

TOPOLOGÍA DE RED

Campo de la Invención

[001] La presente descripción se inscribe en el campo de las topologías de red y se refiere en particular a una red de salto de canal sincronizado en el tiempo (TSCH) con nodos configurados para implementar pilas de protocolos que permiten la comunicación entre ellos.

Fundamentos de la Invención

[002] Los dispositivos de medición pueden implantarse en empresas, viviendas y otras instalaciones para medir el consumo de recursos, como electricidad, agua y gas. Si bien algunos dispositivos de medición pueden proporcionar únicamente funciones básicas de medición, otros dispositivos de medición, conocidos en la técnica como "medidores inteligentes", pueden proporcionar funcionalidades más avanzadas, como funciones de control y comunicación.

[003] En un ejemplo, algunos dispositivos de medición pueden configurarse para comunicar información relacionada con el consumo de recursos. En otro ejemplo, algunos dispositivos de medición pueden configurarse para recibir información, como información de facturación y señales de control, tales como señales de desconexión del servicio o similares. En ejemplos, la transmisión de información relacionada con el consumo de recursos medidos puede

simplificar la facturación automatizada, reducir los costos operativos y permitir análisis avanzados del consumo de recursos.

[004] Si bien en algunos ejemplos un dispositivo de medición puede comunicarse directamente con un enrutador o un dispositivo gateway, en otros ejemplos puede formarse una red en malla inalámbrica a partir de varios dispositivos de medición, en la que cada dispositivo de medición opera como un nodo interconectado y un punto final efectivo dentro de la red en malla inalámbrica.

[005] Cuando se implementa en una red en malla inalámbrica, un dispositivo de medición que opera como un nodo de red puede retransmitir mensajes hacia o desde un dispositivo gateway, un enrutador o un sistema central. En un ejemplo, los mensajes pueden ser enrutados a lo largo de una ruta saltando de nodo en nodo, por ejemplo, de un dispositivo de medición a otro, hasta que dichos mensajes lleguen a un destino objetivo, como el gateway/enrutador o un dispositivo de medición objetivo.

[006] Los escenarios de instalación de estos nodos terminales pueden ser diversos y, en algunos casos, presentar restricciones técnicas: subestaciones subterráneas/estacionamientos, cajas metálicas, paneles de medidores empotrados en un condominio de edificios, etc.

[007] En algunos de estos casos, el nodo de punto

final puede no estar accesible directamente, por lo que el uso de un visor remoto puede ser necesario para que un consumidor final pueda consultar la información de consumo.

[008] Estos módulos de visualización remotos pueden tener requisitos de red diferentes con respecto a los nodos terminales y pueden manejar cantidades menores de datos y/o contar con niveles relativamente bajos de funcionalidad. Además, puede ser necesario que dichos módulos de visualización remotos sean de baja complejidad y bajo costo y, por lo tanto, puedan presentar capacidades de procesamiento reducidas en comparación con los nodos terminales.

[009] Por estas razones, aunque se pueda implementar una solución de red en malla robusta para la comunicación entre los nodos terminales y el resto de la red en malla, dicha solución de red en malla puede no ser ideal para la comunicación entre todos los nodos terminales y otros módulos de comunicación, como dispositivos de visualización remotos.

[0010] Es deseable proporcionar, por lo tanto, un método y sistema de complejidad relativamente baja, eficiente y eficaz para transferir datos a través de una red en malla y entre nodos de punto final y otros nodos con capacidades de procesamiento relativamente bajas y requisitos de costo estrictos, como los módulos de

visualización remotos descritos arriba.

[0011] Es, por lo tanto, un objetivo de al menos una modalidad de al menos un aspecto de la presente descripción evitar o, al menos, mitigar al menos una de las deficiencias identificadas arriba en la técnica anterior.

Sumario de la Invención

[0012] La presente descripción se encuentra en el campo de las topologías de red y se refiere, en particular, a una red TSCH de nodos, con nodos configurados para implementar pilas de protocolos que permitan la comunicación entre ellos. De acuerdo con un primer aspecto de la descripción, se proporciona una red de nodos comprendiendo: un primer nodo configurado para implementar una pila de protocolos que permita la comunicación con al menos otro nodo en un rango de canales de frecuencia; y al menos un segundo nodo configurado para implementar una versión reducida de la pila de protocolos que permita la comunicación con el primer nodo utilizando únicamente un solo canal de frecuencia.

