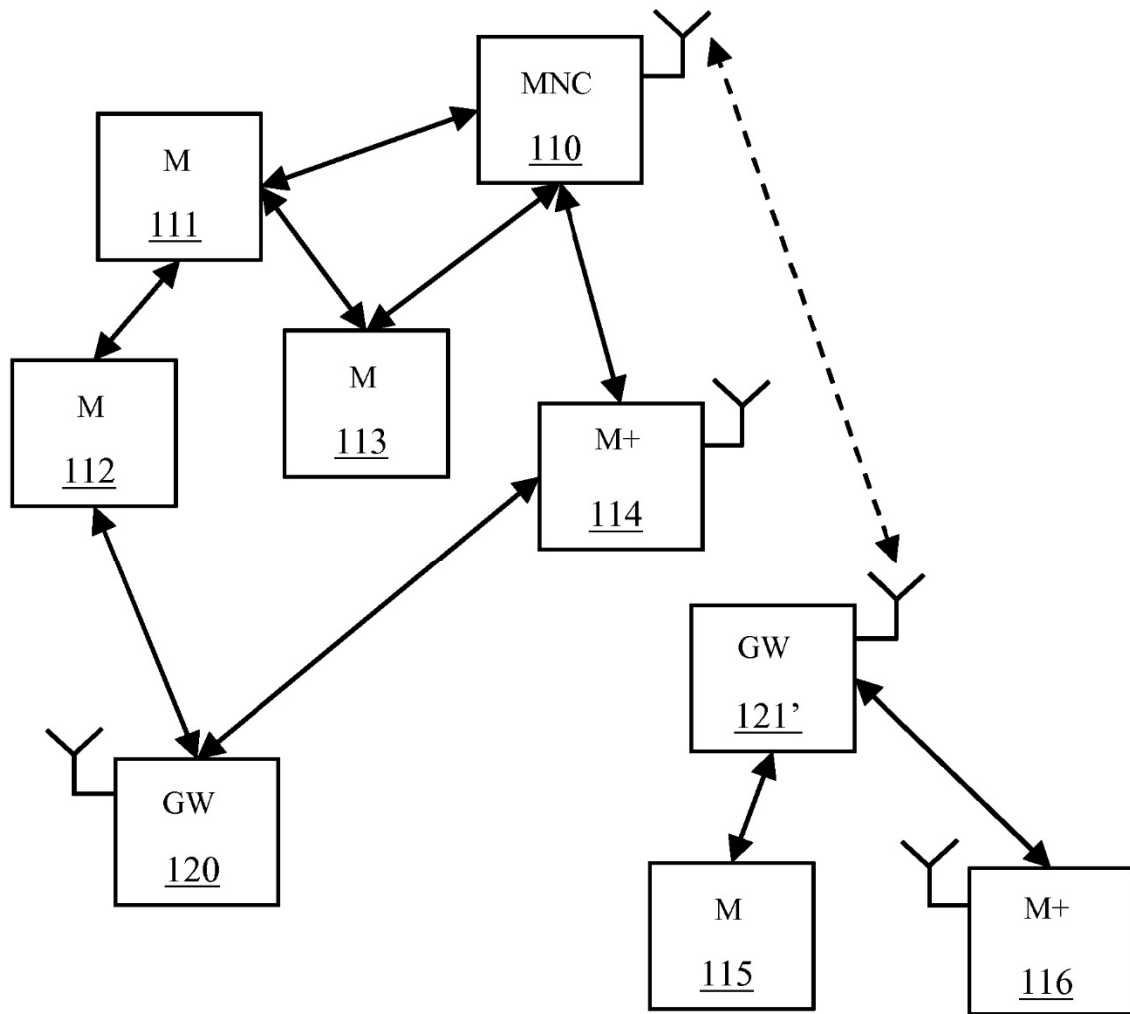


Fig. 1B

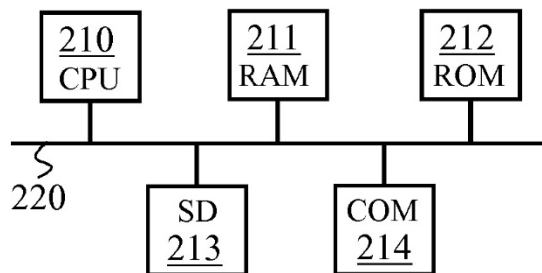


Fig. 2

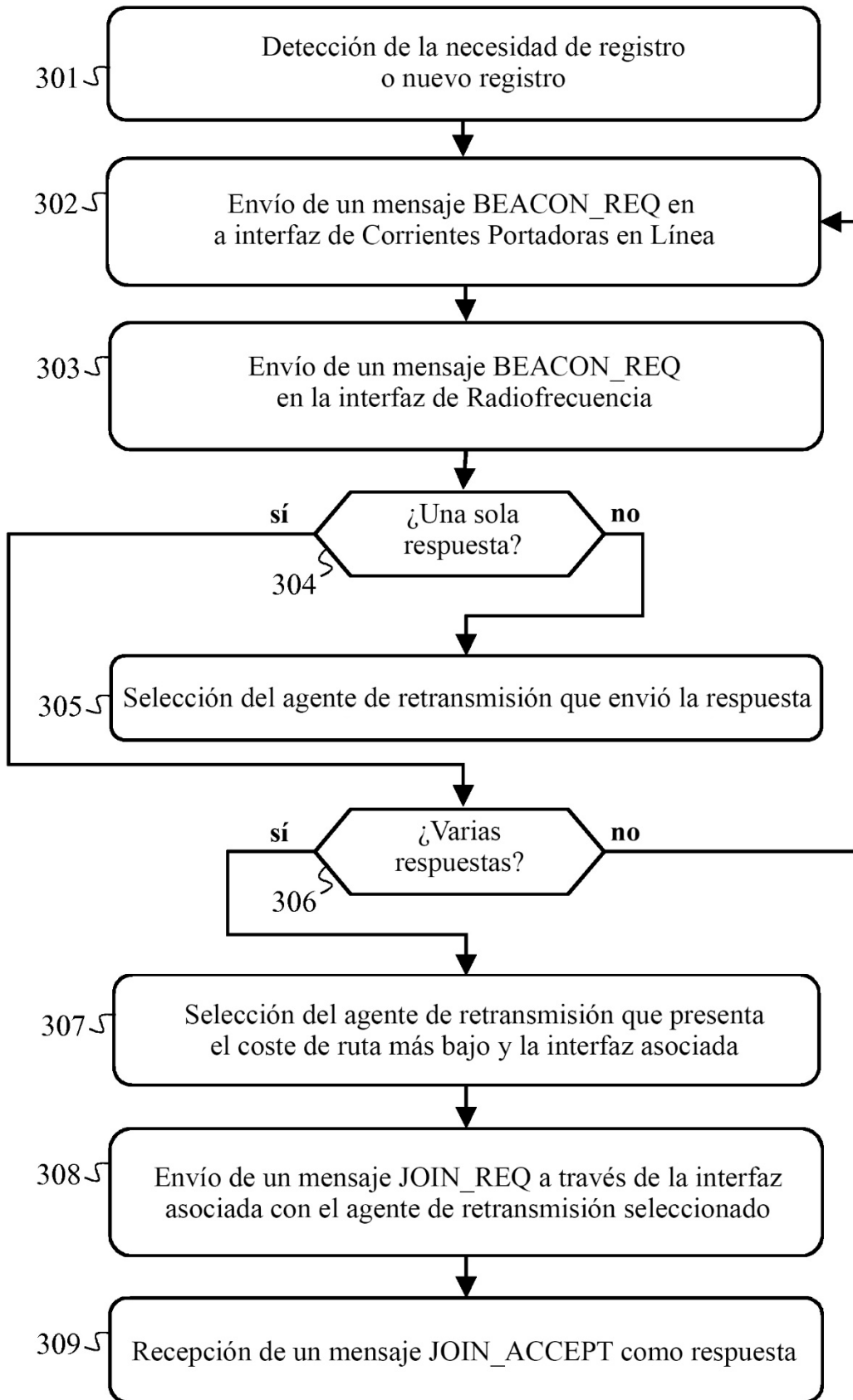


