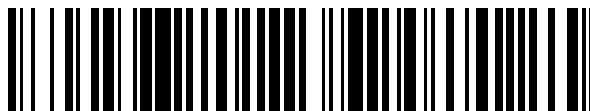


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 553 783**

21 Número de solicitud: 201530039

51 Int. Cl.:

H04W 48/18 (2009.01)

H04W 24/02 (2009.01)

H04W 40/12 (2009.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

15.01.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

11.12.2015

71 Solicitantes:

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
(50.0%)**

**Ctro. de Apoyo a la Innovación, la Investigación y
la Transferencia de Tecnología, CTT, Edif. 6G,
Camino de Vera s/n
46022 Valencia ES y
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INFORMÁTICA
(50.0%)**

72 Inventor/es:

**SEMPERE PAYÁ, Víctor Miguel y
SANTONJA CLIMENT, Salvador**

74 Agente/Representante:

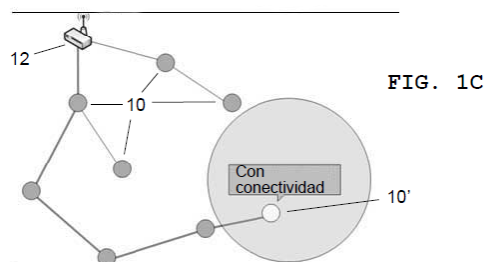
MALDONADO JORDAN, Julia

54 Título: **Método de despliegue rápido de nodos en una red y nodo para poner en práctica dicho método**

57 Resumen:

La presente invención describe un método de despliegue rápido de nodos en una red así como un nodo para poner en práctica dicho método. La red comprende una pluralidad de nodos para cubrir una zona de la que van a tomarse medidas mediante dichos nodos, y una pasarela que sirve de conexión entre los nodos y el exterior. El método comprende las etapas de:

- colocar un nodo en una posición inicial de la zona;
- realizar una prueba de conectividad para determinar si existe conectividad inalámbrica entre el nodo y la pasarela, de manera directa o a través de nodos intermedios ya colocados;
- en caso de no detectarse conectividad, cambiar el nodo a una segunda posición y repetir la etapa b);
- repetir las etapas a) - c) con nodos nuevos hasta configurar una red que cubre toda la zona de la que van a tomarse medidas.



DESCRIPCIÓN

Método de despliegue rápido de nodos en una red y nodo para poner en práctica dicho método.

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere de manera general al campo de las redes de nodos sensores inalámbricos, y más concretamente a los métodos de despliegue rápido de nodos para constituir dichas redes de nodos sensores inalámbricos.

Antecedentes de la invención

10 Las redes de nodos sensores inalámbricos (WSN – *Wireless Sensor Networks*) son sistemas formados por multitud de nodos sensores distribuidos en una extensión geográfica y que realizan una captación distribuida de parámetros del entorno (medioambientales, físicos, gases, biológicos...) y los comunican a una unidad central mediante el uso de tecnologías inalámbricas, principalmente basadas en radiofrecuencia.

15 En el caso más genérico, una WSN está formada por nodos que disponen de uno o varios sensores. Por ejemplo, un nodo puede ser un dispositivo que mide simultáneamente valores de temperatura, humedad, iluminación e inclinación mediante 4 sensores diferentes.

Cada uno de estos nodos se comunica de forma inalámbrica con otros nodos de la red, hasta alcanzar una pasarela (*Gateway*). La pasarela es la puerta de salida de esta red de nodos sensores con otra red superior que la comunica con el exterior, generalmente una conexión a Internet.

20 Las posibilidades que ofrece el poder instalar nodos sensores en grandes cantidades de puntos que proporcionan medidas en tiempo real y a un coste mínimo abre la puerta a un gran abanico de aplicaciones para las WSN en el ámbito militar, medioambiental, seguridad ciudadana, gestión de recursos, infraestructuras, etc. (por ejemplo, monitorización de seísmos y otros desastres naturales, control estructural, gestión de incendios, etc.).

25 En la actualidad, una WSN es capaz de resolver de forma automática los problemas que surgen durante toda su vida útil (caída o entrada de nuevos nodos en la red, pérdidas de conexión, reenvío de información, actualizaciones, etc.), sin embargo la fase de despliegue de la red sigue requiriendo personal técnico con formación específica para su desarrollo.

30 Por tanto, a pesar de las ventajas que ofrecen, uno de los retos que plantea el uso de estas redes de nodos sensores inalámbricos es su dificultad de instalación en escenarios reales. El despliegue de las redes de nodos sensores es una fase esencial, y es el primer paso para poder utilizarla en cualquier tipo de aplicación. El tipo de despliegue depende de la aplicación específica, del escenario en el que se realice y de las características radioeléctricas del hardware utilizado, convirtiéndose en un proceso complejo y costoso, que requiere de personal técnico y en muchos casos de equipamiento específico. En concreto, debe realizarse:

- estudio previo del escenario, los alcances y la visibilidad radioeléctrica;
- diseño de la topología de red a utilizar;
- direccionamiento de los nodos;
- ajustes de niveles de potencia;
- 40 - asignación de roles en la gestión de la red a cada uno de los nodos;
- sincronización temporal;
- colocación de los nodos según su rol y su diseño inicial; y

- evaluación posterior del comportamiento de la red, detección de problemas y reajuste iterativo del despliegue hasta alcanzar la fiabilidad requerida.

5 Como puede apreciarse, todos estos pasos dificultan y prolongan el despliegue de la red y desincentivan por tanto su uso en aplicaciones reales, especialmente en redes que deben desplegarse continuamente (auditoría y gestión de desastres, por ejemplo), casos en los cuales este tipo de redes debería ser una ventaja frente a otras soluciones.

En la técnica se conocen algunas soluciones que intentan facilitar un despliegue rápido de una red de nodos sensores. Los tipos de soluciones conocidas pueden dividirse en los siguientes grupos:

- 10 • Localización: algoritmos que permiten que un nodo sensor conozca dónde se encuentra físicamente y quiénes son sus vecinos más cercanos, y que pueda ejecutar tareas según su ubicación.
- 15 • Marcado perimetral: algoritmos para que los nodos que se encuentren en el perímetro de la red sean conscientes de ello, y puedan realizar tareas específicas como la de detectar si algún objeto sale del área que está vigilándose.
- 20 • Autoajuste de potencias: mecanismos que permiten utilizar la mínima potencia necesaria en cada nodo para que la comunicación sea viable, minimizando el consumo y las colisiones en la red.
- Direccionamiento: algoritmos para la asignación automática de las direcciones a los nodos, evitando su introducción manual por parte de los usuarios y facilitando así en cierta medida su instalación.
- 25 • Anuncio de funciones: algoritmos para que los sensores informen de sus capacidades, de forma que la red y el servidor puedan configurarse automáticamente según las necesidades.
- Desarrollo / distribución de tareas / aplicaciones: mecanismos para la configuración automática de los nodos según las necesidades de la red, así como actualización remota de software o de parámetros necesarios para su funcionamiento.
- 30 • Sincronización temporal: algoritmos para sincronizar los relojes de los nodos de la red y utilizar una misma referencia temporal en todas las medidas.
- Herramientas de soporte al despliegue: se trata de herramientas diseñadas para ayudar en la ubicación física de los nodos sensores en una zona que va a estudiarse. Pueden ser herramientas para utilizar antes, durante o después del despliegue.

35 De manera más concreta, por ejemplo, T. Suzuki, K. Kawabata, Y. Hada e Y. Tobe ("Deployment of Wireless Sensor Network using Mobile Robots to Construct an Intelligent Environment in a Multi-Robot Sensor Network". Book Chapter "Advances in Service Robotics". Editor Ho Seok Ahn. InTech Education and Publishing, julio de 2008) dan a conocer el despliegue de robots para colocar los nodos sensores en los lugares adecuados. N. Heo, y P. K. Varshney ("Energy-Efficient Deployment of Intelligent Mobile Sensor Networks". IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans (2009). Vol.: 35, 40 págs.: 78 – 92) muestran un algoritmo teórico que habilita el movimiento automático de los nodos para mantener la conectividad de la red. Sin embargo, estas soluciones siguen resultando relativamente largas y complejas, y requieren que se pongan en práctica por personal especializado.

45 En determinados casos, las soluciones conocidas en la técnica anterior no son adecuadas ya que es necesario instalar rápidamente y de manera temporal una red WSN para

monitorizar determinados parámetros en una zona determinada (por ejemplo, en caso de alerta por inundaciones o seísmos, en caso de incendios, etc.). Además, en estos casos el personal (por ejemplo agentes de policía, bomberos, etc.) que instalará los nodos sensores que componen la red no tiene necesariamente la formación especializada necesaria.

El documento US2013/0064134 da a conocer un dispositivo de despliegue rápido en redes auto-organizadas inalámbricas en situaciones de desastres naturales tales como terremotos, inundaciones o incendios forestales. El dispositivo comprende una unidad de control que incorpora herramientas de despliegue rápido para calcular la mejor ruta desde un nodo dado hasta un nodo de referencia mediante interacción con sus nodos vecinos. También permite cuantificar la calidad de los enlaces para indicar el estado de conectividad de la red, estado que puede visualizarse mediante LED o una pantalla LCD.

