

Un método para activar un nodo de malla en una red inalámbrica de malla, así como un nodo de malla relacionado y un producto de programa de computadora

5

Campo técnico

La presente invención se refiere en general a redes inalámbricas de malla y, más específicamente, se refiere a mejoras en el reenvío de mensajes de datos en esa red inalámbrica de malla, tal como redes de malla Bluetooth.

Antecedentes

10

Bluetooth^{MR} se refiere en general a un grupo estandarizado de tecnologías utilizables para intercambiar datos entre dispositivos en distancias cortas utilizando transmisión y recepción de radio en la banda ISM de 2.4 GHz. La promulgación y gestión de las normas Bluetooth se realiza por varios comités del Bluetooth SIG, de los cuales más de 30,000 empresas son miembros.

15

Bluetooth de Baja Energía (LE) es una versión particular de la tecnología Bluetooth que se estandarizó por primera vez por el Bluetooth SIG en 2010. Bluetooth LE está dirigido generalmente a aplicaciones de baja potencia que pueden tolerar comunicaciones de menor velocidad que, por ejemplo, aplicaciones Bluetooth más tradicionales. Además, Bluetooth LE es adecuado para dispositivos económicos

20

que están limitados en términos de memoria y recursos computacionales.

25

Aun así, Bluetooth LE aprovecha un enfoque robusto de espectro extendido de salto de frecuencia que transmite datos a través de 40 canales. Además, una radio compatible con Bluetooth LE incluye opciones de múltiples capas físicas (PHY) que soporta velocidades de datos de 125 kb/s a 2 Mb/s, múltiples niveles de potencia, de 1 mW a 100 mW, así como múltiples opciones de seguridad.

30

Bluetooth LE también soporta múltiples topologías de red, incluida una topología punto a punto convencional utilizada para establecer comunicaciones uno a uno (1:1) entre dos dispositivos. Además, Bluetooth LE soporta comunicaciones de dispositivos de difusión (uno a muchos o 1:m). La topología de difusión se puede usar para compartición de información localizada y para servicios de ubicación, tal como información de punto de interés minorista, navegación interior y búsqueda de rutas, y seguimiento de artículos/activos.

Por último, Bluetooth LE soporta una topología de malla que se puede utilizar para establecer comunicaciones de dispositivos de muchos a muchos (m:m).

La topología de malla basada en Bluetooth LE puede permitir la creación de redes de dispositivos a gran escala, tal como para sistemas de control, monitoreo y automatización donde decenas, cientos o miles de dispositivos necesitan comunicarse de manera confiable y segura entre sí. En la topología de malla Bluetooth LE, cada dispositivo en una red de malla se puede comunicar potencialmente con cualquier otro dispositivo en la red de malla. La comunicación se logra usando mensajes, y los dispositivos pueden transmitir mensajes a otros dispositivos de modo que el alcance de comunicación de extremo a extremo se extiende mucho más allá del alcance de radio de cada dispositivo individual.

Los dispositivos que son parte de una red de malla Bluetooth LE a menudo se denominan “nodos”, mientras que otros dispositivos que no forman parte de la malla (por ejemplo, aunque se encuentren dentro del alcance de la malla) se denominan a menudo “dispositivos no aprovisionados”. El proceso de transformar un dispositivo no aprovisionado en un nodo a menudo se denomina “aprovisionamiento”, en tanto que el dispositivo responsable de añadir un nodo a una red y configurar su comportamiento a menudo se denomina “aprovisionador”. El aprovisionamiento es un procedimiento seguro que da por resultado un dispositivo no aprovisionado que posee una serie de claves de cifrado y que se conoce por el proveedor, tal como una tableta o teléfono inteligente.

Como se mencionó anteriormente, la comunicación en una red de malla Bluetooth está “orientada a mensajes” y se definen varios tipos de mensajes. Por ejemplo, cuando un nodo necesita consultar el estado de otros nodos o necesita controlar otros nodos de alguna manera, puede enviar un mensaje de un tipo adecuado. Si un nodo necesita informar su estado a otros nodos, puede enviar un mensaje de tipo adecuado. Los mensajes se deben enviar desde una dirección y a una dirección. La topología de malla Bluetooth soporta tres tipos diferentes de direcciones.

Una dirección de unidifusión identifica de forma única un elemento individual (por ejemplo, los dispositivos pueden incluir uno o más elementos) y las direcciones de unidifusión se asignan a los dispositivos durante el proceso de aprovisionamiento. Una dirección de grupo es una dirección de multidifusión que representa uno o más elementos. Se puede asignar una dirección virtual a uno o más elementos que abarquen uno o más nodos.

