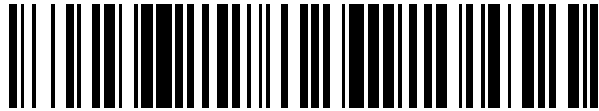


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 308**

51 Int. Cl.:

H04B 3/54

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.06.2015 PCT/CN2015/080511**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.02.2016 WO16026342**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2015 E 15833923 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 3185430**

54 Título: **Método de comunicación mediante portadora de línea de potencia**

30 Prioridad:

22.08.2014 CN 201410418514

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

28.11.2019

73 Titular/es:

**STATE GRID CORPORATION OF CHINA (20.0%)
No.86 West Chang'an Avenue, Xicheng District
Beijing 100031 , CN;
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH
INSTITUTE (20.0%);
STATE GRID SMART GRID RESEARCH
INSTITUTE (20.0%);
STATE GRID ZHEJIANG ELECTRIC POWER
COMPANY (20.0%) y
STATE GRID SHAOXING POWER SUPPLY
COMPANY (20.0%)**

72 Inventor/es:

**LIU, WEILIN;
AN, CHUNYAN;
LI, JIANQI;
GAO, HONGJIAN;
YANG, BING;
ZHAO, YONG;
ZHAO, TAO;
LU, YANG;
TAO, FENG;
CHU, GUANGBIN y
MA, PING**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 733 308 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método de comunicación mediante portadora de línea de potencia

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método en el campo de una red de acceso de línea de potencia de baja y media tensión, y, en particular, a un método de comunicación mediante portadora de línea de potencia.

Antecedentes de la invención

10 Las aplicaciones típicas de redes inteligentes en redes de acceso de media y baja tensión generalmente emplean una arquitectura de red principal-secundario centralizada. Con el fin de facilitar la sincronización y el establecimiento de la conexión de comunicación entre las estaciones secundarias y una estación principal, la estación principal generalmente define la estructura de la trama de control de acceso de medios (en inglés, Media Access Control, MAC) y envía periódicamente una señal de baliza al inicio de cada trama de MAC. Además, cada ráfaga de datos de la capa física (en inglés, PHYsical, PHY) generalmente comienza con un preámbulo para la sincronización de ráfagas y tiempos. Puesto que una detección con éxito de un preámbulo es esencial para una correcta detección de los datos posteriores dentro de una ráfaga, un preámbulo será mucho más robusto contra los efectos del canal de la línea de potencia que los datos modulados. PRIME utiliza una señal de chirrido como preámbulo para este propósito. La señal de chirrido tiene una función de autocorrelación muy buena. Otros sistemas de PLC, por ejemplo, OPERA, HOMEPLUG y G3, utilizan símbolos conocidos de OFDM para servir al "propósito del preámbulo". La invención con la solicitud N° 201310478479.5 proporciona, además, una secuencia de preámbulo especialmente diseñada, así como algoritmos para una detección confiable de un preámbulo en un canal de línea de potencia con fuerte ruido impulsivo, interferencia de banda estrecha y desvanecimiento de múltiples trayectos, etc. El estado del canal puede ser muy deficiente, debido a la atenuación, a la propagación por múltiples trayectos, al ruido impulsivo, a la interferencia de banda estrecha, etc. Además, la mayor parte de la interferencia varía con el tiempo. Como resultado, es un problema enorme diseñar un sistema PLC robusto que sea adecuado para diferentes escenarios de red con condiciones de canal desconocidas a priori. OFDM es una tecnología de modulación de uso común en el sistema PLC, debido a su inherente capacidad para hacer frente a la propagación por trayectos múltiples y a su robustez frente a la interferencia de banda estrecha. Además de OFDM, los esquemas de corrección de errores avanzados y el intercalado son enfoques comunes para hacer frente a los errores causados por los canales de línea de potencia. PRIME utiliza un código convolucional con una tasa de 1/2 y una longitud limitada de 7. G3 utiliza un código Reed-Solomon concatenado y un código convolucional. OPERA utiliza un esquema de modulación codificada en enrejado de 4 dimensiones. Home-Plug utiliza un código turbo. Para mejorar aún más la robustez de la transmisión, varios sistemas PLC, por ejemplo, Home-Plug, G3, emplean el llamado código de repetición, en el que cada bit después del codificador FEC simplemente se repite varias veces (factor 4 o 6 en G3) antes de entrar en el modulador. El código de repetición puede aumentar aún más la energía del bit y, por lo tanto, el margen de señal frene a interferencia. OPERA utiliza un enfoque similar, en el que todas las subportadoras utilizan el esquema de modulación más robusto y las múltiples subportadoras llevan la misma información para aumentar la robustez de la señal en un enlace difícil.

35 Kim IL HAN, et al (US 2014/105313 A1) dan a conocer realizaciones que incluyen métodos de comunicaciones de línea de potencia que utilizan un preámbulo con extensión de banda. Un método puede incluir recibir una unidad de paquete de datos PDU. La repetición a nivel de bits se aplica a al menos una parte de la PDU para crear una parte repetida. El intercalado se realiza por cada subcanal. Los tonos piloto se insertan en la porción intercalada. Cada tono de datos se modula con respecto al más cercano de los tonos piloto insertados. La PDU se transmite a través de una línea de potencia.

40 La robustez de todos los sistemas descritos anteriormente se mejora agregando la redundancia manteniendo el mismo esquema de modulación y codificación, que es casi equivalente a la reducción de la tasa de código de corrección de errores directos (en inglés, Forward Error Correction, FEC). Sin embargo, la ganancia de rendimiento obtenida agregando la redundancia a menudo no es suficiente en el caso de condiciones de canal extremadamente duras de la línea de potencia. Por lo tanto, es necesario proporcionar un método de comunicación de portadora de línea de potencia que se pueda aplicar a situaciones en las que la comunicación predeterminada que incluye la técnica de repetición mencionada anteriormente falle, pero la comunicación de baja velocidad de datos aún es necesaria para mantener la comunicación básica de la red.