Según lo divulgado en el documento US2013/0064134 el dispositivo utiliza un protocolo de carácter proactivo, es decir, su algoritmo siempre está funcionando y forma parte del propio protocolo de encaminamiento de la red. Este método involucra a todos los equipos de la red en un bucle de tráfico de control continuo, consultando constantemente la calidad entre enlaces y la disponibilidad de vecinos hasta la pasarela de la red, de forma que en todo momento todos los equipos dispongan de información sobre su calidad y su conectividad.

Desde el punto de vista de una red orientada a un despliegue rápido esta solución ofrece una serie de problemas que desincentivan su uso: el protocolo funciona continuamente, no solamente durante la fase de despliegue (que supone una fase inicial de corta duración), por lo que se genera continuamente un tráfico de control extra desaprovechado que produce un consumo energético y un número de interferencias mayores a lo deseable, así como una reducción del tiempo de vida de la red que no es satisfactorio (los nodos comienzan a apagarse antes de lo deseable, apareciendo puntos ciegos en el entorno que se está sensorizando).

Además, el valor de calidad mostrado en el dispositivo se actualiza internamente de forma periódica, por lo que durante el despliegue (en el que el usuario se desplaza de un punto a otro) no se dispone de un sistema para verificar si el valor que se muestra en pantalla es el actual, el del punto anterior o el de un punto durante el desplazamiento. Este sistema no está optimizado para el escenario propuesto de despliegue rápido, sino al uso continuado de monitorización de calidad.

Por tanto, sigue existiendo en la técnica la necesidad de una solución alternativa que permita realizar un despliegue rápido y sencillo de una red de nodos sensores inalámbricos, de forma más eficiente y sin necesidad de herramientas adicionales ni personal especializado.

Sumario de la invención

La presente invención da a conocer un método de despliegue rápido de nodos en una red, y un nodo relacionado, que solucionan los problemas anteriormente mencionados del estado de la técnica.

En concreto, según un primer aspecto de la presente invención, se da a conocer un método de despliegue rápido de nodos en una red, comprendiendo la red una pluralidad de nodos para cubrir una zona de la que van a tomarse medidas mediante dichos nodos, y una pasarela que sirve de conexión entre los nodos y el exterior. El método es de carácter reactivo (bajo demanda), y comprende concretamente las etapas de:

- a) colocar un nodo en una posición inicial de la zona;
- b) realizar una prueba de conectividad (desde el propio nodo, sin equipamiento adicional) para determinar si existe conectividad inalámbrica entre el nodo y la pasarela, de manera directa o a través de nodos intermedios ya colocados;

- c) en caso de no detectarse conectividad, cambiar el nodo a una segunda posición y repetir la etapa b);
- d) repetir las etapas a)-c) con nodos nuevos hasta configurar una red que cubre toda la zona de la que van a tomarse medidas.

5 Por tanto, el método según la presente invención puede llevarlo a cabo personal sin formación específica de manera rápida y sencilla, permitiendo un despliegue muy rápido una red completa que cubre toda la zona que se desea estudiar.

10 Según un segundo aspecto, la presente invención da a conocer un nodo de despliegue rápido en una red, comprendiendo la red (como en el caso anterior) una pluralidad de nodos para cubrir una zona de la que van a tomarse medidas mediante dichos nodos, y una pasarela que sirve de conexión entre los nodos y el exterior. El nodo comprende, de manera clásica:

- una batería;
- al menos un conector para conectar un sensor de un parámetro del entorno (por ejemplo, un sensor de temperatura, humedad, vibraciones, etc.); y
- 15 - medios de conexión inalámbrica con la pasarela, de manera directa o a través de nodos intermedios ya colocados;

Además, de manera característica, el nodo de la presente invención también comprende:

- un interruptor de prueba de conectividad;
- 20 - unos medios de prueba de conectividad activados por dicho interruptor de prueba de conectividad, dispuestos para determinar si existe conectividad entre el nodo y la pasarela; y
- unos medios de visualización de conectividad para mostrar visualmente al usuario el resultado de una prueba de conectividad.

25 Por tanto, el nodo según la presente invención puede instalarse fácilmente por personal sin formación específica, ya que tan sólo necesita pulsar el interruptor de prueba de conectividad en una posición dada y comprobar, mediante los medios de visualización de conectividad, si el nodo dispone de conectividad en dicha posición. Si los medios de visualización de conectividad informan al usuario de que el nodo no dispone de conectividad en esa posición, el usuario sólo tiene que desplazar el nodo a una nueva posición y volver a pulsar el interruptor de prueba de conectividad hasta encontrar una posición en la que el nodo disponga de conectividad con la pasarela.

Breve descripción de las figuras

35 La presente invención se entenderá mejor con referencia a los siguientes dibujos que ilustran realizaciones preferidas de la invención, proporcionadas a modo de ejemplo, y que no deben interpretarse como limitativas de la invención de ninguna manera.

Las figuras 1A, 1B y 1C son una representación esquemática de una primera realización preferida del método de despliegue rápido de nodos según la presente invención.

40 La figura 2 es una representación esquemática de otra realización preferida del método según la presente invención.

La figura 3 representa esquemáticamente la prueba de conectividad realizada según la realización preferida de la presente invención.

Las figuras 4A y 4B son una representación esquemática de aún otra realización preferida del método de despliegue rápido de nodos según la presente invención.

La figura 5 es una representación esquemática de la prueba de calidad de la conexión realizada según la realización preferida de la presente invención.

5 Las figuras 6 y 7 muestran los diagramas de bloques de la prueba de calidad de la conexión realizada en el nodo que está instalándose (figura 6) y en el resto de nodos de la red (figura 7).

La figura 8 es una vista desde arriba de un nodo según la realización preferida de la presente invención.

10 Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Tal como se usa en la presente invención, los términos “nodo” y “nodo sensor” se consideran equivalentes y se usan de manera intercambiable. Un nodo según la presente invención presenta al menos un conector para conectar un sensor de un parámetro del entorno (temperatura, humedad, etc.), y por tanto es un nodo sensor.

15 Tal como se describió anteriormente en el presente documento, la presente invención da a conocer un método de despliegue rápido de nodos en una red, comprendiendo la red una pluralidad de nodos para cubrir una zona de la que van a tomarse medidas mediante dichos nodos, y una pasarela que sirve de conexión entre los nodos y el exterior (generalmente mediante una conexión a Internet). Según la realización preferida de la presente invención, el método comprende las etapas de:

- a) colocar un nodo en una posición inicial de la zona;
- b) realizar una prueba de conectividad para determinar si existe conectividad inalámbrica entre el nodo y la pasarela, de manera directa o a través de nodos intermedios ya colocados;
- 25 c) en caso de no detectarse conectividad, cambiar el nodo a una segunda posición y repetir la etapa b);
- d) repetir las etapas a)-c) con nodos nuevos hasta configurar una red que cubre toda la zona de la que van a tomarse medidas.

30 Haciendo referencia a las figuras 1A a 1C, se describe de manera más detallada una aplicación práctica del método según la realización preferida de la presente invención. Se trata, por ejemplo, de un caso en el que debe desplegarse una red de nodos sensores para monitorizar la presencia de agua en diversos puntos de un área concreta (por ejemplo, una ciudad en caso de alerta por posibles inundaciones), y posteriormente debe recogerse la red de nodos y trasladarla a una zona costera para monitorizar humedad, temperatura y presión atmosférica y así realizar previsiones precisas sobre el temporal.

En este caso, el usuario prepara en primer lugar los nodos (10) conectando un sensor de presencia de líquidos (en este caso agua) en un puerto del nodo (10) previsto para este fin. También activa la pasarela (12) que servirá de conexión entre la red de nodos sensores inalámbricos y el exterior a través de Internet, de modo que puede transmitir los datos recopilados por cada uno de los nodos sensores (10) a un centro de control. Dicha pasarela (12) tiene capacidad de conexión a Internet mediante cualquier técnica adecuada, por ejemplo conexión móvil 3G o 4G.

45 Tras haber preparado los nodos sensores (10) e instalado la pasarela (12) en una posición adecuada en o cerca de la zona que va a estudiarse, el usuario comienza a realizar el método de despliegue rápido propiamente dicho según la realización preferida de la presente

invención. Para ello, el usuario toma el primer nodo (10) y se traslada a una posición dentro de la zona a estudiar. A continuación realiza una prueba de conectividad para determinar si existe conectividad inalámbrica entre el nodo (10) y la pasarela (12), y en caso afirmativo deposita el nodo (10) en esa posición y vuelve a repetir las etapas del método con otro nodo (10). En caso de no detectar conectividad entre el nodo (10) y la pasarela (12), el usuario se traslada a otra posición más próxima de la pasarela (12) y vuelve a repetir la prueba de conectividad hasta encontrar una posición en la que consigue dicha conectividad para poder depositar el nodo (10).

En la figura 1A se observa una situación en la que ya se ha instalado una pluralidad de nodos (10). La zona rodeada con un círculo indica un área en la que se desea instalar el siguiente nodo (10') de la red. En la figura 1B se muestra que, al instalar el usuario el nodo (10') en el centro de dicho círculo y realizar la prueba de conectividad, obtiene un resultado negativo que indica que el nodo (10') está demasiado alejado de su nodo (10) más cercano y por tanto no dispone de conectividad con la pasarela (12). El usuario debe por tanto recoger dicho nodo (10') y trasladarlo a otra posición más cercana del resto de nodos (10) de la red. Esta situación se muestra en la figura 1C, en la que se ha desplazado el nodo (10') de modo que ahora éste ya se encuentra lo bastante cerca de su nodo (10) más próximo como para tener conectividad con la pasarela (12) y poder por tanto enviar las medidas que tome del entorno al centro de control.