Los receptores de activación (WUR), a veces también conocidos como radios de activación, proporcionan un medio para reducir significativamente el consumo de energía en los receptores inalámbricos. La idea básica de WUR es un receptor construido sobre una arquitectura de muy baja complejidad, que solo necesita poder detectar la presencia de una señal de activación pero no se utilizará para ninguna recepción de datos.

Los receptores de activación se están estandarizados actualmente para IEEE 802.11 por el grupo de tareas de IEEE 802.11ba y se espera que la especificación se finalice en 2019. El concepto también es relevante para la tecnología Bluetooth. 3GPP también ha introducido soporte para señalización de activación de modo IDLE NB-IoT y LTE-M en la versión 15 de la especificación 3GPP como medio para reducir el consumo de energía.

Los relés en la malla Bluetooth asumen que el receptor de radio está siempre encendido, consumiendo típicamente 15mA de corriente constantemente. Sin alimentación eléctrica, un relé consumiría un conjunto de 2 baterías alcalinas AA (~4000 mAh) en aproximadamente 10 días. Un receptor de radio de activación puede operar tan bajo como 50uA, por lo tanto, proporciona una vida útil teórica de 9 años utilizando 2 baterías AA, contando solo la energía necesaria para la gestión real del relé.

El concepto de radio de activación se ha estudiado y estandarizado ampliamente para redes de pares o estrella (por ejemplo, 802.11ba). Sin embargo, no está claro de inmediato cómo aplicarlo a un escenario de red de múltiples saltos (o malla).

El primer desafío es que una radio de activación requiere un procedimiento de varios pasos para transmisión de datos:

- El transmisor envía una señal de activación al receptor previsto.
- El receptor enciende el radio principal
- El receptor reconoce la recepción de la señal de activación

(opcional).

- El transmisor envía el mensaje de datos.

La necesidad de enviar (y reconocer) la señal de activación introduce retardos en la comunicación de datos real. En un escenario de múltiples saltos de acuerdo con la técnica anterior, el procedimiento se repite secuencialmente en cada salto, por lo tanto, se resume el retardo en cada salto.

Para una ruta de comunicación con N saltos, el procedimiento requiere que se completen los pasos de $3N$ saltos.

En segundo lugar, como para el caso de una red de malla Bluetooth, un nodo puede no conocer la dirección del nodo de siguiente salto hacia el destino, y puede haber múltiples nodos en el entorno que están atendiendo la misma ruta. En este caso, la técnica previa no se puede aplicar directamente ya que cada nodo puede necesitar activar todos los receptores en el entorno para asegurarse de que el mensaje de datos se propague hasta el destino.

Breve descripción

Sería ventajoso obtener un método para activar un nodo de malla que sea más adecuado para una solución de baja potencia.

En un primer aspecto, se proporciona un método para activar un nodo de malla en una red inalámbrica de malla, en donde el nodo de malla comprende un receptor principal y un receptor de activación.

El método comprende los pasos de:

- recibir, mediante el receptor de activación del nodo de malla, un mensaje de señal de activación, en donde el mensaje de señal de activación comprende información de contexto que está relacionada con una ruta entre un nodo de malla de fuente y un nodo de malla de destino correspondiente al mensaje de señal de activación;

- determinar, mediante el receptor de activación del nodo de malla, que la información de contexto es aplicable para el nodo de malla;

- activar, mediante el receptor de activación del nodo de malla, el receptor principal del nodo de malla para recibir posteriormente un mensaje de datos.

Fue una de las ideas de los inventores que no hay necesidad de que cada uno de los nodos de malla se active una vez que se recibe un mensaje de señal de activación. Solo se activarán los nodos que participan activamente en la ruta entre el nodo de malla de fuente y el nodo de malla de destino. Como tal, la presente divulgación proporciona incluir información de contexto en el mensaje de activación, en donde la información de contexto está relacionada con la ruta entre el nodo de malla de fuente y el nodo de malla de destino. Un nodo de malla en particular que reciba el mensaje de señal de activación se activará si la información de contexto es relevante para ese nodo de malla en particular. Es decir, ese nodo de malla particular forma una parte de la ruta entre el nodo de malla de fuente y el nodo de malla de

destino.

Una de las ventajas del método descrito anteriormente es que los nodos de malla son capaces de ahorrar energía, ya que no se activan cuando no es necesario.