Compendio de la invención

55 Para superar los inconvenientes mencionados anteriormente, la presente invención proporciona un método de comunicación mediante portadora de línea de potencia que se puede aplicar a una situación en la que falla la comunicación predeterminada, pero aún se necesita una comunicación de baja velocidad de datos para mantener la comunicación básica de la red.

Para lograr el objetivo mencionado anteriormente, la presente invención propone utilizar un modo de comunicación predeterminado y un modo de comunicación robusto, donde, en el modo de comunicación robusto, los datos se comunican mediante la transmisión y recepción de la codificación de activación y desactivación de la señal de

preámbulo. Las soluciones técnicas detalladas se describen en los siguientes pasos:

- I. Una estación principal define una trama de MAC, una señal de baliza, una supertrama de MAC y una señal de habilitación del modo de comunicación robusto, envía la señal de baliza al inicio de la trama de MAC y envía una señal de "habilitación del modo de comunicación robusto" después de la señal de baliza inicial de la supertrama de MAC;
- II. Una estación secundaria intenta comunicarse con la estación principal en un modo de comunicación convencional (modo predeterminado), el paso III se ejecuta en caso de éxito y, de lo contrario, se ejecuta el paso IV;
- III. La estación secundaria calcula una tasa de error de la detección de una señal de preámbulo en la señal de baliza recibida y, en caso de que el modo de comunicación predeterminado no pueda funcionar, si la tasa de error de la señal de preámbulo es menor que un umbral predefinido, se ejecuta el paso IV;
- IV. La estación secundaria intenta entrar en el modo de comunicación robusto y, en caso de éxito, la comunicación de datos se lleva a cabo utilizando la codificación de activación / desactivación de la señal de preámbulo y se ejecuta el paso V;
- V. En el modo robusto, la estación principal envía periódicamente la señal de baliza como en el modo de comunicación convencional, la estación secundaria determina si el modo de comunicación convencional es factible de acuerdo con un criterio predefinido y, si el modo de comunicación convencional es factible, la estación principal selecciona el modo de comunicación predeterminado.

Además, en el paso I, la señal de baliza contiene la señal de preámbulo y un símbolo OFDM que lleva información de control; y la trama de MAC contiene un intervalo de tiempo para la transmisión de la señal de baliza y un intervalo de tiempo reservado para transmitir datos de comunicación.

La supertrama de MAC incluye un tiempo de transmisión de la señal de baliza, un tiempo de transmisión de la señal de habilitación del modo de comunicación robusto, un tiempo reservado para que la estación secundaria envíe una solicitud de cambio de modo para cambiar del modo de comunicación convencional al modo de comunicación robusto y para que la estación principal confirme la solicitud de cambio de modo, y una pluralidad de tramas de MAC.

La duración de una trama de MAC es la suma del tiempo de transmisión de la señal de baliza, el tiempo de transmisión de la señal de habilitación del modo de comunicación robusto y el tiempo reservado para que la estación secundaria envíe la solicitud de cambio de modo y para que la estación principal confirme la solicitud de cambio de modo.

Además, el paso II incluye los siguientes pasos: la estación secundaria está encendida, detecta la señal de baliza y se sincroniza con la estación principal; y, si la estación secundaria detecta la señal de preámbulo y el símbolo OFDM en la señal de baliza, la comunicación tiene éxito, la comunicación se lleva a cabo en el modo de comunicación convencional, y se ejecuta el paso III; y, si la estación secundaria detecta la señal de preámbulo en la señal de baliza pero no puede detectar el símbolo OFDM, se ejecuta el paso IV.

Además, en el paso III, en el modo de comunicación convencional, la estación secundaria calcula de manera continua la tasa de error de la señal de preámbulo en la señal de baliza, lo que indica la confiabilidad de la comunicación del modo de comunicación robusto. En el caso de que el modo de comunicación convencional falle, pero la tasa de error de la señal de preámbulo esté por debajo de un umbral, la estación sugiere entrar en el modo de comunicación robusto, y se ejecuta el paso IV.

Además, el paso IV incluye los siguientes pasos: si la estación principal no logra establecer comunicación con la estación secundaria a través del modo de comunicación convencional, la estación secundaria detecta la señal de habilitación del modo de comunicación robusto al inicio de la supertrama de MAC y envía un paquete de control de solicitud de cambio al modo de comunicación robusto; la estación principal recibe el paquete de control de solicitud de cambio al modo de comunicación robusto enviado por la estación secundaria y responde con un paquete de control de confirmación a través del modo de comunicación robusto. Después de este proceso, la estación principal y la estación secundaria intercambian información de datos a través del modo de comunicación robusto.

Además, en el modo de comunicación robusto, la estación principal continúa enviando periódicamente la señal de baliza, y la estación secundaria detecta la señal de baliza para evaluar la calidad del enlace para el modo de comunicación convencional.

Cuando tanto el modo de comunicación convencional como robusta son factibles, la estación principal determina qué modo se utilizará, o incluso decide utilizar ambos modos de comunicación de manera simultánea.

Además, la estación principal envía periódicamente la señal de baliza, y la estación secundaria recibe la señal de baliza para sincronizarse con la estación principal y establece una relación de comunicación con la estación

principal.

En el modo de comunicación convencional, la estación principal se comunica con la estación secundaria a través de la ráfaga de datos de la PHY que incluye la señal de preámbulo y el símbolo OFDM. Los datos transportados en el símbolo OFDM están protegidos por la corrección de errores y la verificación de redundancia cíclica. En el modo de comunicación robusto, la estación principal y la estación secundaria transmiten datos mediante la codificación de activación / desactivación de la señal de preámbulo. Sin la pérdida de generalidad, una presencia de la señal de preámbulo representa el dato binario 1, y la ausencia de la señal de preámbulo representa el dato binario 0. Además, los datos de la PHY incluyen un encabezado de la PHY que contiene información de control de la PHY y una carga de la PHY que contiene datos de aplicación de la capa superior. Los datos de la PHY están codificados con un código convolucional.