La situación de las figuras 1A a 1C se aplica evidentemente al caso en el que se desea establecer una red de nodos sensores que cubra una zona determinada, sin importar la posición exacta en la que se instala cada uno de los nodos (10) individuales. En el caso de la figura 2, el usuario necesita colocar el nodo (10') en el centro del círculo anteriormente mencionado pero, como ya se indicó, en esa posición concreta el nodo (10') no dispone de conectividad. En este caso, el usuario realiza el método tal como se describió anteriormente y termina ubicando el nodo (10') en una posición en la que dispone de conectividad con la pasarela (12), tal como se muestra en la figura 2. A continuación, repite las etapas del método con un segundo nodo (10'') de la siguiente manera:

- a') colocar un segundo nodo (10'') en la misma posición inicial en la que se intentó colocar el nodo inicial (10') en la etapa a) de la iteración anterior del método (figuras 1A-1C);
- b') realizar una prueba de conectividad para determinar si existe conectividad inalámbrica entre el segundo nodo (10'') y la pasarela (12), a través al menos del nodo inicial (10') colocado anteriormente;
- c') en caso de no detectarse conectividad (no es el caso mostrado en la figura 2), cambiar el segundo nodo (10'') de posición y repetir la etapa b');
- d') en caso de haber realizado la etapa c') (es decir, si debe colocarse el nodo (10'') en una posición que no es la deseada), repetir las etapas a')-c') hasta colocar un nodo en la posición inicial deseada.

Tal como puede apreciarse en la figura 2, se ha logrado instalar un nodo (10'') en la posición deseada mediante la instalación previa del primer nodo (10') en una posición intermedia, de modo que el nodo (10') actúa de repetidor proporcionando conectividad entre el nodo adicional (10'') y la pasarela (12).

Por tanto, tal como puede apreciarse, el método de la realización preferida de la presente invención permite desplegar rápidamente una red de nodos sensores inalámbricos y puede realizarse de manera sencilla por personal sin ningún tipo de formación específica. Esto resulta especialmente útil en casos en los que se requiere desplegar rápidamente una red de nodos temporal, por ejemplo en casos de alerta por inundaciones, sismos, incendios, en

situaciones de rescate, etc. Sin embargo, también resulta útil en cualquier caso en el que se desee instalar dicho tipo de redes de nodos sensores en aplicaciones a largo plazo, por ejemplo control estructural, aplicaciones en SmartCities, fábricas, etc.

Según la realización preferida de la presente invención, la prueba de conectividad anteriormente mencionada consiste en medir el valor de retardo en el tiempo transcurrido entre el envío de un paquete desde el nodo (0) que está instalándose y su recepción en la pasarela (GW), lo cual se representa en la figura 3. En esta figura se han usado las referencias numéricas 0, 1 y 2 para referirse a los nodos que forman la conexión con la pasarela (siendo el nodo 0 el más alejado y el nodo 2 el más próximo a la pasarela), así como la abreviatura GW para hacer referencia a la pasarela (*Gateway*). El tiempo de retardo (RTT, "*Round-Trip Time*") se calcula extremo a extremo, midiendo el tiempo transcurrido entre el envío de un paquete desde el origen (nodo (0)) y su recepción en el destino (pasarela (GW)). La prueba de conectividad evalúa el retardo del camino en un sentido.

Tal como se muestra esquemáticamente en la figura 3, el nodo (0) envía un mensaje de tipo "ConnREQ" (solicitud de conectividad) que se transmitirá a través de los nodos (1, 2) intermedios de la red de nodos sensores hasta llegar a la pasarela (GW) sin tiempos ni procesados adicionales en cada salto de la ruta establecida en ese momento. En el momento del envío el nodo (0) activa un temporizador que finalizará al recibir la respuesta de la pasarela (GW) (mensaje de tipo "ConnREP" (respuesta de conectividad)). Este valor contiene el tiempo de ida y vuelta (RTT), o de forma equivalente, dos iteraciones del retardo en un sentido. El retardo (tiempo transcurrido entre el envío del paquete desde el nodo (0) y su recepción en la pasarela (GW)) se calcula como la mitad del tiempo de ida y vuelta.

Haciendo ahora referencia a las figuras 4A y 4B, se describe una realización preferida adicional de la presente invención en la que, además de la prueba de conectividad anteriormente mencionada, se pone en práctica una prueba de calidad de la conexión. Es decir, en este caso el método comprende, tras detectar que existe conectividad en un nodo (10') instalado, la etapa de realizar una prueba de calidad de la conexión entre el nodo (10') y la pasarela (12).

En la figura 4A se muestra el nodo (10') instalado en una posición dada. En este caso, el usuario comprueba, mediante la realización de la prueba de calidad de la conexión, que aunque el nodo (10') sí tiene conectividad con la pasarela (12), la calidad de la misma es muy baja (3/10). En este ejemplo concreto, la baja calidad de la conexión se debe al elevado número de saltos (nodos (10) intermedios) entre el nodo (10') y la pasarela (12). Por tanto, el usuario decide cambiar la posición del nodo (10') (figura 4B) y volver a realizar las pruebas de conectividad y de calidad de la conexión. Aquí puede comprobarse que la calidad de la conexión en la nueva posición es mucho mayor que en el caso anterior (8/10). Por tanto, el método según la presente invención permite a un usuario sin formación especializada determinar la posición óptima para la instalación de un nodo (10') dentro de una red de nodos sensores. Por ejemplo, el usuario puede determinar un valor umbral deseado para la calidad de la conexión (por ejemplo, una calidad de la conexión de 5/10) y, si la calidad de la conexión determinada en una posición dada no supera dicho umbral dado, cambiar la posición del nodo que está instalándose.

Según la realización preferida de la presente invención, la etapa de realizar la prueba de calidad de la conexión consiste en determinar al menos un valor seleccionado del grupo constituido por el indicador de calidad de enlace, las transmisiones estimadas y el número de vecinos.

LQI (indicador de calidad de enlace, "*Link Quality Indicator*"): se basa en el nivel de potencia de señal recibida (RSSI) y en los errores recibidos. De acuerdo con la especificación IEEE 802.15.4 (sección 6.7.8) el valor máximo y mínimo del *LQI* (0x00 y 0xFF) deben ir

asociados con el rango de señal detectable por el receptor, y los valores LQI deben distribuirse uniformemente entre estos dos límites. Cuanto mayor es el valor del LQI, mejor es la calidad de la conexión.

ETX (transmisiones estimadas, "*Estimated transmissions*"): se trata de una métrica utilizada para indicar la calidad del enlace en términos de fiabilidad o pérdidas, ya que informa sobre el número de retransmisiones necesarias para recibir un paquete con éxito. De esta forma, el ETX óptimo es igual a 1 (sólo es necesario enviar el paquete una vez), y su valor se incrementa monotónicamente. Esta métrica depende de la plataforma escogida, ya que existen algunos protocolos de encaminamiento como RPL (protocolo de encaminamiento para redes con pérdidas y baja potencia, definido en la *RFC 6550* del IETF) que lo pueden calcular para cada enlace durante la formación de la red y por tanto puede accederse a dicho valor directamente durante las pruebas.

Número de vecinos: el número de nodos vecinos que tiene un nodo dado en su rango de alcance puede representar una ventaja a la hora de decidir la calidad de la conexión. Una mayor cantidad de vecinos se traduce en un mayor número de rutas alternativas ante caídas de rutas (caída de nodos por falta de batería, interferencias externas, etc.). Esto implica un aumento de robustez en la red mallada, elevando la densidad del mallado.

Haciendo referencia a la figura 5, se resume el funcionamiento del intercambio de tramas de control de un nodo a otro para realizar la prueba de calidad de la conexión. Como en el caso de la figura 3 descrita anteriormente, se han usado las referencias numéricas 0, 1 y 2 para referirse a los nodos que forman la conexión con la pasarela y la abreviatura GW para hacer referencia a la pasarela (*Gateway*).

Cuando se inicia la prueba de calidad, el nodo origen (0) transmite un mensaje QDSN de tipo "QualityREQ" (solicitud de calidad) a su siguiente nodo hacia la pasarela (nodo 1). El nodo 1 recibe el mensaje por el puerto QDSN, analiza el nivel de señal con el que lo ha recibido y evalúa el valor de ETX. Almacena localmente estos valores y su dirección origen, y retransmite el mensaje hacia su siguiente nodo (nodo 2). El proceso continúa hasta alcanzar la pasarela, consiguiendo con esto dos objetivos:

- Establecer un camino temporal entre el nodo que está desplegándose (nodo 0) y la pasarela.
- Evaluar los enlaces entre pares "hacia origen", es decir, cada nodo evalúa la calidad del enlace con su siguiente salto hacia el nodo que está desplegándose (en función de los valores de LQI y de ETX).