5 Se observa que, de acuerdo con la presente divulgación, el receptor principal de redacción y el receptor de activación se eligen para su propósito funcional. No hay necesidad de separar físicamente el receptor principal y el receptor de activación en un nodo de malla en particular. En otras palabras, un nodo de malla particular puede tener al menos dos estados operativos: Un estado activo normal y un
10 estado de suspensión. En el estado de suspensión, el nodo de malla opera de tal manera que apenas consume energía. El nodo de malla, por ejemplo, solo se puede disponer para recibir mensajes de activación, y se puede haber apagado todas las otras funciones para incrementar el ahorro de energía. En el estado activo normal, el
15 nodo de malla puede ser completamente operativo. Es decir, el nodo de malla se puede disponer para iniciar transmisiones, se puede disponer para reenviar mensajes de datos entrantes, se puede disponer para actuar como un nodo de retransmisión, se puede disponer para realizar mediciones o cualquier cosa similar. En este estado activo normal, el nodo de malla puede consumir mucha más energía en comparación con el estado de suspensión.

20 De acuerdo con la presente divulgación, la información de contexto puede, por ejemplo, comprender una lista de identidades de nodos de malla que están involucrados en una ruta entre un nodo de malla de fuente y un nodo de malla de destino. Solo si la identidad del nodo de malla que recibe el mensaje de señal de activación está presente en la lista, ese nodo de malla particular se puede activar, ya
25 que está claro que ese nodo particular debe estar involucrado en la ruta entre el nodo de malla de fuente y el nodo de malla de destino.

En un ejemplo, la información de contexto comprende una identificación de un siguiente nodo de malla en la ruta entre el nodo de malla de fuente y el nodo de malla de destino, y en donde el paso de determinación comprende:

30 - determinar, mediante el receptor de activación del nodo de malla, que el nodo de malla corresponde a la identificación del siguiente nodo de malla en la ruta.

El ejemplo descrito anteriormente se refiere al concepto de que el mensaje de señal de activación solo puede contener la identidad del siguiente salto

en la ruta entre el nodo de malla de fuente y el nodo de malla de destino. Un nodo de malla particular se puede activar si la identidad comprendida por el mensaje de señal de activación coincide con la identidad del nodo de malla particular.

5 El mensaje de señal de activación luego se puede modificar, por ese nodo de malla particular, de tal manera que la identidad del nodo de malla en la información de contexto se reemplaza por la identidad del siguiente salto en la red inalámbrica de malla.

10 En un ejemplo adicional, el nodo de malla comprende una tabla de reenvío que tiene la dirección de fuente y los pares de direcciones de destino enumerados para los cuales el nodo de malla debe actuar como un relé, y la información de contexto comprende un identificador de ruta, PID, que refleja una dirección de fuente del nodo de malla de fuente y una dirección de destino del nodo de malla de destino, y en donde el paso de determinación comprende:

15 - determinar, mediante el receptor de activación del nodo de malla, que el PID está asociado a una dirección de fuente y un par de direcciones de destino en la tabla de reenvío.

20 Ciertas redes inalámbricas de malla existentes operan con un PID. Los inventores han descubierto que el PID también se puede usar de manera eficaz para determinar si un nodo de malla particular se debe activar o no. Como tal, el PID se puede introducir en el mensaje de señal de activación.

25 En un ejemplo adicional, la información de contexto comprende un identificador de mensaje, MID, que refleja una dirección de fuente del nodo de malla de fuente y un número de secuencia, SEQ, que se incrementa para cada dirección de fuente para cada nueva unidad de datos de protocolo, PDU, en donde el paso de determinación comprende:

- determinar, mediante el receptor de activación del nodo de malla, que el MID no está asociado a una PDU de red en una memoria caché del nodo de malla.

30 Ciertas otras redes inalámbricas de malla existentes operan usando un MID que refleja una dirección de fuente del nodo de malla de fuente y un número de secuencia. Los inventores han descubierto que puede ser beneficioso utilizar el MID en un mensaje de señal de activación, ya que el MID se puede utilizar por un nodo de malla para determinar si tiene un papel activo en una ruta entre el nodo de malla de fuente y un nodo de malla de destino.

En un ejemplo adicional, la información de contexto comprende un campo de Tiempo de Vida, TTL, que refleja un número de saltos del mensaje de señal de activación en la red inalámbrica de malla, en donde el método comprende además los pasos de:

- 5 - recibir, mediante el receptor principal del nodo de malla, el mensaje de datos;
- recibir, mediante cualquiera del receptor de activación y el receptor principal, un mensaje de señal de activación adicional que comprende información de contexto que está relacionada con la misma ruta entre el nodo de malla de fuente y el
- 10 nodo de malla de destino correspondiente;
- determinar, mediante cualquiera del receptor de activación y el receptor principal, que un campo TTL en la información de contexto del mensaje de señal de activación adicional es menor que un campo TTL en la información de contexto del mensaje de señal de activación;
- 15 - reenviar, mediante el nodo de malla, el mensaje de datos recibido en la red inalámbrica de malla con base en la determinación.

