

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 710 623**

51 Int. Cl.:

**H04W 40/24** (2009.01)

**H04W 84/18** (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.11.2015 PCT/FR2015/053222**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.06.2016 WO16083745**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.11.2015 E 15808743 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018 EP 3225052**

54 Título: **Proceso de afiliación a un clúster de dispositivos electrónicos de comunicación a través de una red inalámbrica, dispositivo electrónico que implementa dicho proceso y sistema asociados**

30 Prioridad:

**27.11.2014 FR 1461609**

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

**26.04.2019**

73 Titular/es:

**TRAXENS (50.0%)  
Les Baronnies Bâtiments C 15 rue Marc Donadille  
13013 Marseille, FR y  
INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE EN  
INFORMATIQUE ET EN AUTOMATIQUE (50.0%)**

72 Inventor/es:

**DARAGON, PASCAL;  
GUZZO, NATALE;  
NANDAGOBAN, ARULNAMBI y  
MITTON, NATHALIE**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 710 623 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

Proceso de afiliación a un clúster de dispositivos electrónicos de comunicación a través de una red inalámbrica, dispositivo electrónico que implementa dicho proceso y sistema asociados

**Campo técnico y estado de la técnica**

5 La invención se refiere a un proceso de afiliación a un clúster de dispositivos electrónicos de comunicación, siendo implementado dicho proceso por una unidad de procesamiento de uno de dichos dispositivos electrónicos de comunicación con homólogos a través de una red de comunicación inalámbrica.

La invención se refiere además a un sistema que comprende una pluralidad de dispositivos que implementan dicho proceso de afiliación.

10 A modo de ejemplo de una aplicación preferente pero no limitativa, la invención se describe por medio de un ejemplo de aplicación relativo a la recopilación de magnitudes, tales como, por ejemplo, una temperatura, una tasa de humedad, una intensidad luminosa, una frecuencia de vibración, un choque, etc., en relación con los entornos interno y/o externo de *containers* de productos o de mercancías, o más generalmente de contenedores. Según dicho ejemplo de aplicación, dichos contenedores se aglomeran y/o se apilan en un área de almacenamiento o incluso en itinerancia sobre una plataforma de transporte tal como un buque portacontenedores, un tren de mercancías o cualquier otra plataforma de transporte adecuada. Cada contenedor coopera con uno de dichos dispositivos de comunicación. Estos últimos desempeñan la función de recopilar y encaminar dichas magnitudes a través de mensajes de servicio con destino a dispositivos homólogos que actúan como "cabezas de clúster", o "heads" según una terminología anglosajona. Una de las misiones de un *head* consiste en implementar un servicio determinado.

15 Dicho servicio puede consistir, por ejemplo, en agregar datos recopilados por los dispositivos de comunicación y transmitir dichos datos, después de su agregación, a una entidad remota, por medio de un enlace de largo alcance o de larga distancia de tipo enlace por satélite o enlace radiotelefónico. No obstante, la invención no se limitará a este único ejemplo de aplicación. De modo más general, un dispositivo "cabeza de clúster" desempeña la función de implementar un servicio dado en relación con los datos recopilados y encaminados por sus homólogos, pudiendo referirse dicho servicio a una supervisión o a una gestión de alarmas, en lugar de una comunicación con una entidad remota o como complemento a la misma.

20

25

Natale Guzzo ET AL: "A Cluster-based and On-demand routing algorithm for Large-Scale Multi-hop Wireless Sensor Networks", 22 de septiembre de 2014, así como Wittawat Tantisiriroj ET AL: "The Cluster Protocol", 31 de enero de 2008, proporcionan enseñanzas útiles para la comprensión de la invención tal como está definida por las reivindicaciones.

30

En la actualidad existen numerosas tipologías o configuraciones de redes de objetos de comunicación. La figura 1 muestra esquemáticamente dos ejemplos de redes R1 y R2 de comunicación inalámbrica. Cualquiera que sea la red operada, cada dispositivo de comunicación, que también se denomina generalmente como "nodo" dentro de dicha red, implementa un proceso de comunicación que le permite intercambiar mensajes de datos y/o de servicio con un nodo tercero u homólogo. Por lo tanto, la red R1 presenta cuarenta dispositivos electrónicos de comunicación, indicados en la figura 1 respectivamente con las referencias a1 a a8, b1 a b8, c1 a c8, d1 a d8 y e1 a e8. Por su parte, la red R2 presenta veinticinco dispositivos electrónicos de comunicación, indicados en la figura 1 respectivamente con las referencias f1 a f5, g1 a g5, h1 a h5, i1 a i5 y j1 a j5.

35

Independientemente de que se opere una red de un solo salto (o "single-hop network" según una terminología anglosajona), tal como, por ejemplo, la red R2 descrita en relación con la figura 1, o de múltiples saltos (o "multi-hop network" según una terminología anglosajona), tal como, por ejemplo, la red R1 descrita en relación con la figura 1, un primer nodo al que llamaremos nodo "fuente" puede preparar un mensaje de servicio, representado en la figura 1 mediante una flecha doble de trazo simple, que comprende datos relacionados, a modo de ejemplo no limitativo, con una magnitud medida por un sensor que coopera con dicho primer nodo, destinado a un segundo nodo "destinatario".

40

45

Según una red de un solo salto, la comunicación entre el primer y segundo nodo es directa. En cambio, según una red de múltiples saltos, dicha comunicación puede ser indirecta. Por lo tanto, un mensaje dirigido desde un nodo fuente puede ser retransmitido por uno o más nodos "de retransmisión o intermedios", cuyas funciones respectivas consisten en emitir de nuevo dicho mensaje procedente del nodo fuente para que el mismo sea encaminado finalmente al nodo destinatario y sea recibido por este último. Los nodos fuente, que se pueden comunicar directa o indirectamente con un nodo *head*, constituyen "clústeres" o "clusters", según una terminología anglosajona, como, por ejemplo, los clústeres C1 y C2 representados rodeados por una línea discontinua en la figura 1. El camino que sigue un mensaje de servicio procedente de un primer nodo fuente con destino a un segundo nodo destinatario a través de uno o más nodos de retransmisión se denomina en general "ruta". Por lo tanto, según la figura 1, un mensaje emitido desde el nodo a4 con destino al nodo d2 será retransmitido sucesivamente por los nodos de retransmisión b4 y c3.

50

55

La comunicación dentro de las redes de comunicación de un solo salto o de múltiples saltos se realiza generalmente por radio. Por regla general, dicha comunicación es de corto alcance, es decir, del orden de unos metros a unas

decenas de metros, de tal modo que los mensajes de servicio son transmitidos progresivamente entre los diferentes nodos. Cuando se supone que los datos se encaminan con destino a un servidor o, más generalmente, a una entidad remota, se implementa un segundo modo de comunicación, por ejemplo, por GSM ("Global System for Mobile Communications" según una terminología anglosajona) o GPRS ("General Packet Radio Service" según una terminología anglosajona), o incluso a través de un enlace por satélite.

Los intercambios entre nodos, los procesamientos o cálculos implementados por estos últimos sobre la base de los datos intercambiados, así como el encaminamiento eventual y remoto de los datos recopilados dentro de una red o de un clúster de dispositivos de comunicación, son todos ellos acciones que consumen energía eléctrica.

Tal como indica a modo de ejemplo preferente la figura 2, un nodo consiste general y principalmente en un dispositivo electrónico 10 que incluye una unidad de procesamiento 11, por ejemplo en forma de un microcontrolador que coopera con una memoria de datos 12, eventualmente una memoria de programas 14, pudiendo dichas memorias estar eventualmente disociadas. La unidad de procesamiento 11 coopera con dichas memorias 12 y 14 por medio de buses de comunicación internos. Un dispositivo electrónico 10 comprende generalmente uno o más sensores de medición 15 de una magnitud física en relación con el entorno del dispositivo 10. Dicho sensor puede medir la temperatura circundante, una tasa de humedad o la presencia y/o la ausencia de luz. El dispositivo 10 comprende además primeros medios de comunicación 13 que cooperan con la unidad de procesamiento 11 y aseguran una comunicación de proximidad inalámbrica con cualquier otro dispositivo electrónico 10i situado dentro del alcance de comunicación. Además puede comprender segundos medios de comunicación 16 de tipo "larga distancia", que también cooperan con la unidad de procesamiento 11. Estos segundos medios de comunicación permiten que dicho dispositivo 10 pueda transmitir a una entidad remota, por ejemplo un servidor RS, datos a través de mensajes MC distribuidos por una red RR que utiliza, por ejemplo, tecnologías GSM, GPRS o por satélite. Para funcionar, es decir, para que la unidad de procesamiento 11 implemente un proceso derivado de la interpretación o de la ejecución, por dicha unidad de procesamiento, de instrucciones de programa P almacenadas en la memoria de programas 14, el dispositivo 10 comprende una fuente de energía eléctrica 17, por ejemplo en forma de una o más baterías. La capacidad de un nodo para poder comunicar o simplemente para poder funcionar está relacionada directamente con la capacidad energética restante y disponible de dicho nodo.

Algunos operadores han tratado de diseñar redes o procesos de comunicación, implementados por nodos dentro de una red o de un clúster, para preservar globalmente la capacidad de energía eléctrica de la red o del clúster. En general, una primera estrategia consiste en distribuir el costo energético derivado de los intercambios entre los nodos en el conjunto de dichos nodos de la red o del clúster. Una segunda estrategia consiste en distribuir el consumo energético derivado de los procesamientos implementados en los datos recopilados, por ejemplo una emisión a larga distancia, entre la mayoría de los nodos, distribuyendo así el consumo eléctrico entre una pluralidad de nodos. Por lo tanto, independientemente de que la red de comunicación sin contacto esté en una configuración de un solo salto o de múltiples saltos, un nodo puede ser designado o promovido arbitrariamente como nodo "cabeza de red" o al menos como cabeza de clúster, es decir un nodo *head*. En relación con la figura 1, un dispositivo que actúa como *head* está representado mediante un círculo dibujado con trazo grueso. Se trata del nodo d2 para la red R1 y del nodo h3 para la red R2. Por lo tanto, los nodos d2 y h3 actúan como *heads* de los clústeres C1 y C2, respectivamente. De este modo, la energía consumida, en particular para transmitir a distancia datos recopilados dentro de una red, se distribuye entre una pluralidad de nodos. Alternativamente, los *heads* se pueden designar de forma aleatoria o, más concretamente, se pueden autodesignar de forma aleatoria respectivamente como *heads*, con la condición de que estos últimos dispongan de suficientes medios materiales y/o de *software* para implementar un servicio determinado.

A modo de ejemplo, el proceso "LEACH", tal como se describe en particular en el documento titulado "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks" (W. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan - IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS, VOL. 1, N° 4, OCT. 2002), permite en una red de un solo salto designar aleatoriamente un nodo para que se convierta en *head*. Los otros nodos pertenecientes al clúster de dicho *head*, nodos a los que denominaremos respectivamente "miembro" o "member" según una terminología anglosajona, dirigen al cabeza de clúster, por lo tanto al *head*, sus mensajes de servicio. En relación con la figura 1, cada nodo miembro está representado por un círculo dibujado con trazo fino. De este modo, dentro de la red R2, el *head* h3 se comunica directamente con los nodos g2 a g4, h2 y h3, así como con los nodos i2 a i4. El *head* recopila dichos datos emitidos desde diferentes nodos miembros, los procesa, los agrega o los consolida, y activa, por ejemplo, una emisión de largo alcance con destino a una entidad remota, tal como un servidor RS descrito en relación con la figura 2. De acuerdo con esta técnica conocida, una vez que un nodo ha asegurado la función de *head*, dicho nodo no puede asegurar de nuevo dicha función antes de que expire un período determinado. Entonces, un nuevo nodo miembro es designado aleatoriamente como *head*, lo que asegura una continuidad de servicio. Para que un nodo, que denominaremos "libre" o "loose" según una terminología anglosajona, representado por un círculo dibujado con trazo doble en relación con la figura 1, se pueda "adherir" a un *head* y, por lo tanto, constituir un nuevo clúster o unirse a un clúster existente, un nodo libre de este tipo, situado dentro del alcance de radio de un nodo promovido o designado como *head*, está dispuesto para recibir un mensaje de inscripción MH procedente de dicho *head*, generalmente emitido en forma de una emisión indiferenciada (también conocida con la denominación anglosajona "broadcast") de mensajes de inscripción MH con destino a cualquier nodo situado dentro del alcance de radio del *head*. La figura 1 permite, a través de la red R2, describir el resultado de una emisión de un mensaje MH transmitido desde el nodo h3, designado para actuar como *head*, mensaje MH

transmitido en un modo *broadcast* de corto alcance a los nodos situados dentro del alcance de comunicación, en este caso los nodos g2 a g4, h2 y h4, y los nodos i2 a i4, inicialmente nodos libres, al igual que los otros nodos, tal como, de forma no exhaustiva, los nodos f1 a f5, representados por círculos con trazos dobles en la figura 1. Al recibir dicho mensaje de inscripción MH, un nodo libre, por ejemplo el nodo h4, actualiza su memoria de datos, cooperando dicha memoria con su unidad de procesamiento para consignar en la misma las coordenadas o el valor del identificador del *head*, es decir, el identificador del nodo h3 en relación con la figura 1. El dispositivo h4, anteriormente libre, se convierte en un miembro del clúster C2, representado por un círculo con trazo fino. El dispositivo h3, que actúa como *head*, se convierte en el destinatario de cualquier mensaje de servicio MS que comprenda los datos recopilados por el dispositivo h4, recientemente miembro del clúster C2 al igual que los otros dispositivos miembros de dicho clúster, es decir, los nodos g2, g3, g4, i2, i3 e i4. Por lo tanto, dichos nodos g2 a g4, h2 y h4, al igual que los nodos i2 a i4, previamente nodos libres, se convierten en nodos miembros, que aparecen en círculos dibujados con trazo simple en la figura 1. La emisión del mensaje MH por el nodo h3 tiene un alcance limitado. Asimismo, los nodos, situados fuera de alcance, no reciben el mensaje MH como mensaje inteligible o incluso no lo reciben en absoluto. Dado que la red R2 es del tipo de un solo salto, los nodos que están fuera del alcance de h3, tales como los nodos f1 a f5, g1, g5, h1, h5, i1, i5 o los nodos j1 a j5 permanecen como nodos libres, representados por círculos dibujados con trazo doble. El clúster C2 solo incluye el nodo h3, que actúa como *head*, y los nodos miembros, es decir, que han aceptado la inscripción del *head* h3.