Fig. 3

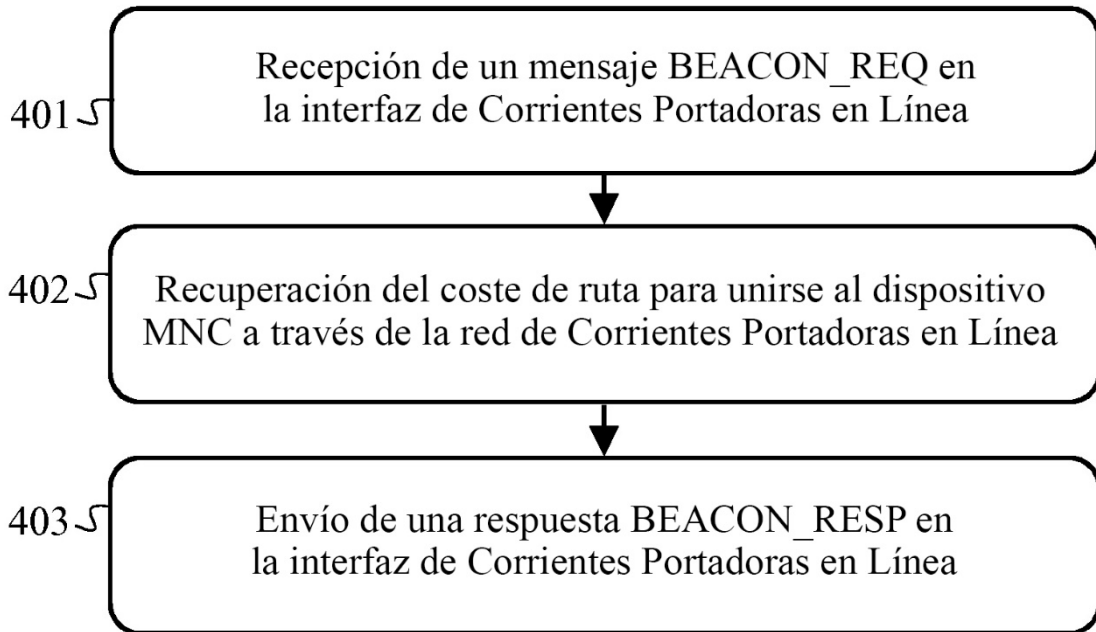


Fig. 4A

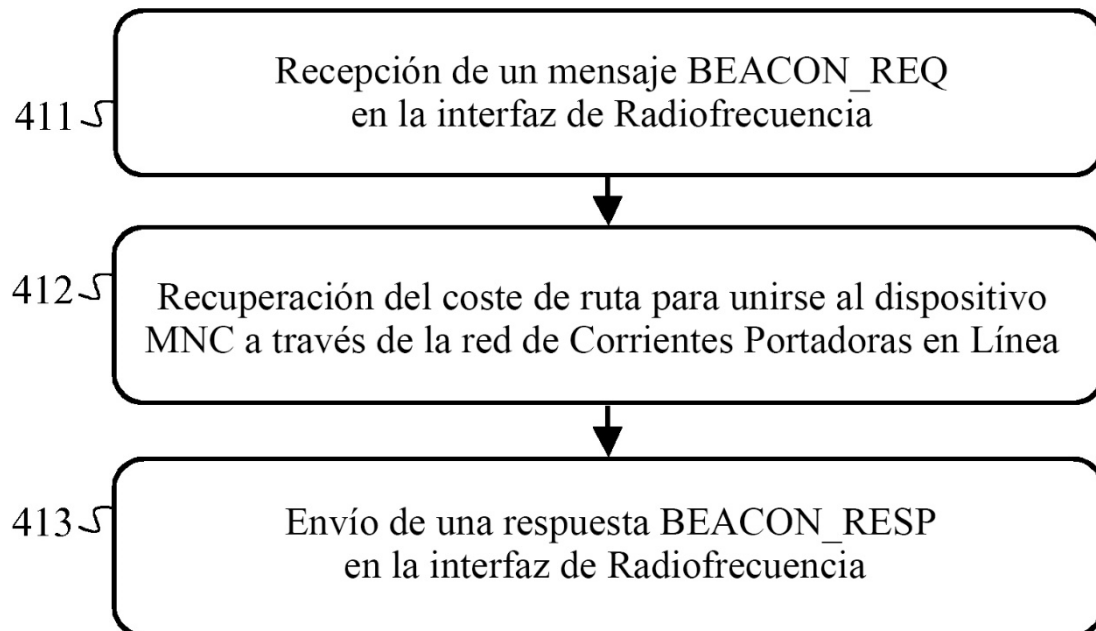


Fig. 4B

