

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 895 680**

51 Int. Cl.:

H04L 27/26 (2006.01)

H04L 5/00 (2006.01)

H04B 3/54 (2006.01)

H04W 56/00 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.11.2017** **E 17200243 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.09.2021** **EP 3481020**

54 Título: **Procedimiento para la sincronización de unidades emisoras y receptoras en una transmisión de señales multiportadora**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.02.2022

73 Titular/es:
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE

72 Inventor/es:
FRANKENBERG, ROBERT y
KUSSYK, JAROSLAW

74 Agente/Representante:
LOZANO GANDIA, José

ES 2 895 680 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

Procedimiento para la sincronización de unidades emisoras y receptoras en una transmisión de señales multiportadora

Campo técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento para la sincronización entre una unidad emisora y al menos una unidad receptora de un sistema de comunicación en una transmisión de señales multiportadora sobre un canal de transmisión, en particular cuando se utiliza la denominada comunicación mediante línea de potencia o PLC y/o transmisión de mensajes de frecuencia portadora a través de líneas de alta tensión o comunicación TFH. A este respecto, en la transmisión de señales multiportadora se utiliza una pluralidad de frecuencias portadoras del canal de transmisión para la transmisión de señales.

Antecedentes de la técnica

Por motivos económicos, a menudo es importante utilizar una infraestructura existente (por ejemplo, redes de transmisión de mensajes, redes telefónicas, redes de radio o redes eléctricas) para una transmisión de información y/o datos. Así, por ejemplo, las líneas eléctricas existentes en la red de baja tensión o las líneas de líneas aéreas de alta y/o media tensión se pueden utilizar para el intercambio de información y/o datos entre unidades emisoras o emisores y unidades receptoras o receptores. En el caso de un intercambio de información a través de líneas aéreas de alta y/o media tensión se utilizan instalaciones de frecuencia portadora en un rango de frecuencia entre 30 kHz y 500 kHz o en algunas regiones hasta unos pocos MHz, con lo que este intercambio de información también se denomina como transmisión de mensajes de frecuencia portadora a través de líneas de alta tensión o comunicación TFH. Un uso de líneas eléctricas existentes en la red de baja tensión para el intercambio de información se denomina como comunicación mediante línea de potencia o PLC, en el que los dispositivos o sistemas PLC, visto desde un punto de vista técnico, también son instalaciones de frecuencia portadora.

La denominada tecnología de frecuencia portadora se utiliza habitualmente para tales instalaciones de frecuencia portadora. A este respecto, las rutas de transmisión ya existentes (por ejemplo, redes de transmisión de mensajes, redes telefónicas, redes de radio o redes eléctricas) se utilizan varias veces o de manera óptima, con lo que las señales y/o datos se modulan adicionalmente en líneas existentes a través de una o varias frecuencias portadoras. Una posibilidad para un aprovechamiento óptimo se posibilita, por ejemplo, mediante una denominada transmisión de señales multiportadora o la denominada modulación multiportadora.

En el caso de la transmisión de señales multiportadora, un canal de transmisión - es decir, una ruta de transmisión entre una unidad emisora y una receptora - se divide en varios subcanales de banda estrecha a los que se asignan las llamadas señales portadoras o frecuencias portadoras. Si se va a transmitir una información existente, entonces esta se divide o modula en varias señales portadoras diferentes del canal de transmisión, por ejemplo, en forma de bits a transmitir, y se transmiten al mismo tiempo a través de los subcanales de banda estrecha. A este respecto, para transmitir la información se utilizan como portadores de información los denominados símbolos, que están compuestos de señales portadoras o frecuencias portadoras moduladas individualmente.

Un procedimiento de transmisión de señales multiportadora es, por ejemplo, el procedimiento de multiplexación por división de frecuencia, en el que se pueden transmitir varios bits de información de forma distribuida en varias señales portadoras al mismo tiempo. Para ello, un ancho de banda está a disposición en conjunto para la transmisión (por ejemplo, banda de frecuencia, canal de transmisión) se subdivide en distintas bandas de frecuencia de banda estrecha individuales - es decir, subcanales - que están separados entre sí mediante una pequeña banda de resguardo no utilizada.

Una implementación especial del procedimiento de multiplexación por división de frecuencia utilizado recientemente cada vez con más frecuencia es el denominado procedimiento de multiplexación por división de frecuencia ortogonal o multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM). En el procedimiento de multiplexación por división de frecuencia ortogonal se utilizan varias portadoras ortogonales para la transmisión de datos o mensajes digitales. Cada portadora se modula primero por separado y puede transportar información de uno o varios bits. Luego se forma una curva de señal del llamado símbolo a partir de una suma de todas las portadoras o señales portadoras moduladas dentro de una ventana de tiempo, con lo que se puede transmitir un gran número de bits en paralelo en el procedimiento de multiplexación por división de frecuencia ortogonal. Otro procedimiento de transmisión de señales multiportadora es el denominado procedimiento de transmisión multitono discreto o DMT, que se basa en los mismos principios que el procedimiento de multiplexación por división de frecuencia ortogonal.

En la tecnología de comunicaciones, un dispositivo o una infraestructura para transmitir información se denomina normalmente sistema de comunicación. Para intercambiar o transmitir la información y/o los datos, por ejemplo, en forma de flujo de bits, etc., el sistema de comunicación establece una conexión de comunicación entre al menos una unidad emisora o emisor y al menos una unidad receptora o receptor, a través de la que la información o los

datos en forma de secuencias existentes de unidades de información se transmiten a través de un canal de transmisión. Estas unidades de información también se denominan como símbolos en la transmisión de información digital.