Una trasposición de la enseñanza LEACH en el marco de una red de múltiples saltos, como la red R1 descrita en relación con la figura 1, podría sugerir que los nodos, que se convierten en miembros de un clúster que incluye un nodo que actúa como *head*, registran, dentro de sus respectivas memorias de datos, la ruta, es decir, el valor del identificador de nodo que actúa como *head* y al menos el valor del identificador del nodo que ha retransmitido el mensaje de inscripción de dicho *head*, o, alternativamente, los valores respectivos de los identificadores de los nodos intermedios o de retransmisión que lo separan de dicho *head*. Así, a modo de ejemplo, el nodo c2 registra el valor del identificador del *head* d2, habiendo recibido directamente un mensaje de inscripción MH desde dicho nodo d2. Por su parte, el nodo b2 registra, además del valor del identificador del nodo d2, el valor del identificador del nodo c2 que ha retransmitido el mensaje de registro MH de d2 a favor del nodo b2.

Una estrategia de este tipo permite en teoría, o al menos de acuerdo con un modo de aplicación perfecto, preservar los recursos energéticos globales de una red de comunicación que comprende una pluralidad de nodos de comunicación. En la práctica o en realidad, y en particular de acuerdo con los campos de aplicación u operación de dicha red de comunicación en relación con el transporte de contenedores que cooperan con dispositivos electrónicos de comunicación, una solución de este tipo sigue siendo irrelevante, al menos poco eficaz.

En efecto, tomemos como ejemplo de una aplicación preferente, pero no limitativa, la operación de una red de comunicación inalámbrica cuyos nodos consignar, recopilan y transmiten mediciones en relación con una pluralidad de contenedores, como *containers* de productos o de mercancías. Imaginemos que cada contenedor está asociado con un dispositivo electrónico de comunicación que implementa un proceso de comunicación tal como LEACH o un equivalente de tipo de múltiples saltos. De acuerdo con esta hipótesis, cada dispositivo electrónico de comunicación asociado con un contenedor actúa como un nodo dentro de la red inalámbrica, tal como la red R2 descrita en relación con la figura 1. Imaginemos que el modo de comunicación entre nodos se realiza por radio. Además del hecho de que un proceso de comunicación de tipo LEACH impone una estrategia de un solo salto, imponiendo de este modo que cada nodo sea capaz de comunicar directamente con un *head*, la disposición relativa de los contenedores, por ejemplo, en un buque, en un área de almacenamiento o en cualquier plataforma de transporte por carretera o ferrocarril, crea un contexto de aplicación tal que un nodo designado *head* podría no ser capaz o ya no ser capaz de cumplir su misión, consistente, por ejemplo, en transmitir datos agregados con destino a una unidad remota, simplemente debido a su posicionamiento en una pila de contenedores, por ejemplo. En efecto, existen numerosos obstáculos constituidos por una plataforma de transporte y/o un espacio de almacenamiento, debido a cerramientos o confinamientos parciales impuestos por la estructura de recepción de los contenedores, o incluso por las interacciones generadas por los propios contenedores entre sí, cuyo apilamiento puede conducir a una degradación o incluso a una pérdida de la capacidad para poder transmitir datos a través de una ruta de larga distancia por parte de un *head*. El riesgo de constatar una pérdida de datos, lentitudes en el encaminamiento de dichos datos, pero también gastos de energía innecesarios y no pertinentes para "animar" un clúster cuyo *head* no sería capaz de cumplir eficazmente su función o servicio, es muy grande. Este riesgo es aún mayor en caso de que las elecciones aleatorias de *heads* consecutivos resulten en "opciones" poco exitosas. Para resolver estos inconvenientes, la compañía TRAXENS, asociada al Institut National français de Recherche en Informatique et en Automatique, ha diseñado una red de comunicación inalámbrica, particularmente innovadora y potente, independiente de la disposición relativa de los nodos y del marco de aplicación o de operación de dicha red, ya sea de tipo de un solo salto o de múltiples saltos. Dicha red permite optimizar la capacidad general de la red para asegurar un servicio determinado a partir de los datos recopilados por los distintos nodos. Se basa principalmente en un proceso de adhesión a un clúster de dispositivos de comunicación según las modalidades de elección de los *heads*, si y solo si estos últimos están realmente capacitados para asumir su función de *head*, por ejemplo para emitir datos de acuerdo con un modo de comunicación de larga distancia. Cada nodo que implementa dicho proceso puede decidir actuar como *head* desde el momento en que dicho nodo sabe que está en condiciones de desempeñar eficazmente su función. Además, cualquier nodo libre puede decidir adherirse o no a un clúster de nodos, comprendiendo dicho clúster dicho *head*, ventajosamente autodesignado.

Una innovación de este tipo aporta muchas ventajas, entre las cuales se puede mencionar que es posible:

- distribuir de forma pertinente los gastos energéticos entre los nodos de la red, ampliando así la capacidad de prestar un servicio de dicha red de manera inigualable en comparación con las soluciones anteriormente mencionadas;
- 5 - concebir una red de nodos que sea automáticamente adaptable y funcional en función de los cambios en las posiciones relativas entre los nodos o de la evolución de las condiciones operativas de dichos nodos, por ejemplo, durante la manipulación, el almacenamiento o el transporte de contenedores, cada uno asociado con un dispositivo electrónico;
- 10 - dar prioridad a la solidez del servicio, por ejemplo la emisión de datos a larga distancia, dando a cada nodo la oportunidad de determinar su función dentro de la red y de remitirse en cada momento al mejor *head* de acuerdo con el servicio considerado, minimizando al mismo tiempo los conflictos o la modificación de clústeres en las elecciones simultáneas de una pluralidad de *heads* situados dentro del alcance de radio de nodos comunes.

15 Aunque ofrece un avance significativo, una solución de este tipo presenta, al igual que las soluciones de la competencia anteriormente mencionadas, ciertos límites o inconvenientes, en especial si una red de comunicación de este tipo se opera en un contexto de aplicación en el que la topología de dicha red es particularmente cambiante, es decir, en el que nuevos nodos desean unirse a la red o en el que unos nodos se mueven con respecto a otros, llegando así al alcance de radio o, al contrario, quedando fuera del alcance de la comunicación por radio de un *head* o de un miembro de un clúster al que se habían adherido previa y respectivamente.

20 En efecto, cualquiera que sea la red de comunicación elegida, las rutas o las topologías, es decir, la constitución o la destrucción de clústeres, de dicha red no se actualizan con suficiente regularidad o frecuencia para tener en cuenta la dinámica de dicha red. Con la ayuda de las soluciones conocidas, si dichas actualizaciones se llevaran a cabo con mucha frecuencia, el número de mensajes de inscripción, de destrucción de clúster o de servicio se multiplicaría por diez, de modo que no se mantendría el objetivo principal de preservar el consumo de energía de los nodos de la red.

## 25 **La invención**

La invención está definida por las reivindicaciones. Los modos de realización o los ejemplos de la descripción que no están cubiertos por dichas reivindicaciones no forman parte de la invención tal como se reivindica.

30 La invención permite responder a la inmensa mayoría de los inconvenientes planteados por las soluciones conocidas. Al constituir una red de comunicación inalámbrica particularmente innovadora y robusta, incluso cuando los nodos que constituyen dicha red son móviles unos con respecto a otros o cuando la topología de dicha red fluctúa, cualquier nodo libre, es decir, no cabeza de clúster (*head*) o no miembro de un clúster, puede solicitar, a demanda, un procedimiento de afiliación a un miembro de un clúster. Dicho procedimiento de afiliación se puede derivar de una adaptación de las diferentes redes anteriormente descritas, en concreto las ilustradas en relación con las figuras 1 o 2. Las solicitudes de afiliación de nodos libres están representadas mediante flechas con trazo doble.

35 En este caso se trata de los nodos c5 o i5, que solicitan respectivamente una afiliación a los nodos c4 y i4, miembros respectivos de los clústeres C1 y C2 cuyos *heads* son los nodos d2 para la red R1 y h3 para la red R2. La figura 1 también ilustra una variante conforme a la invención según la cual un nodo libre, tal como el nodo c8, puede a su vez dirigir una solicitud de afiliación a un nodo, en este caso el nodo c5 según la figura 1, previamente afiliado al clúster C1, cuyo cabeza de clúster es el nodo d2.

40 Por lo tanto, cada nodo que implementa un proceso de acuerdo con la invención puede, a petición suya e independientemente de la política de inscripción de los *heads*, solicitar una afiliación a un miembro de un clúster y, por consiguiente, transmitir mensajes de servicio con destino a un *head*, en concreto a través del nodo miembro que ha aceptado el procedimiento de afiliación, aunque dicho *head* esté fuera del alcance de radio de dicho nodo que solicita una afiliación para transmitir un mensaje de inscripción. Por lo tanto, la invención permite ampliar clústeres

45 constituidos después de un procedimiento de inscripción, o incluso transformar una red de tipo de un solo salto en una "pseudored de múltiples saltos", habiendo aceptado el nodo miembro una solicitud de afiliación actuando como nodo de retransmisión del nodo afiliado para la transmisión de mensajes de servicio.

Con este fin, la invención se refiere a un proceso implementado por una unidad de procesamiento de un primer dispositivo electrónico de comunicación que incluye además una memoria de datos, primeros medios de comunicación que aseguran una comunicación de proximidad inalámbrica con cualquier otro dispositivo electrónico de comunicación situado al alcance de comunicación dentro de un clúster que comprende una pluralidad de dispositivos electrónicos de comunicación, cooperando dicha memoria y dichos medios de comunicación con dicha unidad de procesamiento, almacenando la memoria de datos el valor de un identificador dedicado al primer dispositivo electrónico de comunicación y un registro dispuesto para incluir el valor actual de un identificador de un dispositivo electrónico de comunicación que actúa como cabeza de clúster. Dicho procedimiento incluye una etapa

55 para emitir un mensaje de servicio con destino al dispositivo que actúa como cabeza de clúster.

Para asegurar la persistencia del clúster y evitar el riesgo de pérdida de información contenida en mensajes de servicio, el proceso incluye:

- una etapa previa a la emisión del mensaje de servicio para elaborar y emitir, mediante los primeros medios de comunicación, un mensaje de verificación de pertenencia al clúster, codificando dicho mensaje:

5 i. el valor del identificador de un segundo dispositivo electrónico de comunicación como identificador del dispositivo electrónico de comunicación destinatario de dicho mensaje de verificación de pertenencia al clúster;

ii. el valor del identificador del primer dispositivo como identificador del dispositivo electrónico de comunicación del que procede dicho mensaje de verificación de pertenencia a dicho clúster.

10 Para limitar los flujos de mensajes, el proceso puede prever que la etapa previa a la emisión del mensaje de servicio para elaborar y emitir, mediante los primeros medios de comunicación, un mensaje de verificación de pertenencia al clúster solo se implemente si una etapa de prueba certifica que el dispositivo está afiliado al clúster.