La pasarela (GW) inicia entonces el proceso de respuesta a través del camino abierto, con un mensaje de control de tipo "QualityREP" (respuesta de calidad) a su nodo anterior (nodo (2)), introduciendo su cálculo de calidad de enlace en la carga. El nodo (2) procesa el mensaje extrayendo la información contenida en la carga, calcula de nuevo el nivel de potencia del enlace y las pérdidas, y evalúa los vecinos que tiene a un salto en su red mallada. Esta vez están evaluándose los enlaces entre pares "hacia destino", de forma que cada enlace quedará evaluado en ambos sentidos, obteniendo una calidad "bidireccional". En este caso, el nodo (2) dispone de información de calidad desde su lado del enlace con la pasarela (GW), de la información que le ha enviado la pasarela (GW) sobre la evaluación del mismo enlace pero desde su lado, y del número potencial de rutas alternativas que puede obtener de sus vecinos a un salto. A continuación, se envía el mensaje "QualityREP" a su siguiente salto en el camino inverso, el nodo (1), incluyendo en la carga la calidad del enlace anterior, y la evaluación de calidad del enlace actual desde el punto de vista del nodo (2). Este proceso continua hasta alcanzar finalmente el nodo que está desplegándose (nodo (0)), en el que se integra la evaluación de calidad de todos los enlaces y el retardo del camino obtenido mediante la prueba

de conectividad realizada con anterioridad.

Según la realización preferida de la invención, en este punto la etapa de realizar la prueba de calidad de la conexión consiste en calcular un valor global de la calidad fácil de interpretar por un usuario final sin ningún tipo de conocimientos específicos. Este valor global de la calidad es del tipo:

$$f(x, y, z, \beta) = \frac{(x + \beta)}{(y + z)}$$

en donde:

x es función del indicador de calidad de enlace (LQI);

y es función de las transmisiones estimadas (ETX);

z es función del retardo (calculado en la prueba de conectividad realizada con anterioridad); y

β es función del número de vecinos del nodo.

Contando con límites establecidos para el valor de ETX máximo (caso peor), retardo máximo (fijado por la aplicación antes de descartar paquetes) y un número de vecinos finito, el caso peor del valor de calidad resultante será 0, mientras que el máximo será un valor finito positivo determinado.

En las figuras 6 y 7 se muestran diagramas de bloques del funcionamiento de herramientas de despliegue rápido en los nodos sensores para realizar la prueba de calidad de la conexión descrita anteriormente. En la figura 6 se muestra el funcionamiento en el nodo que está instalándose (nodo (0)). La prueba comienza cuando el usuario pulsa el interruptor de prueba de calidad de la conexión (descrito a continuación en el presente documento). La prueba de calidad se inicia, en este caso concreto, con tres reintentos. En la primera etapa, el método determina si se dispone ya de información de retardo (es decir, si ya se ha realizado la prueba de conectividad), ya que esta información de retardo también es necesaria para obtener el valor global de calidad tal como se mencionó anteriormente. En caso negativo, el método realiza la prueba de conectividad para obtener la información de retardo y vuelve a la etapa anterior. En caso de disponer ya de información de retardo, se envía una función "SEND" al siguiente nodo en la red y se inicia un temporizador de 3 segundos. Si este temporizador cuenta 3 segundos y no se ha recibido ninguna respuesta de la red de nodos sensores, se reduce el número de intentos en 1 y vuelve a iniciarse el método. Una vez llegado el número de intentos a 0 sin haber obtenido respuesta de la red de nodos sensores, se muestra al usuario una calidad nula. En caso de recibir respuesta de la red de nodos sensores, se le muestra al usuario el valor global de calidad de la conexión recibido en la respuesta.

En la figura 7 se muestra el funcionamiento de esta misma prueba tal como se implementa en los nodos intermedios (1, 2). La prueba de calidad de la conexión se inicia al recibir el nodo intermedio datos del nodo que está instalándose (0), momento en el cual se determina si se trata de una prueba de calidad o no. En caso negativo, se realizarán otros métodos referentes al funcionamiento habitual de la red de nodos sensores inalámbricos, no cubiertos por el presente documento. En el caso de una prueba de calidad de la conexión, el nodo determina en primer lugar si la información recibida es una petición o una respuesta, y en caso de tratarse de una petición el nodo determina si es un nodo intermedio (1, 2) o una pasarela (GW). Dependiendo de si se trata de un nodo intermedio o de una pasarela, el nodo realiza las etapas pertinentes descritas anteriormente con referencia a la figura 5, retransmitiendo un paquete con la información requerida al siguiente nodo (si es un nodo intermedio) o integrando el valor de calidad antes de retransmitirlo al nodo anterior (si se trata

de una pasarela).

Cuando el nodo que recibe la información determina que se trata de una respuesta, también pasa a integrar la calidad tal como se describió anteriormente en el presente documento, incluyendo la carga actual de la información recibida así como la información del propio nodo. A continuación se retransmite esta información de la calidad al siguiente nodo de vuelta hasta llegar al nodo que está instalándose.

Según otro aspecto de la presente invención, se da a conocer un nodo de despliegue rápido en una red, comprendiendo la red una pluralidad de nodos para cubrir una zona de la que van a tomarse medidas mediante dichos nodos, y una pasarela que sirve de conexión entre los nodos y el exterior, tal como se describió anteriormente en el presente documento.

El nodo comprende, de manera habitual,

- una batería;
- al menos un conector para conectar un sensor de un parámetro del entorno;
- medios de conexión inalámbrica con la pasarela, de manera directa o a través de nodos intermedios ya colocados.

De manera característica, tal como se muestra en la figura 8, el nodo según la realización preferida de la presente invención comprende además:

- un interruptor de prueba de conectividad (20);
- unos medios de prueba de conectividad (no mostrados en la figura) activados por dicho interruptor de prueba de conectividad (20), dispuestos para determinar si existe conectividad entre el nodo y la pasarela; y
- unos medios de visualización de conectividad (22) para mostrar visualmente al usuario el resultado de una prueba de conectividad.

Según la realización preferida de la presente invención, el nodo de despliegue rápido comprende además:

- un interruptor de prueba de calidad de la conexión (24);
- unos medios de prueba de calidad de la conexión (no mostrados en la figura) activados por dicho interruptor de prueba de calidad de la conexión (24), dispuestos entre el nodo y la pasarela; y
- unos medios de visualización de calidad de la conexión (22) para mostrar visualmente al usuario el resultado de la prueba de calidad de la conexión.

Tal como puede apreciarse en la figura 8, los medios de visualización de conectividad y los medios de visualización de calidad de la conexión son los mismos. En concreto, se trata de una serie de cinco indicadores LED (22) de modo que, en función del número de indicadores que se iluminan, el usuario obtiene una indicación del valor global de la calidad en una escala de 1 a 5 (siendo un indicador iluminado la peor calidad y cinco indicadores iluminados la mayor calidad). En caso de que el nodo no disponga de conectividad no se iluminará ningún indicador LED (22), por lo que estos indicadores sirven de medio de visualización tanto de la conectividad como de la calidad de la conexión.

El nodo según la realización preferida de la presente invención permite poner en práctica el método según el primer aspecto de la presente invención. Por tanto, tal como se explicó anteriormente en el presente documento, los medios de prueba de conectividad permiten preferiblemente medir el valor de retardo en el tiempo transcurrido entre el envío de

un paquete desde el nodo que está instalándose y su recepción en la pasarela de la red de nodos sensores inalámbricos.

Asimismo, los medios de prueba de calidad de la conexión permiten medir al menos un valor seleccionado del grupo constituido por el indicador de calidad de enlace, las transmisiones estimadas y el número de vecinos. Estos mismos medios de prueba de calidad de la conexión calculan un valor global de la calidad de la conexión como:

$$f(x, y, z, \beta) = \frac{(x + \beta)}{(y + z)}$$

tal como se definió anteriormente, y los medios de visualización de calidad de la conexión muestran visualmente al usuario dicho resultado global de la prueba de calidad de la conexión, por ejemplo mediante la iluminación de una escala de indicadores LED.

Aunque se ha descrito la presente invención haciendo referencia a realizaciones preferidas de la misma, el experto en la técnica podrá aplicar modificaciones y variaciones sin por ello apartarse del alcance de la presente invención. Por ejemplo, aunque se ha descrito una serie de indicadores LED como medios de visualización conjuntos de conectividad y de visualización de calidad de la conexión, en una realización alternativa de la presente invención el nodo comprende un indicador LED dedicado exclusivamente a la visualización de la conectividad, mientras que una serie de indicadores LED aparte sirve como medios de visualización de calidad de la conexión. Según otra realización alternativa adicional, los medios de visualización de conectividad y de calidad de la conexión están constituidos por una pantalla plana.

Además, aunque se ha descrito un nodo que comprende un interruptor de prueba de conectividad y un interruptor de prueba de calidad, según una realización alternativa de la presente invención el nodo ambos interruptores son el mismo. Es decir, el nodo comprende un único interruptor que, al activarse por un usuario, realiza tanto la prueba de conectividad como la prueba de calidad de la conexión y proporciona al usuario un resultado global de la calidad de la conexión que es cero si el nodo carece de conectividad.

Según todo lo expuesto, la presente invención utiliza protocolos de carácter reactivo que analizan la viabilidad y calidad de los emplazamientos de cada nodo durante el despliegue de una WSN, en un procedimiento bajo demanda del usuario. Este sistema restringe el uso de recursos sólo a la fase de despliegue, no durante toda la vida de la red, puesto que una vez desplegados todos los nodos y funcionando, no se requiere conocer la calidad de los equipos hasta tener que reubicarlos en otro emplazamiento. Además, el usuario recibe la contestación a su consulta de forma inmediata, lo que permite confirmar de forma más intuitiva que el valor de viabilidad/calidad obtenido pertenece a la ubicación en la que ha sido solicitado.