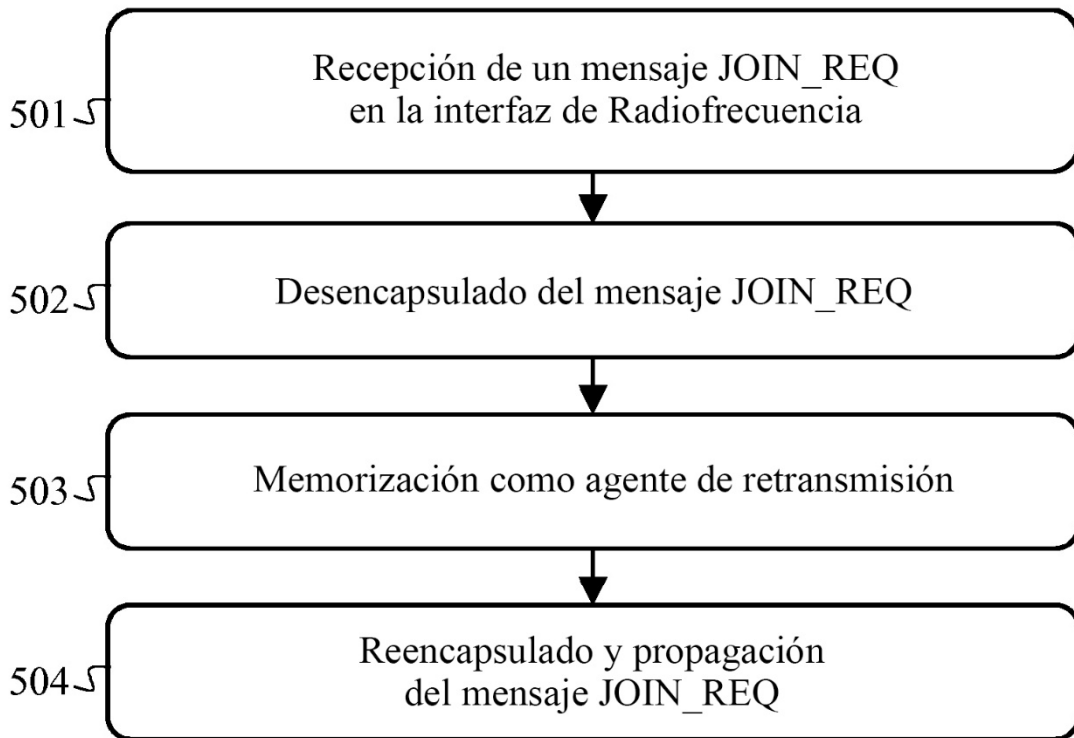


Fig. 5A

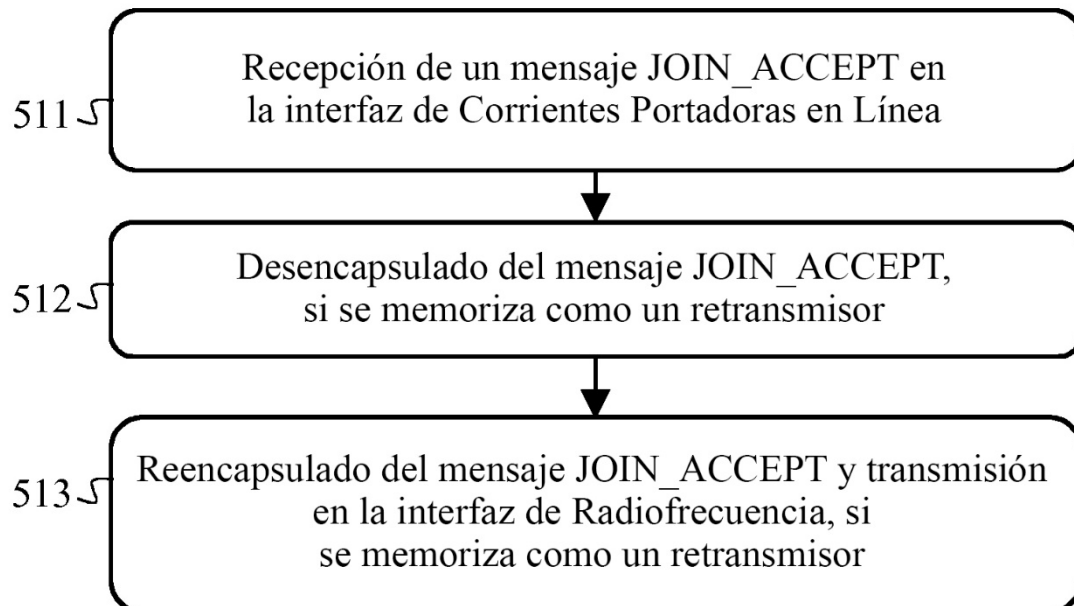


Fig. 5B

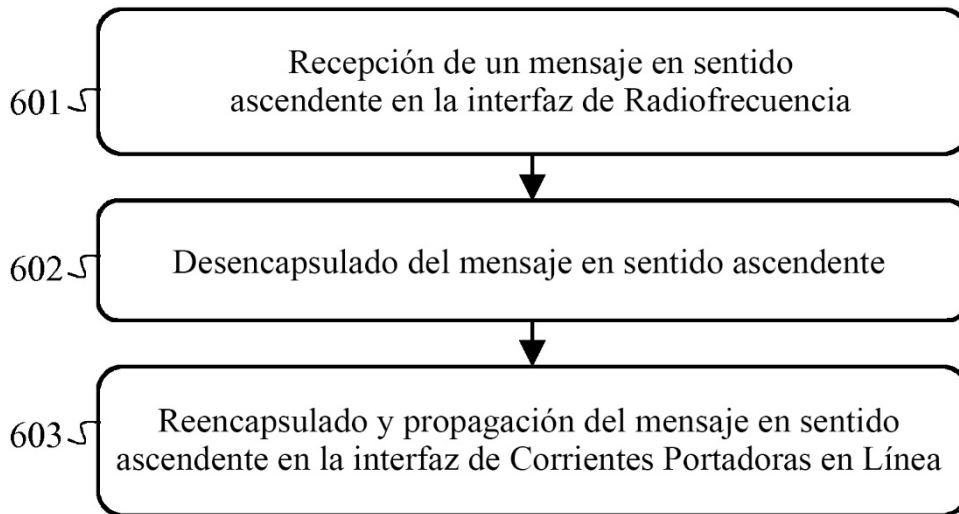


Fig. 6A