Para establecer una conexión de comunicación también es necesario reconocer de nuevo en el lado del receptor una cuadrícula en la que llegan las unidades de información o los símbolos enviados por el emisor. Esto significa que una unidad receptora debe reconocer una frecuencia de reloj con la que los símbolos se envía por la unidad emisora. Este reconocimiento y ajuste de la frecuencia de reloj del emisor por parte de la unidad receptora también se denomina como sincronización. Si las unidades emisoras y receptoras utilizan la misma frecuencia de reloj, entonces el emisor y el receptor procesan las unidades de información o los símbolos y/o las señales a transmitir o a recibir de forma sincrónica o casi sincrónica entre sí (es decir, con una desviación permitida en la sincronización). Dado que, por regla general, se conoce un período de los símbolos a transmitir, la sincronización de la unidad receptora puede limitarse, por ejemplo, a reconocer un instante inicial o, en el caso de una transmisión de señales multiportadora, una fase inicial, por ejemplo, de una transmisión de información o datos.

Para sincronizar las unidades emisoras y receptoras en la tecnología de comunicaciones se utilizan señales y/o símbolos especiales, como por ejemplo una secuencia de tonos piloto, señales de chirrido o símbolos de entrenamiento, por ejemplo, antes de la transmisión de información o datos. A este respecto, por ejemplo, un tono piloto es una señal, por lo general una frecuencia individual, que se emite al exterior e independientemente de la señal útil real a través del canal de transmisión. Estas señales y/o símbolos especiales se envían por la unidad emisora después del encendido de la unidad emisora, al establecerse nuevamente una conexión, poco antes de una transmisión de información, etc. Estas señales especiales (por ejemplo, tonos piloto, señales de chirrido, etc.) se pueden detectar y reconocer por una unidad receptora. A partir de la recepción de estas señales y/o símbolos especiales, la unidad receptora puede derivar, por ejemplo, un instante inicial o una fase inicial de una transmisión de información para poder reconocer las unidades de información o símbolos entrantes correspondientemente o poder fijar la cuadrícula en el que llegan las unidades de información o símbolos.

Sin embargo, el uso de señales especiales, como por ejemplo tonos piloto o señales de chirrido, tiene el inconveniente de que en una sincronización se deben enviar secuencias de sincronización relativamente largas, como por ejemplo secuencias de tonos piloto, etc. debido a interferencias y/o distorsión de canal. De este modo, la sincronización de la unidad receptora puede ocupar opcionalmente un período de tiempo relativamente largo y opcionalmente estar asociada con una alta necesidad de memoria y/o un gran esfuerzo de cálculo en el lado del receptor. Cuando se utilizan señales de chirrido, en las que la frecuencia de la señal cambia con el tiempo, no es posible ninguna restricción o adaptación a las bandas de frecuencia seleccionadas del canal de transmisión debido a los cambios temporales de la frecuencia de señal, con lo que se pueden provocar, por ejemplo, interferencias en otras bandas de frecuencia del canal de transmisión. Además, cuando se utilizan señales o símbolos especiales (por ejemplo, tonos piloto, señales de chirrido, símbolos de entrenamiento), por ejemplo, no se puede transmitir información adicional a la unidad receptora antes y durante la sincronización o antes de un instante de sincronización - es decir, antes de que el receptor esté sincronizado con la unidad emisora o en la señal enviada por el emisor.

Un procedimiento para señalar información de asignación de subbanda a través de una portadora en un sistema de comunicación multiportadora se conoce por el documento WO2016/015782 A1. A este respecto, una pluralidad de subbandas forman un espectro fragmentado y se lleva a cabo una sincronización entre un terminal y una estación base a través de un canal de transmisión, como por ejemplo una interfaz aérea de una red de telefonía móvil. Para ello, se utilizan secuencias de sincronización especiales que se detectan por medio de autocorrelación seguida de una correlación cruzada para establecer una sincronización y llevar a cabo al mismo tiempo una asignación de subbanda señalizada.

Además, por el documento US 2014/334478 A1 se conoce un procedimiento y también un sistema para detectar características, como por ejemplo tipo de portadora, modo de portadora, etc., de una señal portadora en una red celular, que se transmite por un nodo de acceso por radio de la red. En esta señal portadora, por ejemplo, se transmiten una señal para la sincronización e identificación de celda y una señal para otras funciones, con lo que no se puede leer información específica al emisor de estas señales.

Por el documento WO 99/52252 se conoce un procedimiento para la transmisión digital de datos en una red de comunicación, en el que se realiza una comunicación de control desde una estación maestra a todos los participantes dentro de un ancho de banda definido de un canal con la ayuda de una trama de señal definida. El comienzo de esta trama de señal está caracterizado por una señal de sincronización de trama especial detectable por los participantes del ancho de banda, con lo que como señal de sincronización de trama se utilizaba una ocupación de al menos un rango parcial del ancho de banda con señales de emisión o una no ocupación de al menos un rango parcial complementaria del ancho de banda con señales de emisión.

Además, por los documentos EP 2 461 502 A1, US 2013/136063 A1 y US 2004/114551 A1 también se conocen procedimientos en los que se transmiten señales de sincronización y se utilizan para una sincronización entre las unidades emisoras y receptoras.

Exposición de la invención

Por tanto, el objetivo de la invención es especificar un procedimiento para la sincronización de una unidad emisora con al menos una unidad receptora de un sistema de comunicación en una transmisión de señales multiportadora, mediante el que una detección rápida y precisa de un instante inicial o una fase inicial de una transmisión se posibilita en el lado del receptor de una manera sencilla y en el que antes de un instante de sincronización también se puede transmitir adicionalmente una información de estado.

Este objetivo se consigue mediante un procedimiento del tipo mencionado al principio con las características de acuerdo con la reivindicación independiente 1. Modos de realización ventajosos de la presente invención se describen en las reivindicaciones dependientes 2 - 8.