[0013] El término "versión reducida de la pila de protocolos" se entenderá como referido a una pila de protocolos con menos recursos y/o menor funcionalidad, pero aún en conformidad con uno o más de los mismos estándares de una versión de la pila de protocolos ejecutada por el primer nodo. Se proporcionan ejemplos con más detalle a

continuación con referencia a las Figuras 4a y 4b.

[0014] Ventajosamente, usando la misma pila de protocolos, pero una versión reducida del conjunto de recursos, se puede asegurar la compatibilidad entre los nodos, aunque el segundo nodo pueda contar con capacidades de procesamiento sustancialmente menores que el primer nodo.

[0015] Además, se entenderá que, aunque la comunicación se realice en un único canal de frecuencia como se describió arriba, dicho canal no siempre es el mismo. Por ejemplo, el canal de frecuencia única puede configurarse a partir de una amplia lista de canales. En un ejemplo no limitativo, 44 canales pueden estar disponibles de acuerdo con los estándares brasileños, y otras cantidades de canales pueden estar disponibles en otros territorios y/o de acuerdo con otros estándares.

[0016] La red puede ser una red de salto de canal sincronizado por tiempo (TSCH). Opcionalmente, la red puede ser una red TSCH definida por el IEEE 802.15.4e.

[0017] La red puede ser una red inalámbrica de RF.

[0018] Ventajosamente, el primer nodo puede ser capaz de formar una red en malla con al menos un nodo adicional, aunque el segundo nodo pueda ser más limitado en términos de capacidades de comunicación y, en algunos ejemplos, puede estar configurado únicamente para aceptar paquetes de

datos del primer nodo. Es decir, el segundo nodo puede no funcionar como un nodo de punto final en la red en malla y, en cambio, puede estar configurado para aceptar únicamente paquetes del primer nodo, en el que el primer nodo opera efectivamente como un nodo de punto final parental.

[0019] Tal ejemplo de red en malla TSCH puede estar configurado de modo que un canal de frecuencia en el que los nodos activos en la red transmiten o reciben datos cambie periódicamente. En ejemplos, los nodos que están activos en la red en malla pueden estar configurados con una secuencia de salto de canal, que puede, por ejemplo, ser una secuencia de salto de canal predefinida o pseudoaleatoria, la cual especifica la secuencia de canales a utilizar para las comunicaciones de la red.

[0020] Dicha red en malla puede ser particularmente adecuada para implementaciones de sistemas de Infraestructura de Medición Avanzada (AMI), como sistemas AMI que miden, recopilan y/o analizan el consumo de servicios públicos de medidores de electricidad, gas, agua y otros a través de diversos medios de comunicación.

[0021] El primer nodo puede estar configurado para formar una red en malla con al menos un nodo adicional.

[0022] La pila de protocolos del primer nodo puede comprender una capa de transporte y una capa de red. Ninguna capa puede estar implementada en al menos un

segundo nodo.

[0023] Es decir, el segundo nodo puede comprender una versión sustancialmente reducida de la pila implementada en el primer nodo, reduciendo así la funcionalidad, pero garantizando la compatibilidad.

[0024] Cada pila de protocolos puede proporcionarse en capas funcionales, tales como capas en conformidad con el modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI) o el modelo Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet (TCP/IP), o similares.

[0025] Opcionalmente, la capa de transporte puede ser una capa de transporte compatible con UDP/TCP.

[0026] Opcionalmente, la capa de red puede ser una capa de red compatible con IPv6/ICMP/RPL.

[0027] Al menos un segundo nodo puede estar configurado únicamente para comunicación unidireccional con el primer nodo.

[0028] Ventajosamente, al reducir la funcionalidad de la comunicación, los recursos innecesarios definidos en la pila de software pueden omitirse, reduciendo así los requisitos de procesamiento.

[0029] En ejemplos, el segundo nodo puede comprender un sensor o módulo de sensores, tal como un módulo sensor de detección de violaciones o similar, y puede estar configurado únicamente para la transmisión de datos al

primer nodo.

[0030] En otros ejemplos, descritos con más detalle a continuación, el segundo nodo puede corresponder a un módulo de visualización remoto y puede estar configurado únicamente para la recepción de datos.

