

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0620593-3 A2**

(22) Data de Depósito: 18/12/2006
(43) Data da Publicação: 16/11/2011
(RPI 2132)



(51) *Int.Cl.:*
H04J 11/00
H04B 7/005
H04J 1/02

(54) **Título:** MÉTODO DE MODULAÇÃO DE MULTIPORTADORAS E DISPOSITIVOS DE TRANSMISSÃO E DE RECEPÇÃO QUE USAM O MÉTODO

(30) **Prioridade Unionista:** 10/01/2006 JP 2006-002062

(73) **Titular(es):** MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD

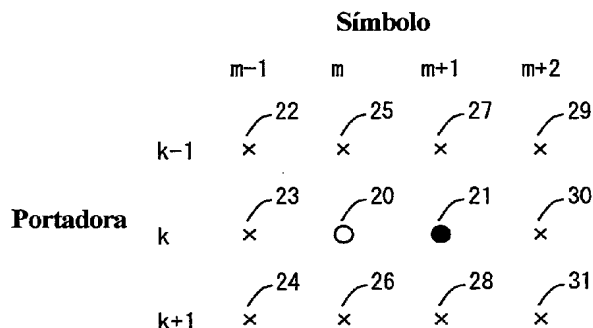
(72) **Inventor(es):** Kenichi Mori, Tomohiro Kimura, Yukihiro Omoto

(74) **Procurador(es):** NELLIE ANNE DANIEL-SHORES

(86) **Pedido Internacional:** PCT JP2006325165 de 18/12/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/080745de 19/07/2007

(57) **Resumo:** MÉTODO DE MODULAÇÃO DE MULTIPORTADORAS E DISPOSITIVOS DE TRANSMISSÃO E DE RECEPÇÃO QUE USAM O MÉTODO Um objetivo da invenção é gerar um sinal piloto para estimar as características de transmissão de um canal de transmissão, que é adequado para a modulação de multiportadoras do tipo OFDM/OQAM. Um símbolo piloto de referência de fase do qual uma amplitude de modulação é suprimida a O, e um sinal piloto de referência de amplitude obtido através de modulação executada usando uma amplitude conhecida por uma extremidade de recepção são transmitidos a partir de uma extremidade de transmissão, e a característica de transmissão do canal de transmissão é estimada e compensada usando o sinal piloto de referência de fase e o sinal piloto de referência de amplitude na extremidade de recepção. Assim, é possível simplificar o processo de geração de quadros executado na extremidade de transmissão, e reduzir a potência de transmissão para o sinal piloto de referência de fase.





"MÉTODO DE MODULAÇÃO DE MULTIPORTADORAS E
DISPOSITIVOS DE TRANSMISSÃO E DE RECEPÇÃO QUE USAM O MÉTODO"

Campo da Invenção

A presente invenção refere-se a um esquema de mo-
5 dulação de multiportadoras capaz de estimar a característica
de transmissão de um canal de transmissão usando um sinal
piloto bem como um aparelho de transmissão e um aparelho de
recepção que usam o esquema, e mais particularmente, a um
esquema de modulação de multiportadoras capaz de executar a
10 estimativa anteriormente mencionada de uma forma adequada
quando a modulação de multiportadoras OFDM/OQAM (Modulação
por Amplitude em Quadratura de Deslocamento) é usada, e um
aparelho de transmissão e um aparelho de recepção usam o es-
quema.

15 Fundamentos da Invenção

A modulação de multiportadoras é expandida para a
comunicação por rádio ou comunicação por fio. A modulação de
multiportadoras é um esquema no qual os dados de transmissão
são divididos, e aos dados de transmissão divididos é atri-
20 buída uma pluralidade de portadoras, respectivamente, e as
portadoras correspondentes aos respectivos dados de trans-
missão são moduladas, e as portadoras moduladas são multi-
plexadas. A modulação de multiportadoras chamada de OFDM
(Multiplexação Ortogonal por Divisão de Frequência), que é
25 um tipo de modulação de multiportadoras, é expandida para o
uso prático nos campos de transmissão terrestre de televisão
digital, LAN sem fio (Rede de Área Local), xDSL (Linha Digi-
tal de Assinante), comunicação pela rede elétrica (PLC: Co-