De acuerdo con la invención, la solución del objetivo se realiza mediante un procedimiento para la sincronización de una unidad emisora y al menos una unidad receptora de un sistema de comunicación en una transmisión de señales multiportadora a través de un canal de transmisión. A este respecto, se utiliza una pluralidad de señales portadoras o frecuencias portadoras para la transmisión de señales multiportadora. El procedimiento de acuerdo con la invención presenta a este respecto las siguientes etapas:

- generación de un símbolo de sincronización usando frecuencias portadoras predeterminadas;
- generación de una señal de sincronización mediante modulación del símbolo de sincronización generado con una secuencia de sincronización predeterminada mediante la unidad emisora, en el que una duración temporal de la señal de sincronización correspondiente a una duración del símbolo de sincronización multiplicada por una longitud de la secuencia de sincronización predeterminada;
- envío de la señal de sincronización mediante la unidad emisora con un período de repetición predeterminable, en el que la señal de sincronización se usa para una transmisión de una información de estado específica a la emisión, y en el que una modificación de una amplitud y/o de una polaridad de la señal de sincronización se lleva a cabo para la transmisión de la información de estado específica a la emisión;
- después de la transmisión a través del canal de transmisión, recepción de una señal mediante la unidad receptora, en el que la señal recibida se forma mediante la señal de sincronización enviada y transmitida con el período de repetición predeterminable; y
- detección y evaluación de la señal recibida por medio de un algoritmo de detección mediante la unidad receptora, en el que el algoritmo de detección se apoya en un algoritmo de retardo y correlación, y en el que mediante el algoritmo de detección se determina un segmento de tiempo de la señal recibida como instante de sincronización, de tal manera que un segmento de tiempo de la señal recibida se usa respectivamente continuamente en la unidad receptora, que para el segmento de tiempo respectivo de la señal recibida se forma un valor medio respectivo ponderado con la secuencia de sincronización predeterminada
- como un denominado símbolo maestro respectivo, que el símbolo maestro respectivo se modula con la secuencia de sincronización predeterminada y se correlaciona con el segmento de tiempo respectivo de la señal recibida, y que un valor determinado de esta manera se usa y evalúa como una medida para una probabilidad de si la señal de sincronización está presente en el segmento de tiempo respectivo.

El aspecto principal del procedimiento de acuerdo con la invención consiste principalmente en que debido a una señal de sincronización relativamente corta y debido al algoritmo de detección utilizado se puede lograr una sincronización relativamente rápida y precisa entre la unidad emisora y recepción con relativamente poca necesidad de memoria y esfuerzo de cálculo, en particular en el lado de la unidad receptora. Además, el procedimiento de sincronización de acuerdo con la invención presenta una baja sensibilidad a las interferencias y las distorsiones de canal. Mediante una generación del símbolo de sincronización sobre la base de frecuencias portadoras predeterminadas del canal de transmisión, las bandas de frecuencia se usan o se dejan sin usar de forma dirigida para la sincronización con el fin de reducir o prevenir interferencias entre bandas de frecuencia debido a la sincronización. Adicionalmente, el uso de una señal de sincronización generada especialmente para la sincronización ofrece la ventaja de transmitir información adicionalmente específica al emisor en el receptor, como por ejemplo un estado del emisor, un estado de sincronización del lado del emisor, etc., ya antes y durante la sincronización o antes de un instante de sincronización. De este modo se evitan falsas alarmas, etc. y se reduce la necesidad de energía.

Además, está previsto que un segmento de tiempo de una señal recibida se utilice respectivamente continuamente en la unidad receptora para determinar el instante de sincronización, de modo que un valor medio respectivo ponderado con la secuencia de sincronización predeterminada se forma como un denominado símbolo maestro respectivo para el segmento de tiempo respectivo de la señal recibida, que el símbolo maestro respectivo se repite con la secuencia de sincronización determinada y se correlaciona con el segmento de tiempo respectivo de la

señal recibida.

Esto significa que, en el lado del receptor, un segmento de tiempo de la señal recibida actual se usa progresivamente para el algoritmo de detección. A este respecto, la señal recibida se compone de la señal de sincronización enviada repetidamente por la unidad emisora.

Idealmente, las amplitudes de las frecuencias portadoras utilizadas para generar el símbolo de sincronización en el rango de frecuencia presentan el mismo valor, como por ejemplo el valor 1. Las amplitudes de las frecuencias portadoras no utilizadas del canal de transmisión se ponen en el valor cero. Una fase de las frecuencias portadoras utilizadas respectivamente para generar el símbolo de sincronización se determina sobre la base de una primera fórmula siguiente.

$$X_{k(i)} = \begin{cases} e^{j\pi i^2}; & i \leq \frac{n}{2} \\ e^{j\pi(n-i)^2}; & i > \frac{n}{2} \end{cases}$$

A este respecto, $X_{k(i)}$ designa un vector de señal de valor complejo para la frecuencia portadora utilizada respectivamente con el índice k, i una variable de control de la que se adoptan los valores 0 a n-1, en el que n indica una totalidad de las frecuencias portadoras utilizadas, e el número de Euler y j la unidad imaginaria.

De forma alternativa, la determinación de fase de las frecuencias portadoras utilizadas para generar el símbolo de sincronización también se realiza a partir de una segunda fórmula siguiente:

$$X_{k(i)} = \begin{cases} e^{j\frac{\pi}{2}[2i^2]}; & i \leq \frac{n}{2} \\ e^{j\frac{\pi}{2}[2(n-i)^2]}; & i > \frac{n}{2} \end{cases}$$

A este respecto, $X_{k(i)}$ designa de nuevo un vector de señal de valor complejo para la frecuencia portadora utilizada respectivamente con el índice k, i una variable de control de la que se adoptan los valores 0 a n-1, en el que n indica una totalidad de las frecuencias portadoras utilizadas, e el número de Euler y j la unidad imaginaria.