[0031] Es decir, en dichos ejemplos, la dirección de la comunicación puede ser del primer nodo para al menos un segundo nodo.

[0032] El canal de frecuencia único puede seleccionarse en función de al menos uno de los siguientes: un identificador único; un ID de LAN; o un número de serie de al menos un segundo nodo.

[0033] El primer nodo puede comprender un módulo medidor para medir el consumo de un recurso.

[0034] En ejemplos, el primer nodo puede comprender uno o más módulos medidores para medir el consumo de energía eléctrica. Cada módulo medidor puede comprender un módulo medidor eléctrico para medir el consumo de energía eléctrica monofásica, bifásica o trifásica.

[0035] Al menos un segundo nodo puede comprender un módulo de visualización remoto configurado para mostrar información basada en paquetes recibidos del primer nodo. En ejemplos, dichos paquetes pueden comprender o basarse en datos del módulo medidor. Como ejemplo no limitativo, dicha información puede comprender información metrológica. En

otros ejemplos no limitativos, la información puede adicional o alternativamente incluir información de fecha y/o hora, detalles de identificación, como un ID de LAN o número de serie, información de pantalla de prueba o similar.

[0036] El primer nodo y al menos un segundo nodo pueden emparejarse de modo que al menos un segundo nodo pueda configurarse únicamente para aceptar y/o procesar paquetes recibidos del primer nodo.

[0037] Es decir, aunque otro primer nodo que se comunique en los mismos canales pueda transmitir datos al segundo nodo, el segundo nodo puede emparejarse con un primer nodo específico de modo que acepte únicamente, por ejemplo, reciba y procese, los datos de un nodo emparejado.

[0038] En un ejemplo en el que el primer nodo comprende un módulo medidor y el segundo nodo comprende un módulo de visualización remoto, en una fase de inicialización, un paquete de emparejamiento firmado utilizando una clave privada de utilidad de un par de claves asimétricas de utilidad puede ser comunicado al módulo de visualización remoto. El paquete de emparejamiento puede comprender una clave pública del medidor eléctrico de un par de claves asimétricas del medidor eléctrico. El módulo de visualización remoto puede estar configurado para autenticar el paquete de

emparejamiento usando una clave pública de utilidad del par de claves asimétricas de utilidad, en donde dicha clave pública de utilidad puede almacenarse en el módulo de visualización remoto. La clave pública del medidor eléctrico puede entonces almacenarse en el módulo de visualización remoto.

[0039] Como tal, en el ejemplo, el primer nodo y el segundo nodo pueden emparejarse efectivamente, de modo que el segundo nodo pueda usar la clave pública del medidor eléctrico para autenticar paquetes de un primer nodo emparejado.

[0040] La red puede comprender una pluralidad de segundos nodos. Cada segundo nodo puede estar configurado para implementar una versión reducida de la pila de protocolos para permitir la comunicación con el primer nodo usando únicamente un respectivo canal de frecuencia único.

[0041] El primer nodo puede comprender una pluralidad de módulos medidores. Cada módulo medidor puede emparejarse con un segundo nodo asociado de la pluralidad de segundos nodos.

[0042] Ventajosamente, tal disposición puede ser adecuada para arreglos de medidores de gabinete, en los que varios módulos medidores pueden implementarse dentro de un único gabinete y comunicarse a través de un único radio, y en donde cada módulo medidor está efectivamente emparejado

con un módulo de visualización remoto asociado.

[0043] El primer nodo y al menos un nodo adicional pueden ser operables como puntos finales en la red.

[0044] Es decir, desde el punto de vista de un sistema de central de recepción, cada primer nodo puede efectivamente ser un punto final en la red en malla, y los segundos nodos efectivamente tienen únicamente un canal de comunicación dedicado con dicho punto final. Es decir, el segundo nodo puede no formar parte de la malla propiamente dicha.

[0045] La red puede proporcionarse en combinación con uno o más nodos adicionales. La red puede proporcionarse en combinación con un sistema principal.

[0046] De acuerdo con un segundo aspecto de la descripción, se proporciona un primer nodo de una red, en donde el primer nodo está: emparejado con un segundo nodo de la red de modo que el segundo nodo esté configurado únicamente para aceptar y/o procesar paquetes recibidos del primer nodo; configurado para comunicarse con el segundo nodo usando únicamente un único canal de frecuencia; y configurado para comunicarse con al menos un nodo adicional en una red en malla en un rango de canales de frecuencia.