El ejemplo descrito anteriormente es útil para reducir la latencia en las redes inalámbricas de malla. En situaciones de la técnica anterior, el mensaje de señal de activación se propaga a través de toda la red inalámbrica de malla al nodo de malla de destino. Cada uno de los nodos involucrados en la ruta entre el nodo de malla de fuente y el nodo de malla de destino se disponen para reconocer la recepción del mensaje de señal de activación. Solo una vez que todos los nodos han proporcionado el reconocimiento, se envía el mensaje de datos correspondiente.

Los inventores han descubierto que el proceso descrito anteriormente se puede hacer de manera más eficiente al no esperar hasta que cada uno de los nodos en la ruta haya reconocido la recepción del mensaje de señal de activación. Más específicamente, el presente ejemplo utiliza el concepto de que un nodo de malla particular utiliza el mensaje de señal de activación que se reenvía por el nodo de malla posterior como una confirmación/reconocimiento de que el mensaje de señal de

25 activación inicial se recibe correctamente. Como tal, no existe la necesidad de enviar un mensaje de reconocimiento independiente, dedicado por cualquiera de los nodos de malla en la ruta.

Además, un mensaje de datos se puede enviar por un nodo de malla particular una vez que ese nodo de malla particular recibe una confirmación del

mensaje de señal de activación. No hay necesidad de que cada uno de los nodos de malla en la red inalámbrica de malla proporcione confirmaciones/reconocimientos, ya que los datos ya se pueden enviar por un nodo de malla particular una vez que el nodo de malla posterior ha proporcionado un reconocimiento. El proceso de distribución del mensaje de señal de activación y el mensaje de datos se realizan casi en paralelo. Esto reduce el tiempo y, por lo tanto, reduce la latencia.

En un ejemplo adicional, el método comprende además el paso de:

- reenviar, mediante el nodo de malla, el mensaje de señal de activación en la red inalámbrica de malla.

En otro ejemplo, el método comprende además el paso de:

- recibir, mediante cualquiera del receptor de activación y el receptor principal, un mensaje de señal de activación adicional, en donde el mensaje de señal de activación adicional actúa como un reconocimiento para el mensaje de señal de activación reenviado.

En un segundo aspecto de la presente divulgación, se proporciona un nodo de malla dispuesto para operación en una red inalámbrica de malla, en donde el nodo de malla comprende un receptor principal, un receptor de activación y un procesador, y en donde el procesador se dispone para controlar el receptor principal y el receptor de activación para:

- recibir, mediante el receptor de activación del nodo de malla, un mensaje de señal de activación, en donde el mensaje de señal de activación comprende información de contexto que está relacionada con una ruta entre un nodo de malla de fuente y un nodo de malla de destino correspondiente al mensaje de señal de activación;

- determinar, mediante el receptor de activación del nodo de malla, que la información de contexto es aplicable para el nodo de malla;

- activar, mediante el receptor de activación del nodo de malla, el receptor principal del nodo de malla para recibir posteriormente un mensaje de datos.

Se debe señalar que las ventajas y definiciones asociadas con el primer aspecto de la descripción también se asocian con el segundo aspecto de la presente divulgación.

En un ejemplo, la información de contexto comprende una identificación de un siguiente nodo de malla en la ruta entre el nodo de malla de fuente y el nodo de malla de destino, y en donde el procesador se dispone para controlar el

receptor de activación para:

- determinar, mediante el receptor de activación del nodo de malla, que el nodo de malla corresponde a la identificación del siguiente nodo de malla en la ruta.

5 En un ejemplo adicional, el nodo de malla comprende una tabla de reenvío que tiene la dirección de fuente y los pares de direcciones de destino enumerados para los cuales el nodo de malla debe actuar como un relé, y la información de contexto comprende un identificador de ruta, PID, que refleja una dirección de fuente del nodo de malla de fuente y una dirección de destino del nodo
10 de malla de destino, y en donde el procesador se dispone para controlar el receptor de activación para:

- determinar, mediante el receptor de activación del nodo de malla, que el PID está asociado a una dirección de fuente y un par de direcciones de destino en la tabla de reenvío.