En ambas variantes de cálculo para el vector de señal de valor complejo $X_{k(i)}$ para el símbolo de sincronización se logra un factor de cresta más bajo, en el que el factor de cresta es ligeramente más bajo cuando se determina de acuerdo con la primera fórmula que cuando se determina de acuerdo con la segunda fórmula. La segunda fórmula, sin embargo, presenta una implementación más simple y menos esfuerzo de cálculo que la primera fórmula. Un cálculo del símbolo de sincronización sobre la base de una de las dos fórmulas posibilita una mejora considerable en el rendimiento de la señal durante la transmisión que con un símbolo utilizado para la transmisión de datos y, por lo tanto, conduce a una mejor relación señal - ruido en la unidad receptora. Es decir, la señal de sincronización basada en el símbolo de sincronización así determinado se puede detectar mejor y más rápidamente en el lado del receptor.

Una configuración preferida del procedimiento de acuerdo con la invención prevé que como transmisión de señales multiportadora se utilice un denominado procedimiento de multiplexación por división de frecuencia ortogonal o procedimiento OFDM o un denominado procedimiento de transmisión multitono discreto o procedimiento DMT, y que un símbolo OFDM o un símbolo DMT se utilice correspondientemente como símbolo de sincronización.

Es favorable que se utilice una secuencia de código con propiedades de autocorrelación adecuadas en una función de autocorrelación asociada como secuencia de sincronización predeterminada para modular el símbolo de sincronización. Es decir, la secuencia de código usada como secuencia de sincronización predeterminada - como por ejemplo un denominado código de Barker - presenta máximos secundarios mínimos o "lóbulos secundarios" o "lóbulos laterales" en la función de autocorrelación periódica o aperiódica asociada. El código de Barker de la longitud 11 presenta, por ejemplo, una función de autocorrelación con un máximo muy agudo y 10 máximos secundarios relativamente pequeños (por ejemplo, más pequeños en un factor de 11:1). Para generar la señal de sincronización, el símbolo de sincronización se transmite varias veces repetidamente - es decir, en el número de longitud de código / elementos de código - y el símbolo de sincronización se modifica o modula correspondientemente mediante el elemento de código respectivo. Por tanto, la señal de sincronización presenta una duración de tiempo del símbolo de sincronización multiplicada por la longitud de la secuencia de código predeterminada o el número de elementos de código. Mediante el uso de una secuencia de código con propiedades de autocorrelación correspondientemente adecuadas, como por ejemplo el código de Barker, la señal de sincronización se enfatiza de manera particularmente fuerte mediante un algoritmo de detección. Es decir, la señal de sincronización se resalta en la unidad receptora después de un filtrado adaptado a la señal ("matched filter")

como máximo principal o pico principal en la función de autocorrelación de la señal de sincronización. Por lo tanto, la señal de sincronización se puede detectar fácilmente y reconocer con mucha precisión.

Una configuración conveniente prevé que la información de estado específica a la emisión se transmita mediante envío repetido de la señal de sincronización y/o modulación del período de repetición predefinible de la señal de sincronización. Para ello, se insertan pausas de diferentes longitudes entre las repeticiones de la señal de sincronización, por ejemplo, para señalar determinada información adicional específica al emisor. Por tanto, se puede comunicar información de estado diferente a la unidad receptora de una manera muy simple antes y durante la sincronización.

A este respecto es ventajoso que una información de estado de la unidad emisora y/o una información sobre un estado de sincronización de la unidad emisora se transmita como información de estado específica a la emisión. Así, por ejemplo, a la unidad receptora se muestra si la unidad emisora ya está lista para transmitir datos / información o si los datos a emitir aún no están disponibles, por ejemplo, o si la unidad emisora aún no ha sido parametrizada, etc. De esta manera se evitan muy fácilmente falsas alarmas en el lado del receptor, etc.

También es favorable si la longitud de una señal de sincronización se selecciona como la longitud del segmento de tiempo que se utiliza por la señal recibida para el algoritmo de detección. Luego, se determina el símbolo maestro asociado para cada segmento de tiempo utilizado y se verifica la presencia de la señal de sincronización en cada segmento de tiempo por medio de correlación con el símbolo maestro asociado repetido con la secuencia de sincronización predeterminada. Por tanto, se determina un instante de sincronización con una alta probabilidad de manera muy rápida y precisa de una manera sencilla - es decir, sin una gran necesidad de memoria y sin esfuerzo de cálculo en el lado del receptor.

Los siguientes aspectos de un comportamiento selectivo en frecuencia no están de acuerdo con la invención y sirven únicamente para la ilustración. Para un comportamiento selectivo en frecuencia, la señal recibida se puede limpiar ventajosamente de las bandas de frecuencia no utilizadas por medio de un filtro de banda antes de su procesamiento y evaluación en la unidad receptora. De forma alternativa, el comportamiento selectivo en frecuencia también se puede generar transformando valores de muestreo de los respectivos segmentos de tiempo en el rango de frecuencia por medio de una transformada rápida de Fourier. Luego se realiza una selección mediante elección de las frecuencias portadoras predeterminadas o utilizadas para generar el símbolo de sincronización en el lado del emisor. Sin embargo, este método presenta un esfuerzo de cálculo significativamente mayor.

Convenientemente, una atenuación de amplitud y/o una rotación de fase del canal de transmisión se estiman mediante una comparación del lado del receptor de un símbolo de referencia, que corresponde al símbolo de sincronización emitido, con aquel símbolo maestro en el que se ha detectado el instante de sincronización con alto grado de probabilidad. Para ello, por la unidad receptora se calcula el símbolo de referencia, que en principio corresponde al símbolo de sincronización, sobre la base de las frecuencias portadoras predeterminadas que ya se han utilizado por la unidad emisora para generar el símbolo de sincronización. Mediante la estimación de la atenuación de amplitud y/o la rotación de fase del canal de transmisión, los filtros de corrección se pueden calcular muy fácilmente y/o llevarse a cabo una corrección de las señales portadoras / frecuencias portadoras recibidas en el lado del receptor.