[0047] El resumen anterior tiene únicamente un carácter ejemplificativo y no limitativo. La descripción incluye uno o más aspectos, modalidades o características

correspondientes, ya sea de forma aislada o en varias combinaciones, estén o no específicamente declarados (incluidos en las reivindicaciones) en esa combinación o de forma aislada. Debe entenderse que las características definidas anteriormente de acuerdo con cualquier aspecto de la presente descripción, o las relacionadas a cualquier modalidad específica de la descripción, pueden ser utilizadas, solas o en combinación con cualquier otra característica definida, en cualquier otro aspecto o modalidad, o para formar otro aspecto o modalidad de la descripción.

Breve Descripción de los Dibujos

[0048] Estos y otros aspectos de la presente descripción se describirán a continuación únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la **Figura 1** representa un diagrama de bloqueos de un ejemplo de una red en malla;

la **Figura 2** representa un ejemplo de una red de nodos, de acuerdo con una modalidad de la presente descripción;

la **Figura 3** representa un ejemplo de un método de operación de la red de nodos, de acuerdo con una modalidad de la presente descripción;

la **Figura 4a** representa un ejemplo de una pila de protocolos que puede implementarse en un primer nodo de la

red de nodos, de acuerdo con una modalidad de la descripción; y

la **Figura 4b** representa un ejemplo de una versión reducida de la pila de protocolos que puede implementarse en un segundo nodo de la red de nodos, de acuerdo con una modalidad de la descripción.

Descripción Detallada de los Dibujos

[0049] La Figura 1 representa un ejemplo de red en malla 100. La red de ejemplo 100 puede ser una red de salto de canal sincronizado por tiempo (TSCH), según lo definido por el estándar IEEE 802.15.4e. La red en malla 100 puede ser una red de nodos RF Mesh IP/Wi-SUN (Red Inalámbrica Inteligente de Utilidad). La red en malla 100 es un ejemplo de una red en malla en la cual la presente invención se puede implementar. En ejemplos, la red en malla 100 puede comprender una topología de malla completa, por ejemplo, donde cualquier nodo puede comunicarse con cualquier nodo dentro del alcance, o una topología de malla parcial con conectividad más limitada o seleccionada entre los nodos.

[0050] La red en malla ejemplificativa comprende un sistema de central de recepción 110. El sistema de central de recepción 110 puede funcionar como un sistema de procesamiento central que transmite y/o recibe datos, flujos de datos, paquetes de datos y/o mensajes de los nodos 105a - 105h de la red en malla 100, según se describe

con más detalle a continuación. El sistema de central de recepción 110 puede generar y/o procesar los datos. En ejemplos, el sistema de central de recepción 110 puede estar acoplado de forma comunicable a otro sistema, tal como un sistema basado en la nube (no mostrado), para generar y/o procesar los datos.

[0051] La red en malla ejemplificativa 100 puede entender un nodo raíz 115. El nodo raíz 115 de la red en malla 100 puede estar configurado para comunicarse con los nodos 105a - 105h para ejecutar operaciones como recuperar datos de los nodos 105a - 105h y/o transmitir datos al sistema de central de recepción 110. En algunos ejemplos, el nodo raíz 115 también puede operar como un nodo similar a otros nodos 105a - 105h. En los ejemplos, el nodo raíz 115 puede comprender un dispositivo de gateway. El nodo raíz 115 puede estar configurado para transmitir y recibir datos desde/hacia el sistema principal 110 a través de un backhaul 120, como Internet, una intranet o cualquier otra red de comunicación de datos.

[0052] Aunque solo se representa un único nodo raíz 115 con fines ilustrativos, se entenderá que la red en malla 100 puede comprender más de un nodo raíz 115.

[0053] De la misma forma, la red en malla representada 100 comprende varios nodos 105a-105h. Cada nodo 105a-105h puede ser un nodo final. A modo de ejemplo, solo se

representan los nodos 105a-105h, pero se entenderá que sustancialmente pueden implementarse más de ocho nodos. Por ejemplo, en una red en malla de dispositivos de medición, pueden implementarse miles, cientos de miles o incluso millones de dispositivos en la red en malla.