15 En otro ejemplo, la información de contexto comprende un identificador de mensaje, MID, que refleja una dirección de fuente del nodo de malla de fuente y un número de secuencia, SEQ, que se incrementa para cada dirección de fuente para cada nueva Unidad de Datos de Protocolo, PDU, en donde el procesador se dispone para controlar el receptor de activación para:

20 - determinar, mediante el receptor de activación del nodo de malla, que el MID no está asociado a una PDU de red en una memoria caché del nodo de malla.

 En un ejemplo, la información de contexto comprende un campo de Tiempo de Vida, TTL, que refleja un número de saltos del mensaje de señal de
25 activación en la red inalámbrica de malla, en donde el procesador se dispone para controlar el receptor principal y el receptor de activación para:

- recibir, mediante el receptor principal del nodo de malla, el mensaje de datos;

 - recibir, mediante cualquiera del receptor de activación y el receptor
30 principal, un mensaje de señal de activación adicional que comprende información de contexto que está relacionada con la misma ruta entre el nodo de malla de fuente y el nodo de malla de destino correspondiente;

- determinar, mediante cualquiera del receptor de activación y el receptor principal, que un campo TTL en la información de contexto del mensaje de

señal de activación adicional es menor que un campo TTL en la información de contexto del mensaje de señal de activación;

- reenviar, mediante el nodo de malla, el mensaje de datos recibido en la red inalámbrica de malla con base en la determinación.

5 En un ejemplo adicional, el procesador se dispone además para controlar el nodo de malla para:

- reenviar, mediante el nodo de malla, el mensaje de señal de activación en la red inalámbrica de malla.

10 En otro ejemplo, el procesador se dispone para controlar cualquiera del receptor principal y el receptor de activación para

- recibir, mediante cualquiera del receptor de activación y el receptor principal, un mensaje de señal de activación adicional, en donde el mensaje de señal de activación adicional actúa como un reconocimiento para el mensaje de señal de activación reenviado.

15 En un tercer aspecto, se proporciona un producto de programa de computadora que comprende un medio legible por computadora que tiene instrucciones almacenadas en el mismo, cuyas instrucciones hacen que un nodo de malla en la red inalámbrica de malla implemente un método de acuerdo con cualquiera de los ejemplos proporcionados anteriormente.

20 Se observa que la red inalámbrica de malla de acuerdo con la presente divulgación puede ser cualquier tipo de red de malla, tal como una red Bluetooth, una red Zigbee o cualquier cosa similar.

25 Las características y ventajas mencionadas anteriormente y otras características y ventajas de la descripción se entenderán mejor a partir de la siguiente divulgación con referencia a las figuras anexas. En las figuras, números de referencia similares denotan partes o partes idénticas que realizan una función u operación idéntica o comparable.

Breve descripción de las figuras

30 La figura 1 ilustra esquemáticamente un nodo que comprende un receptor principal y un receptor de activación.

La figura 2 ilustra esquemáticamente un método para transmitir paquetes de datos de acuerdo con la técnica anterior.

La figura 3 ilustra esquemáticamente un método de acuerdo con la presente divulgación.

La figura 4 ilustra esquemáticamente un método de acuerdo con la presente divulgación.

La figura 5 ilustra esquemáticamente un método de acuerdo con la presente divulgación.

5 La figura 6 ilustra esquemáticamente un nodo de malla de acuerdo con la presente divulgación.

Descripción detallada

Algunas de las modalidades contempladas en la presente se describirán ahora más completamente con referencia a las figuras anexas. Sin embargo, otras modalidades se encuentran dentro del alcance de la materia objeto divulgada en la presente, la materia objeto divulgada no se debe considerar como limitada solo a las modalidades expuestas en la presente; en su lugar, estas modalidades se proporcionan a modo de ejemplo para transmitir el alcance de la materia objeto a aquellos expertos en la técnica.

15 La figura 1 ilustra esquemáticamente un nodo 1 que comprende un receptor principal 3 y un receptor de activación 4. Como se ilustra en la figura, ambos receptores se pueden comunicar o recibir paquetes a través de una antena compartida común 2. El experto en la técnica entiende que, alternativamente, puede recibir paquetes a través de antenas independientes. Además, hay un enlace entre la recepción principal 3 y el receptor de activación 4 dispuesto para comunicar la recepción de una señal de activación y para activar el receptor de activación del nodo. Esta disposición como se muestra en la figura 1 se conoce por el experto en la técnica y tiene ventajas como se divulga en la presente anteriormente.