En comparación con la técnica anterior, la presente invención tiene los siguientes efectos beneficiosos:

1. La presente invención proporciona un modo de comunicación robusto muy simple, que puede proporcionar una comunicación confiable de baja velocidad de datos cuando el modo de comunicación predeterminado no puede funcionar de manera confiable, para cumplir los requisitos de comunicación básicos de la red. Introduce un supertrama de MAC. La trama de MAC define los intervalos para el envío de la señal de "habilitación del modo de comunicación robusto" y define los intervalos de tiempo para que la estación principal y la estación secundaria cambien la información para facilitar el cambio entre los modos de comunicación.
2. La detección de presencia o ausencia (codificación de activación y desactivación) de la señal de preámbulo es mucho más fácil que la descodificación de la información transportada en el símbolo OFDM, por lo que la comunicación a través de la codificación de activación y desactivación de la señal de preámbulo puede funcionar de manera confiable en un entorno de comunicación PLC mucho más deficiente. Por lo tanto, el modo de comunicación robusto en la presente invención puede mejorar enormemente la robustez.
3. En el método dado a conocer por la presente invención, la detección y evaluación de preámbulos son parte del trabajo en el modo de comunicación predeterminado, de todos modos, por lo tanto, la preparación para entrar en el modo robusto apenas genera sobrecarga adicional; además, la sobrecarga de protocolo adicional necesaria para la conmutación entre los dos modos de comunicación también es muy pequeña, por lo que casi no se necesita ningún recurso adicional para proporcionar los dos modos de comunicación.
4. En el método dado a conocer por la presente invención, en el modo de comunicación robusto, la calidad del enlace del modo de comunicación predeterminado todavía se evalúa periódicamente, de modo que se puede volver a cambiar al modo de comunicación predeterminado cuando la calidad del enlace sea buena de nuevo.
5. La robustez del método dado a conocer en la presente invención es muy fuerte, y el método es simple de implementar. El modo de comunicación robusto se puede utilizar en múltiples escenarios de red y se utiliza para transmitir información breve, pero muy importante, cuando sea necesario, para mantener el funcionamiento normal de la red.
6. El modo de comunicación robusto dado a conocer por la presente invención tiene un significado muy importante para las estaciones secundarias con distancias más lejanas y sin estaciones de retransmisión potenciales, y puede proporcionar servicios de comunicación confiables de baja velocidad de datos en dichas estaciones para ampliar la cobertura de la red.
7. El método de comunicación involucrado en la presente invención puede ser aplicado a redes que utilizan señales de preámbulo para la temporización y la sincronización, y también puede ser aplicado a redes que utilizan otras señales robustas para la temporización y la sincronización.

Breve descripción de los dibujos

- La figura 1 es la estructura de la trama de MAC definida por la estación principal en la realización;
- la figura 2 es la ráfaga de datos de la PHY en el modo de comunicación predeterminado en la realización;
- la figura 3 es el proceso en el que la estación principal y la estación secundaria entran en modo de comunicación robusto en la realización;
- la figura 4 es un diagrama de ejemplo de una indicación de secuencia binaria representada por la codificación de activación y desactivación de señales de preámbulo en la realización;
- la figura 5 es un diagrama de ejemplo de la estructura de la ráfaga de datos de la PHY en el modo de comunicación robusto en la realización;

La figura 6 es un diagrama de flujo del método de comunicación mediante portadora de línea de potencia de la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones

La presente invención se ilustrará adicionalmente a continuación en combinación con los dibujos adjuntos.

5 La presente invención proporciona un método de comunicación mediante portadora de línea de potencia. El método incluye un método de comunicación robusta de baja velocidad de datos basado en la detección de una secuencia de preámbulo. El método de comunicación robusta proporciona un modo de comunicación alternativo cuando el modo de comunicación predeterminado no puede proporcionar una comunicación efectiva en entornos duros de canal.

10 En la comunicación por línea de potencia, se requieren dos nodos de comunicación para completar la sincronización en tiempo en una o más frecuencias al principio. Para lograr el propósito mencionado anteriormente, un nodo necesita enviar una señal de baliza en una o más frecuencias, el otro nodo necesita detectar la señal de baliza. El nodo que envía la señal de baliza se designa como estación principal, y el otro nodo se designa como estación secundaria. Después de la sincronización, la estación principal y la estación secundaria pueden transmitir paquetes de datos entre sí.

15 El método dado a conocer por la presente invención incluye un modo de comunicación predeterminado, y el modo de comunicación predeterminado es el siguiente:

20 En primer lugar, la estación secundaria desconectada detecta la señal de preámbulo en la baliza para sincronizarse con la estación principal; luego, la estación secundaria detecta el símbolo OFDM que sigue a la señal de preámbulo y demodula la información de control de MAC correspondiente; y, luego la estación secundaria necesita enviar un paquete de control de solicitud de registro a la estación principal para iniciar el proceso de registro en la red. Si la calidad del enlace es lo suficientemente buena, la estación principal y la estación secundaria pueden establecer una comunicación confiable e intercambiar datos mediante la ráfaga de datos de la PHY (capa física). La figura 2 muestra la ráfaga de datos de la PHY en el modo de comunicación predeterminado en la realización. La ráfaga de datos de la PHY incluye una señal de preámbulo y una o más señales OFDM.

25 El método de la presente invención incluye, además, un modo de comunicación robusto. El modo de comunicación robusto proporciona un modo de comunicación alternativo cuando el modo de comunicación predeterminado no puede proporcionar una comunicación efectiva en entornos hostiles. En el modo de comunicación robusto, la sincronización entre la estación principal y la estación secundaria se lleva a cabo al principio. Luego, la estación principal y la estación secundaria pueden establecer una comunicación confiable e intercambiar datos utilizando la codificación de activación y desactivación de la señal de preámbulo.