comunicação através da Rede Elétrica), e seus similares. Como aplicações exemplificadas específicas, o DVB-T é usado para transmissão terrestre de televisão digital, IEEE 802.11a é usado para LAN sem fio, o ADSL é usado para xDSL, HomePlug é usado para a comunicação por rede elétrica. Na descrição seguinte, em particular, a modulação de multiportadoras que usa o OFDM típico mencionado anteriormente é referida como modulação de multiportadoras OFDM/QAM (Modulação de Amplitude em Quadratura) ou simplesmente OFDM/QAM, tal como para ser distinguida de outras modulações de multiportadoras.

(Como OFDM/QAM)

O princípio de OFDM/QAM é descrito no documento não-patente 1.

A OFDM/QAM é uma modulação de multiportadoras para individualmente submeter uma pluralidade de portadoras que têm diferentes frequências uma da outra à modulação de vetor complexo em cada ciclo de transmissão de símbolo, e multiplexação das portadoras moduladas. Quando T_s representa um intervalo de tempo de um símbolo, uma pluralidade de símbolos sendo contínuos na direção do tempo, e f_s representa um intervalo de frequência entre as portadoras adjacentes uma a outra na direção da frequência, uma expressão geral que representa um sinal de transmissão para a OFDM/QAM pode ser representada pela (Equação 1).

25

[Equação 1]

$$s(t) = \text{Re} \left[\sum_m \sum_k d_{m,k} g(t - mT_s) e^{j2\pi(f_c t + k f_s (t - mT_s))} \right]$$

Na (Equação 1), m representa um número do símbolo, k representa um número da portadora, f_c representa uma fre-

qüência de referência de uma portadora, e t representa um tempo. $d_{m,k}$ representa um vetor complexo que indica os dados de transmissão a serem transmitidos na portadora k^a portadora no m^o símbolo. O termo $g(t-mT_s)$ representa uma função de janela para o m^o símbolo, que é obtido deslocando-se no tempo uma função de janela $g(t)$ para o m^o símbolo. Por exemplo, a função de janela $g(t)$ é definida pela (Equação 2).

[Equação 2]

$$g(t) = \begin{cases} 1, & -T_g < t \leq T_u \\ 0, & \text{de outra forma} \end{cases}$$

Um intervalo de símbolo inclui um intervalo de proteção e um intervalo de símbolo efetivo. Na (Equação 2), T_g representa o comprimento do intervalo de proteção, T_u representa o comprimento do intervalo de símbolo efetivo, e uma relação entre T_g e T_u satisfaz $T_s = T_g + T_u$. Ademais, uma relação entre o comprimento do intervalo de símbolo efetivo T_u e um intervalo de frequência de portadora f_s satisfaz $T_u = 1 / f_s$.

Na OFDM/QAM, um sinal correspondente ao comprimento do intervalo de símbolo efetivo T_u é extraído do intervalo de símbolo T_s que inclui um intervalo de proteção T_g e demodulado no processo de recebimento executado na extremidade de recepção.

Em uma comunicação móvel sem fio, uma propagação de multicaminho freqüentemente causa um problema. A propagação de multicaminho representa um fenômeno em que uma pluralidade de sinais de transmissão chegando em vários momentos em atraso devido à reflexão de uma onda de rádio é multiple-

xada e recebida na extremidade de recepção. Na OFDM/QAM, o símbolo inclui um intervalo de proteção tal que uma diferença de tempo de chegada, causada devido à propagação de multicaminho, entre uma pluralidade de ondas de chegada é absorvida tal como a manter a característica ortogonal entre uma pluralidade de portadoras. O intervalo de proteção habilita que um sinal seja recebido na extremidade de recepção mesmo em um ambiente de propagação de multicaminho sem causar uma interferência entre os símbolos e uma interferência entre as portadoras. Tal resistência à propagação de multicaminho é utilizada no campo de uma comunicação por rádio tal como uma transmissão terrestre de televisão digital e LAN sem fio.