25 La figura 2 ilustra esquemáticamente un método 10 para transmitir paquetes de datos de acuerdo con la técnica anterior. En el ejemplo ilustrado en la figura 2, los paquetes de datos se transmiten desde un nodo de fuente 11 a un nodo de destino 13 a través de un relé o nodo intermedio 12. Esta transmisión se logra dentro de dos saltos, es decir, desde el nodo de fuente 11 al nodo de retransmisión 12 y luego desde el nodo de retransmisión 12 al nodo de destino 13.

30 En primer lugar, se envía una señal de activación 14 desde el nodo de fuente 11 al nodo de relé 12. El nodo de fuente 11 luego espera una respuesta de activación 15 desde el nodo de relé 12. Tras recibir una respuesta de activación 15, los datos que se van a transmitir se envían 16. Aquí se ve que, para un salto de datos, se deben realizar 3 pasos y cada paso implica un retardo de propagación. En pasos

posteriores, el nodo de retransmisión 12 realiza pasos idénticos: enviar la señal de activación 17 al nodo de destino 13, esperar la respuesta de activación 18 y luego transmitir 19 los datos. Por lo tanto, para una transmisión de 2 saltos, se deben realizar un total de 6 pasos.

5 Este método se conoce por la persona experta. Además, este método como se muestra en la figura 2 no se puede aplicar directamente a una red de malla Bluetooth ya que cada nodo puede necesitar activar todos los receptores en el entorno para asegurarse de que el mensaje de datos se propague hasta el destino.

10 La figura 3 ilustra esquemáticamente un método 20 de acuerdo con la presente divulgación. Como ejemplo, el método se ilustra y explica en el caso de una transmisión de dos saltos. El experto entiende que la enseñanza también se puede usar para un escenario de múltiples saltos que involucra más de tres nodos. Antes de enviar un mensaje de datos, el nodo de fuente 11 transmite una trama de señal de activación 21 con un contexto asociado con el mensaje de datos.

15 Un nodo de relé 12 que recibe la señal de activación 21 comprueba si la señal de activación se refiere a una información de contexto válida. En caso afirmativo, el segundo nodo

- enciende el radio principal y
- replica la señal de activación.

20 Solo después de que el nodo de fuente 11 recibe 22 al menos una copia de la señal de activación, envía 24 el mensaje de datos. El nodo de fuente 11 puede esperar un tiempo predeterminado ("tiempo de activación") después de la transmisión de la señal de activación 21 para recopilar múltiples copias de la señal de activación antes de enviar 23 el mensaje de datos. La copia de la señal de activación
25 22 se utiliza como un reconocimiento de la transmisión de la señal de activación original.

 En una implementación preferida, las señales de activación 21 y los mensajes de datos 23, 25 se envían en diferentes canales, de modo que no hay riesgo de colisión entre la transmisión de datos desde el primer nodo y la señal de activación
30 replicada por un tercer nodo en la red. Alternativamente, se aplica un retardo aleatorio antes de la transmisión de datos para mitigar la probabilidad de colisión con otros mensajes de datos y señales de activación.

 Un tercer nodo, que actúa como un destino 13 del mensaje de datos, también necesita replicar la señal de activación para recibir el mensaje de datos. El

destino 13 se alcanza dentro de $(N_{\text{hops}}+2)$ pasos en lugar de $3*N_{\text{hops}}$ requeridos con la técnica anterior

La figura 4 ilustra esquemáticamente un método 30 de acuerdo con la presente divulgación. Los pasos 31 – 34 se deben realizar por un nodo de fuente. Los pasos 40 – 49 se deben realizar por un nodo de retransmisión, y los pasos 50 – 56 se deben realizar por un nodo de retransmisión o el nodo de destino. El experto entiende que potencialmente cada nodo en la red puede actuar como un nodo de fuente, retransmisión o destino. Los pasos y métodos se ilustran por separado solo para fines de claridad. Cada nodo en la red se dispone para realizar todos estos pasos dependiendo de si el nodo es el nodo de fuente, retransmisión o destino para una transmisión en particular.

En el paso 31, el nodo se da cuenta de que hay algunos datos que se necesitan transmitir. En el paso 32, el nodo establece un Identificador de Ruta, PID, un Identificador de Mensaje, MID y un Tiempo de Vida, TTL. Cuando no está disponible información explícita de siguiente salto, como en Bluetooth Mesh, un nodo solo puede saber si pertenece a una ruta de extremo a extremo al almacenar tanto la dirección SRC (2 bytes) como la dirección DST (2 bytes).

Como una modalidad de esta invención, el campo SRC y DST se combinan en un identificador de ruta corta (PID), por ejemplo, 2 bytes, mediante la combinación de un octeto de SRC y un octeto de DST. El PID se transmite por el primer nodo como un contexto en la trama de señal de activación. Un segundo nodo que recibe la señal de activación se activa y replica la señal de activación solo si el PID está asociado a un SRC y DST presentes en una tabla de reenvío.