[0054] En los ejemplos, cada nodo 105a - 105h puede entender un dispositivo para medir y/o controlar un recurso. Por ejemplo, el dispositivo puede comprender circuitos y/o componentes para medir el consumo de un recurso y/o controlar el acceso al recurso, como mediante un interruptor de desconexión de servicio o similar. En un ejemplo, la red en malla 100 puede estar asociada a una red de servicios públicos. En dicho ejemplo, los nodos 105a - 105h pueden comprender circuitos y/o componentes para medir el recurso, para determinar varias características operativas de la red de servicios públicos y/o para transmitir los datos recopilados a través de la red en malla 100 al sistema de central de recepción 110 mediante el nodo raíz 115.

[0055] Además, los nodos 105a-105h también pueden estar configurados para comunicarse entre sí de modo que los datos puedan intercambiarse entre los nodos 105a-105h. Es decir, los nodos 105a-105h pueden comprender capacidades de procesamiento local, permitiendo un grado de autonomía sobre la comunicación con otros nodos de la red 100.

[0056] Los nodos 105a - 105h que forman la red en malla 100 pueden estar efectivamente dispuestos en capas, según se observa en la Figura 1. En este ejemplo, el nodo raíz 115 forma la capa 0. Los nodos 105a, 105b que están acoplados de forma comunicable directamente al nodo raíz 115 forman una primera capa, "Capa 1", de la red en malla 100. De manera similar, los nodos 105c - 105e que están acoplados de forma comunicable a la red en malla 100 a través de un nodo de la "Capa 1" forman una segunda capa, "Capa 2", de la red en malla 100. De manera similar, los nodos 105f - 105h que están acoplados de forma comunicable a la red en malla 100 a través de un nodo de la "Capa 2" forman una tercera capa, "Capa 3", de la red en malla 100. Para que los datos se propaguen desde el nodo raíz 115 a una Capa 3 de la red en malla 100 serían necesarios tres "saltos" de los datos.

[0057] En el ejemplo de red en malla 100 de la Figura 1, cada nodo 105a-105h puede estar configurado para implementar una pila de protocolos que permita la comunicación entre ellos, por ejemplo, una pila de protocolos que implemente al menos una capa de transporte y una capa de red, según lo definido por el modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (modelo OSI) o el modelo Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet (TCP/IP). Dicha pila de protocolo se describirá más

detalladamente a continuación con referencia a la Figura 4a.

[0058] No se muestran en la Figura 1 otros nodos, en los que cada nodo adicional implementa una versión reducida de la pila de protocolos para permitir la comunicación con un respectivo nodo 105a-105h usando únicamente un canal de frecuencia dedicado. Este arreglo se describe ahora con referencia a la Figura 2. Dichos nodos adicionales operan efectivamente como comunicación punto a punto con nodos padres, lo cual se describe con más detalle a continuación con referencia a las Figuras 2 y 3. Es decir, en los ejemplos, dichos nodos adicionales no están realmente conectados a la red RF Mesh IP/Wi-SUN implementada por los nodos descritos anteriormente 105a-105h.

[0059] La Figura 2 representa un ejemplo de una red 200 de nodos, de acuerdo con una modalidad de la presente descripción.

[0060] La red 200 comprende un primer nodo 1. El primer nodo 1 está configurado para implementar una pila de protocolos que permita la comunicación con otros nodos 2, 3, 4, 5, 6, 7 en un rango de canales de frecuencia. Cada uno del primer nodo 1 y los otros nodos 2-7 puede estar configurado para implementar efectivamente las mismas pilas de protocolos o pilas compatibles para permitir la comunicación entre ellos. Es decir, en los ejemplos, la

pila de protocolos de cada nodo 1-7 puede estar de conformidad con uno o más de los mismos estándares.

[0061] Cada nodo 1-7 puede corresponder a un nodo 105a-h de la red en malla del ejemplo 100 de la Figura 1. Es decir, la red formada por los nodos 1-7 puede formar una red en malla TSCH, por ejemplo, una red TSCH definida por el estándar IEEE 802.15.4e.

[0062] También se representan ejemplos de trayectorias de comunicación entre cada uno de los nodos 1-7. Por ejemplo, puede observarse que el primer nodo 1 está acoplado de forma comunicable directamente con los nodos cercanos 2, 4 y 6. Sin embargo, se entenderá que dichas trayectorias son solo con fines ilustrativos y que también pueden implementarse otras trayectorias entre los nodos 1-7. Las trayectorias de datos en dicha red en malla pueden ser directas entre los nodos o indirectas a través de nodos intermedios.