Breve descripción del dibujo

La invención se explica a continuación a modo de ejemplo con referencia a la figura 1 adjunta. A este respecto, la figura 1 muestra esquemáticamente un desarrollo a modo de ejemplo del procedimiento de acuerdo con la invención para la sincronización entre una unidad emisora y al menos una unidad receptora de un sistema de comunicación en una transmisión de señales multiportadora.

Realización de la invención

La figura 1 muestra esquemáticamente un desarrollo a modo de ejemplo del procedimiento para la sincronización entre una unidad emisora y al menos una unidad receptora en una transmisión de señales multiportadora. A este respecto, la información y/o los datos se transmiten desde la unidad emisora a al menos una unidad receptora a través de un canal de transmisión por medio de procedimientos de transmisión de señales multiportadora, como por ejemplo la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (abreviado: OFDM) o procedimiento de transmisión multitono discreto (abreviado: procedimiento DMT). A este respecto, una señal transmitida se compone de una secuencia temporal de símbolos como unidad de información o portadora de la información o los datos a transmitir, en la que los símbolos se forman sobre la base de una pluralidad de frecuencias portadoras del canal de transmisión. Para establecer una conexión de comunicación entre la unidad emisora y la al menos una unidad receptora se necesita una sincronización para que se reconozca una cuadrícula en el lado del receptor, en la que llegan las unidades de información o símbolos y no se producen errores en la detección y evaluación de la información y/o datos transmitidos.

Una infraestructura existente, como por ejemplo redes de transmisión de mensajes, redes de radio, redes telefónicas o redes eléctricas - es decir, líneas eléctricas existentes en el rango de baja tensión y/o líneas aéreas en el rango de alta y media tensión - se utiliza como medio de transmisión entre la unidad emisora y receptora. En el caso de un intercambio de información a través de líneas aéreas de alta y/o media tensión se utilizan, por ejemplo, instalaciones de frecuencia portadora en un rango de frecuencia entre 30 kHz y 500 kHz o en algunas regiones hasta unos pocos MHz, con lo que este intercambio de información también se denomina como transmisión de mensajes de frecuencia portadora a través de líneas de alta tensión o comunicación TFH. Un uso de líneas eléctricas existentes en la red de baja tensión para el intercambio de información se denomina como comunicación mediante línea de potencia o PLC, en el que los dispositivos y sistemas PLC, visto desde un punto de vista técnico, también son instalaciones de frecuencia portadora.

En el procedimiento de acuerdo con la invención, en un primer paso del procedimiento 101, por la unidad emisora se genera un símbolo de sincronización utilizando frecuencias portadoras predeterminadas del canal de transmisión. Al utilizar el procedimiento OFDM o el procedimiento DMT, el símbolo de sincronización se genera como símbolo OFDM o DMT.

Para un mejor aprovechamiento de una amplificación de señal de la unidad emisora o una detección mejor y más precisa en el lado del receptor, se hacen esfuerzos para generar un símbolo de sincronización con un factor de cresta o factor de vértice bajo. Además, es importante limitar el símbolo de sincronización a las frecuencias portadoras especificadas o permitidas del canal de transmisión. Por tanto, el símbolo de sincronización se genera en el lado del emisor en el rango de frecuencia, con lo que se posibilita una restricción a las frecuencias portadoras o bandas de frecuencia predeterminadas o deseadas.

Para la generación del símbolo de sincronización en el primer paso del procedimiento 101 se ocupa para ello una amplitud de las frecuencias portadoras utilizadas o predeterminadas respectivamente con un valor, en particular con el valor 1. Es decir, las amplitudes de las frecuencias portadoras utilizadas presentan todas el mismo valor, como por ejemplo el valor 1. En el caso de frecuencias portadoras no utilizadas o no permitidas, la amplitud asociada se ocupa con el valor cero, con lo que el símbolo de sincronización generado se limita a las frecuencias portadoras especificadas.

Las fases asociadas para las frecuencias portadoras especificadas o utilizadas respectivamente para el símbolo de sincronización se pueden determinar, por ejemplo, sobre la base de una primera fórmula (1):

$$(1) \quad X_{k(i)} = \begin{cases} e^{j\pi i^2}; & i \leq \frac{n}{2} \\ e^{j\pi(n-i)^2}; & i > \frac{n}{2} \end{cases}$$

A este respecto, $X_{k(i)}$ designa un vector de señal de valor complejo para la frecuencia portadora utilizada respectivamente con el índice k , i una variable de control de la que se adoptan los valores 0 a $n-1$, en el que n indica una totalidad de las frecuencias portadoras utilizadas, e el número de Euler y j la unidad imaginaria.

De forma alternativa, las fases para las respectivas frecuencias portadoras que se utilizan para generar el símbolo de sincronización también se pueden derivar de una segunda fórmula (2):

$$(2) \quad X_{k(i)} = \begin{cases} e^{j\frac{\pi}{2}|2i^2|}; & i \leq \frac{n}{2} \\ e^{j\frac{\pi}{2}|2(n-i)^2|}; & i > \frac{n}{2} \end{cases}$$

A este respecto, $X_{k(i)}$ designa de nuevo un vector de señal de valor complejo para la frecuencia portadora utilizada respectivamente con el índice k , i una variable de control de la que se adoptan los valores 0 a $n-1$, en el que n indica una totalidad de las frecuencias portadoras utilizadas, e el número de Euler y j la unidad imaginaria.

A este respecto, el factor de cresta del símbolo de sincronización, que resulta de la primera fórmula (1), es ligeramente más bajo que el factor de cresta del símbolo de sincronización, que se puede determinar a partir de la segunda fórmula (2). Sin embargo, en ambos casos el factor de cresta está por debajo de un valor de 3 y, por tanto, representa una mejora con respecto a un factor de cresta convencional que, por ejemplo, presenta un valor de 6 en el caso de la transmisión de datos por medio de símbolos OFDM. Es decir, con un símbolo de sincronización generado de acuerdo con una de las dos fórmulas (1) o (2), una mejora en la transmisión (por ejemplo, de 6 dB) o una potencia de transmisión mayor (por ejemplo, por 4 veces) que en la transmisión de información y/o datos obtenidos a través del canal de transmisión. Esto conduce a una mejor relación señal / ruido en la unidad receptora y, por lo tanto, a una detección más rápida y mejor de una señal de sincronización en el lado del receptor.