Con un PID corto, existe el riesgo de que un nodo se despierte en presencia de un mensaje con diferentes SRC y DST que proporcionan el mismo PID. Sin embargo, la probabilidad de este caso falso positivo disminuye con el tamaño del PID y los mensajes adicionales recibidos aún se pueden descartar por la capa de red.

Cuando no está disponible información explícita de siguiente salto, como en Bluetooth Mesh, un nodo solo puede saber si pertenece a una ruta de extremo a extremo al almacenar tanto la dirección SRC (2 bytes) como la dirección DST (2 bytes).

Como una modalidad de esta invención, el campo SRC y DST se combinan en un identificador de ruta corta (PID), por ejemplo, 2 bytes, mediante la combinación de un octeto de SRC y un octeto de DST. El PID se transmite por el

primer nodo como un contexto en la trama de señal de activación. Un segundo nodo que recibe la señal de activación se activa y replica la señal de activación solo si el PID está asociado a un SRC y DST presentes en una tabla de reenvío.

5 Con un PID corto, existe el riesgo de que un nodo se despierte en presencia de un mensaje con diferentes SRC y DST que proporcionan el mismo PID. Sin embargo, la probabilidad de este caso falso positivo disminuye con el tamaño del PID y los mensajes adicionales recibidos aún se pueden descartar por la capa de red.

10 Las PDU de red de malla Bluetooth se propagan en la red para un número máximo de saltos definidos por el campo TTL en la PDU de red, que se disminuye en cada salto hasta que alcanza 1 y no se propagan más.

 Como una modalidad de esta invención, el campo TTL de la PDU de red también se transmite por el primer nodo como parte de la información de contexto en la trama de señal de activación. Un segundo nodo que recibe la señal de activación disminuye el campo TTL antes de propagar la señal de activación.

15 Al verificar el campo TTL de una señal de activación recibida, el primer nodo es capaz de distinguir la señal de activación propagada por un nodo de siguiente salto de una copia potencial de la señal de activación procedente de otro nodo. El primer nodo solo envía el mensaje de datos si la señal de activación se recibe con TTL disminuido.

20 En un paso posterior 33, la señal de activación se transmite y el nodo inicia 34 el temporizador de activación, esperando así un reconocimiento de la señal de activación. Una vez que se recibe una señal de activación 40, el nodo verifica 41 para ver si el temporizador de activación todavía se está ejecutando. Si el temporizador de activación todavía se está ejecutando, es decir, el reconocimiento de la señal de activación se recibe dentro del período de espera, el nodo realiza una verificación adicional 42 para ver si el mensaje tiene el mismo PID, MID y si el TTL se disminuye. Si la verificación 42 se realiza correctamente, el nodo entiende que la activación se realizó correctamente 43. Si la verificación 42 produce que la señal de activación recibida no se relacione con la señal de activación enviada, la señal de activación recibida no se tiene en cuenta 44.

30 Si en el paso 41, el temporizador de activación no se ejecuta, implica que el nodo que recibe la señal de activación aún no ha enviado una señal de activación. Esto se puede esperar, si el nodo que recibe la señal de activación es un nodo de relé. En este escenario, el nodo verifica 45 para ver si el PID es válido y el

MID es nuevo. Un PID válido significa que el nodo que recibe la señal de activación es una parte de la ruta entre la fuente y un par de nodos de destino y un nuevo MID indica que la señal de activación recibida es parte de un nuevo mensaje que se transmite entre los pares de nodos de fuente – destino.

5 Si el PID no es válido o el MID no es nuevo, la señal de activación recibida se descarta 44. Se determina que el PID es válido y el MID es nuevo, se realizan los pasos 46 – 49. En el paso 46, el TTL se disminuye en 1 para realizar un seguimiento del número de saltos. En el paso 47, la señal de activación se reenvía por el nodo a los nodos restantes en la red. En el paso 48, el nodo inicia un
10 temporizador de activación para esperar una duración predeterminada de tiempo para un reconocimiento de la señal de activación reenviada en el paso 47. Finalmente, en el paso 48, se enciende el receptor principal del nodo, que permite la recepción y transmisión de paquetes de datos.