Para certificar la persistencia del clúster, el proceso puede comprender:

- 15 - una etapa, implementada si y solo si se recibe un mensaje de acuse de recibo de dicho mensaje de verificación de pertenencia al clúster antes del vencimiento del período de espera máximo determinado a partir de la emisión del mensaje de verificación de pertenencia al clúster, para descodificar dicho mensaje de acuse de recibo y para deducir a partir del mismo:

i. el valor del identificador del dispositivo destinatario de dicho mensaje de acuse de recibo del mensaje de verificación de pertenencia al clúster;

20 ii. el valor del identificador del dispositivo del que procede dicho mensaje de acuse de recibo del mensaje de verificación de pertenencia al clúster.

De acuerdo con este modo de realización ventajoso, las etapas para elaborar y activar la emisión de un mensaje de servicio ventajosamente solo se implementan si:

- 25 - el valor deducido del identificador del dispositivo destinatario del mensaje de acuse de recibo del mensaje de verificación de pertenencia al clúster es igual al valor del identificador del primer dispositivo electrónico de comunicación;

- el valor deducido del identificador del dispositivo del que procede dicho mensaje de acuse de recibo del mensaje de verificación de pertenencia al clúster es igual al valor del identificador del segundo dispositivo electrónico de comunicación.

30 Para ampliar dicho clúster, un proceso de afiliación de acuerdo con la invención puede comprender:

- una etapa para recibir un mensaje de solicitud de afiliación elaborado y emitido por un tercer dispositivo electrónico de comunicación que solicita una afiliación a un clúster, incluyendo dicho mensaje de solicitud de afiliación el valor del identificador de dicho tercer dispositivo que solicita una afiliación;

35 - una etapa para descodificar dicho mensaje de solicitud de afiliación y para deducir a partir del mismo el valor de dicho identificador de dicho tercer dispositivo que solicita una afiliación;

- una etapa para elaborar un mensaje de acuse de recibo de la solicitud de afiliación consistente en codificar dentro de dicho mensaje:

i. el valor del identificador del primer dispositivo como identificador del dispositivo del que procede dicho mensaje de acuse de recibo de la solicitud de afiliación,

40 ii. el valor del identificador del tercer dispositivo que solicita una afiliación como identificador del dispositivo destinatario de dicho mensaje de acuse de recibo de la solicitud de afiliación,

iii. el valor actual del identificador de un cuarto dispositivo electrónico de comunicación que actúa como cabeza de clúster, leyéndose dicho valor en el registro,

- 45 - una etapa para activar la emisión mediante los primeros medios de comunicación del mensaje de acuse de recibo de la solicitud de afiliación.

En caso de que sea posible cuantificar una capacidad para asegurar un servicio determinado mediante un dispositivo electrónico, la etapa para elaborar un mensaje de acuse de recibo de la solicitud de afiliación puede consistir además en codificar un valor que describe una capacidad del cuarto dispositivo electrónico de comunicación que actúa como cabeza de clúster para proporcionar un servicio, registrándose dicho valor en el

registro que almacena además el valor actual del identificador de dicho cuarto dispositivo electrónico de comunicación que actúa como cabeza de clúster.

5 Para que el primer dispositivo electrónico de comunicación pueda dar una respuesta favorable y relevante a una solicitud de afiliación, la invención puede prever que la etapa para activar la emisión, mediante los primeros medios de comunicación, del mensaje de acuse de recibo de la solicitud de afiliación solo se pueda llevar a cabo si la memoria de datos almacena un registro que incluya un valor actual de un identificador de un dispositivo electrónico de comunicación que actúe como cabeza de clúster.

10 La invención también puede prever que el primer dispositivo electrónico de comunicación pueda, a su vez, solicitar una afiliación a un clúster. Una situación de este tipo se puede deber, por ejemplo, a una disolución del clúster del cual era miembro dicho primer dispositivo. Para ello, un proceso de afiliación de acuerdo con la invención puede comprender:

- una etapa para elaborar un mensaje de solicitud de afiliación que consiste en codificar el valor del identificador del primer dispositivo como identificador de un dispositivo que solicita una afiliación a un clúster;
- 15 - una etapa para activar la emisión, mediante los primeros medios de comunicación, de dicho mensaje de solicitud de afiliación;
- una etapa para recibir, mediante los medios de comunicación, un mensaje elaborado y emitido por un quinto dispositivo de acuse de recibo del mensaje de solicitud de afiliación;
- 20 - una etapa, implementada si y solo si dicho mensaje de acuse de recibo del mensaje de solicitud de afiliación es recibido antes del vencimiento de un período de espera máximo determinado a partir de la emisión de dicho mensaje de solicitud de afiliación, para descodificar dicho mensaje de acuse de recibo del mensaje de solicitud de afiliación y para deducir a partir del mismo:
  - i. el valor del identificador del dispositivo destinatario de dicho mensaje de acuse de recibo de una solicitud de afiliación;
  - 25 ii. el valor del identificador de un sexto dispositivo electrónico de comunicación que actúa como cabeza de clúster al que pertenece el quinto dispositivo del que procede dicho mensaje (MAA) de acuse de recibo de una solicitud de afiliación;
- una etapa, implementada si y solo si dicho valor deducido del identificador del dispositivo destinatario es igual al valor del identificador del primer dispositivo que solicita una afiliación, para inscribir en el registro el valor deducido del identificador del sexto dispositivo electrónico de comunicación que actúa como cabeza de clúster, como valor actual de identificador de dispositivo que actúa como cabeza de clúster.
- 30

Ventajosamente, según este modo de realización:

- la etapa para descodificar el mensaje de acuse de recibo del mensaje de solicitud de afiliación también puede consistir en deducir a partir de dicho mensaje el valor del identificador del quinto dispositivo electrónico de comunicación del que procede dicho mensaje;
- 35 - la etapa para actualizar el registro también puede consistir en registrar en el mismo dicho valor de identificador deducido como identificador de un dispositivo electrónico de comunicación en una ruta ascendente que separa entre sí el primer dispositivo electrónico de comunicación que solicita una afiliación y el sexto dispositivo electrónico de comunicación que actúa como cabeza de clúster.

40 Para transmitir información, por ejemplo en relación con el entorno del primer dispositivo electrónico de comunicación, con destino a un dispositivo que actúa como cabeza de clúster, un proceso de acuerdo con la invención puede comprender una etapa previa a la etapa para emitir un mensaje de servicio con destino a un dispositivo que actúa como cabeza de clúster con el fin de elaborar y activar, mediante los primeros medios de comunicación, la emisión del mensaje de servicio con destino al dispositivo electrónico de comunicación cuyo valor de identificador está almacenado en memoria, como valor actual de identificador del dispositivo electrónico de comunicación que actúa como cabeza de clúster, mediante el registro.

45

De acuerdo con un segundo objeto, en particular para adaptar un dispositivo electrónico de comunicación, la invención también se refiere a un programa informático que incluye una pluralidad de instrucciones de programa que, cuando éstas están:

- previamente registradas en una memoria de programas de dicho dispositivo electrónico, que además incluye una unidad de procesamiento, asegurando los primeros medios de comunicación una comunicación de proximidad inalámbrica con cualquier otro dispositivo electrónico situado dentro del alcance de comunicación, registrando una memoria de datos el valor de un identificador dedicado al dispositivo y un registro para incluir el valor actual de un identificador de un dispositivo que actúa como cabeza de clúster, cooperando dichas memorias y dichos primeros medios de comunicación con dicha unidad de procesamiento;
- 50

- ejecutadas o interpretadas por dicha unidad de procesamiento,

provoca la implementación de un proceso de afiliación tal como está previsto por la invención.

De acuerdo con un tercer objeto, la invención se refiere además a un dispositivo electrónico que incluye una unidad de procesamiento, una memoria de datos, una memoria de programas, primeros medios de comunicación que aseguran una comunicación de proximidad inalámbrica con cualquier otro dispositivo electrónico situado dentro del alcance de comunicación, cooperando dichas memorias y primeros medios de comunicación con dicha unidad de procesamiento, incluyendo la memoria de datos el valor de un identificador dedicado al dispositivo y un registro para incluir el valor actual de un identificador de un dispositivo que actúa como cabeza de clúster. Para que dicho dispositivo pueda implementar un proceso de afiliación de acuerdo con la invención, ventajosamente comprende en la memoria de programas las instrucciones de un programa tal como se ha mencionado anteriormente.

La invención también prevé un sistema que incluye una pluralidad de dichos dispositivos electrónicos de comunicación. De acuerdo con un ejemplo de aplicación preferente y no limitativa, un sistema de este tipo puede incluir ventajosamente una pluralidad de contenedores de productos, de mercancías sólidas, fluidas o líquidas, cooperando dichos contenedores respectivamente con los dispositivos electrónicos de comunicación, incluyendo cada uno de estos últimos un sensor que coopera con la unidad de procesamiento para medir y recopilar una magnitud relacionada con los entornos interno y/o externo de dichos contenedores.

### Las figuras

Otras características y ventajas se evidenciarán más claramente con la lectura de la siguiente descripción relativa a un ejemplo de realización, dado a modo de indicación y no de limitación, y con el examen de las figuras adjuntas, entre las cuales:

- la figura 1, ya descrita, ilustra dos ejemplos de configuraciones de una red de comunicación inalámbrica de un solo salto o de múltiples saltos, respectivamente;
- la figura 2, ya descrita en parte, presenta la arquitectura funcional de un dispositivo electrónico de comunicación de acuerdo con el estado anterior de la técnica y de acuerdo con la invención cuando esta última está adaptada para implementar un proceso de afiliación a un clúster de dispositivos de comunicación con homólogos a través de una red de comunicación inalámbrica, siendo dicho proceso conforme a la invención;
- la figura 3 presenta una descripción funcional de un proceso de afiliación de acuerdo con la invención.

### Descripción detallada de un ejemplo de realización que ilustra la invención

Un dispositivo electrónico de comunicación de acuerdo con la invención es similar a un dispositivo 10 conocido, tal como el anteriormente descrito en relación con la figura 2.

A este respecto, un dispositivo electrónico de comunicación según la invención comprende una unidad de procesamiento 11, que consiste en uno o más microcontroladores que desempeñan la función de implementar procesamientos sobre datos en particular. Ventajosamente, todos o parte de dichos datos se registran en una o más memorias de datos 12, generalmente borrables y regrabables eléctricamente. La memoria 12 puede comprender ventajosamente una sección no borrable, aislada físicamente o simplemente dispuesta de modo que se impida el acceso de escritura o borrado, o incluso que requiera el cumplimiento de un procedimiento de autenticación. Una sección de este tipo ventajosa de la memoria 12, cuyo acceso para modificación está restringido, permite consignar en la misma en particular el valor de un identificador ID dedicado al dispositivo electrónico de comunicación. Ventajosamente, pero no de forma obligatoria, un dispositivo 10 puede comprender además una o más memorias de programas 14 para registrar uno o varios programas P, o más generalmente uno o varios conjuntos de instrucciones de programa, siendo dichas instrucciones de programa inteligibles para la unidad de procesamiento 11. La ejecución o interpretación de dichas instrucciones por dicha unidad de procesamiento provoca la implementación de un proceso de procesamiento de datos o de funcionamiento del dispositivo 10. Este último también incluye los primeros medios de comunicación 13 que aseguran una comunicación de proximidad inalámbrica con cualquier otro dispositivo electrónico, tal como el dispositivo 10i, siempre que este último se encuentre dentro del alcance de comunicación. A través de dichos primeros medios de comunicación 13, el dispositivo 10, o más concretamente su unidad de procesamiento 11, puede emitir y/o recibir mensajes con destino a o procedentes de dispositivos terceros situados dentro del alcance de comunicación. Dichos mensajes pueden ser de cualquier tipo. Entre los diferentes tipos de mensajes se pueden mencionar, de forma no exhaustiva, los mensajes de datos MS en relación con un servicio particular S, mensajes de inscripción MH, mensajes de destrucción de clúster MR.