[0063] También se representa en la Figura 2 un segundo nodo A. El segundo nodo A está configurado para implementar una versión reducida de la pila de protocolos para permitir la comunicación con el primer nodo 1 usando únicamente un canal de frecuencia. Esta versión reducida puede tener menos recursos y/o menos funcionalidad en relación con la pila de protocolos del primer nodo 1. Un ejemplo de dicha pila de protocolos reducida se describe en más detalles a

continuación con referencia a la Figura 4b.

[0064] Ventajosamente, usando la misma pila de protocolos, por ejemplo, una pila conforme a los mismos estándares, pero con una versión reducida del conjunto de recursos, se puede asegurar la compatibilidad entre el segundo nodo A y el primer nodo 1, aunque el segundo nodo A pueda estar provisto de capacidades de procesamiento sustancialmente menores que el primer nodo 1.

[0065] Según se representa en la Figura 2, el primer nodo 1 puede ser capaz de formar una red en malla con otros nodos 2-7, pero el segundo nodo A puede ser más limitado en términos de capacidades de comunicación y, en algunos ejemplos, puede estar configurado únicamente para aceptar paquetes de datos del primer nodo 1. Es decir, el segundo nodo A puede no funcionar completamente para participar en la red en malla y, en su lugar, puede estar configurado para aceptar únicamente paquetes del primer nodo 1. Como tal, el primer nodo 1 puede ser considerado un nodo padre para el segundo nodo A.

[0066] Según se describe con más detalle con referencia a la Figura 3, dicho ejemplo de red en malla TSCH puede estar configurado de modo que un canal de frecuencia en el cual los nodos 1-7 que están activos en la red transmiten o reciben datos cambie periódicamente. En ejemplos, los nodos 1-7 que están activos en la red en

mallas pueden estar configurados con una secuencia de salto de canal, que puede, por ejemplo, ser una secuencia de salto de canal predefinida y/o pseudoaleatoria, que especifica la secuencia de canales a utilizar para las comunicaciones de la red.

[0067] A modo de ejemplo, se representan nodos adicionales B, C, D y E en la Figura 2, que pueden ser del mismo tipo que el segundo nodo A, también representado. Puede observarse que cada uno de los nodos adicionales B-E está configurado para comunicarse únicamente con un único nodo adicional. Por ejemplo, el nodo B está configurado para aceptar paquetes únicamente del nodo 6 y los nodos C, D y E están configurados para aceptar únicamente paquetes del nodo 5.

[0068] En este ejemplo no limitativo, el segundo nodo A y los nodos adicionales B-E están configurados únicamente para comunicación unidireccional con sus respectivos nodos padres. Es decir, el segundo nodo A está configurado para recibir y procesar paquetes apenas del primer nodo 1. El nodo B está configurado para recibir y procesar paquetes solo del nodo 6. Los nodos C, D y E están configurados para recibir y procesar paquetes solo del nodo 5.

[0069] La Figura 3 representa un ejemplo de un método de operación de la red de nodos, de acuerdo con una modalidad de la presente descripción.

[0070] En el ejemplo de la Figura 3, está representado un primer nodo 1. El primer nodo 1 puede ser el primer nodo de la red 200 de la Figura 2.

[0071] En el ejemplo, el primer nodo 1, por ejemplo, un radio del primer nodo 1, tiene tres paquetes para enviar a tres puntos finales efectivos.

[0072] El primer paquete se denomina "Malla 1" y debe ser enviado por el primer nodo 1 a un primer nodo de punto final 2, por ejemplo, un radio del primer nodo de punto final 2, en la red en malla. El primer nodo de punto final 2 puede ser, por ejemplo, uno de los otros nodos 2-7 de la red 200 de la Figura 2. Un canal que se utiliza para la comunicación entre el primer nodo 1 y el primer nodo de punto final 2 depende del tiempo, ya que la red es una red TSCH.