Al expirar 50 un temporizador de activación, el nodo verifica 51 para
15 ver si la activación se realizó correctamente. En otras palabras, si se ha recibido un reconocimiento de la señal de activación transmitida. Si no se ha recibido ningún reconocimiento, la señal de activación se retransmite 55 y el temporizador de activación se inicia nuevamente 56. Si en el paso 51, se determina que la activación se realizó correctamente, el nodo verifica 52 si hay algún mensaje de datos que se va
20 a transmitir. Es posible que se deban transmitir mensajes de datos si el nodo que realiza estos pasos es un nodo de relé. Por otro lado, puede que no haya mensajes de datos que necesiten transmisión debido a dos razones, es decir:

- El nodo recibió un mensaje de datos con TTL = 0, que indica que el mensaje de datos no se debe transmitir más en la red porque el nodo es el nodo de
25 destino o porque se ha excedido el número máximo de saltos para un mensaje particular que se transmite.

- El nodo de relé aún no ha recibido un mensaje de datos que se va a (re) transmitir.

Si hay mensajes de datos que se van a transmitir, los mensajes se
30 transmiten 53 y luego el receptor principal se apaga 54. Si en el paso 52, se determina que no hay mensajes que se van a transmitir, el receptor principal se apaga 54.

La figura 5 ilustra esquemáticamente un método 60 de acuerdo con la presente divulgación. El método 60 para activar un nodo de malla en una red inalámbrica de malla, en donde el nodo de malla comprende un receptor principal y

un receptor de activación. El método comprende los pasos de recepción 61, mediante el receptor de activación del nodo de malla, un mensaje de señal de activación, en donde el mensaje de señal de activación comprende información de contexto que está relacionada con una ruta entre un nodo de malla de fuente y un nodo de malla de destino correspondiente al mensaje de señal de activación. En un paso adicional de determinación 62, mediante el receptor de activación del nodo de malla, se determina que la información de contexto es aplicable para el nodo de malla. En un paso final de activación 63, mediante el receptor de activación del nodo de malla, el receptor principal del nodo de malla se activa para recibir posteriormente un mensaje de datos.

La figura 6 ilustra esquemáticamente un nodo de malla 70 de acuerdo con la presente divulgación. El nodo de malla 70 se dispone para operación en una red inalámbrica de malla tal como una red de malla Bluetooth, en donde el nodo de malla 70 comprende un receptor principal 73, un receptor de activación 72 y un procesador 76, y en donde el procesador 76 se dispone para controlar el receptor principal 73 y el receptor de activación 72 para recibir, por el receptor de activación 72 del nodo de malla 70, un mensaje de señal de activación, en donde el mensaje de señal de activación comprende información de contexto que está relacionada con una ruta entre un nodo de malla de fuente y un nodo de malla de destino correspondiente al mensaje de señal de activación. Posteriormente, el procesador 76 se dispone para determinar, mediante el receptor de activación 72 del nodo de malla, que la información de contexto es aplicable para el nodo de malla 70, y activar, mediante el receptor de activación 72 del nodo de malla, el receptor principal 73 del nodo de malla para recibir posteriormente un mensaje de datos

El receptor principal y el receptor de activación pueden recibir mensajes a través de una antena 71. Además, el nodo de malla 70 comprende el equipo de transmisión 74, 75 dispuesto para transmitir cualquier mensaje de datos recibido. El nodo de malla comprende además una memoria 77 que se dispone para almacenar instrucciones legibles por computadora que cuando se ejecutan por el procesador 76 hacen que el nodo de malla realice un método de acuerdo con un método como se divulga en la presente. Todos los componentes internos 71 – 77, del nodo de malla 70 se comunican entre sí a través de un bus interno 78.

Otras variaciones a los ejemplos divulgados se pueden comprender y efectuar por aquellos expertos en la técnica de la práctica de la divulgación reivindicada, a partir de un estudio de los dibujos, la divulgación y las reivindicaciones

anexas. En las reivindicaciones, la palabra "que comprende" no excluye otros elementos o pasos, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. Un solo procesador u otra unidad puede cumplir con las funciones de varios artículos mencionados en las reivindicaciones. El simple hecho de que determinadas mediciones se mencionen en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas mediciones no se pueda utilizar con ventaja. Un programa de computadora se puede almacenar/distribuir en un medio adecuado, tal como un medio de almacenamiento óptico o un medio de estado sólido suministrado junto con o como parte de otro hardware, pero también se puede distribuir en otras formas, tal como a través de Internet u otros sistemas de telecomunicaciones alámbricos o inalámbricos. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no se debe interpretar como que limita el alcance de las mismas.

La presente divulgación no se limita a los ejemplos divulgados anteriormente. Se pueden modificar y mejorar por aquellos expertos en la técnica más allá del alcance de la presente divulgación como se divulga en las reivindicaciones anexas sin tener que aplicar habilidades inventivas.