En un segundo paso del procedimiento 102, por la unidad emisora se genera la señal de sincronización sobre la

base del símbolo de sincronización generado en el primer paso del procedimiento 101. Para ello, el símbolo de sincronización se modula con una secuencia de sincronización predeterminada. Una secuencia de código con propiedades de autocorrelación adecuadas en la función de autocorrelación aperiódica o periódica, como máximos secundarios mínimos o "lóbulos secundarios" o "lóbulos laterales" en la función de autocorrelación aperiódica o periódica - como por ejemplo un denominado código de Barker - se utiliza como secuencia de sincronización predeterminada.

En la realización concreta del procedimiento de acuerdo con la invención se utiliza, por ejemplo, un código de Barker con la longitud 11, que está representada en la tabla 1 a continuación. A este respecto, mediante i se designa una variable de control de 0 a 10 y mediante b_i se designa el elemento de código i -ésimo respectivo del código de Barker.

Tabla 1

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
b_i	+1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	-1	-1	+1	-1

La función de autocorrelación del código de Barker representado en la tabla 1 con la longitud 11 presenta, por ejemplo, un máximo muy agudo, así como 10 máximos secundarios o lóbulos secundarios, que son, por ejemplo, más pequeños en el factor 11:1 y opcionalmente negativos. Por tanto, es posible una detección muy precisa de un instante de sincronización en el lado del receptor.

La generación de la señal de sincronización en el segundo paso del procedimiento 102 se genera ahora mediante modulación del símbolo de sincronización con la secuencia de sincronización predeterminada. Cuando se usa el código Barker arriba representado, esto significa, por ejemplo, que el símbolo de sincronización para generar la señal de sincronización se alinea 11 veces provisto con el signo correspondiente del código Barker y luego es envía por la unidad emisora en el tercer paso del procedimiento 103.

La señal de sincronización generada así presenta una duración temporal, que corresponde a una duración del símbolo de sincronización multiplicada por la longitud del código respectivo. Cuando se usa el código de Barker con la longitud 11, la duración temporal de la señal de sincronización corresponde, por ejemplo, a 11 veces la longitud del símbolo de sincronización, con lo que los símbolos de sincronización individuales solo difieren en el signo. Para el uso de secuencias de códigos de valores complejos, como por ejemplo una secuencia de Zadoff-Chu - una secuencia matemática de valores complejos con amplitud constante y una autocorrelación periódica con máximos secundarios o lóbulos secundarios iguales a cero - adicionalmente es posible un uso de modulación de amplitud de fase de las portadoras individuales en los símbolos. Además, solo las frecuencias portadoras o bandas de frecuencia predeterminadas están ocupadas por la señal de sincronización. Otras frecuencias portadoras del canal de transmisión no se perturban mediante la señal de sincronización.

En el tercer paso del procedimiento 103, la señal de sincronización generada en el segundo paso del procedimiento 102 se envía por la unidad emisora. Es decir, la señal de sincronización, que se compone de un número de símbolos de sincronización modulados por la secuencia de sincronización predefinida, se transmite repetidamente con un período de repetición predeterminado. A este respecto, la señal de sincronización se puede utilizar para transmitir información de estado específica al emisor a la al menos una unidad receptora.

Como información de estado específica al emisor se puede transmitir, por ejemplo, una información de estado de la unidad emisora, como por ejemplo el emisor listo para la emisión, el emisor todavía no tiene datos, el emisor todavía no se ha parametrizado, etc. y/o una información sobre un estado de sincronización, como por ejemplo la primera sincronización después puesta en marcha del emisor, pérdida de sincronización, etc.

A este respecto, la información de estado específica a la emisión se puede transmitir, por ejemplo, mediante el envío repetido de la señal de sincronización o mediante una modificación o modulación del período de repetición predeterminado de la señal de sincronización. Para ello, por ejemplo, el período de repetición especificado de la señal de sincronización para una primera información de estado se puede ajustar a la longitud/duración de la señal de sincronización. Entonces se puede transmitir una segunda, tercera u otra información de estado, por ejemplo, mediante cambio del período de repetición predeterminado - por ejemplo, se insertan pausas de una longitud definida en una señal a transmitir entre el envío repetido de la señal de sincronización. Estas pausas pueden presentar, por ejemplo, la longitud de la duración de un símbolo de sincronización.

De forma alternativa se puede llevar a cabo un cambio de una amplitud y/o de una polaridad de la señal de sincronización o un cambio de la señal de sincronización en sí para una transmisión de la información adicional específica a la emisión.

En un cuarto paso del procedimiento 104, una señal de sincronización generada por la unidad emisora se transmite continuamente como una señal a través del canal de transmisión y es recibida por la al menos una unidad receptora. A este respecto, la señal recibida por la unidad receptora se forma mediante la señal generada por la

unidad emisora y enviada con el período de repetición especificado y se puede distorsionar, atenuada y/o influir por interferencias a través del canal de transmisión.

En una quinta etapa del procedimiento 105, la señal recibida se detecta y evalúa luego en el lado del receptor por medio de un algoritmo de detección, en particular respecto a la presencia de la señal de sincronización. A este respecto, mediante el algoritmo de detección, que se apoya en un algoritmo de retardo y correlación, se determina un segmento de tiempo de la señal recibida o su posición temporal como el instante de sincronización en el que la señal de sincronización está contenida con una alta probabilidad.