Algunos dispositivos de comunicación pueden aprovechar el campo electromagnético creado por la red, para obtener del mismo suficiente energía eléctrica para asegurar su funcionamiento, aunque solo sea durante un breve período de tiempo. No obstante, para asegurar un funcionamiento continuo y/o implementar procesamientos que requieran más energía, un dispositivo electrónico de comunicación 10 de acuerdo con la invención puede incluir ventajosamente una fuente de energía eléctrica 17 limpia que alimenta en particular la unidad de procesamiento 11, o incluso cualquier otro elemento constitutivo de dicho dispositivo que lo requiera. Por regla general, una fuente 17

de este tipo consiste en una batería o una pluralidad de baterías. De acuerdo con el contexto de aplicación prioritario en particular en relación con el seguimiento de contenedores, aunque este contexto particular no puede limitar el campo de operación de la invención, un dispositivo electrónico de comunicación 10 puede comprender uno o más sensores 15 que cooperan con la unidad de procesamiento 11. Un sensor de este tipo puede medir una o más magnitudes en relación con los entornos interno y/o externo de dichos contenedores y producir datos a partir de las mismas. A modo de ejemplo, tal como se ilustra en la figura 2, un sensor 15 puede medir la temperatura y/o la humedad existente dentro de un contenedor, la oscuridad o la pérdida de oscuridad dentro del recinto que certifica una apertura imprevista del contenedor, o incluso choques. En caso necesario, el sensor o los sensores pueden cooperar con la unidad de procesamiento de un dispositivo a través de sondas o capas conductoras, en particular en caso de que un dispositivo 10 esté colocado contra la pared exterior de un contenedor aunque se desee supervisar, por medio de dicho dispositivo 10, el entorno interior de dicho contenedor. Un dispositivo 10 de este tipo puede incluir además un reloj que le permite registrar la fecha y hora de las medidas recopiladas, no estando representado dicho reloj en la figura 2.

Dependiendo del servicio o servicios que se deseen realizar con ayuda de dispositivos electrónicos de comunicación según la invención, estos últimos pueden incluir medios adicionales y opcionales. A modo de ejemplo preferente, un servicio puede consistir en:

- recopilar datos de los nodos de una red de dispositivos electrónicos de comunicación según la invención, por ejemplo en relación con las magnitudes medidas por dichos nodos;
- agregar dichos datos recopilados de una pluralidad de nodos, y elaborar después mensajes MC que codifican datos de servicio consolidados con destino a una entidad remota, tal como un servidor RS.

Para emitir dichos mensajes MC, un dispositivo 10 incluye ventajosamente segundos medios de comunicación de larga distancia 16 que cooperan con la unidad de procesamiento 11. Una comunicación de este tipo se puede realizar a través de una red RR, por GPRS o por satélite, o incluso por cualquier otro canal de comunicación adecuado. Los diversos componentes internos del dispositivo electrónico cooperan con la unidad de procesamiento 11, ventajosamente a través de buses de cables o por acoplamientos. El dispositivo 10 puede incluir una carcasa que aloja dichos componentes, comprendiendo dicha carcasa ventajosamente medios de fijación para colocar el dispositivo 10 sobre un soporte con respecto al cual se desea asegurar el seguimiento, en este caso un contenedor según el ejemplo de aplicación preferente.

Para implementar la invención es necesario actuar sobre el funcionamiento de la unidad de procesamiento, más concretamente sobre un proceso de comunicación implementado por dicha unidad de procesamiento. Un proceso de este tipo se describirá más adelante en relación con la figura 3. Un modo de adaptación preferente consiste en prever un programa, o más generalmente instrucciones de programa dispuestas mutuamente, para implementar dicho proceso al ejecutar o interpretar dichas instrucciones de programa mediante la unidad de procesamiento. Ventajosamente, dicho programa P se carga en la memoria de programas 15 durante el montaje de dicho dispositivo o por descarga de dicho programa en la memoria 15 después de dicha fase de montaje del dispositivo.

La invención radica principalmente en la implementación de una red de un solo salto, por ejemplo una red LEACH, o ventajosamente de múltiples saltos, para la que cada nodo consiste en un dispositivo electrónico de comunicación tal como el dispositivo 10 anteriormente descrito.

Por regla general, un nodo de una red de este tipo está adaptado o dispuesto para implementar un proceso de adhesión a un clúster de dispositivos. La memoria de datos 12 incluye, además del valor del identificador ID dedicado al dispositivo electrónico de comunicación, un registro RH previsto para incluir el valor actual IDHc de un identificador de un dispositivo electrónico de comunicación que actúa como *head*, tal como los nodos d2 o h3 de acuerdo con la figura 1.

Cuando un dispositivo elige adherirse a un clúster en el que uno de los nodos actúa como *head*, esta adhesión generalmente es exclusiva. Dicho de otro modo, un nodo no puede ser miembro de clústeres distintos, es decir, que tienen respectivamente nodos *heads* independientes, para un mismo servicio. Un nodo que se adhiere a un clúster elige el mejor *head* para dicho servicio.

Sin embargo, un nodo también puede estar vinculado a una pluralidad de *heads*, si dichos *heads* están asignados a la implementación de servicios diferentes, tales como, por ejemplo, un *head* para la emisión de datos a larga distancia (servicio Si) y un segundo *head* para la implementación de un servicio de gestión de alarmas (servicio Sj) en un emplazamiento.

A este respecto, al igual que la solución LEACH anteriormente presentada, los clústeres de dispositivos electrónicos de comunicación, tales como los clústeres C1 y C2 de las redes R1 y R2 descritas en relación con la figura 1, incluyen un dispositivo que actúa como *head*, tal como los nodos d2 o h3 descritos en relación con la figura 1. Los otros dispositivos actúan como miembros de dicho clúster, tales como, de forma no exhaustiva, los nodos c2 o i3 descritos en relación con la figura 1. La función de un miembro consiste principalmente en recopilar información, tal como, por ejemplo, mediciones de magnitudes ambientales, traducirla en datos y después codificar dichos datos en forma de un mensaje de servicio MS con destino a un *head* con capacidad para asegurar el servicio determinado.

Este *head* reconoce dichos mensajes de servicio MS y después implementa el servicio determinado S. Por ejemplo, un servicio de este tipo puede consistir en agregar los datos transmitidos al *head* desde varios miembros a través de mensajes MS y después implementar una transmisión de larga distancia de dichos datos agregados, o incluso consolidados, en forma de mensajes MC con destino a una entidad remota RS.

5 Un mensaje de servicio MS, dirigido desde un miembro de un clúster a un *head*, está estructurado de tal modo que incluye:

- una información que caracteriza el tipo de mensaje (MS, MH, MR, etc.);
- el valor de un identificador del nodo fuente, además por regla general un nodo miembro;
- el valor de un identificador del nodo destinatario, en este caso un *head*, o incluso un identificador de un nodo intermedio o de retransmisión en caso de una red de múltiples saltos,
- datos, por ejemplo, relativos a magnitudes medidas por un sensor del dispositivo,
- eventualmente un código de redundancia, o incluso un criptograma o cualquier otra información de control que permita a un nodo que recibe dicho mensaje de servicio descodificarlo, utilizarlo o retransmitirlo.

15 Un mensaje MS, como cualquier otro mensaje que circula dentro de la red, puede activar mensajes de acuse de recibo MACK, transmitidos por el receptor del mensaje con destino al nodo fuente. Al final de un período determinado o "timeout" según una terminología anglosajona, si no se ha recibido ningún mensaje MACK se activa una nueva transmisión del mensaje MS, y esto se repite un número limitado de veces, al término de las cuales el nodo fuente considera que la "ruta" o la comunicación con el nodo destinatario no está o ya no está disponible. Dicho nodo fuente puede decidir abandonar el clúster y recuperar un estado de nodo libre, o incluso tratar de adherirse a otro clúster.

20 La adhesión de un nodo libre a un nodo que actúa como *head* es similar a la implementada de acuerdo con la solución LEACH. Sin embargo, las modalidades de elección de un *head* y las modalidades de adhesión de un nodo libre para convertirse en miembro de un clúster pueden ser muy diferentes, como prevé por ejemplo la compañía TRAXENS, asociada al Institut National français de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA). De acuerdo con esta variante, solo los nodos con una capacidad real para asegurar un servicio particular se pueden autodesignar como *head*. Por su parte, los otros nodos tienen la libertad de arbitrar una competencia de *heads* y elegir el *head* que parezca el mejor candidato para implementar el servicio al que contribuyen.

30 Cualquiera que sea el modo de elección de los *heads*, un primer modo de diseño de dispositivos de comunicación puede consistir en mantener estos últimos continuamente a la escucha de frecuencias de comunicación de radio para comprobar la presencia de mensajes procedentes de dispositivos homólogos. Una estrategia de este tipo puede producir un gasto energético significativo y afectar a la autonomía de toda la red. Una segunda estrategia, conocida con la terminología anglosajona Wake On Radio (WOR), consiste en poner los nodos en un estado inactivo relativo durante la inmensa mayoría del tiempo de sus funcionamientos respectivos. En concreto la comunicación por radio está desactivada porque consume mucha energía eléctrica. Sin embargo, dichos nodos pueden seguir implementando procesamientos internos que consumen poca energía. Cíclicamente, dichos nodos se activan para escuchar eventuales mensajes procedentes de homólogos o para emitir a su vez mensajes de inscripción, de servicio, etc.

40 La figura 3 ilustra un proceso P100 de comunicación que incluye un procedimiento de solicitud de afiliación a un clúster implementado por un primer dispositivo de acuerdo con la invención, tal como, a modo de ejemplo, un dispositivo 10 descrito en relación con la figura 2. Dicho procedimiento de afiliación a demanda permite que un nodo libre, como por ejemplo el nodo c5 o el nodo i5, inicie una fase de descubrimiento de un nodo miembro o *head* en su proximidad. Una situación de este tipo se deriva, por ejemplo, de la aparición de un nodo libre de este tipo mientras que ya se ha formado un clúster. También se puede derivar de la destrucción de un clúster cuyo nodo *head* y sus nodos miembros se liberan, mientras que dichos nodos miembros necesitan emitir mensajes de servicio con destino a un nuevo *head*. La situación se puede derivar incluso de una distancia excesiva, o de un posicionamiento no óptimo, entre un nodo adecuado y candidato a convertirse en miembro y un *head*, encontrándose dicho nodo candidato fuera del alcance de radio o demasiado lejos en número de saltos para un encaminamiento hacia el mismo de un mensaje de inscripción procedente de dicho *head*.

50 De acuerdo con las técnicas conocidas, para que los nodos libres puedan recuperar un estado de nodo miembro es necesario que un nodo tome la iniciativa para autoelegirse o para ser designado *head* y que active un procedimiento de inscripción. De este modo se pueden perder un tiempo y una energía valiosos en el encaminamiento de mensajes de servicio.

Por consiguiente, la invención permite que un nodo libre solicite una vinculación con un clúster, y por lo tanto indirectamente con un *head*, mediante un procedimiento de afiliación a demanda.

Describamos en primer lugar un procesamiento 210 implementado por un dispositivo electrónico de comunicación 10 de acuerdo con la invención, que implementa un proceso P100. Dicho procesamiento consiste en activar un procedimiento de afiliación.

Este último puede incluir ventajosamente una etapa previa 219 consistente en el despertar del dispositivo 10 si éste implementa una técnica de Wake On Radio (WOR), por ejemplo. Dicho procesamiento 210 incluye una etapa 211 para elaborar un mensaje de solicitud de afiliación MAR. Dicho mensaje incluye y/o codifica, como primera información MAR-1, el valor del identificador IDa del dispositivo 10. Dicho identificador se registra ventajosamente de forma única en los medios de memoria 12 de dicho dispositivo 10. El procesamiento 210 incluye además una etapa 212 para activar la emisión de dicho mensaje de solicitud de afiliación MAR con destino a cualquier nodo próximo, mediante los primeros medios de comunicación 13. Dicho mensaje MAR puede codificar, en forma de un campo adicional MAR-3, otras informaciones complementarias IMr.

La potencia de emisión de dicho mensaje MAR puede ser predeterminada y fija. En una variante, dicha potencia de transmisión puede ser variable para, por ejemplo, disminuir en función de la capacidad energética restante de los medios de alimentación internos 17 del dispositivo que implementa dicho proceso P100. Dicha potencia de emisión también puede ser progresiva, siendo la etapa de emisión 212 iterativa si la solicitud de afiliación sigue sin respuesta, como veremos más adelante.

En cualquier caso, después de la etapa 212 para activar la emisión de un mensaje de solicitud de afiliación MAR tiene lugar una etapa 213 de espera de recepción de un mensaje MAA, con acuse de recibo de dicho mensaje de solicitud de afiliación MAR, emitido por un nodo próximo miembro o *head* de un clúster. Es posible fijar o determinar un tiempo máximo de espera en la etapa 213 de dicho mensaje MAA para que, al final de un período de tiempo dado, el dispositivo 10 que implementa dicho proceso P100 considere (situación simbolizada por el enlace con la referencia 213-n en la figura 3) que está demasiado aislado o mal posicionado para unirse a un clúster. De este modo, el procesamiento 210 se interrumpe en la etapa 220. Dicha etapa 220 puede consistir además en poner el dispositivo en estado inactivo o en espera durante un período de tiempo determinado de acuerdo con una técnica WOR, por ejemplo.