Cuando el usuario quiere conocer la calidad o conectividad en el nodo que está desplegando, se inician los mecanismos y comunicaciones para calcularlo y mostrarlo. Esto sólo afecta al propio nodo y aquellos involucrados en la comunicación con la pasarela. Este sistema es óptimo para despliegues rápidos de redes estáticas (los nodos no se mueven de su posición durante la fase de sensorización). El usuario realiza el despliegue de forma sencilla y rápida, la red de sensores inalámbricos entra en el modo de funcionamiento normal y permanece sensorizando y enviando datos durante un periodo de tiempo, y finalmente se recogen los equipos y se procede a su despliegue en otro emplazamiento, para volver a repetir el proceso.

De este modo, la presente invención permite el despliegue de nodos en una red de sensores inalámbricos por medio de personal sin formación específica, de manera rápida y sencilla, con un consumo energético y un impacto en el funcionamiento de la red muy reducido,

minimizando el tráfico de control y maximizando el tiempo de vida de la red, obteniendo finalmente un retardo de usabilidad aceptable por parte del usuario.

REIVINDICACIONES

1. Método de despliegue rápido de nodos en una red, comprendiendo la red una pluralidad de nodos para cubrir una zona de la que van a tomarse medidas mediante dichos nodos, y una pasarela que sirve de conexión entre los nodos y el exterior, comprendiendo el método las etapas de:
 - a) colocar un nodo en una posición inicial de la zona;
 - b) realizar una prueba de conectividad para determinar si existe conectividad inalámbrica entre el nodo y la pasarela, de manera directa o a través de nodos intermedios ya colocados;
 - c) en caso de no detectarse conectividad, cambiar el nodo a una segunda posición y repetir la etapa b);
 - d) repetir las etapas a)-c) con nodos nuevos hasta configurar una red que cubre toda la zona de la que van a tomarse medidas.
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que la prueba de conectividad consiste en medir el valor de retardo en el tiempo transcurrido entre el envío de un paquete desde el nodo y su recepción en la pasarela.
3. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, en caso de haber realizado la etapa c), la etapa d) comprende las etapas de:
 - a') colocar un segundo nodo en la misma posición inicial en la que se intentó colocar el nodo inicial en la etapa a);
 - b') realizar una prueba de conectividad para determinar si existe conectividad inalámbrica entre el segundo nodo y la pasarela, a través al menos del nodo inicial colocado en las etapas a)-c);
 - c') en caso de no detectarse conectividad, cambiar el segundo nodo de posición y repetir la etapa b');
 - d') en caso de haber realizado la etapa c'), repetir las etapas a')-c') hasta colocar un nodo en la posición inicial.
4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende además, tras detectar conectividad en un nodo instalado, la etapa de realizar una prueba de calidad de la conexión entre el nodo y la pasarela.
5. Método según la reivindicación 4, caracterizado por que la etapa de realizar la prueba de calidad de la conexión consiste en determinar al menos un valor seleccionado del grupo constituido por el indicador de calidad de enlace, las transmisiones estimadas y el número de vecinos.
6. Método según la reivindicación 5, caracterizado por que la etapa de realizar la prueba de calidad de la conexión consiste en calcular un valor global de la calidad de la conexión como:

$$f(x, y, z, \beta) = \frac{(x + \beta)}{(y + z)}$$

en donde:

x es función del indicador de calidad de enlace;

y es función de las transmisiones estimadas;

z es función del retardo; y

$\square$ es función del número de vecinos del nodo.

- 5 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, caracterizado por que comprende además la etapa de cambiar la posición del nodo si la calidad de la conexión determinada no supera un umbral dado.
- 10 8. Nodo de despliegue rápido en una red, comprendiendo la red una pluralidad de nodos (10) para cubrir una zona de la que van a tomarse medidas mediante dichos nodos (10), y una pasarela (12) que sirve de conexión entre los nodos (10) y el exterior, comprendiendo el nodo:
 - una batería;
 - al menos un conector para conectar un sensor de un parámetro del entorno;
 - medios de conexión inalámbrica con la pasarela, de manera directa o a través de nodos intermedios ya colocados; y
- 15 caracterizado por que comprende además:
 - un interruptor de prueba de conectividad (20);
 - unos medios de prueba de conectividad activados por dicho interruptor de prueba de conectividad, dispuestos para determinar si existe conectividad entre el nodo y la pasarela; y
- 20 - unos medios de visualización de conectividad (22) para mostrar visualmente al usuario el resultado de una prueba de conectividad.
9. Nodo según la reivindicación 8, caracterizado por que los medios de prueba de conectividad permiten medir el valor de retardo en el tiempo transcurrido entre el envío de un paquete desde el nodo (10) y su recepción en la pasarela (12).
- 25 10. Nodo según cualquiera de las reivindicaciones 8 y 9, caracterizado por que comprende además:
 - un interruptor de prueba de calidad de la conexión (24);
 - unos medios de prueba de calidad de la conexión activados por dicho interruptor de prueba de calidad de la conexión, dispuestos entre el nodo y la pasarela; y
- 30 - unos medios de visualización de calidad de la conexión (22) para mostrar visualmente al usuario el resultado de una prueba de calidad de la conexión.
11. Nodo según la reivindicación 10, caracterizado por que los medios de prueba de calidad de la conexión permiten medir al menos un valor seleccionado del grupo constituido por el indicador de calidad de enlace, las transmisiones estimadas y el número de vecinos.
- 35 12. Nodo según la reivindicación 11, caracterizado por que los medios de prueba de calidad de la conexión permiten calcular un valor global de la calidad de la conexión como:

$$f(x, y, z, \beta) = \frac{(x + \beta)}{(y + z)}$$

en donde:

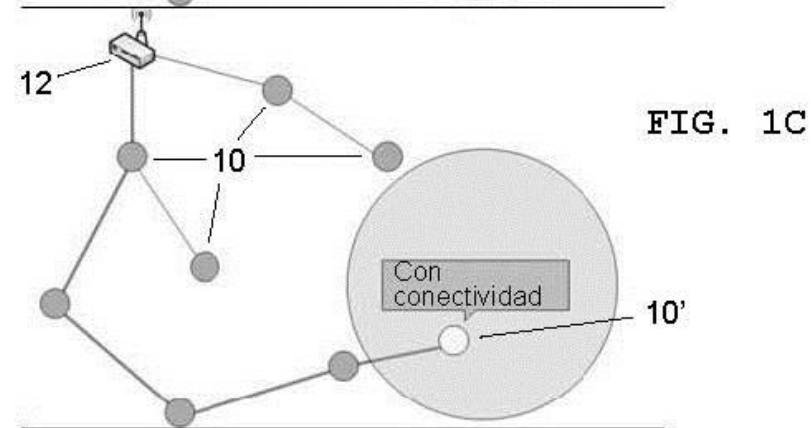
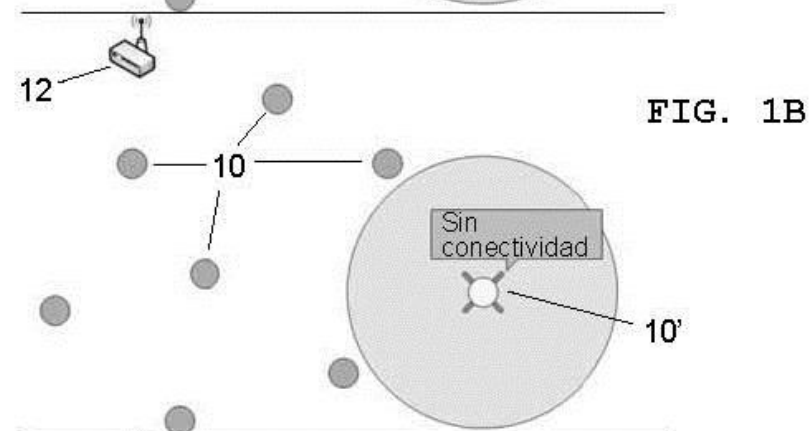
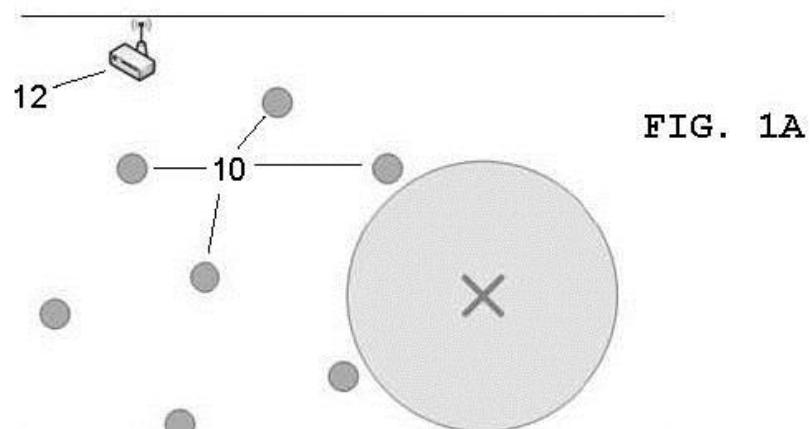
x es función del indicador de calidad de enlace;

y es función de las transmisiones estimadas;

z es función del retardo; y

□ es función del número de vecinos del nodo;

- 5 y los medios de visualización de calidad de la conexión (22) muestran visualmente al usuario dicho resultado global de la prueba de calidad de la conexión.
13. Nodo según la reivindicación 11, caracterizado por que el interruptor de prueba de conectividad y el interruptor de prueba de calidad de la conexión son el mismo.
- 10 14. Nodo según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, caracterizado por que dichos medios de visualización de conectividad (22) y/o medios de visualización de calidad de la conexión (22) están constituidos por al menos un indicador LED.
15. Nodo según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, caracterizado por que los medios de visualización de conectividad (22) y los medios de visualización de calidad de la conexión (22) son los mismos.