Para ello, en el quinto paso del procedimiento 105, un segmento de tiempo de la señal recibida se usa respectivamente continuamente en la al menos una unidad receptora. A este respecto, como longitud del segmento de tiempo respectivo de la señal recibida se elige idealmente la longitud de la señal de sincronización esperada - por ejemplo, 11 veces la duración del símbolo de sincronización. Luego se comprueba la presencia de la señal de sincronización en cada segmento de tiempo utilizado por medio del algoritmo de detección. Un tamaño de paso de los segmentos de tiempo puede corresponder, por ejemplo, exactamente a una muestra. Para ahorrar esfuerzo de cálculo en el lado del receptor, por ejemplo, también se pueden omitir varias muestras - por ejemplo, la detección solo se puede realizar cada 32 muestras. Es decir, no cada segmento de tiempo posible se evalúa en forma digitalizada o se lleva a cabo un cálculo de las correlaciones para cada segmento de tiempo posible, ya que los segmentos de tiempo casi se superponen con un tamaño de paso de una muestra.

Para poder determinar la presencia de la señal de sincronización con una alta probabilidad, se forma un valor medio ponderado con la secuencia de sincronización predeterminada como un denominado símbolo maestro de este segmento de tiempo para cada segmento de tiempo de la señal usado. Así, por ejemplo, el código Barker con longitud 11 se usa para formar el valor medio ponderado de un segmento de tiempo o del símbolo maestro correspondiente para ponderar, cuando el código Barker con longitud 11 se ha usado para generar la señal de sincronización. El símbolo maestro correspondiente se puede determinar de acuerdo con una tercera fórmula (3):

(3)

$$s_{m,n} = \sum_{i=0}^{L-1} b_i * z_{n+m+i*N_g}$$

A este respecto designan:

- $s_{m,n}$ una muestra del símbolo maestro en el instante n del m-ésimo segmento de tiempo
- L una longitud de la secuencia de sincronización predeterminada - por ejemplo, L = 11 para el código de Barker de longitud 11
- b_i elemento de código de la secuencia de sincronización predeterminada (por ejemplo, código de Barker) en el i-ésimo lugar
- z_n muestra en el instante n del m-ésimo segmento de tiempo
- N_g una longitud total de los símbolos de sincronización o de la señal de sincronización (incluida la prolongación cíclica para la transmisión de la información de estado específica al emisor)
- i, n y m son a este respecto variables de control para la numeración de los elementos del código, de las muestras y de los segmentos de tiempo

El símbolo maestro determinado respectivamente se modula con la secuencia de código predeterminada (por ejemplo, con el código de Barker de longitud 11) (por ejemplo, repetido con signos alternos de acuerdo con el código de Barker de longitud 11 utilizado como secuencia de código predeterminada) y se lleva a cabo una correlación con todo el segmento de tiempo utilizado para el cálculo del símbolo maestro respectivo. Un valor w_m así determinado es una medida de la probabilidad de que la señal de sincronización esté presente en el segmento de tiempo utilizado.

Esto se puede realizar, por ejemplo, por medio de una cuarta fórmula (4):

(4)

$$\begin{aligned} w_m &= \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{L-1} z_{n+m+k*N_g} * b_k * \sum_{i=0}^{L-1} b_i * z_{n+m+i*N_g} = \\ &= \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{L-1} z_{n+m+k*N_g} * b_k * s_{m,n} \end{aligned}$$

A este respecto designan:

- w_m una medida de la probabilidad de la presencia de la señal de sincronización en el m-ésimo segmento de tiempo
- $s_{m,n}$ una muestra del símbolo maestro en el instante n del m-ésimo segmento de tiempo
- N una longitud de símbolo
- 5 - L una longitud de la secuencia de sincronización predeterminada - por ejemplo, $L = 11$ para el código de Barker de longitud 11
- b_k elemento de código de la secuencia de sincronización predeterminada (por ejemplo, código de Barker) en el k-ésimo lugar
- 10 - b_i elemento de código de la secuencia de sincronización predeterminada (por ejemplo, código de Barker) en el i-ésimo lugar
- z_n muestra en el instante n del m-ésimo segmento de tiempo
- N_g una longitud total de los símbolos de sincronización o de la señal de sincronización (incluida la prolongación cíclica para la transmisión de la información de estado específica al emisor)
- 15 - i, k, n y m son a este respecto variables de control para la numeración de los elementos del código, de las muestras y de los segmentos de tiempo

La cuarta fórmula (4) se puede simplificar mediante conversión en una quinta fórmula (5) para determinar la medida w_m para la probabilidad de que la señal de sincronización esté presente en el segmento de tiempo utilizado en el lado del receptor con poco esfuerzo de cálculo.

20 (5)

$$w_m = \sum_{n=0}^{N-1} \left(\sum_{k=0}^{L-1} b_k * z_{n+m+k*N_g} \right)^2 = \sum_{n=0}^{N-1} s_{m,n}^2$$

w_m como resultado del algoritmo de detección se puede evaluar, por ejemplo, como un desarrollo de curva y, en el caso ideal, presenta un máximo claramente delimitado, por el que se marca un instante de sincronización con una alta probabilidad.

Para un comportamiento selectivo en frecuencia, la señal recibida se puede limpiar, por ejemplo, de antemano de las frecuencias portadoras no utilizadas por medio de un filtro de banda. De forma alternativa, también se puede usar una transformada rápida de Fourier de los valores de muestra z_n del segmento de tiempo respectivo en el rango de frecuencia de acuerdo con una sexta fórmula (6) para generar el comportamiento selectivo en frecuencia, en la que $Z_{l,m}$ es una transformada de Fourier de la muestra z_{m+n} .

30 (6)

$$w_m = \sum_{i=0}^{n-1} \left| \sum_{k=0}^{L-1} b_k * Z_{l(i),m+k*N} \right|^2$$

35 A este respecto, se lleva a cabo una selección mediante elección de las n frecuencias portadoras utilizadas. Sin embargo, este método de selección de frecuencia está vinculado con un esfuerzo de cálculo relativamente alto.