Cuando los medios 13 reciben un mensaje de acuse de recibo MAA (situación simbolizada por el enlace con la referencia 213-y en la figura 3) durante la etapa 213, el procesamiento 210 incluye una etapa 214 para descodificar dicho mensaje MAA. En efecto, la invención prevé que dicho mensaje MAA incluya o codifique en particular una primera información MAA-1, que consiste en el valor del identificador IDm del dispositivo del que procede dicho mensaje MAA. Este último también codifica el valor del identificador IDa del dispositivo del que procede el mensaje de solicitud de afiliación, como identificador del dispositivo destinatario del mensaje MAA, en forma de una información con la referencia MAA-2 en el ejemplo no limitativo descrito en relación con la figura 3. Además, dicho mensaje MAA puede codificar ventajosamente la ruta ascendente Ru, en forma de una información con la referencia MAA-3 en la figura 3, que incluye los valores de los identificadores de los nodos miembros y/o de retransmisión de mensajes de inscripción MH y/o de servicio MS entre el nodo fuente de dicho mensaje MAA y el *head* del clúster del que forma parte. Dicho campo MAA-3 incluye ventajosamente al menos el valor del identificador del nodo de retransmisión perteneciente a dicha ruta más cercano al dispositivo del que procede el mensaje MAA y el identificador IDH del *head*. Adicional o alternativamente, un campo MAA-4 puede codificar la ruta descendente que separa el nodo fuente del mensaje MAA del nodo que solicita la afiliación. Ventajosamente, un mensaje MAA puede comprender además, alternativa o adicionalmente a los campos MAA-3 y/o MAA-4, información MAA-5 que refleja el número de saltos TTL necesario para la ruta ascendente Ru, o para la ruta descendente Rd. Ventajosamente, un mensaje MAA puede incluir o codificar campos MAA-6, MAA-7, por ejemplo en relación con valores de capacidades actuales CHc1, CHc2, del *head* para asegurar tal o cual servicio, o incluso cualquier otra información adicional IMA, en forma de un campo con la referencia MAA-8 en relación con la figura 3.

Por lo tanto, la etapa 214 consiste en deducir a partir del mensaje MAA toda la información pertinente y codificada en dicho mensaje. Cuando la etapa 214 confirma que el valor del identificador codificado en el campo MAA-2 corresponde al valor del identificador IDa del dispositivo que presenta la solicitud de afiliación, el mensaje MAA se considera como un mensaje de acuse de recibo de dicha solicitud de afiliación. El procesamiento 210 incluye entonces una etapa 215, posterior a la etapa 214, que consiste en registrar en los medios de memoria 12 del dispositivo la información deducida a partir de dicho mensaje MAA, en particular el valor del identificador IDH del nodo *head*, o incluso el del identificador del primer nodo en la ruta ascendente Ru desde el nodo que solicita la afiliación. Dicha acción puede consistir ventajosamente en la actualización de un registro RH, dentro de dichos medios de memoria 12. El valor del identificador IDH se inscribe en particular como valor actual IDHc dentro del registro RH. El dispositivo 10 se convierte entonces en un nodo "afiliado" al clúster del nodo *head*. Entonces, el proceso P100 puede incluir y activar la implementación de un procesamiento 120 que consiste en emitir un mensaje de servicio MS con destino al *head*, en particular a través del nodo que ha respondido favorablemente a la solicitud de afiliación, es decir, a través del dispositivo del que procede el mensaje MAA.

Anteriormente hemos visto que la invención prevé que la potencia de emisión de un mensaje de solicitud de afiliación MAR pueda ser progresiva. El objetivo perseguido por este modo de realización consiste en preservar los recursos energéticos de los medios 17 de un dispositivo 10 según la invención. Para implementar dicha progresividad, la unidad de procesamiento fija en primer lugar la potencia de emisión de un mensaje MAR para

transmitir dicho mensaje MAR con corto alcance, de acuerdo con una técnica de tipo *broadcast*. Por lo tanto, una primera iteración de la etapa 212 consiste en fijar la potencia de emisión a un valor mínimo  $P_{min}$ . Al final del tiempo máximo de espera previsto en la etapa 213, si no se ha recibido ningún mensaje MAA de acuse de recibo de la solicitud de afiliación (situación simbolizada por el enlace con la referencia 213-n en la figura 3), la etapa 220 no se implementa automáticamente como en el modo de realización anterior. En lugar de ello, el procesamiento 210 consiste en activar una nueva iteración de la etapa 212 y, por lo tanto, emitir de nuevo el mensaje MAR con una potencia de emisión aumentada  $P_{min+}$ . Este aumento lo realiza la unidad de procesamiento implementando el procesamiento 210 en una etapa 217, por ejemplo de acuerdo con un factor multiplicativo dado o un paso incremental determinado aplicado a la potencia mínima  $P_{min}$ . Si al final de la duración máxima prevista en la etapa 213 no se ha recibido ningún mensaje MAA (situación simbolizada por el enlace con la referencia 213-n en la figura 3), el procesamiento 210 puede activar una nueva iteración de la etapa 212. De este modo, una o más iteraciones de las etapas 217 y 212 se pueden suceder entre sí siempre que no se reciba ningún mensaje MAA mientras la potencia  $P_{min+}$  sea inferior a una potencia máxima  $P_{max}$  de emisión de un mensaje MAR (situación simbolizada por el enlace con la referencia 218-n en la figura 3). Dichas iteraciones cesan en cuanto en 218 se alcanza la potencia de emisión máxima de un mensaje MAR. En este caso, el procesamiento 210 se interrumpe en 220.

La invención prevé una variante o complemento del modo de realización anteriormente descrito en relación con una potencia de emisión de un mensaje MAR progresivo. De acuerdo con este nuevo modo de realización, la etapa 211, consistente en elaborar un mensaje MAR, consiste en integrar en dicho mensaje un campo MAR-2 que especifica el número de saltos permitidos, que designaremos en adelante TTL, que separa un nodo que solicita una afiliación de un nodo miembro o *head* de un clúster. Cuando dicho número de saltos es mayor que uno, la invención prevé que un nodo que no actúe como miembro o *head* de un clúster pueda retransmitir un mensaje de solicitud de afiliación MAR. Más adelante veremos cómo se posibilita una función de este tipo mediante la descripción de un procesamiento 200 del proceso P100 según la invención, procesamiento que se activa con la recepción de un mensaje de solicitud de afiliación MSR.

De acuerdo con este modo de realización, las etapas 211 y 212 de elaboración y activación, respectivamente, de la emisión de un mensaje MAR seguidas por la etapa 213 de espera de la recepción de un mensaje MAA se repiten conjuntamente incrementando o multiplicando en la etapa 217 dicho número de saltos permitidos, al final de cada iteración sin éxito, es decir, siempre que no se reciba ningún mensaje MAA en la etapa 213 (situación simbolizada por el enlace con la referencia 213-n en la figura 3). Cuando dicho número de saltos TTL alcanza un valor máximo predeterminado, situación simbolizada por el enlace con la referencia 218-y en la figura 3, y la etapa 213 no ha hecho posible la recepción de un mensaje, el procesamiento 210 activa la etapa 220 y se interrumpe. El dispositivo que implementa dicho proceso P100 sigue siendo un nodo libre. A modo de ejemplo no limitativo, el valor mínimo de TTL en la primera iteración de la etapa 211 puede ser igual a uno, lo que significa que el solicitante de una afiliación no ha autorizado ninguna retransmisión del mensaje MAR. En cada iteración, este número se puede multiplicar por un factor multiplicativo dado, por ejemplo con un valor igual a dos, hasta que dicho valor de TTL alcance un valor máximo igual a 16. Como variante, el valor de TTL se puede incrementar un paso en cada iteración, por ejemplo, igual a uno o a cualquier otro número entero que no sea cero. La invención prevé además que el tiempo máximo de espera previsto en la etapa 213 también pueda ser progresivo y revisado en cada iteración en la etapa 217.

Estudiamos ahora diversos modos de realización de un procesamiento 200 implementado por la unidad de procesamiento 11 de un dispositivo de acuerdo con la invención, tal como el dispositivo 10 descrito en relación con la figura 2. Un procesamiento 200 de este tipo se describe en relación con la figura 3. Éste se activa al implementar un proceso de afiliación P100, en respuesta a la recepción de un mensaje de solicitud de afiliación MAR emitido por un dispositivo tercero que solicita una afiliación a un clúster.

Por lo tanto, dicho procesamiento 200 de acuerdo con la invención incluye una primera etapa 201 para recibir un mensaje de solicitud de afiliación MAR elaborado y emitido por un dispositivo electrónico de comunicación, tal como el nodo c5 o el nodo i5, descrito en relación con la figura 2. Dicho mensaje MAR incluye o codifica en particular el valor del identificador IDa del dispositivo que solicita una afiliación a un clúster, por ejemplo dentro de un campo MAR-1. El proceso P100 también incluye una etapa 202 para descodificar dicho mensaje de solicitud de afiliación MAR y, por lo tanto, deducir a partir del mismo en particular dicho valor del identificador IDa.

La invención prevé principalmente dos situaciones, simbolizadas respectivamente por los enlaces con las referencias 203-a y 203-b en la figura 3, cuando un dispositivo de acuerdo con la invención recibe en 201 un mensaje de solicitud de afiliación MAR emitido por un segundo dispositivo de acuerdo con la invención y que solicita una afiliación a un clúster:

- el dispositivo que recibe dicho mensaje MAR es un nodo miembro o *head* de un clúster; dicho dispositivo, por ejemplo el nodo i4, tal como se describe en relación con las figuras 1 y 2, que recibe un mensaje MAR emitido desde el nodo i5, incluye un registro RH que codifica un valor actual IDHc de un identificador IDH, en este caso el identificador del nodo h3 que actúa como nodo *head* del clúster C2;
- el dispositivo que recibe dicho mensaje MAR es un nodo libre; dicho dispositivo, por ejemplo el nodo c5, tal como se describe en relación con las figuras 1 y 2, que recibe un mensaje MAR emitido por el nodo c8, no incluye ningún registro RH que codifique un valor actual IDHc igual al de un identificador IDH de un nodo, tal

como d2, que actúa como nodo *head*; alternatively, dicho nodo libre puede incluir un registro RH que codifica un valor determinado que indica que el nodo no es un miembro o *head* de un clúster.

En la primera situación (enlace 203-a en la figura 3), el procesamiento 200 incluye una etapa 204 para elaborar un mensaje MAA de acuse de recibo de la solicitud de afiliación del dispositivo que solicita una afiliación. Dicha etapa 204 consiste en codificar dentro del mensaje MAA (campo MAA-2 según el ejemplo de la figura 3) el valor del identificador IDa del dispositivo del que procede la solicitud de afiliación como identificador del dispositivo destinatario del mensaje MAA. Tal como se ha mencionado anteriormente, dicha etapa 204 consiste además en codificar (campo MAA-1 según el ejemplo de la figura 3) el valor del identificador IDm del dispositivo que implementa el procesamiento 200 y que actúa como nodo miembro o *head* de un clúster. La etapa 204 puede codificar además (campo MAA-3 según el ejemplo de la figura 3) la ruta ascendente Ru, es decir, los valores de los identificadores de nodos que separan el nodo, preparándose así para emitir el mensaje MAA, desde el *head* del clúster del que forma parte, incluyendo dicha ruta el valor del identificador IDH de dicho *head*. La etapa 204 puede consistir además en codificar (campos MAA-5, MAA-6 según el ejemplo de la figura 3) información o valores adicionales que describen una o más capacidades CHc1, CHc2 del *head* para asegurar tal o cual servicio. La etapa 204 puede codificar además la ruta descendente Rd que separa el nodo fuente del mensaje MAA del nodo que solicita la afiliación (campo MAA-4 según el ejemplo de la figura 3), o incluso información adicional (campo MAA-8 según el ejemplo de la figura 3). Por lo tanto, el procesamiento 200 incluye una etapa 205 para activar la emisión de dicho mensaje MAA por los medios de comunicación 13 del dispositivo 10 que implementa dicho procesamiento 200.