[0073] El segundo paquete se denomina "Malla 2" y debe ser enviado por el primer nodo 1 a un segundo nodo de punto final 3, por ejemplo, un radio del segundo nodo de punto final 3, en la red en malla. El segundo nodo de punto final 3 puede ser, por ejemplo, uno de los otros nodos 2-7 de la red 200 de la Figura 2. Un canal que se utiliza para la comunicación entre el primer nodo 1 y el segundo nodo de punto final 3 depende del tiempo, ya que la red es una red TSCH.

[0074] El tercer paquete se denomina "RDM 1" y debe

ser enviado por el primer nodo 1 a un tercer nodo de punto final A. El tercer nodo de punto final A está configurado únicamente para aceptar, por ejemplo, procesar paquetes recibidos del primer nodo 1 y no de otros nodos. El tercer nodo de punto final 3 puede ser el segundo nodo A de la red 200 de la Figura 2. Un canal que se utiliza para la comunicación entre el primer nodo 1 y el tercer nodo de punto final A está fijado como el canal 15. Se entenderá que el canal 15 se utiliza únicamente a modo de ejemplo, y que pueden implementarse otros números de canal. Además, se entenderá que, aunque la comunicación ocurra en un único canal de frecuencia (canal 15 en este caso) según lo descrito anteriormente, dicho canal no siempre es el mismo. Por ejemplo, el canal de frecuencia única puede configurarse a partir de una amplia lista de canales. En un ejemplo no limitativo, 44 canales pueden estar disponibles de acuerdo con los estándares brasileños, y otras cantidades de canales pueden estar disponibles en otros territorios y/o de acuerdo con otros estándares.

[0075] Es decir, el primer nodo 1, el primer nodo de punto final 2 y el segundo nodo de punto final 3 forman una red en malla TSCH. El tercer nodo de punto final A no está configurado para salto de canal y, en su lugar, utiliza un canal fijo para la comunicación. En la modalidad ejemplificativa descrita, el nodo A no está conectado a la

red RF Mesh IP/Wi-SUN y, en su lugar, está únicamente emparejado con el punto final 1 y recibe paquetes del punto final 1.

[0076] Continuando con los ejemplos descritos anteriormente, en un caso de uso práctico, el tercer nodo de punto final A puede ser un módulo de visualización remoto configurado para comunicación unidireccional con un nodo padre que comprenda un módulo medidor, por ejemplo, el primer nodo 1.

[0077] Esto se representa mediante un diagrama de temporización, en el que se muestra una secuencia de salto de canal del primer nodo 1. A modo de ejemplo, la secuencia de salto de canal es una secuencia pseudoaleatoria, por ejemplo, canales 1, 57, 9, 13, etc. Es decir, en cada slot de tiempo (según lo definido, por ejemplo, por el estándar IEEE 802.15.4), el primer nodo 1 opera usando un canal diferente, por ejemplo, un canal de frecuencia distinto al utilizado en un intervalo de tiempo inmediatamente consecutivo.

[0078] En este ejemplo no limitativo, el primer nodo 1 envía el paquete Malla 1 al primer nodo de punto final 2 usando, por ejemplo, el canal 13. El canal 13 se usa en este ejemplo porque era un canal que el primer nodo 1 y el nodo de punto final 2 estaban usando en el momento de la transmisión.

[0079] De manera similar, el paquete Malla 2 se transfiere del primer nodo 1 al segundo nodo de punto final 3 usando el canal 75.

[0080] Sin embargo, cuando es necesario enviar el paquete "RDM 1" al nodo de punto final A, el primer nodo 1, por ejemplo, un radio del primer nodo 1 o un procesador asociado, utiliza un canal específico. En este ejemplo, ese es el canal 15. El canal de frecuencia específico puede seleccionarse y/o calcularse en función de al menos uno de los siguientes: un identificador único; un ID de LAN; o un número de serie de al menos un segundo nodo. En algunas modalidades ejemplificativas, dicha selección o cálculo del canal puede realizarse únicamente una vez, por ejemplo, al iniciar, reiniciar, encender o durante la inicialización o similar, ya que el canal de frecuencia utilizado para la comunicación entre el nodo 1 y A permanecerá igual, por ejemplo, después de que dicho nodo 1 y el nodo A hayan sido emparejados.

[0081] En este ejemplo, el nodo terminal A está configurado solo para recibir paquetes comunicados por el canal 15.