30 En la realización, el modo de comunicación robusto logra la sincronización y la transmisión de datos en base a una secuencia de preámbulo y a su método de procesamiento. El modo de comunicación robusto consiste en llevar a cabo una operación normalizada en base a una función de ventana y, a continuación, realizar el cálculo de autocorrelación utilizando una secuencia de preámbulo para luchar contra la influencia de la interferencia de banda estrecha, el ruido, la no linealidad y otros factores.

35 La secuencia de preámbulo mencionada anteriormente incluye dos subsecuencias simétricas y parcialmente superpuestas, y las dos subsecuencias se obtienen mediante un algoritmo de búsqueda y tienen propiedades superiores de autocorrelación y correlación cruzada. Además, la función de ventana de Nyquist se aplica a cada subsecuencia para reducir la energía fuera de banda de la secuencia de preámbulo.

40 El procesamiento de la secuencia de preámbulo incluye: convertir la señal recibida en una señal de banda base mediante un convertidor de analógico a digital y un demodulador I/Q digital; ejecutar la transformada de Fourier para obtener una señal en el dominio de la frecuencia; se utiliza un módulo de detección de interferencia de banda estrecha para estimar el número, la potencia, la frecuencia central, los anchos de banda y la atenuación de las señales de interferencia de banda estrecha, que se utilizan para configurar los parámetros de un filtro adaptativo para cancelar la interferencia de banda estrecha; un proceso de normalización basado en una función de ventana se aplica a cada punto de muestreo de entrada antes de realizar la autocorrelación. Se obtiene un tiempo de inicio preciso de la señal de banda base a través de un comparador y de un postprocesador.

45 En la red de comunicación de la línea de potencia, la estación principal envía periódicamente la señal de baliza que transporta la señal de preámbulo, y la estación secundaria puede sincronizar y establecer una conexión de comunicación con la estación principal, en consecuencia. El mecanismo mencionado anteriormente permite que la estación secundaria detecte periódicamente la señal de preámbulo y evalúe la calidad del enlace para el modo de comunicación robusto. Si la calidad del enlace del modo de comunicación robusto es mejor, la estación secundaria puede solicitar la utilización del modo de comunicación robusto.

50 Para mejorar aún más la confiabilidad del modo de comunicación robusto, la presente invención utiliza corrección de errores directos (FEC) y verificación de redundancia cíclica (en inglés, Cyclic Redundancy Check, CRC).

La estación principal y la estación secundaria necesitan alguna señalización especial para entrar en el modo de comunicación robusto. Sin pérdida de generalidad, el método de la presente invención propone que la estación secundaria inicie el proceso y envíe una solicitud de cambio al modo de comunicación robusto.

La estación principal también define una supertrama de MAC para el cambio de modo en base a la trama de MAC.

- 5 La trama de MAC incluye un tiempo de transmisión para la señal de baliza y un tiempo reservado para los datos de comunicación.

10 La supertrama de MAC incluye un tiempo de transmisión para la señal de baliza, un tiempo de transmisión para la señal de habilitación del modo de comunicación robusto, un tiempo de transmisión reservado para que la estación secundaria envíe una solicitud de cambio de modo. Asimismo, la estación principal utiliza ese tiempo de reserva para confirmar la solicitud de cambio de modo.

La señal de baliza incluye una señal de preámbulo y una señal OFDM. Tanto la señal de preámbulo como la señal de habilitación del modo de comunicación robusto son señales especialmente diseñadas que contienen 384 puntos de muestreo con diferentes amplitudes y fases.

15 La estación principal envía la señal de baliza al inicio de la trama de MAC, envía la señal de habilitación del modo de comunicación robusto después de la señal de baliza inicial de la supertrama de MAC, una ranura de tiempo especial se encuentra detrás de la señal de habilitación del modo de comunicación robusto y la estación secundaria puede enviar la solicitud de cambio de modo para cambiar del modo de comunicación predeterminado al modo de comunicación robusto a través de la ranura de tiempo especial.

20 La figura 3 muestra la estructura de una supertrama de MAC, que incluye el tiempo de transmisión para la señal de baliza, el tiempo de transmisión para la señal de habilitación del modo de comunicación robusto, el tiempo reservado en el que la estación secundaria puede enviar la solicitud de cambio de modo para el cambio desde el modo de comunicación predeterminado al modo de comunicación robusto y también para que la estación principal confirme la solicitud de cambio de modo. La suma del tiempo de transmisión para la señal de baliza, el tiempo de transmisión para la señal de habilitación del modo de comunicación robusto, el tiempo de transmisión reservado en el que la estación secundaria puede enviar la solicitud de cambio de modo y la estación principal puede confirmar la solicitud de cambio de modo, es igual a la duración de una trama de MAC.

25 Si la estación secundaria decide utilizar el modo de comunicación robusto, la estación secundaria detecta la señal de habilitación del modo de comunicación robusto al principio, y, a continuación, envía un paquete de control de solicitud de modo de comunicación robusto en los siguientes intervalos de tiempo. Cuando la estación principal recibe el paquete de control de solicitud del modo de comunicación robusto, necesita enviar un paquete de control de confirmación de cambio al modo de comunicación robusto a la estación secundaria, y, a continuación, la estación principal y la estación secundaria cambian al modo de comunicación robusto al mismo tiempo. Tanto la solicitud de cambio al modo de comunicación robusto como la confirmación de cambio al modo de comunicación robusto se envían utilizando el modo de comunicación robusto.

30 La figura 4 muestra un diagrama de ejemplo de una indicación de secuencia binaria utilizando la codificación de activación y desactivación de una señal de preámbulo en la realización; y en el modo de comunicación robusto de la presente invención, la información se transmite utilizando la codificación de activación y desactivación de las señales de preámbulo en los intervalos de tiempo correspondientes. Sin pérdida de generalidad, la presencia de la señal de preámbulo (ACTIVACIÓN) representa la transmisión del dato binario "1", y la ausencia (DESACTIVACIÓN) de la señal de preámbulo representa la transmisión del dato binario "0".