En el caso en el que un dispositivo de este tipo, que recibe un mensaje de solicitud de afiliación MAR, es un nodo libre (segunda situación simbolizada por el enlace 203-b en la figura 3), la invención prevé ventajosamente que, de acuerdo con un primer modo de realización, dicho dispositivo permanezca en silencio (etapa 207). Según un segundo modo de realización, en particular cuando la etapa 211 de un procesamiento 210 según la invención y descrito anteriormente consiste en elaborar un mensaje MAR que codifica un campo que especifica un número de saltos o retransmisiones permitidos, la invención prevé que el procesamiento 200 permita retransmitir un mensaje de solicitud de afiliación MAR a través de uno o más nodos que no actúan como miembros o *heads* de un clúster cuando reciben dicho mensaje MAR. Según este modo de realización, el procesamiento 200 incluye una etapa 206 que tiene por objeto disminuir en un paso predefinido, por ejemplo en una unidad, el valor TTL deducido o descodificado en la etapa 202. La etapa 206 consiste además en comparar el valor disminuido del campo TTL con un valor mínimo, como ejemplo no limitativo un valor cero. Si dicho valor disminuido alcanza dicho valor mínimo (situación simbolizada por el enlace 206-n en la figura 3), el procesamiento 200 se interrumpe en 207 y el dispositivo que implementa dicho procesamiento permanece en silencio en respuesta a la recepción del mensaje MAR. En caso contrario (situación simbolizada por el enlace 206-y en la figura 3), el procesamiento 200 incluye una etapa 208 para codificar de nuevo la información deducida en 202 a partir del mensaje MAR recibido, a excepción del campo TTL, que se actualiza y toma el valor TTL disminuido en 206. La etapa 208 consiste además en activar la emisión de dicho mensaje MAR recodificado con destino a la proximidad del dispositivo, como en el caso de un dispositivo homólogo que implementaría un procesamiento 210 para elaborar y emitir un mensaje de solicitud de afiliación MAR en nombre propio. Por lo tanto, el dispositivo de retransmisión transmite una solicitud de afiliación en nombre de otros. La etapa 208 consiste entonces ventajosamente en registrar, además, en los medios de memoria el valor del identificador IDa del nodo para el que retransmite el mensaje MAR.

Además, un dispositivo de acuerdo con la invención también puede retransmitir cualquier mensaje MAA de acuse de recibo de un mensaje MAR, habiendo sido elaborado y emitido previamente dicho mensaje MAA por un dispositivo tercero que actúa como *head* o miembro de un clúster por la implementación en particular de las etapas 204 y 205 de un procesamiento 200 según la invención. Para ello, la invención prevé que el procesamiento 200 implementado por un dispositivo de retransmisión de mensajes MAA incluya una etapa 209 para descodificar un mensaje MAA. Esta etapa consiste en particular en determinar el valor del identificador IDa del dispositivo destinatario del mensaje MAA, es decir, el identificador del dispositivo que ha emitido el mensaje MAR original. Si dicho valor de identificador corresponde al valor del identificador registrado en 208, se implementa una iteración de la etapa 205 para activar la emisión de un mensaje de acuse de recibo de una solicitud de afiliación con el fin de propagar dicho mensaje MAA. De este modo, progresivamente, a través de uno o más dispositivos de retransmisión de acuerdo con la invención, el mensaje MAA emitido desde un miembro o un *head* de un clúster se puede encaminar al dispositivo del que procede la solicitud de afiliación original.

Al implementar un proceso de afiliación P100 tal como se ha descrito anteriormente, un dispositivo, tal como el dispositivo 10 descrito a modo de ejemplo no limitativo en relación con la figura 2, también se puede convertir en nodo afiliado a un clúster. En relación con la figura 3, para lograr esto, un dispositivo de este tipo implementa un procesamiento 210 para:

- en primer lugar, elaborar y transmitir un mensaje MAR de solicitud de afiliación a un clúster y, después,
- en respuesta a dicha solicitud de afiliación, tomar en consideración un mensaje MAA de acuse de recibo de dicha solicitud de afiliación, habiendo sido elaborado dicho mensaje MAA por un dispositivo tercero miembro o *head* de un clúster, implementando dicho dispositivo tercero también un proceso P100 según la invención, más concretamente un procesamiento 200 y transmitido con destino al dispositivo que solicita afiliación, eventualmente a través de uno o más dispositivos libres y/o afiliados.

Tal como se ha mencionado anteriormente en relación con las figuras 1 y 2, la implementación de una red de un solo salto R2 o de una red de múltiples saltos R1 según la invención tiene como objetivo principal recopilar información relacionada con el entorno de los diferentes nodos por medio de sensores 15. En efecto, cada dispositivo de comunicación 10 se coloca ventajosamente contra la pared de un contenedor. La unidad de procesamiento 11 de cada dispositivo de comunicación 10, que actúa de acuerdo con el contexto como miembro, o que gracias a la invención actúa como nodo afiliado, está adaptada para activar la elaboración y la transmisión de mensajes de servicio MS que codifican información ambiental del dispositivo. La unidad de procesamiento 11 de un dispositivo 10 que actúa como *head* está adaptada para recibir dichos mensajes de servicio MS, deducir a partir de los mismos dicha información ambiental procedente de uno o más miembros o afiliados e implementar un servicio, por ejemplo una transmisión de largo alcance de mensajes MC a través de una red GPRS o equivalente con destino a un servidor RS remoto.

La elaboración de un mensaje de servicio MS por un dispositivo miembro de una red de un solo salto o de múltiples saltos a partir de mediciones suministradas por uno o más sensores es conocida en principio. En cambio, la elaboración y la emisión de un mensaje de servicio MS por un dispositivo afiliado, en el sentido de la invención, con destino a un *head* requieren un procesamiento 120 innovador de elaboración y transmisión de dicho mensaje MS. La figura 3 describe un ejemplo de realización de dicho procesamiento 120.

Este último comprende convencionalmente, es decir, al igual que el implementado por un nodo miembro de acuerdo con la técnica anterior, una etapa 123a para elaborar un mensaje de servicio MS y una etapa para emitir dicho mensaje con destino al dispositivo que actúa como *head* para un servicio S determinado. Una etapa 123 de este tipo se implementa a continuación de una etapa 121, por ejemplo antes de recopilar desde un sensor 15 una medición relacionada con la temperatura existente dentro de un contenedor contra el cual está colocado el dispositivo 10 que implementa el proceso P100.

Dicha etapa 123 también está supeditada a la presencia (prueba simbolizada por la etapa 122 en la figura 3) de un registro, tal como el registro RH inscrito en la memoria de datos 12 de un dispositivo 10 descrito en relación con la figura 2, que incluye el valor de un identificador IDHc de un dispositivo o nodo que actúa como *head* (situación simbolizada por el enlace 122-y en la figura 3), lo que significa que el nodo es miembro o está afiliado a un clúster. En el caso contrario (situación simbolizada por el enlace 122-n en la figura 3), el procesamiento se interrumpe en 129 y no se activa ninguna transmisión de un mensaje de este tipo.

Dependiendo de si dicho registro RH incluye una ruta ascendente Ru directa, es decir, que únicamente un valor de identificador IDHc de *head* está presente en el registro RH, o una ruta ascendente Ru indirecta, es decir, que dicho registro RH incluye además un valor de identificador ID' de un miembro de retransmisión, el mensaje MS es transmitido directamente a dicho *head* o a dicho miembro de retransmisión.

Por otra parte, dicha emisión 123 de un mensaje de servicio MS también puede ser activada por la recepción 121b de un mensaje de servicio MS procedente de un miembro de un mismo clúster y dirigido al dispositivo 10, que implementa dicho proceso de afiliación P100 y actúa como miembro de retransmisión. Por lo tanto, después de la recepción de un mensaje de servicio procedente de un miembro de un mismo clúster, la etapa 121b puede incluir una etapa para recibir y decodificar dicho mensaje MS, o incluso para registrar temporalmente en la memoria 12 los datos contenidos en dicho mensaje de servicio MS decodificado. De este modo, la retransmisión de dicho mensaje MS se puede traducir en una nueva emisión de dicho mensaje MS con un tiempo de retardo.

De acuerdo con un primer modo realización preferente, puede ser pertinente que, antes de la emisión de un mensaje de servicio, un dispositivo de comunicación que actúa como nodo afiliado a un clúster valide la continuidad de su afiliación. En efecto, el clúster al que está afiliado dicho dispositivo puede haber sido destruido, por ejemplo por iniciativa del *head* o tras una modificación de la configuración mutua de los nodos.

Por lo tanto, el procesamiento 120 incluye una etapa de prueba 124 para determinar si el dispositivo actúa como nodo miembro o nodo afiliado. Este estado se puede determinar, por ejemplo, mediante la lectura de un indicador de estado booleano, cuyo valor actual está registrado en la memoria de datos 12 del dispositivo, o mediante cualquier otra técnica. Por lo tanto, un indicador de estado de este tipo puede adoptar alternativamente dos valores predeterminados que describen que el nodo es "miembro o *head*" o "afiliado", respectivamente. Por lo tanto, la etapa 215 del procesamiento 210 puede consistir además en actualizar dicho indicador de estado para especificar que el dispositivo es, hasta que se demuestre lo contrario, un nodo afiliado. Si dicho indicador de estado certifica que el nodo es miembro de un clúster (situación ilustrada por el enlace 124-n en la figura 3), la etapa 123 se implementa en cuanto se elabora un mensaje MS en 123a. En cambio, si dicho indicador de estado certifica que un nodo está afiliado (situación ilustrada por el enlace 124-y en la figura 3), el procesamiento 120 incluye una etapa 125 para elaborar un mensaje MAS de verificación de persistencia de su afiliación y activar la emisión de dicho mensaje por los primeros medios de comunicación 13. La finalidad de dicho mensaje MAS consiste en verificar en una etapa posterior 126 que el nodo miembro que previamente ha respondido de forma favorable a la solicitud de afiliación sigue siendo miembro del mismo clúster, es decir, vinculado al mismo nodo *head*. Tal como indica a modo de ejemplo no limitativo la figura 3, un mensaje MAS elaborado y transmitido en 125 incluye ventajosamente dos campos MAS-1 y MAS-2 para codificar respectivamente el valor del identificador IDm del dispositivo destinatario de

dicho mensaje MAS y el valor del identificador IDa del dispositivo afiliado. Un mensaje MAS de este tipo podría codificar otras informaciones complementarias IMs en forma de un campo adicional MAS-3.

Al igual que el procesamiento 210, que incluye una etapa 213 de espera de la recepción de un mensaje de acuse de recibo de una solicitud de afiliación, el procesamiento 120 incluye una etapa 126 de espera de recepción de un mensaje MAA, que acusa recibo del mensaje MAS, elaborado y emitido por el nodo destinatario del mensaje MAS.

En efecto, el procesamiento 200 implementado por un dispositivo que previamente ha respondido de forma favorable a una solicitud de afiliación puede incluir ventajosamente una etapa 202a para descodificar un mensaje MAS de verificación de afiliación previamente recibido en 201a por los primeros medios de comunicación. La etapa 202a puede consistir en descodificar dicho mensaje de verificación MAS para deducir a partir del mismo el valor del identificador IDa del dispositivo del que procede el mensaje MAS, así como el valor del identificador del dispositivo destinatario de dicho mensaje. Cuando este último corresponde al valor del identificador dedicado a dicho dispositivo que implementa el procesamiento 200, este último considera que el mensaje MAS está destinado a él.

Si en 203 el dispositivo detecta que es miembro de un clúster (situación ilustrada por el enlace 203-a en la figura 3), el dispositivo implementa las etapas 204 y 205 para elaborar y después transmitir, a través de los primeros medios de comunicación 13, un mensaje MAA de acuse de recibo del mensaje MAS, al igual que un mensaje MAA elaborado y después emitido en respuesta a la recepción de un mensaje de solicitud de afiliación MAR al que el dispositivo responde favorablemente. En caso contrario (situación ilustrada por el enlace 203-b en la figura 3), el dispositivo permanece en silencio en 207. El procesamiento 200 se interrumpe.

Por parte del dispositivo afiliado se puede fijar o determinar un tiempo de espera máximo en la etapa 126 de dicho mensaje MAA, de modo que, al final de un tiempo dado, el dispositivo afiliado considere (situación simbolizada por el enlace con la referencia 126-n en la figura 3) que ya no está afiliado al clúster. Por lo tanto, el procesamiento 120 se interrumpe en la etapa 129. El dispositivo vuelve a ser un nodo libre. Dicha etapa 129 puede consistir, en particular, en borrar el registro RH. También puede consistir en poner el dispositivo en modo inactivo o en espera durante un período de tiempo determinado según una técnica WOR, por ejemplo.

La invención prevé, alternativa o adicionalmente, que un dispositivo electrónico de comunicación pueda elaborar y después emitir un mensaje de pérdida de afiliación MAAR en lugar de un "silencio" o de una no emisión de un mensaje MAA, en respuesta a la recepción de un mensaje MAS de verificación de afiliación cuando el destinatario de dicho mensaje MAS ya no es miembro de un clúster. Para ello, un dispositivo de este tipo puede, en la etapa 207, elaborar un mensaje de pérdida de afiliación MAAR y activar la transmisión por los primeros medios de comunicación.

Dicha elaboración de mensaje MAAR puede consistir en codificar:

- el valor del identificador IDa como valor de identificador de dispositivo destinatario del mensaje MAAR;
- el valor del identificador IDm del dispositivo como valor identificador del dispositivo del que procede dicho mensaje MAAR.