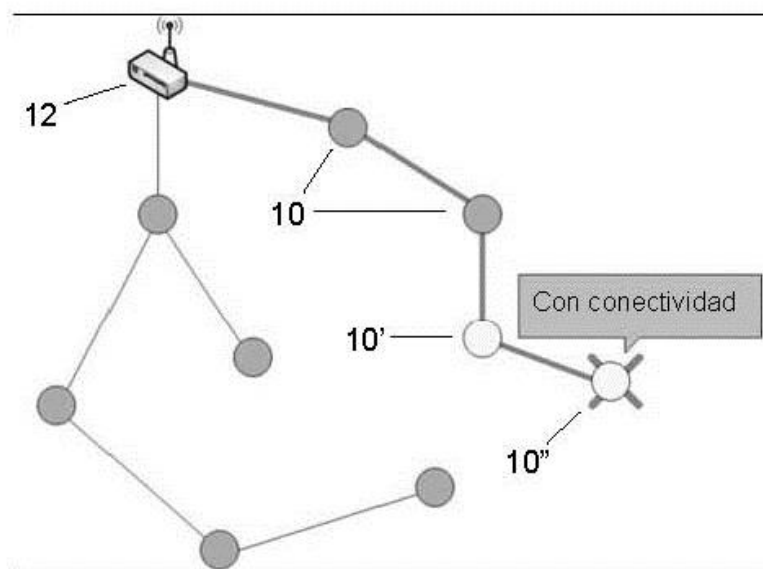


FIG. 2

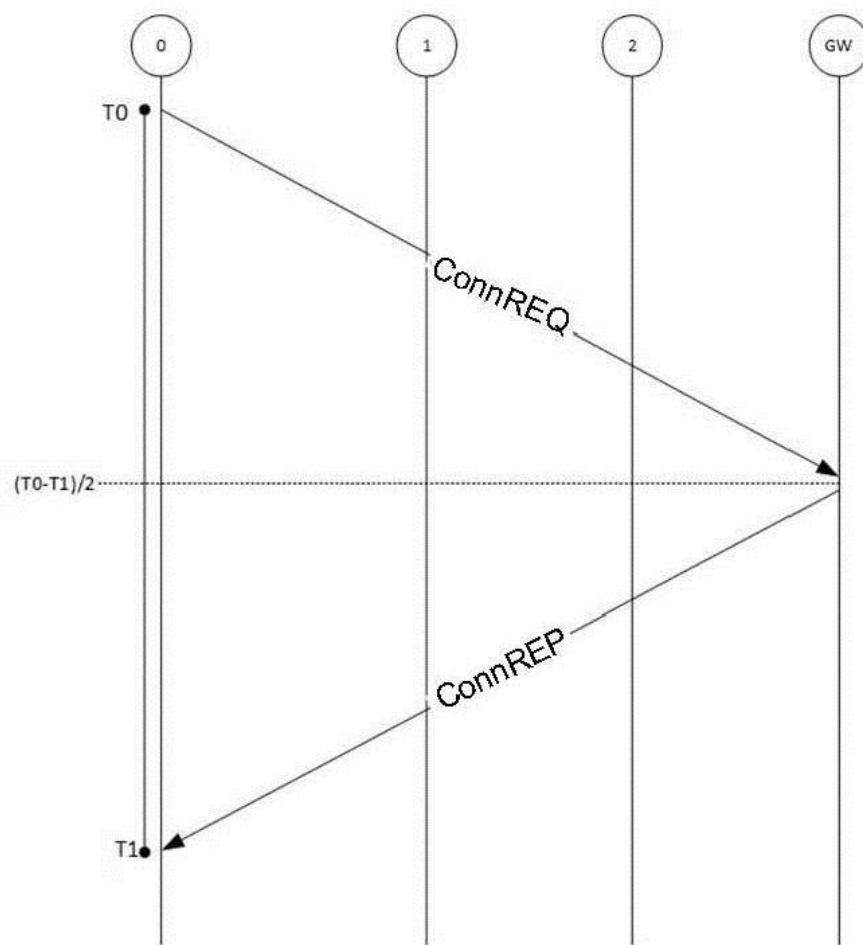


FIG. 3

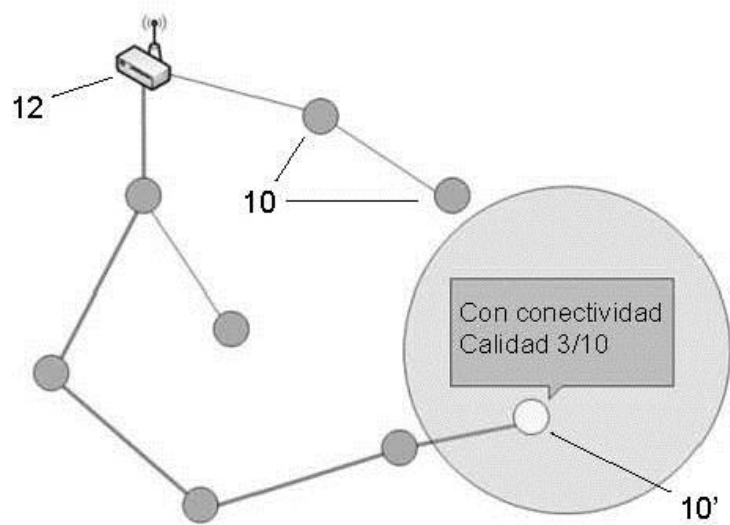


FIG. 4A

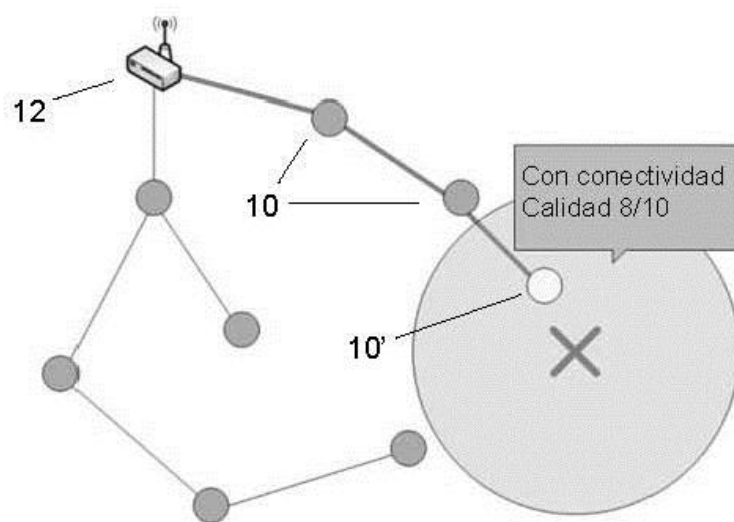


FIG. 4B

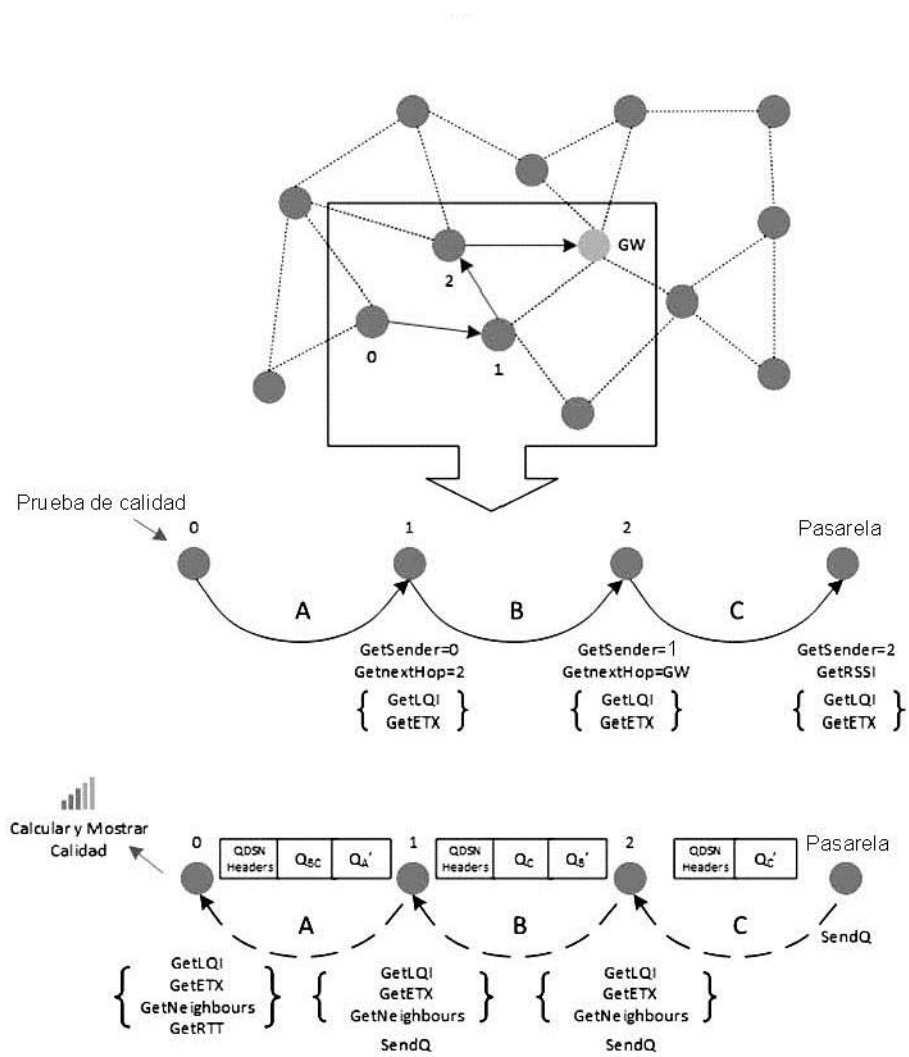


FIG. 5

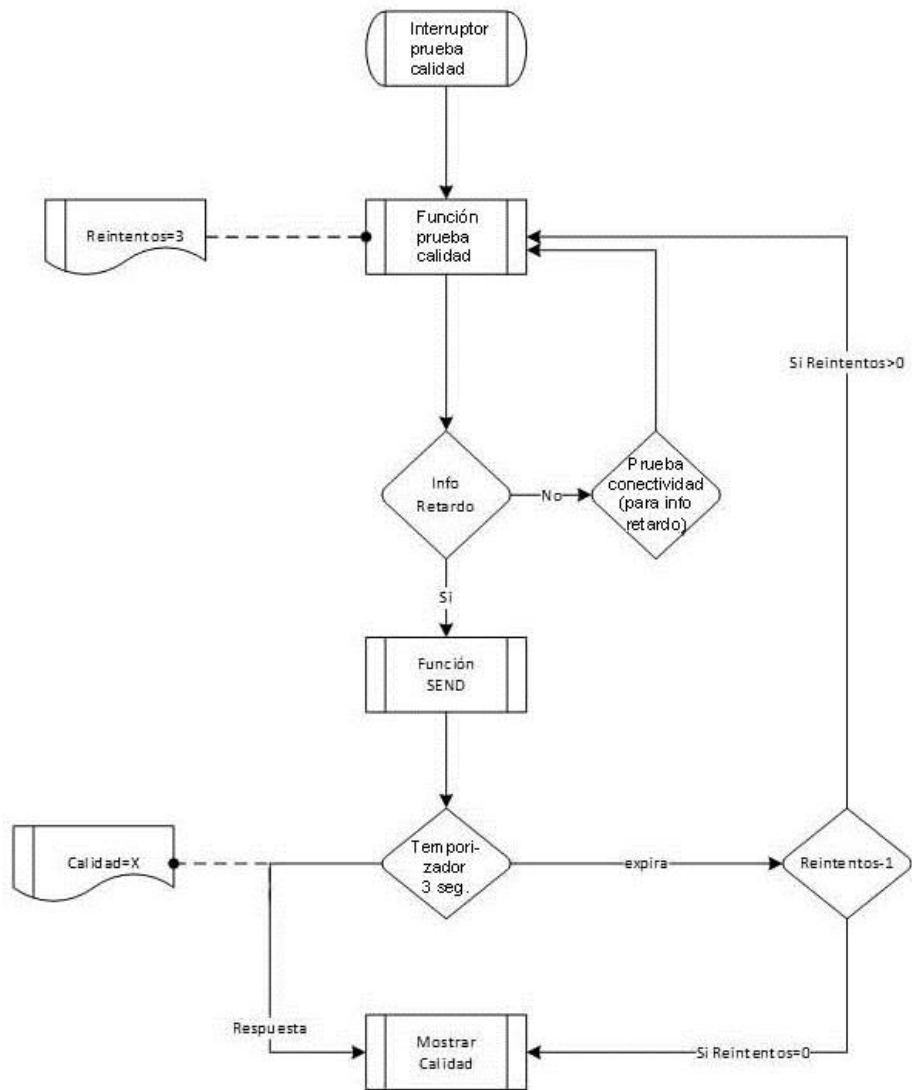


FIG. 6

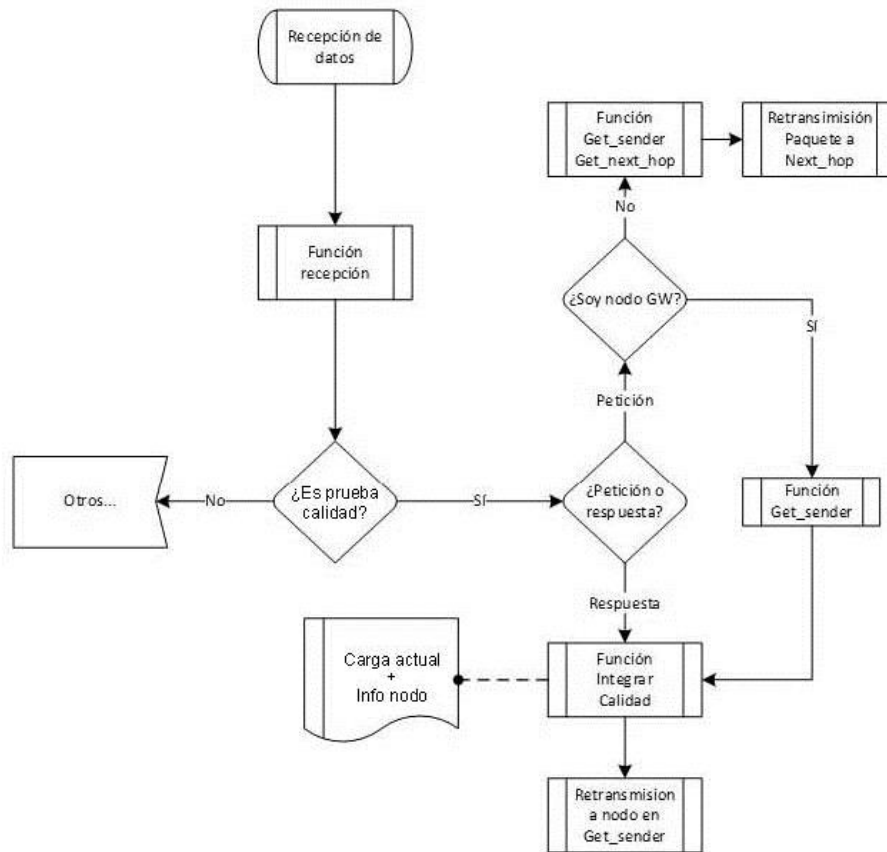


FIG. 7

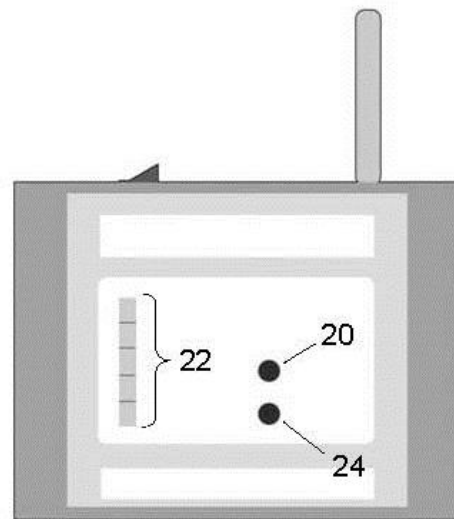


FIG. 8



- ②① N.º solicitud: 201530039
②② Fecha de presentación de la solicitud: 15.01.2015
②③ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	Víctor-M. SEMPERE-PAYÁ y Salvador SANTONJA-CLLIMENT: "Integrated sensor and management system for urban waste water networks and prevention of critical situations"; Instituto Tecnológico de Informática, Universidad Politécnica de Valencia (España); Computers, Environment and Urban Systems, Volume 36, Issue1, enero 2012, Páginas 65-80; journal homepage: www.elsevier.com/locate/compenvurbsys URL:// http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971511000639	1,3,8,10,13-15
Y		2,4-7,9,11,12