35 La figura 5 muestra un diagrama de ejemplo de la estructura de ráfaga de datos de la PHY en el modo de comunicación robusto en la realización; la ráfaga de datos de la PHY comienza con una señal de habilitación del modo de comunicación robusto, que se utiliza para la sincronización de ráfagas/tiempos, y también marca el inicio de una ráfaga de datos de la PHY. La ráfaga de la PHY tiene un encabezado de la PHY corto, que puede contener la siguiente información: un identificador de nodo (que puede tener 8 bits en la realización), una longitud de carga útil de la PHY (que puede tener 10 bits en la realización), un parámetro de la PHY (que puede ser de 2 bits en la realización), e información de reserva (que puede ser de 4 bits en la realización). En la realización, la codificación FEC y CRC de 8 bits se utilizan para el encabezado de la PHY.

40 La secuencia de preámbulos que sigue al encabezado de la PHY representa la carga útil de la PHY. La longitud de la carga útil de la PHY es variable, su valor específico se indica en el dominio de la longitud de la carga útil en el encabezado de la PHY, pero la longitud máxima está determinada por la estación principal de acuerdo con la frecuencia de trabajo y la estructura de la trama de MAC. Adicionalmente, en la presente invención, se utiliza además un código CRC de 32 bits para la carga útil. Aunque la detección de la presencia o ausencia del preámbulo es relativamente robusta, la presente invención utiliza además un código FEC menos redundante, como un código convolucional con una tasa de código de 3/4 y una longitud limitada de 7, para corregir un pequeño número de errores de ráfaga en el bloque de la PHY.

55 Suponiendo que $T_{preámbulo}$ representa la duración de la señal de preámbulo, ya que cada señal de preámbulo

transporta información de 1 bit, la velocidad máxima de datos R_m del modo de comunicación robusto se indica como sigue:

$$R_m \leq 1 / T_{preámbulo}$$

5 La longitud del preámbulo $T_{preámbulo}$ está determinada por el ancho de banda del modo de comunicación predeterminado. Cuanto mayor sea el ancho de banda, más corta será la longitud del preámbulo. La Tabla 1 muestra las longitudes de preámbulo y las velocidades máximas de datos correspondientes para diferentes anchos de banda. Debido a la sobrecarga de codificación y a la sobrecarga de la PHY, la velocidad real de datos de la PHY es menor que R_m .

Tabla 1 Longitudes de preámbulo y velocidades de datos máximas correspondientes de diferentes anchos de banda

Ancho de banda [MHz]	Longitud del preámbulo [ms]	Velocidad de datos máxima [kbps]
5	0,01536	65,10
2,5	0,03072	32,55
1,25	0,06144	16,28
0,625	0,12288	8,14
0,078125	0,06144	1,02

10
15
20 En el modo de comunicación robusto, la estación principal todavía envía periódicamente la señal de baliza. La estación secundaria detecta la señal de baliza para evaluar la calidad del enlace para el modo de comunicación predeterminado. El método de determinación es el siguiente: se define la tasa de error de la recepción de las señales de baliza como la relación entre el número de señales de baliza recibidas incorrectamente y el número total de señales de baliza enviadas. Si la tasa de error está por debajo de un umbral predefinido, implica que la calidad de comunicación del modo de comunicación predeterminado puede cumplir los requisitos, y viceversa. Si el modo de comunicación predeterminado puede funcionar de manera eficaz, la estación secundaria puede iniciar un proceso para volver al modo de comunicación predeterminado. Tras la recepción de la solicitud de conmutación de la estación secundaria, la estación principal decide si volver o no a la conmutación. Además, es posible que la estación principal y la estación secundaria utilicen el modo de comunicación predeterminado y el modo de comunicación robusto al mismo tiempo. La estación principal decide si utilizar un modo o utilizar los dos modos simultáneamente.

25 En el método de la presente invención, la estación principal necesita enviar periódicamente la señal de baliza en el modo de comunicación predeterminado, la estación secundaria se sincroniza con la estación principal tras recibir la señal de baliza y establece un enlace de comunicación con la estación principal. En el modo de comunicación robusto, la estación secundaria calcula la tasa de error de la señal de baliza recibida y evalúa si el modo de comunicación predeterminado puede funcionar de manera eficaz o no.

30 En el modo de comunicación predeterminado, la estación principal se comunica con la estación secundaria a través de una ráfaga de datos de la PHY que incluye la señal de preámbulo y los símbolos OFDM, y los datos transportados en los símbolos OFDM se codifican mediante la corrección de errores y la verificación de redundancia cíclica; y

en el modo de comunicación robusto, la estación principal y la estación secundaria transmiten datos utilizando la codificación de activación y desactivación de la señal del preámbulo, la presencia (ACTIVACIÓN) de la señal del preámbulo representa el dato binario 1 y la ausencia (DESACTIVACIÓN) de la señal del preámbulo representa el dato binario 0.

35 La información de la ráfaga de datos de la PHY incluye un encabezado de la PHY que contiene información de control de la PHY y una carga útil de la PHY que contiene datos de aplicación de capa superior, tanto el encabezado de la PHY como la carga útil de la PHY están codificados por un código FEC y CRC.

40 La figura 6 muestra el diagrama de flujo de un método de comunicación mediante portadora de línea de potencia de la presente invención; adoptando el método de comunicación de portadora de línea de potencia dado a conocer por la presente invención, el sistema puede comunicarse en el modo de comunicación predeterminado o en el modo de comunicación robusto, y puede cambiar del modo de comunicación predeterminado al modo de comunicación robusto y viceversa. El método de comunicación mediante portadora de línea de potencia dado a conocer por la presente invención incluye específicamente los siguientes pasos:

45 paso 1, la estación principal define la trama de MAC, la señal de baliza, la supertrama de MAC y la señal de habilitación del modo de comunicación robusto, y envía la señal de baliza al inicio de la trama de MAC, y envía la señal de habilitación del modo de comunicación robusto después de la primera señal de baliza de la supertrama de MAC;

paso 2, la estación secundaria intenta detectar la señal de baliza y se comunica con la estación principal en el modo de comunicación predeterminado, el paso 3 se ejecuta en caso de éxito y, de lo contrario, se ejecuta el paso 4;