Además, en el quinto paso del procedimiento 105, se puede estimar una atenuación de amplitud y/o una rotación de fase del canal de transmisión o una distorsión del canal mediante una comparación en el lado del receptor de un símbolo de referencia con aquel símbolo maestro para el que se ha determinado el instante de sincronización con una alta probabilidad. Por ejemplo, el símbolo de sincronización se determina y se utiliza como símbolo de referencia en la unidad receptora, ya que se conocen tanto las frecuencias portadoras predeterminadas para ello como también el modo de determinación. Mediante la estimación de la atenuación de amplitud y/o la rotación de fase se puede determinar un filtro de corrección de una manera muy sencilla en el lado del receptor o se puede llevar a cabo una corrección de las frecuencias portadoras utilizadas o recibidas. Los valores de corrección para las frecuencias portadoras individuales se pueden determinar, por ejemplo, de acuerdo con una séptima fórmula (7):

40 (7) $H_k = \frac{L * X_k}{S_k}$

50 A este respecto H_k es el valor de corrección de la frecuencia portadora respectiva y S_k es una transformada de Fourier de $s_{m,n}$ para un instante m en el que se ha detectado el máximo de w_m .

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la sincronización entre una unidad emisora y al menos una unidad receptora en el caso de transmisión de señales multiportadora a través de un canal de transmisión, en el que en el caso de transmisión de señales multiportadora se usan una pluralidad de frecuencias portadoras para la transmisión de señales, en el que se comprenden los siguientes pasos:

- generación de un símbolo de sincronización usando frecuencias portadoras predeterminadas (101) en el rango de frecuencia;

- generación de una señal de sincronización mediante modulación del símbolo de sincronización generado con una secuencia de sincronización predeterminada mediante la unidad emisora (102), en el que una duración temporal de la señal de sincronización correspondiente a una duración del símbolo de sincronización multiplicada por una longitud de la secuencia de sincronización predeterminada;

- envío de la señal de sincronización mediante la unidad emisora con un período de repetición predeterminable (103), en el que la señal de sincronización se usa para una transmisión de una información de estado específica a la emisión, y en el que una modificación de una amplitud y/o de una polaridad de la señal de sincronización se lleva a cabo para la transmisión de la información de estado específica a la emisión;

- después de la transmisión a través del canal de transmisión, recepción de una señal mediante la unidad receptora (104), en el que la señal recibida se forma mediante la señal de sincronización enviada repetidamente con el período de repetición predeterminable; y

- detección y evaluación de la señal recibida por medio de un algoritmo de detección, que se apoya en un algoritmo de retardo y correlación, mediante la unidad receptora, en el que mediante el algoritmo de detección se determina un segmento de tiempo de la señal recibida como instante de sincronización, de tal manera que un segmento de tiempo de la señal recibida se usa respectivamente continuamente en la unidad receptora, que para el segmento de tiempo respectivo de la señal recibida se forma un valor medio respectivo ponderado con la secuencia de sincronización predeterminada como un denominado símbolo maestro respectivo, que el símbolo maestro respectivo se modula con la secuencia de sincronización predeterminada y se correlaciona con el segmento de tiempo respectivo de la señal recibida, y que un valor (w_m) determinado de esta manera se usa y evalúa como una medida para una probabilidad de si la señal de sincronización está presente (105) en el segmento de tiempo respectivo.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que para una generación del símbolo de sincronización en el rango de frecuencia se ocupa una amplitud de cada una de las frecuencias portadoras utilizadas con el mismo valor y las amplitudes de las frecuencias portadoras no utilizadas del canal de transmisión se ponen al valor cero, y por que una fase se determina para las frecuencias portadoras utilizadas respectivamente para el símbolo de sincronización sobre la base de

$$X_{k(i)} = \begin{cases} e^{j\pi i^2}; & i \leq \frac{n}{2} \\ e^{j\pi(n-i)^2}; & i > \frac{n}{2} \end{cases}$$

o sobre la base de

$$X_{k(i)} = \begin{cases} e^{j\frac{\pi}{2}[2i^2]}; & i \leq \frac{n}{2} \\ e^{j\frac{\pi}{2}[2(n-i)^2]}; & i > \frac{n}{2} \end{cases}$$

en el que $X_{k(i)}$ designa un vector de señal de valor complejo para la frecuencia portadora utilizada respectivamente con el índice k, i una variable de control de la que se adoptan los valores 0 a n-1, en el que n indica una totalidad de las frecuencias portadoras utilizadas, e el número de Euler y j la unidad imaginaria.

3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado por que para la transmisión de señales multiportadora se utiliza un denominado procedimiento de multiplexación por división de frecuencia ortogonal o procedimiento OFDM o un denominado procedimiento de transmisión multitono discreto o procedimiento DMT, y por que un símbolo OFDM o un símbolo DMT se utilizada (101)

correspondientemente como símbolo de sincronización.

- 5 4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que como secuencia de sincronización predeterminada para la modulación del símbolo de sincronización se utiliza (102) una secuencia de código con máximos secundarios mínimos o los denominados lóbulos secundarios en una función de autocorrelación asociada.
- 10 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que la información de estado específica a la emisión se transmite (103) mediante envío repetido de la señal de sincronización y/o modulando del período de repetición predeterminable de la señal de sincronización.
- 15 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que como información de estado específica a la emisión se transmiten (103) una información de estado de la unidad emisora y/o una información sobre un estado de sincronización de la unidad emisora.
- 20 7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que como la longitud del segmento de tiempo de la señal recibida se selecciona una longitud de una señal de sincronización.
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que una atenuación de amplitud y/o una rotación de fase del canal de transmisión se estiman (105) mediante una comparación del lado del receptor de un símbolo de referencia, que corresponde al símbolo de sincronización emitido, con aquel símbolo maestro en el que se ha detectado el instante de sincronización con alto grado de probabilidad.