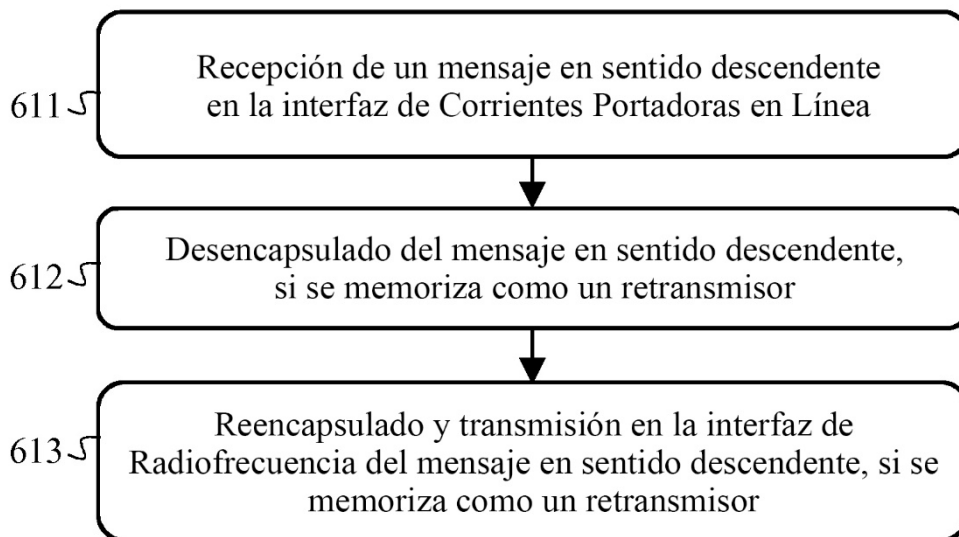


Fig. 6B

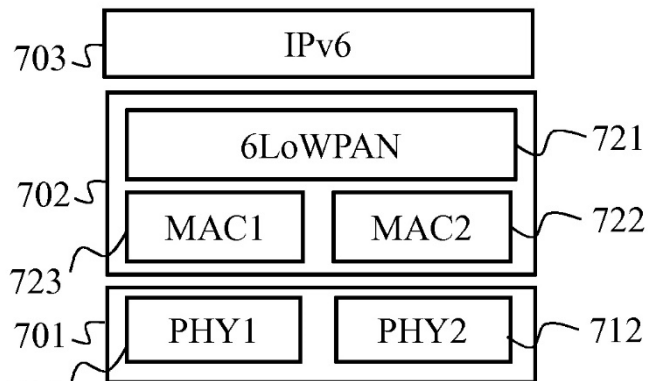


Fig. 7

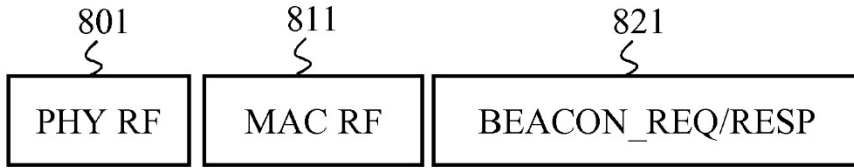