5 paso 3, en el modo de comunicación predeterminado, la estación secundaria calcula la tasa de error de la recepción de la señal de preámbulo en la señal de baliza recibida; si el modo de comunicación predeterminado no funciona correctamente, entonces la tasa de error de la recepción de la señal de preámbulo está por debajo de un umbral predefinido, se ejecuta el paso 4; de lo contrario, indica que el entorno de comunicación es muy duro y que la comunicación no se puede transmitir tanto en el modo de comunicación predeterminado como en el modo de comunicación robusto;

10 el paso 4, la estación secundaria intenta entrar en el modo de comunicación robusto, y en el caso de éxito, se comunica mediante la codificación de activación / desactivación de la señal de preámbulo y se ejecuta el paso 5;

15 paso 5, la estación principal y la estación secundaria se comunican en el modo de comunicación robusto; la estación principal también envía periódicamente la señal de baliza en el modo de comunicación predeterminado; la estación secundaria evalúa la calidad de la señal de baliza para determinar si el modo de comunicación predeterminado puede funcionar de manera eficaz; en caso afirmativo, la estación principal y la estación secundaria pueden acordar volver al modo de comunicación predeterminado.

20 En el paso 1, la señal de baliza incluye la señal de preámbulo y la señal OFDM; y tanto la señal de preámbulo como la señal de habilitación del modo de comunicación robusto son señales de preámbulo especialmente diseñadas que contienen 384 puntos de muestreo.

La figura 1 muestra la trama de MAC definida por la estación principal en la presente invención, incluyendo la trama de MAC el tiempo de transmisión para la señal de baliza y el tiempo reservado para los datos de comunicación.

25 Al comienzo de la comunicación, la estación principal envía la señal de baliza al inicio de la trama de MAC, que tiene la misma estructura que la de la ráfaga de datos de la PHY e incluye una señal de preámbulo y una o más señales OFDM, como se muestra en la figura 2.

El símbolo OFDM de la señal de baliza transporta información de control de MAC, y la información de control de MAC incluye información de la gestión de control de acceso a la red de una capa de MAC.

30 La supertrama de MAC incluye un tiempo de transmisión para la señal de baliza, un tiempo de transmisión para la señal de habilitación del modo de comunicación robusto, un tiempo reservado en el que la estación secundaria puede enviar una solicitud de cambio de modo para cambiar del modo de comunicación predeterminado al modo de comunicación robusto y, asimismo, la estación principal puede confirmar la solicitud de cambio de modo, y algunas tramas de MAC.

35 En el paso 2, la estación secundaria se activa, la estación principal envía la señal de baliza y la señal de habilitación del modo de comunicación robusto, y la estación secundaria detecta la señal de baliza para sincronizarse con la estación principal; y si la estación secundaria puede detectar tanto la señal de preámbulo como el símbolo OFDM de la señal de baliza, la comunicación tiene éxito, se puede utilizar el modo de comunicación predeterminado y se ejecuta el paso 3; y si la estación secundaria solo puede detectar la señal de preámbulo pero no puede detectar el símbolo OFDM de la señal de baliza, se ejecuta el paso 4.

40 Además, en el paso 3, cuando la comunicación se lleva a cabo en el modo de comunicación predeterminado, para prepararse para la utilización del modo de comunicación robusto, la estación secundaria calcula la tasa de error de la señal de preámbulo en la señal de baliza y evalúa la confiabilidad de la comunicación del modo de comunicación robusto.

45 En el paso 4, si la estación principal no logra establecer comunicación con la estación secundaria a través del modo de comunicación predeterminado, la estación secundaria detecta la señal de habilitación del modo de comunicación robusto al inicio de la supertrama de MAC y envía un paquete de control de solicitud de cambio al modo de comunicación robusto; y

50 si la estación principal recibe el paquete de control de solicitud de cambio al modo de comunicación robusto enviado por la estación secundaria, enviará un paquete de control de confirmación de cambio al modo de comunicación robusto a la estación secundaria utilizando el modo de comunicación robusto; y la estación principal y la estación secundaria intercambian información de datos a través del modo de comunicación robusto.

En el método provisto por la presente invención, si el entorno de comunicación es bueno, la estación principal puede seleccionar comunicarse con la estación secundaria utilizando el modo de comunicación predeterminado o el modo de comunicación robusto.

Si el entorno de comunicación es extremadamente malo, el cambio del modo de comunicación predeterminado al

modo de comunicación robusto se puede lograr en las condiciones adecuadas, y la base para el cambio del modo de comunicación predeterminado al modo de comunicación robusto es la siguiente:

5 Puesto que la detección con éxito de la señal del preámbulo es un requisito previo para la detección con éxito de los siguientes símbolos de datos, la calidad del canal que el preámbulo puede tolerar es mucho peor que la calidad del canal que el símbolo OFDM puede tolerar. Por lo tanto, cuando la estación secundaria puede detectar correctamente la señal de preámbulo, pero no puede detectar de manera confiable el símbolo de datos, la estación secundaria puede cambiar al modo de comunicación robusto y completar la comunicación simplemente utilizando la señal de preámbulo.

10 El cambio del modo de comunicación predeterminado al modo de comunicación robusto se puede llevar a cabo en el siguiente caso:

Puesto que la estación principal envía periódicamente la baliza en el modo de comunicación predeterminado, la estación secundaria puede evaluar la confiabilidad de la comunicación del preámbulo calculando la tasa de error de la detección del preámbulo. Si la tasa de error del preámbulo es menor que un umbral predefinido, la estación secundaria puede decidir cambiar al modo de comunicación robusto.