Un mensaje de este tipo puede incluir, al igual que los otros mensajes MAR, MAA, MAS o MS, una información adicional que caracteriza dicho mensaje.

De acuerdo con esta variante, cuando durante la etapa 126 se recibe un mensaje MAAR y después se descodifica, certificando que el valor del identificador del dispositivo destinatario es igual al valor del identificador IDa del dispositivo del que procede el mensaje MAS, y que el valor del identificador del que procede dicho mensaje MAAR corresponde al valor del identificador de dispositivo destinatario del mensaje MAS, el procesamiento 120 finaliza en 129, tal como se ha descrito anteriormente. El dispositivo previamente afiliado vuelve a ser un nodo libre.

Cuando durante la etapa 126 los primeros medios de comunicación 13 reciben un mensaje MAA de acuse de recibo del mensaje MAS, dicho mensaje MAA se descodifica para deducir a partir del mismo en particular el contenido de los campos MAA-1, MAA-2 y MAA-3 y, por lo tanto, para conocer el valor del identificador IDm del dispositivo del que procede el mensaje MAA, el valor del identificador IDa del nodo afiliado y el valor del identificador IDhc del nodo *head* del clúster. Por lo tanto, la etapa 126 permite verificar (situación simbolizada por el enlace con la referencia 126-y en la figura 3) que el nodo afiliado es efectivamente el destinatario del mensaje MAA, que este último ha sido emitido por el nodo miembro que ha respondido favorablemente a la solicitud de afiliación y que el clúster sigue estando vinculado al mismo *head*. Además, la etapa 126 puede deducir a partir del mensaje MAA el valor de una capacidad, por ejemplo codificada en el campo MAA-5 o MAA-6, del *head* para asegurar un servicio particular. Por lo tanto, la invención prevé un modo de realización en el que el nodo afiliado puede confirmar o negar que dicha capacidad sea suficiente de acuerdo con criterios previamente establecidos. La etapa 126 puede consistir además en la actualización del registro RH en la memoria de datos 12 para actualizar el valor actual CHc de dicha capacidad. En caso negativo se implementa la etapa 129, y el nodo afiliado finaliza por sí mismo la afiliación. Si el mensaje MAA corresponde efectivamente a las expectativas del nodo afiliado, confirmando así la continuidad de la afiliación, se implementa la etapa 123, que activa la emisión del mensaje de servicio MS.

Anteriormente hemos visto, en relación con el procesamiento 210, que la invención prevé que la potencia de emisión de un mensaje de solicitud de afiliación MAR puede ser progresiva. Ventajosamente, lo mismo es aplicable a la transmisión de un mensaje MAS. Por lo tanto, el objetivo buscado por este modo de realización consiste en preservar los recursos energéticos de los medios 17 del dispositivo afiliado. Para implementar dicha progresividad, la unidad de procesamiento puede fijar en primer lugar la potencia de emisión de un mensaje MAS para transmitir, con corto alcance, dicho mensaje MAS. Por lo tanto, una primera iteración de la etapa 125 consiste en fijar la potencia de emisión en un valor mínimo  $P_{\min}$ . Al final del tiempo máximo de espera previsto en la etapa 126, si no se ha recibido ningún mensaje MAS (situación simbolizada por el enlace con la referencia 126-n en la figura 3), la etapa 129 no se implementa automáticamente como en el modo de realización anterior. En lugar de ello, el procesamiento 120 consiste en activar una nueva iteración de la etapa 125 y, por lo tanto, emitir de nuevo el mensaje MAS con una potencia de emisión aumentada  $P_{\min+}$ . Este aumento es llevado a cabo por la unidad de procesamiento que implementa el procesamiento 120 en una etapa 127, por ejemplo de acuerdo con un factor multiplicativo dado o un paso incremental determinado aplicado a la potencia mínima  $P_{\min}$ . Si al final de la duración máxima prevista en la etapa 126 no se ha recibido ningún mensaje MAA (situación simbolizada por el enlace con la referencia 126-n en la figura 3), el procesamiento 120 puede activar una nueva iteración de la etapa 125. Por lo tanto, una o más iteraciones de las etapas 127 y 125 se pueden suceder entre sí siempre y cuando no se reciba ningún mensaje MAS y la potencia  $P_{\min+}$  permanezca por debajo de una potencia emisión máxima de  $P_{\max}$  de un mensaje MAS (situación simbolizada por el enlace con la referencia 128-n en la figura 3). Dichas iteraciones cesan tan pronto como en 128 se alcanza la potencia de emisión máxima de un mensaje MAS (situación simbolizada por el enlace con la referencia 128-y en la figura 3). En este caso, el procesamiento 120 se interrumpe en 129.

La invención prevé además que el tiempo máximo de espera previsto en la etapa 126 también pueda ser progresivo y revisado en cada iteración en la etapa 127.

Por otra parte, para preservar los recursos energéticos, tales como los medios 17 descritos en relación con la figura 2, de los nodos de una red de acuerdo con la invención, ésta prevé que las retransmisiones o primeras emisiones de mensajes, en particular de solicitud de afiliación MAR, de verificación de afiliación MAS, de acuse de recibo MAA de los mensajes anteriores o incluso de mensajes de servicio MS, puedan estar supeditadas dentro de un dispositivo electrónico de comunicación, que actúa como nodo miembro, afiliado o libre de dicha red, a uno o más umbrales mínimos (por ejemplo, dependiendo del tipo de mensaje, o incluso dependiendo de si dicho mensaje se retransmite o si se emite por primera vez) en relación con la capacidad restante de energía eléctrica de los medios 17 de dicho dispositivo electrónico de comunicación. Por lo tanto, en relación con la figura 3, la invención prevé que las etapas para emitir un mensaje, es decir, de forma no limitativa las etapas 212, 125, 123, 205 o 208, incluyan cada una, o en parte, una etapa previa consistente en probar la capacidad energética restante con respecto al umbral mínimo en cuestión. Si dicha capacidad restante es mayor que dicho umbral, se activa la emisión del mensaje. En caso contrario, el dispositivo que implementa un proceso de afiliación de acuerdo con la invención permanece en silencio. Una variante de realización de este tipo permite, por ejemplo, dar prioridad a la transmisión de mensajes de servicio MS con respecto a los mensajes de administración MAR, MAS, MAA, de la red.

De acuerdo con un segundo modo de realización preferente, la invención prevé que un miembro pueda, previamente al envío de un mensaje de servicio (MS) o más generalmente un mensaje retransmitido, al igual que un nodo afiliado, elaborar un mensaje MAS de verificación, ya no de la persistencia de su afiliación, sino de la persistencia de su adhesión al clúster, con destino a la cabeza de clúster o *head*. Dicho mensaje MAS incluye un primer campo MAS-1 que codifica el identificador del *head* y un campo MAS-2 que codifica el identificador del nodo miembro del que procede dicho mensaje MAS. El *head* puede, del mismo modo que un nodo miembro que ha respondido favorablemente a una solicitud de adhesión, emitir un mensaje MAA que acusa recibo del mensaje de verificación MAS y certifica el mantenimiento de su función de *head*. Un mensaje MAA de este tipo puede incluir además campos MAA-6, MAA-7, por ejemplo para actualizar los valores de capacidades actuales CHc1, CHc2, de dicho *head* para asegurar tal o cual servicio. El mismo incluye un campo MAA-1 que codifica el identificador del *head* fuente de dicho mensaje y un campo MAA-2 que codifica el identificador del nodo destinatario del mensaje. De acuerdo con este segundo modo de realización preferente, la etapa 124 para disociar un nodo miembro de un nodo afiliado ya no se puede implementar. En efecto, cualquier nodo miembro o afiliado verifica la persistencia de la pertenencia a un clúster antes de emitir un mensaje, en particular con destino a la cabeza de dicho clúster, enviando un mensaje de verificación de pertenencia al clúster MAS y recibiendo un mensaje MAA que acusa recibo de dicho mensaje de verificación de pertenencia al clúster y certifica la pertenencia al clúster, emitido en respuesta a la recepción del mensaje MAS por el destinatario de dicho mensaje.

Al igual que un nodo afiliado, cualquier nodo miembro o afiliado puede recibir un mensaje de pérdida de pertenencia al clúster a imagen y semejanza de un mensaje MAAR de pérdida de afiliación, elaborado y emitido por un dispositivo electrónico de comunicación, en lugar de un "silencio" o de una no emisión de un mensaje MAA, en respuesta a la recepción de un mensaje MAS de verificación de pertenencia al clúster cuando el destinatario de dicho mensaje MAS ya no pertenece al clúster.

Alternativa o adicionalmente, la invención prevé que una vez que un nodo miembro haya respondido favorablemente a una solicitud de afiliación, el nodo afiliado se pueda comportar ventajosamente de manera similar o análoga a un nodo miembro que se ha unido al clúster después de un mensaje de inscripción MH. De este modo, el nodo afiliado

puede recibir mensajes de solicitud de afiliación MAR y responder ventajosamente a una solicitud de afiliación elaborando y emitiendo un mensaje MAA de acuse de recibo de dicho mensaje de solicitud de afiliación MAR.

5 Alternativamente, la invención prevé que un nodo afiliado no pueda responder directamente de forma favorable a una solicitud de afiliación, sino que actúe como retransmisor de dicha solicitud con el fin de que un miembro de un clúster pueda acceder a la solicitud de afiliación. El nodo afiliado también puede retransmitir la respuesta de un miembro de un clúster a la solicitud de afiliación hacia el nodo fuente de la solicitud de afiliación.

10 Sea cual sea la configuración de un proceso P100 de adhesión a un clúster, siendo dicho proceso conforme a la invención, un modo de adaptación preferente de un dispositivo electrónico de comunicación, tal como el descrito en relación con la figura 2, consiste en registrar o descargar en la memoria de programas 14 un programa informático P que incluye una pluralidad de instrucciones de programa que, cuando son ejecutadas o interpretadas por la unidad de procesamiento de dicho dispositivo, provocan la implementación de dicho proceso P100.

15 La invención se ha descrito por medio de un ejemplo de una aplicación preferente en relación con el seguimiento de contenedores de productos, de mercancías sólidas, fluidas o líquidas, cooperando dichos contenedores respectivamente con dispositivos electrónicos de comunicación, como el dispositivo 10 de acuerdo con la figura 2, que implementan un proceso de afiliación, tal como el proceso P100 ilustrado en la figura 3, incluyendo cada uno de dichos dispositivos un sensor que coopera con una unidad de procesamiento para medir y recopilar una magnitud en relación con los entornos interno y/o externo de dichos contenedores.

20 Dichos dispositivos se podrían aprovechar para cualquier otra aplicación diferente de la prevista para emitir datos recopilados a través de una conexión de larga distancia. También podrían, alternativa o adicionalmente, asegurar uno o más servicios adicionales. Para ello, como hemos mencionado anteriormente, la memoria de datos 12 de cada dispositivo puede incluir no solo un registro RH dedicado a un servicio determinado S, sino una pluralidad de registros RHn que forman una tabla, estando dedicado cada registro a un servicio particular Sn. De acuerdo con esta variante, los mensajes de solicitud de afiliación MAR o de servicio MS incluirían información que permitiría identificar el servicio Sn determinado y referido a cada uno de dichos mensajes. Para ello, las etapas 211, 123a de un proceso de afiliación P100 de acuerdo con la invención serían particularmente adecuadas para codificar dicha información que permitiría identificar el servicio Sn.

30 Por otra parte, la invención prevé que un dispositivo de comunicación, al recibir una solicitud de afiliación por medio de un mensaje MAR, pueda estar afiliado a una pluralidad de clústeres para un mismo servicio. Por lo tanto, una pluralidad de registros RHm forma una tabla, estando dedicado cada registro a un *head* particular. De acuerdo con esta variante, un dispositivo con esta afiliación múltiple puede elegir emitir un mensaje de servicio MS a uno de dichos *heads*. Dicha elección se puede basar en las capacidades respectivas de los *heads* para asegurar el servicio, o incluso, de forma no limitativa, en las distancias respectivas de dichos *heads* en número de saltos. Para implementar una afiliación múltiple de este tipo, la etapa 123a para elaborar un mensaje de servicio puede codificar ventajosamente el valor del identificador del *head* con la mejor capacidad o el más cercano al dispositivo como valor de identificador del destinatario de dicho mensaje de servicio. Los valores respectivos de las capacidades de dichos *heads* se pueden actualizar, por ejemplo, de acuerdo con los mensajes MAA recibidos y descodificados en la etapa 126 del procesamiento 120, tal como se ha descrito en relación con la figura 3. De este modo, el dispositivo afiliado puede arbitrar entre los clústeres a los que está afiliado según diferentes criterios, tales como, a modo de ejemplos no limitativos, la capacidad del *head*, la distancia en número de saltos de dicho *head*, etc.