Fig. 8A

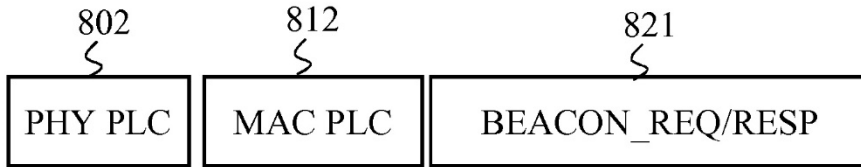


Fig. 8B

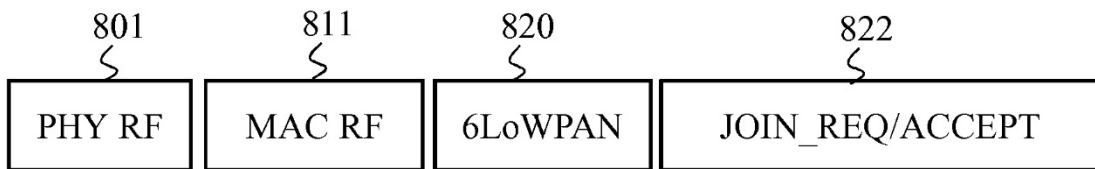


Fig. 8C

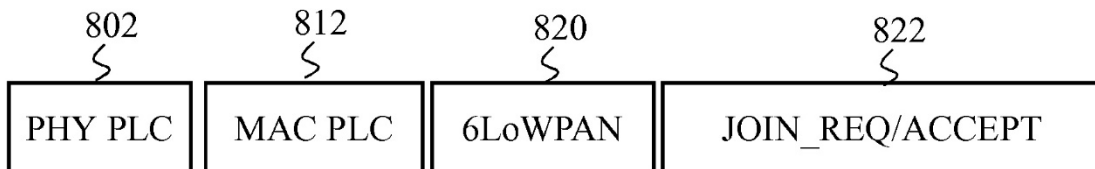


Fig. 8D

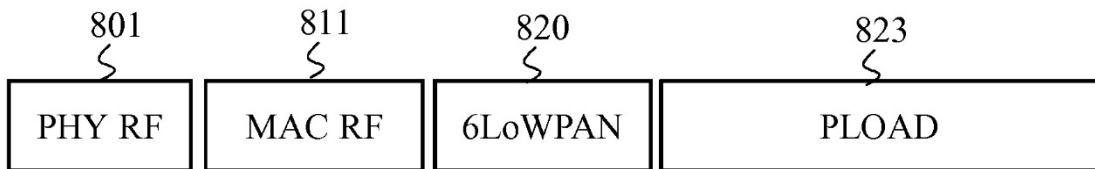


Fig. 8E

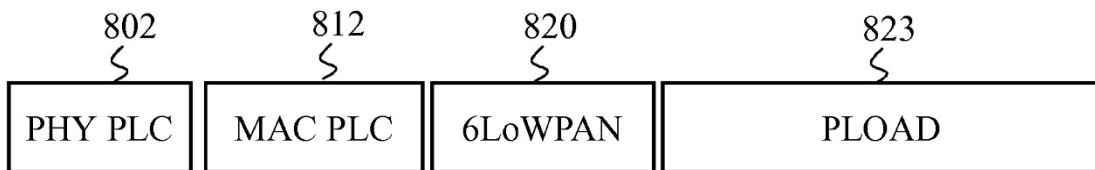


Fig. 8F