15 Finalmente, se debe observar que las realizaciones mencionadas anteriormente se utilizan meramente para ilustrar las soluciones técnicas de la presente invención, en lugar de limitarlas; aunque la presente invención se ha descrito en detalle con referencia a las realizaciones anteriores, los expertos en la técnica deben comprender que todavía podrían realizar modificaciones o sustituciones equivalentes a las implementaciones específicas de la presente invención, y cualquier modificación o sustitución equivalente que no se aparte del espíritu y alcance de la presente
20 invención se encontrará dentro del alcance de las reivindicaciones de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Método de comunicación por línea de potencia, **caracterizado por que** comprende los siguientes pasos:
 - I. una estación principal define una trama de MAC, una señal de baliza, una supertrama de MAC y una señal de habilitación del modo de comunicación robusto, envía la señal de baliza al inicio de una trama de MAC y envía la señal de habilitación del modo de comunicación robusto después de la señal de baliza inicial de la supertrama de MAC;
 - II. una estación secundaria intenta comunicarse con la estación principal en un modo de comunicación predeterminado, el paso III se ejecuta en caso de éxito y, de lo contrario, se ejecuta el paso IV;
 - III. la estación secundaria calcula una tasa de error de la detección de la señal de preámbulo en la señal de baliza, y en caso de que el modo de comunicación predeterminado no pueda funcionar, si la tasa de error de la señal de preámbulo es menor que un umbral predefinido, se ejecuta el paso IV;
 - IV. la estación secundaria intenta entrar en el modo de comunicación robusto y, en caso de éxito, la comunicación de datos se lleva a cabo mediante la utilización de la codificación de activación / desactivación de la señal de preámbulo y se ejecuta el paso V; y
 - V. la estación principal envía periódicamente la señal de baliza en el modo de comunicación predeterminado, la estación secundaria estima si la comunicación predeterminada puede proporcionar una calidad de enlace satisfactoria y, en caso afirmativo, la estación principal selecciona el modo de comunicación.

2. El método de la reivindicación 1, en el que en el paso I, la señal de baliza contiene la señal de preámbulo y los símbolos OFDM que llevan información de control;

la trama de MAC contiene un intervalo de tiempo para la transmisión de la señal de baliza y un intervalo de tiempo reservado para transmitir datos de comunicación;

la supertrama de MAC contiene un intervalo de tiempo para la transmisión de la señal de baliza, un intervalo de tiempo para la transmisión de la señal de habilitación del modo de comunicación robusto, un intervalo de tiempo reservado en el que la estación secundaria puede enviar una solicitud de cambio de modo para cambiar del modo de comunicación predeterminado al modo de comunicación robusto y, asimismo, la estación principal puede confirmar la solicitud de cambio de modo, y algunas tramas de MAC; y

la duración de una trama de MAC es la suma del tiempo de transmisión para la señal de baliza, el tiempo de transmisión para la señal de habilitación del modo de comunicación robusto, el tiempo de transmisión reservado en el que la estación secundaria puede enviar la solicitud de cambio de modo para cambiar del modo de comunicación predeterminado al modo de comunicación robusto y, asimismo, la estación principal puede confirmar la solicitud de cambio de modo.

3. El método de la reivindicación 1, en el que el paso II comprende los siguientes pasos: la estación secundaria se activa, detecta la señal de baliza y se sincroniza con la estación principal; y

si la estación secundaria detecta tanto la señal de preámbulo como el símbolo OFDM en la señal de baliza, significa que la comunicación tiene éxito y que se podría utilizar el modo de comunicación predeterminado, y se ejecuta el paso III; y si la estación secundaria solo puede detectar la señal de preámbulo, pero no puede detectar el símbolo OFDM en la señal de baliza, se ejecuta el paso IV.

4. El método de la reivindicación 1, en el que en el paso III, cuando se utiliza el modo de comunicación predeterminado, para preparar la utilización del modo de comunicación robusto, la estación secundaria calcula la tasa de error de la señal de preámbulo en la señal de baliza y evalúa la confiabilidad de la comunicación del modo de comunicación robusto; y, en caso de que el modo de comunicación predeterminado no funcione, si la tasa de error de la señal de preámbulo está por debajo del umbral predefinido, se ejecuta el paso IV.

5. El método de la reivindicación 1, en el que el paso IV comprende los siguientes pasos: si la estación principal no logra establecer comunicación con la estación secundaria utilizando el modo de comunicación predeterminado, la estación secundaria detecta la señal de habilitación del modo de comunicación robusto al inicio de la supertrama de MAC, y envía un paquete de control de la solicitud de cambio al modo de comunicación robusto;

si la estación principal recibe el paquete de control de la solicitud de cambio al modo de comunicación robusto enviado por la estación secundaria, y responde enviando un paquete de control de confirmación de cambio al modo de comunicación robusto a la estación secundaria utilizando el modo de comunicación robusto; y la estación principal y la estación secundaria intercambian información de datos utilizando el modo de comunicación robusto.

6. El método de la reivindicación 1 o 5, en el que cuando la estación principal se comunica con la estación secundaria utilizando el modo de comunicación robusto, la estación principal aún necesita enviar periódicamente la señal de baliza, y la estación secundaria detecta la señal de baliza para evaluar la calidad del enlace en el modo de comunicación predeterminado.
- 5 7. El método de la reivindicación 1, en el que cuando tanto el modo de comunicación predeterminado como el modo de comunicación robusto pueden funcionar de manera eficaz, la estación principal determina qué modo se utilizará o incluso decide utilizar ambos modos de comunicación simultáneamente.
8. El método de la reivindicación 1, en el que la estación principal envía periódicamente la señal de baliza, y la estación secundaria recibe la señal de baliza para sincronizarse y así establecer la comunicación con la estación principal;
- 10 en el modo de comunicación predeterminado, la estación principal se comunica con la estación secundaria a través de una ráfaga de datos de la PHY que comprende una señal de preámbulo y símbolos OFDM, y los datos transportados en los símbolos OFDM están protegidos por un código de error directo y un código de redundancia cíclica; y
- 15 en el modo de comunicación robusto, la estación principal y la estación secundaria transmiten datos mediante la activación y desactivación de la señal de preámbulo, la presencia de la señal del preámbulo representa el dato binario 1, y la ausencia de la señal de preámbulo representa el dato binario 0.
9. El método de la reivindicación 1, en el que Los datos de la PHY son datos codificados, que comprenden el encabezado de la PHY, que transporta información de control de la PHY, y la carga útil de la PHY, que transporta datos de aplicación de la capa superior.
- 20