40 Por otra parte, la invención se refiere a cualquier sistema que incluya una pluralidad de dispositivos electrónicos de comunicación de acuerdo con la invención. Más particularmente, la invención se refiere a cualquier sistema de trazabilidad de contenedores en un área de almacenamiento o una plataforma de transporte, incluyendo dicho sistema además una entidad remota para recopilar y aprovechar mensajes MC emitidos desde uno o más de dichos dispositivos cuando actúan como cabeza de clúster. Dicho sistema presenta características, en términos de autonomía energética, robustez y adaptabilidad a las condiciones de operación, sin igual y sin comparación posible con las que confieren las soluciones conocidas, tales como, a modo de ejemplo, el proceso LEACH. En efecto, gracias a la invención, la operación de las cabezas de clúster, desde sus elecciones hasta la realización de la o las acciones afectadas por un servicio determinado, es óptima, evitando cualquier comunicación superflua o ineficaz dentro de la red o con destino a entidades terceras.

50

**REIVINDICACIONES**

1. Proceso (P100) implementado por una unidad de procesamiento (11) de un primer dispositivo electrónico de comunicación (10) que incluye además una memoria de datos (12), primeros medios de comunicación (13) que aseguran una comunicación de proximidad inalámbrica con cualquier otro dispositivo electrónico de comunicación (10i) situado dentro del alcance de comunicación dentro de un clúster (C1, C2) que comprende una pluralidad de dispositivos electrónicos de comunicación (10, 10i, a1, ..., a8, b1, ..., b8, j1, ..., j5), cooperando dicha memoria (12) y dichos medios de comunicación (13) con dicha unidad de procesamiento (11), almacenando la memoria de datos (12) el valor de un identificador (ID, IDm, IDa) dedicado al primer dispositivo electrónico de comunicación (10) y un registro (RH) dispuesto para incluir el valor actual (IDHc) de un identificador (IDH) de un dispositivo electrónico de comunicación (d2, h3) que actúa como cabeza de clúster (C1, C2), incluyendo dicho proceso (P100) una etapa (123) para emitir un mensaje de servicio (MS) con destino al dispositivo que actúa como cabeza de clúster, y estando el mismo **caracterizado por que** incluye:
- una etapa (125) previa a la emisión (123) del mensaje de servicio (MS) para elaborar y emitir, mediante los primeros medios de comunicación (13), un mensaje (MAS) de verificación de pertenencia al clúster, codificando dicho mensaje:
    - i. el valor (MAS-1) del identificador de un segundo dispositivo electrónico de comunicación como identificador del dispositivo electrónico de comunicación destinatario de dicho mensaje (MAS) de verificación de pertenencia al clúster;
    - ii. el valor (MAS-2) del identificador del primer dispositivo como identificador del dispositivo electrónico de comunicación del que procede dicho mensaje (MAS) de verificación de pertenencia a dicho clúster;
  - una etapa (126), implementada si y solo si se recibe un mensaje (MAA) de acuse de recibo de dicho mensaje de verificación de pertenencia al clúster antes del vencimiento de un período de espera máximo determinado a partir de la emisión del mensaje (MAS) de verificación de pertenencia al clúster, para descodificar dicho mensaje (MAA) de acuse de recibo y para deducir a partir del mismo:
    - i. el valor (MAA-2) del identificador del dispositivo destinatario de dicho mensaje (MAA) de acuse de recibo del mensaje (MAS) de verificación de pertenencia al clúster;
    - ii. el valor (MAA-1) del identificador del dispositivo del que procede dicho mensaje (MAA) de acuse de recibo del mensaje (MAS) de verificación de pertenencia al clúster;
- implementándose la etapa (123) para emitir un mensaje de servicio (MS) únicamente si (126-y):
- el valor deducido (MAA-2) del identificador del dispositivo destinatario del mensaje (MAA) de acuse de recibo del mensaje (MAS) de verificación de pertenencia al clúster es igual al valor del identificador del primer dispositivo electrónico de comunicación;
  - el valor deducido (MAA-1) del identificador del dispositivo del que procede dicho mensaje (MAA) de acuse de recibo del mensaje (MAS) de verificación de pertenencia al clúster es igual al valor del identificador del segundo dispositivo electrónico de comunicación.
2. Proceso según la reivindicación precedente, en el que la etapa previa a la emisión del mensaje de servicio (MS) para elaborar y emitir, mediante los primeros medios de comunicación (13), un mensaje (MAS) de verificación de pertenencia al clúster solo se implementa (124-y) si una etapa de prueba (124) certifica que el dispositivo está afiliado al clúster (C1, C2).
3. Proceso (P100) según una de las reivindicaciones precedentes, que incluye:
- una etapa (201) para recibir un mensaje de solicitud de afiliación (MAR) elaborado y emitido por un tercer dispositivo electrónico de comunicación (c5, i5) que solicita una afiliación a un clúster (C1, C2), incluyendo dicho mensaje de solicitud de afiliación (MAR) el valor del identificador (IDa) de dicho tercer dispositivo (c5, i5) que solicita una afiliación;
  - una etapa (202) para descodificar dicho mensaje de solicitud de afiliación (MAR) y para deducir a partir del mismo el valor de dicho identificador (IDa) de dicho tercer dispositivo que solicita una afiliación;
  - una etapa (204) para elaborar un mensaje (MAA) de acuse de recibo de la solicitud de afiliación que consiste en codificar (MAA-1, MAA-2, MAA-3) dentro de dicho mensaje (MAA):

- i. el valor del identificador (ID) del primer dispositivo como identificador del dispositivo del que procede dicho mensaje (MAA) de acuse de recibo de la solicitud de afiliación,
- ii. el valor del identificador (IDa) del tercer dispositivo que solicita una afiliación como identificador del dispositivo destinatario de dicho mensaje (MAA) de acuse de recibo de la solicitud de afiliación,
- iii. el valor actual (IDHc) del identificador (IDH) de un cuarto dispositivo electrónico de comunicación que actúa como cabeza de clúster, leyéndose dicho valor (IDHc) en el registro (RH),
- una etapa (205) para activar la emisión por los primeros medios de comunicación (13) del mensaje (MAA) de acuse de recibo de la solicitud de afiliación.
4. Proceso (P100) según la reivindicación precedente, en el que la etapa (204) para elaborar un mensaje (MAA) de acuse de recibo de la solicitud de afiliación consiste además en codificar (MAA-6, MAA-7) un valor (CHc1, CHc2) que describe una capacidad (CH1, CH2) del cuarto dispositivo electrónico de comunicación (d2, h3) que actúa como cabeza de clúster (C1, C2) para asegurar un servicio, registrándose dicho valor en el registro (RH) que almacena además el valor actual (IDHc) del identificador (IDH) de dicho cuarto dispositivo electrónico de comunicación (d2, h3) que actúa como cabeza de clúster (C1, C2).
5. Proceso (P100) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa (205) para activar la emisión, mediante los primeros medios de comunicación (13), del mensaje (MAA) de acuse de recibo de la solicitud de afiliación solo se lleva a cabo si (203-a) la memoria de datos (12) almacena un registro (RH) que incluye un valor actual (IDHc) de un identificador (IDH) de un dispositivo electrónico de comunicación (d2, h3) que actúa como cabeza de clúster (C1, C2).
6. Proceso (P100) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que incluye:
- una etapa para elaborar (211) un mensaje de solicitud de afiliación (MAR) que consiste en codificar (MAR-1) el valor del identificador (ID, IDa) del primer dispositivo (c5, i5) como identificador de un dispositivo que solicita una afiliación a un clúster;
- una etapa (212) para activar la emisión por los primeros medios de comunicación (13) de dicho mensaje de solicitud de afiliación (MAR);
- una etapa (213) para la recepción por los medios de comunicación (13) de un mensaje (MAA), elaborado y emitido por un quinto dispositivo (10i), que acusa recibo del mensaje de solicitud de afiliación (MAR);
- una etapa (214), implementada si y solo si (213, 213-y) dicho mensaje (MAA) de acuse de recibo del mensaje de solicitud de afiliación (MAR) se recibe antes del vencimiento de un período de espera máximo determinado a partir de la emisión de dicho mensaje de solicitud de afiliación (MAR), para descodificar dicho mensaje (MAA) de acuse de recibo del mensaje de solicitud de afiliación y para deducir a partir del mismo:
- i. el valor del identificador (MAA-2, IDa) del dispositivo destinatario de dicho mensaje (MAA) de acuse de recibo de una solicitud de afiliación;
- ii. el valor del identificador (MAA-3, IDH) de un sexto dispositivo electrónico de comunicación que actúa como cabeza de clúster al que pertenece el quinto dispositivo del que procede dicho mensaje (MAA) de acuse de recibo de una solicitud de afiliación;
- una etapa (215), implementada si y solo si dicho valor deducido (MAA-2) del identificador del dispositivo destinatario es igual al valor del identificador (ID) del primer dispositivo que solicita una afiliación, para inscribir en el registro (RH) el valor deducido del identificador (IDH) del sexto dispositivo electrónico de comunicación que actúa como cabeza de clúster, como valor actual (IDHc) de identificador de dispositivo que actúa como cabeza de clúster.
7. Proceso (P100) según la reivindicación precedente, en el que:
- la etapa (214) para descodificar el mensaje (MAA) de acuse de recibo del mensaje de solicitud de afiliación consiste además en deducir (MAA-1) a partir de dicho mensaje (MAA) el valor del identificador (IDm) del quinto dispositivo electrónico de comunicación del que procede dicho mensaje (MAA);
- la etapa (215) para actualizar el registro (RH) consiste además en registrar en el mismo dicho valor de identificador deducido como identificador de un dispositivo electrónico de comunicación en una ruta ascendente (Ru) que separa entre sí el primer dispositivo electrónico de comunicación

que solicita una afiliación y el sexto dispositivo electrónico de comunicación que actúa como cabeza de clúster.

- 5           **8.**       Proceso (P100) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que incluye una etapa previa a la etapa para emitir un mensaje de servicio (MS) con destino a un dispositivo que actúa como cabeza de clúster con el fin de elaborar (123a) y activar (123), mediante los primeros medios de comunicación (13), la emisión del mensaje de servicio (MS) con destino al dispositivo electrónico de comunicación cuyo valor de identificador (IDH) está almacenado en memoria, como valor actual (IDH) de identificador del dispositivo electrónico de comunicación que actúa como cabeza de clúster, mediante el registro (RH).
- 10           **9.**       Programa informático (P) que incluye una pluralidad de instrucciones de programa que, cuando éstas están:
- 15                       - previamente registradas en una memoria de programas (14) de un dispositivo electrónico (10), que además incluye una unidad de procesamiento (11), asegurando los primeros medios de comunicación (13) una comunicación de proximidad inalámbrica con cualquier otro dispositivo electrónico (10i) situado dentro del alcance de comunicación, registrando una memoria de datos (12) el valor de un identificador (ID) dedicado al dispositivo y un registro (RH) para incluir el valor actual de un identificador de un dispositivo que actúa como cabeza de clúster, cooperando dichas memorias (12, 14) y dichos primeros medios de comunicación (13) con dicha unidad de procesamiento (11);
- ejecutadas o interpretadas por dicha unidad de procesamiento (11),
- 20           provoca la implementación de un proceso de afiliación (P100) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
- 25           **10.**      Dispositivo electrónico (10) que incluye una unidad de procesamiento (11), una memoria de datos (12), una memoria de programas (14), primeros medios de comunicación (13) que aseguran una comunicación de proximidad inalámbrica con cualquier otro dispositivo electrónico (10i) situado dentro del alcance de comunicación, cooperando dichas memorias (12, 14) y primeros medios de comunicación (13) con dicha unidad de procesamiento (11), incluyendo la memoria de datos (12) el valor de un identificador (ID) dedicado al dispositivo y un registro (RH) para incluir el valor actual de un identificador de un dispositivo que actúa como cabeza de clúster, estando dicho dispositivo (10) **caracterizado por que** incluye en la memoria de programas (14) las instrucciones de un programa (P) según la reivindicación precedente.
- 30           **11.**      Sistema que incluye una pluralidad de dispositivos electrónicos de comunicación (10, 10i) según la reivindicación precedente.
- 35           **12.**      Sistema según la reivindicación precedente, que incluye una pluralidad de contenedores de productos, de mercancías sólidas, fluidas o líquidas, cooperando dichos contenedores respectivamente con los dispositivos electrónicos de comunicación (10, 10i), incluyendo cada uno de esos últimos un sensor (15) que coopera con la unidad de procesamiento (11) para medir y recopilar una magnitud relacionada con los entornos interno y/o externo de dichos contenedores.