Por outro lado, na comunicação por fio tal como xDSL e comunicação por rede elétrica, um sinal de interferência recebido a partir de um outro sistema e/ou dispositivo freqüentemente causa um problema. Em muitos casos, tal sinal de interferência é um sinal de banda estreita. Na OFDM/QAM, as ondas moduladas transmitidas nas respectivas portadoras são recebidas pelos filtros de banda estreita e passa-banda, respectivamente. Portanto, na OFDM/QAM, uma portadora influenciada pelo sinal de interferência pode ser limitada. Ademais, na OFDM/QAM, uma quantidade da informação de dados transmitidos em uma portadora influenciada pelo sinal de interferência é reduzida, ou a portadora não é usada, desse modo habilitando a melhora da resistência ao sinal de interferência. No campo da comunicação por fio tal como xDSL e comunicação por rede elétrica, tal resistência ao sinal de

interferência de banda estreita é utilizada.

Entretanto, o intervalo de proteção para a OFDM/QAM é usado somente para absorver a influência do multicaminho, e não é usado para transmitir informação efetiva.

5 Então, como descrito no Documento de Patente 1, a OFDM/QAM tem um problema que uma eficiência na qual um espectro é usado é baixa, e uma perda de energia é grande.

A OFDM/QAM tem um outro problema que, quando um tempo de atraso causado pela propagação de multicaminho é maior que o intervalo de proteção de uma onda de entrada, a qualidade da transmissão é abruptamente deteriorada. A OFDM/QAM tem ainda outro problema que a banda de passagem de um filtro para receber uma onda modulada não é suficientemente estreita, e um efeito de limitação de uma portadora
10 influenciada por um sinal de interferência de banda estreita que é insuficiente.
15

Como descrito no Documento de Patente 1, uma modulação de multiportadoras OFDM/QAM (Modulação de Amplitude por Quadratura de Deslocamento) é conhecida como uma outra modulação de multiportadoras para resolver os problemas anteriormente mencionados. Na descrição seguinte, a modulação de multiportadoras OFDM/QAM está simplesmente relacionada como uma OFDM/QAM.

(Como OFDM/QAM)

25 O princípio da OFDM/QAM é descrito no Documento de Patente 1, e no Documento Não-Patente 2.

A OFDM/QAM é uma modulação de multiportadoras para individualmente submeter uma pluralidade de portadoras que

têm diferentes frequências uma da outra à modulação de amplitude em cada ciclo de transmissão de símbolo, e multiplexar as portadoras moduladas. Quando T_s representa um intervalo de tempo de um símbolo, uma pluralidade de símbolos sendo contínuos na direção do tempo, e f_s representa um intervalo de frequência entre as portadoras adjacentes uma a outra na direção da frequência, uma expressão geral que representa um sinal de transmissão para a OFDM/QAM pode ser representada pela (Equação 3).

10

[Equação 3]

$$s(t) = \text{Re} \left[\sum_m \sum_k d_{m,k} g(t - mT_s) e^{j2\pi(f_c + kf_s)t + j\phi_{m,k}} \right]$$

15

Na [Equação 3], m representa um número de símbolo, k representa um número de portadora, f_c representa uma frequência de referência de uma portadora, e t representa um tempo. $d_{m,k}$ representa um valor de amplitude que indica os dados de transmissão transmitidos na k^{a} portadora no m^{o} símbolo. $g(t - mT_s)$ representa uma função de janela para o m^{o} símbolo, que é obtida deslocando-se no tempo uma função de janela $g(t)$ para o m^{o} símbolo. $\phi_{m,k}$ representa uma fase de modulação representada pela (Equação 4). Na OFDM/QAM, a modulação é executada tal que a fase é diferente por $\pi/2$ radianos entre os símbolos adjacentes uns aos outros na direção do tempo, e entre as portadoras adjacentes umas às outras na direção da frequência.

25

[Equação 4]

$$\phi_{m,k} = \begin{cases} \pi/2, & (m+k) \text{ ímpar} \\ 0, & (m+k) \text{ par} \end{cases}$$

Na OFDM/QAM, uma relação entre o intervalo de tem-

po T_s de cada um da pluralidade dos símbolos que são contínuos na direção do tempo e o intervalo de frequência f_s , entre as portadoras adjacentes umas às outras na direção da frequência satisfaz $T_s = 1 / (2f_s)$.