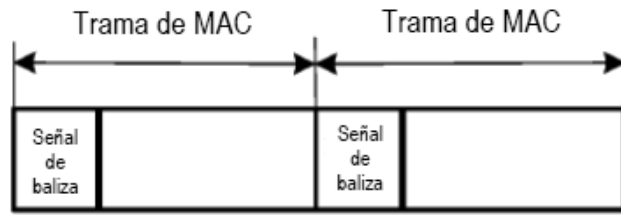


Fig. 1

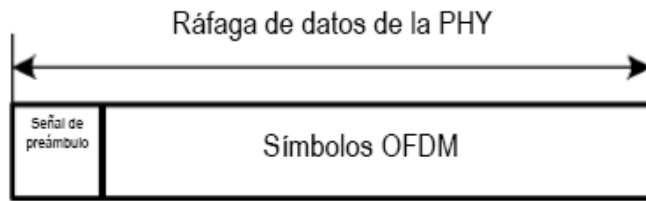


Fig. 2

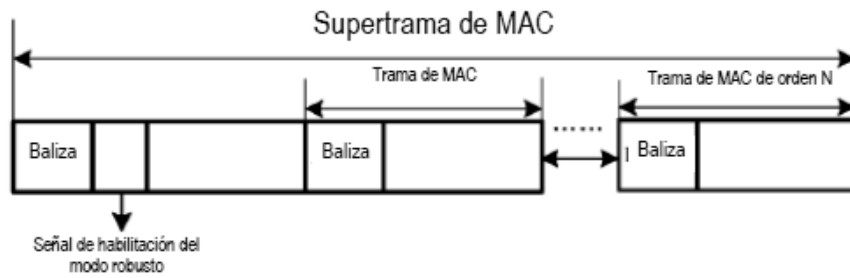


Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5

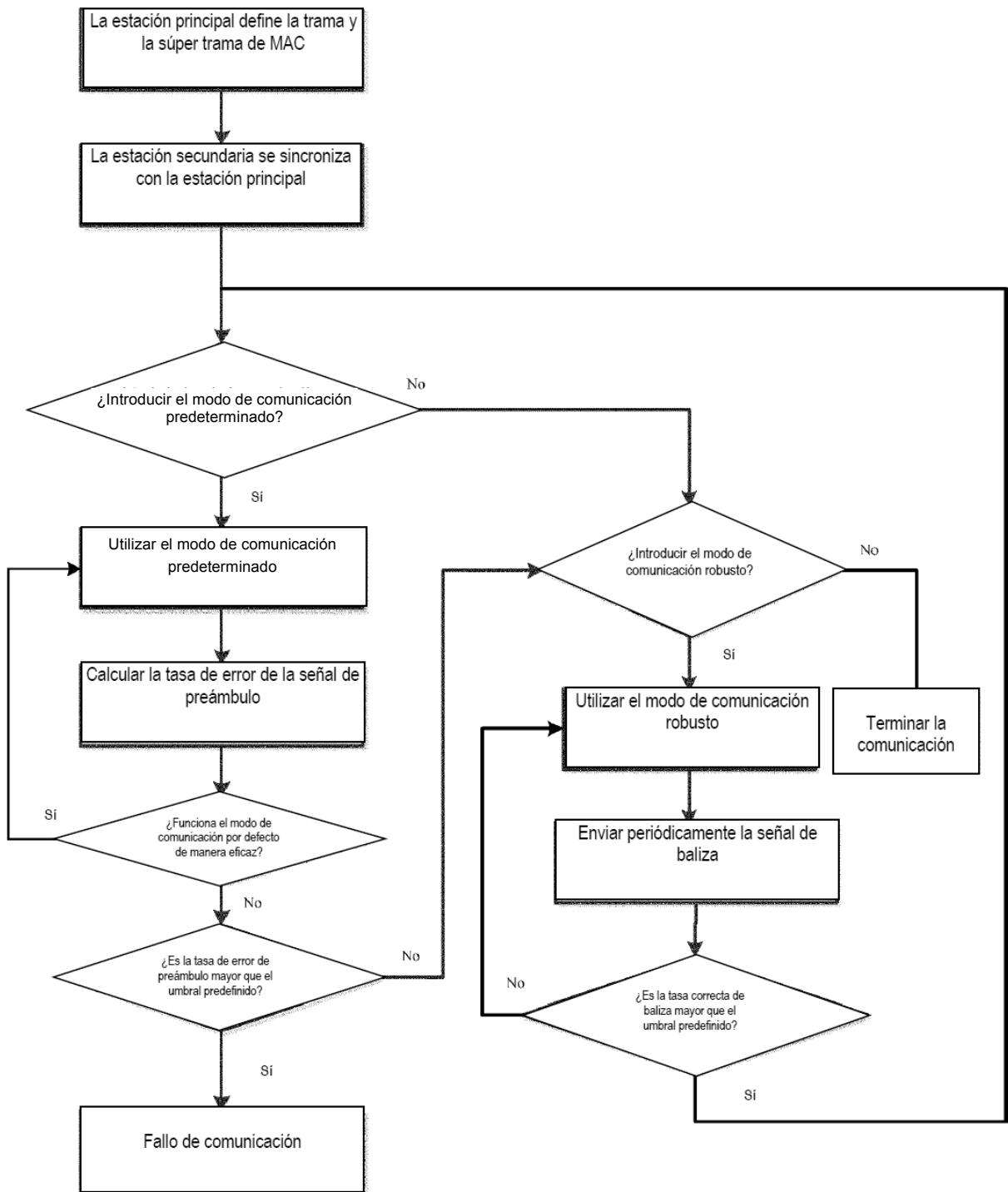


Fig. 6