Y	Ángela DABOÍN, Gustavo VERDE, Freddy TORREALBA ANZOLA, Tijani GHARBI: "Medición de RSSI, LQI y pruebas de cobertura para diferentes escenarios de propagación en una red inalámbrica de sensores"; Localizado en Revista Digital de Investigación y Postgrado, ISSN-e 2244-7393, Vol. 2, Nº. 1, 2012; Publicado en REDIP. UNEXPO. VRB. Venezuela. Vol. 2. No.1. Abril 2012. http://redip.bqto.unexpo.edu.ve . URL:// http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3908616	2,4-7,9,11,12
A	US 2011310770 A1 (LIANG WEI et al.) 22.12.2011, resumen; columna 4, línea 53 – columna 6, línea 16.	1-15
A	US 2014071837 A1 (WERB JAY PHILIP et al.) 13.03.2014, resumen; columna 3, línea 50 – columna 7, línea 30; figura 3, columna 19, líneas 33-50; columna 22, línea 50 – columna 24, línea 34.	1-15
A	Carles GÓMEZ, Antoni BOIX y Josep PARADELLS: "Impact of LQI-Based RoutingMetrics on The Performance of a One-to-One Routing Protocol for IEEE 802.15.4Multihop Networks"; Publicado en Hindawi Publishing CorporationEURASIP Journal on Wireless Communications and Networking Volume 2010, Article ID 205407, 20 páginas; doi:10.1155/2010/205407 Publicado el 09.08.2010. URL:// http://www.jwcn.eurasipjournals.com/content/2010/1/205407	1-15