[0082] Además, aunque pueda darse el caso de que más de un nodo en una red en malla se comuniquen utilizando el canal específico, por ejemplo, el canal 15 en este ejemplo, el nodo de punto final A puede estar emparejado con el

primer nodo 1 de modo que el nodo de punto final A acepte únicamente, por ejemplo, procese paquetes recibidos del primer nodo 1. Es decir, el primer nodo 1 y el nodo de punto final A pueden estar emparejados de modo que el nodo de punto final A pueda configurarse únicamente para aceptar y/o procesar paquetes recibidos del primer nodo 1. En ejemplos, el primer nodo 1 y el nodo de punto final A pueden estar efectivamente emparejados, de modo que el nodo de punto final A pueda usar una clave pública para autenticar los paquetes recibidos del primer nodo emparejado 1.

[0083] La Figura 4a representa un ejemplo de una pila de protocolos de comunicación 400 que puede implementarse en el primer nodo 1 descrito anteriormente, de acuerdo con una modalidad de la descripción.

[0084] La pila de protocolos de comunicación comprende una capa de transporte 405, que en el ejemplo se implementa como una capa de protocolo de datagrama de usuario/protocolo de control de transmisión (UDP/TCP).

[0085] La pila de protocolos de comunicación comprende una capa de red 410, que en el ejemplo se implementa como un protocolo de capa de Internet/protocolo de mensaje de control de Internet/protocolo de enrutamiento para redes de baja potencia y con pérdidas (IPv6/ICMP/RPL).

[0086] La pila de protocolos de comunicación comprende

una capa de enlace de datos 415, que en el ejemplo es un MAC basado en IEEE 802.15.4e.

[0087] La pila de protocolos comprende una capa PHY 420, que en el ejemplo es una capa física basada en IEEE 802.15.4g.

[0088] También se representa una capa de aplicación 425 y una capa MIB SNMP (Base de Información de Gestión del Protocolo Simple de Monitoreo de Red) 430 que abarca todas las capas de la pila 400.

[0089] La pila 400 puede soportar la operación de aplicaciones en ejecución en un nodo de la red en malla y la comunicación entre ellas. Dicha pila 400 puede implementarse en un nodo, como los nodos 1-7 según se representan en la Figura 2.

[0090] En contraste, la Figura 4b representa un ejemplo de una versión reducida de la pila de protocolos 450 que puede implementarse en un segundo nodo de la red de nodos, por ejemplo, en cualquiera o en todos los nodos A-E, según se representan en la Figura 2.

[0091] La pila de protocolos de comunicación 450 no comprende una capa de transporte ni una capa de red, ni una capa de aplicación específica.

[0092] La pila de protocolos de comunicación 450 comprende una capa de enlace de datos 465, que en el ejemplo es un MAC basado en IEEE 802.15.4e. La pila de

protocolos de comunicación 450 comprende una capa PHY 470, que en el ejemplo es una capa física basada en IEEE 802.15.4g.

[0093] Como tal, debido a la versión relativamente reducida de la pila de protocolos (450), aunque se pueda garantizar la compatibilidad entre los nodos, el segundo nodo, por ejemplo, cualquiera de los nodos A-E representados en la Figura 2, puede estar provisto de capacidades de procesamiento sustancialmente menores que el primer nodo, por ejemplo, cualquiera de los nodos 1 a 7 representados en la Figura 2.

[0094] Aunque la descripción se haya descrito en términos de modalidades preferidas, según lo establecido anteriormente, debe entenderse que esas modalidades son solo ilustrativas y que las reivindicaciones no están limitadas a esas modalidades. Los expertos en la técnica serán capaces de realizar modificaciones y alternativas a la luz de la descripción, las cuales se consideran comprendidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Cada característica descrita o ilustrada en el presente informe descriptivo puede incorporarse en cualquier modalidad, ya sea de forma individual o en cualquier combinación apropiada con cualquier otra característica descrita o ilustrada en este documento.

Numerales de Referencia

[0095] A segundo nodo
B - E nodos adicionales
1 primer nodo
2 - 7 nodos adicionales
100 red en malla
105a-h nodos
110 sistema de central de recepción
115 nodo raíz
120 Backhaul
200 red
400 pila de protocolos
405 Capa de Transporte
410 capa de red
415 capa de link de datos
420 capa PHY
425 capa de aplicación
430 capa de MIB SNMP
450 pila de protocolos
465 capa de link de datos
470 capa PHY