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
01.12.2015

Examinador
B. Pérez García

Página
1/5

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

H04W48/18 (2009.01)**H04W24/02** (2009.01)**H04W40/12** (2009.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H04W

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, INSPEC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 01.12.2015

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 2, 4-7, 9-15	SI
	Reivindicaciones 1, 3, 8	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 2, 4-7, 9-15	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	Víctor-M. SEMPERE-PAYÁ y Salvador SANTONJA-CLLIMENT: "Integrated sensor and management system for urban waste water networks and prevention of critical situations"	01.07.2011
D02	Ángela DABOÍN, Gustavo VERDE, Freddy TORREALBA ANZOLA, Tijani GHARBI: "Medición de RSSI, LQI y pruebas de cobertura para diferentes escenarios de propagación en una red inalámbrica de sensores"	01.04.2012
D03	US 2011310770 A1 (LIANG WEI et al.)	22.12.2011
D04	US 2014071837 A1 (WERB JAY PHILIP et al.)	13.03.2014
D05	Carles GÓMEZ, Antoni BOIX y Josep PARADELLS: "Impact of LQI-Based RoutingMetrics on the Performance of a One-to-One Routing Protocol forIEEE 802.15.4Multihop Networks"	26.07.2010

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Se considera D01 el documento del estado de la técnica anterior más cercano al objeto de la solicitud.

Siguiendo la redacción de la primera reivindicación, D01 describe un método de despliegue rápido de nodos en una red (QDSN), comprendiendo la red una pluralidad de nodos para cubrir una zona de la que van a tomarse medidas mediante dichos nodos, y una pasarela que sirve de conexión entre los nodos y el exterior, comprendiendo el método (ver figura 10 y página 75, párrafos 1 y 2) las etapas de:

- colocar un nodo en una posición inicial de la zona;
- realizar una prueba de conectividad (*connectivity test*) para determinar si existe conectividad inalámbrica entre el nodo y la pasarela, de manera directa o a través de nodos intermedios ya colocados; realizándose dicha prueba de conectividad mediante el envío de mensajes de consulta de conectividad a través de la red buscando respuesta de la pasarela;
- en caso de no detectarse conectividad, cambiar el nodo a una segunda posición y repetir la etapa b);
- repetir las etapas a)-c) con nodos nuevos hasta configurar una red que cubre toda la zona de la que van a tomarse medidas.

No existen diferencias entre D01 y la primera reivindicación y por tanto, ésta no cumple el requisito de novedad según el Art. 6 de la Ley Española de Patentes.

La segunda reivindicación define que la prueba de conectividad consiste en medir el valor de retardo en el tiempo transcurrido entre el envío de un paquete desde el nodo y su recepción en la pasarela.

En D01 se realiza una prueba de conectividad, si bien ésta consiste en comprobar si el nodo a instalar tiene cobertura; no se detalla la medición del tiempo de retardo.

No obstante, D02 (apartado 2, página 46) detalla un sistema de estimación y medición de cobertura, latencia y consumo en redes WSN. En el apartado 2 se menciona el uso de la herramienta PING que consiste en el envío de un paquete de longitud corta por parte de la aplicación hacia cualquier nodo de la red –puede ser PING a la pasarela- y éste al recibirlo, devuelve un mensaje de respuesta al Gateway. Se mide el tiempo en que el mensaje va y viene del nodo destino. Este retardo entre el envío de los paquetes entre los nodos, incluyendo el esquema de enrutamiento se le denomina latencia de la red.

A la vista de ambos documentos, sería obvio para un experto en la materia combinar las etapas de despliegue de la red divulgadas en D01 y aplicar mediciones del tiempo de retardo como las indicadas en D02. Esta reivindicación no tiene actividad inventiva, según el Art. 8 de la Ley 11/1986.

La tercera reivindicación explica el mismo método descrito en la primera reivindicación pero para ubicar un segundo nodo (enrutamiento multisalto).

D01 (página 75, columna 2 y fig. 10) menciona explícitamente que el nodo de medida intenta conectarse con la pasarela siempre y cuando sea posible, bien de forma directa o a través de nodos distribuidos por la red. Las comunicaciones multisalto y la búsqueda de rutas son transparentes para el usuario. Carece de novedad.

La reivindicación número cuatro añade una etapa adicional, en la que tras detectar conectividad en un nodo instalado, se realiza una prueba de calidad de la conexión entre el nodo y la pasarela.

Esta etapa de la prueba de calidad no se cita en D01, si bien en D02 sí se describe este paso ya que se realizan medidas de LQI (Indicador de Calidad de Enlace), que representa el número de retransmisiones requeridas para recibir con éxito un paquete (página 42).

Es decir, la combinación de D01 y D02 anula la actividad inventiva de esta reivindicación.

La quinta reivindicación define que la prueba de calidad de la conexión consiste en determinar al menos un valor seleccionado del grupo constituido por el indicador de calidad de enlace, las transmisiones estimadas y el número de vecinos. Como se ha comentado para la reivindicación anterior, esta característica queda divulgada en D02. Sin actividad inventiva.

La reivindicación seis establece que la prueba de calidad de la conexión consiste en calcular un valor global de la calidad de la conexión que depende del indicador de calidad de enlace, de las transmisiones estimadas, del retardo y del número de vecinos del nodo.

D02 realiza mediciones de la RSSI (indicador de fuerza de la señal recibida), LQI (Indicador de Calidad de Enlace) –ver resumen- que se puede asociar al índice de recepción de paquetes (PRR), medidas de la latencia o retardo mediante el comando PING (página 46) que además aumenta con la cantidad de saltos que debe atravesar un mensaje (página 52)...

Es decir, D02 es capaz de realizar la medida de los parámetros indicados en la reivindicación seis de tal forma que, aplicar una fórmula matemática que relacione dichas medidas no se considera una característica técnica que contribuya al resultado técnico de la invención; además, es obvio que cuanto mayor sea el valor de LQI y más vecinos tenga el nodo (por tanto mayor cantidad posible de opciones de enrutamiento), y cuanto menor sea el número de retransmisiones necesarias y/o el retardo para enviar los paquetes, mayor será la calidad de la conexión. Por tanto, esta reivindicación tampoco implica actividad inventiva para un experto en la materia.

La séptima reivindicación especifica que si la prueba de calidad de la conexión no supera un umbral, se cambia la posición del nodo.

El cambio de posición lo realiza manualmente el usuario y esta reivindicación lo único que hace es definir un límite para decidir si cambiar de posición o no de forma manual. No implica características técnicas y por tanto, tampoco presenta actividad inventiva.

La octava reivindicación define las características del nodo que lleva a cabo el procedimiento descrito previamente. Dicho nodo comprende una batería, un conector para conectar un sensor de un parámetro del entorno, medios de conexión inalámbrica con la pasarela, de manera directa o a través de nodos intermedios ya colocados, un interruptor de prueba de conectividad y medios de prueba de conectividad activados por dicho interruptor de prueba de conectividad, dispuestos para determinar si existe conectividad entre el nodo y la pasarela; y unos medios de visualización de conectividad para mostrar visualmente al usuario el resultado de una prueba de conectividad.

El apartado 6.2 y la figura 9 de D01 describen estas características. Dispone de medios de conexión Zigbee, conector de sensor, microcontrolador, pantalla LED y un joystick y dos botones que le permiten al usuario consultar las medidas tomadas y configurar el sistema. Aunque no se menciona de forma explícita que uno de esos botones se utilice para realizar el test de conectividad, dado que dispone de estos botones para realizar medidas y configuraciones, se considera que este detalle está implícito en D01 y por tanto, la reivindicación 8 tampoco presenta novedad.

Las reivindicaciones 9, 11 y 12 son semejantes a las reivindicaciones 2, 5 y 6 pero relativas al nodo. Siguiendo un razonamiento similar al aplicado en dichas reivindicaciones, se considera que las reivindicaciones 9, 11 y 12 no tienen actividad inventiva para un experto en la materia.

Las reivindicaciones 10, 13-15 se refieren a que el interruptor del nodo activa también la prueba de calidad de la conexión, a que los medios de visualización sean LED y a que permitan visualizar los resultados de la prueba de conectividad y de calidad de la conexión.

El nodo descrito en D01 tiene pantalla LED y dos botones para la configuración y toma de medidas. Disponer de uno o dos botones para realizar estas pruebas y ver los resultados es una característica de diseño que no contribuye al resultado técnico de la invención. Estas reivindicaciones tampoco tienen actividad inventiva.

En resumen, la solicitud presentada no tiene novedad para las reivindicaciones 1, 3, y 8 ni actividad inventiva para las demás según los Arts. 6 y 8 respectivamente de la Ley Española de Patentes.