5 Conseqüentemente, quando o intervalo de frequência de portadora f_s é configurado tal como para ser o mesmo na OFDM/OQAM e na OFDM/QAM para fazer uma comparação, nota-se que, na OFDM/QAM, os eixos de fase ortogonais um ao outro na metade (porém não exatamente metade visto que um símbolo in-

10 clui um intervalo de proteção na OFDM/QAM) do ciclo de transmissão de símbolo para a OFDM/QAM são alternativamente submetidos à modulação de amplitude. Qualquer coisa que tem a característica da OFDM/OQAM é usada como a OFDM/OQAM, a presente invenção é aplicada nesta. Por exemplo, a modulação

15 de multiportadoras ortogonais limitada no tempo descrita no Documento de Não-Patente 3, o DWMT (Multitom de Pequena Onda Discreta) descrita no Documento de Não-Patente 4, e a OFDM/MSK e a OFDM/IOTA descritas no Documento de Patente 1 são todas consideradas como sendo a mesma em tipo como

20 OFDM/OQAM, e são genericamente referidas como OFDM/OQAM na seguinte descrição.

Por outro lado, em um sistema ao qual a OFDM/QAM é aplicada, usa-se um formato de quadro que inclui um sinal de referência chamado de um sinal piloto que é conhecido para

25 ambas as extremidades de transmissão e de recepção, tal como para estimar a característica de transmissão de um canal de transmissão, e um erro de frequência e/ou um erro de fase entre a extremidade de transmissão e a extremidade de recepção.

Por exemplo, o DVB-T (ETS300-744) que é um padrão de transmissão terrestre de televisão digital na Europa usa um formato de quadro mostrado na FIG. 9. A FIG. 9 mostra uma parte cortada de um formato de quadro representado em um plano de coordenada de tempo-frequência. Na FIG. 9, o eixo das abscissas representa os símbolos localizados na direção do tempo, e o eixo das ordenadas representa as portadoras localizadas na direção da frequência. Um número no eixo das abscissas representa um número de símbolo na direção do tempo enquanto que um número no eixo das ordenadas representa um número de portadora na direção da frequência. Uma marca $\square$ representa um sinal piloto chamado de piloto disperso no DVB-T, e uma marca $\times$ representa um sinal de transmissão de dados. Como mostrado na FIG. 9, o sinal piloto está localizado em cada 12 portadoras na direção da frequência. Ademais, o sinal piloto está localizado tal como para ser deslocado três portadoras na direção da frequência para cada símbolo prosseguindo na direção do tempo. Como o sinal piloto é deslocado três portadoras para cada símbolo, um ciclo de um padrão de localização dos sinais piloto é um período de quatro símbolos. O sinal piloto é um sinal obtido através da modulação executada usando-se um vetor de modulação conhecido para ambas as extremidades de transmissão e de recepção, e é um sinal obtido através da modulação executada usando-se um vetor de modulação que é pré-determinado de acordo com o número da portadora localizada. Um sinal de transmissão transmitido a partir da extremidade de transmissão é recebido como um sinal de recepção na extremidade de

recepção através de um canal de transmissão. O sinal de recepção recebido na extremidade de recepção tem uma amplitude e uma fase que são diferentes daquelas do sinal de transmissão transmitido a partir da extremidade de transmissão, dependendo da característica de transmissão do canal de transmissão. Quando a extremidade de recepção observa que o sinal piloto está incluído no sinal de recepção, a extremidade de recepção pode estimar a característica de transmissão do canal de transmissão. Ademais, a característica de transmissão do canal de transmissão, que é estimada com base no sinal piloto, é interpolada de forma bidimensional na direção do tempo e na direção da frequência tal como para estimar a característica de transmissão do canal de transmissão para o sinal de transmissão de dados. A extremidade de recepção é permitida a demodular corretamente os dados transmitidos corrigindo uma amplitude e uma fase do sinal de recepção com base na característica de transmissão estimada do canal de transmissão.

Em um outro exemplo, um quadro de comunicação de IEEE 802.11a que é um padrão de uma LAN sem fio usa um formato de quadro ilustrado na FIG. 10. A FIG. 10 mostra um quadro de pacote representado em um plano de coordenadas tempo-frequência. Na FIG. 10, o eixo das abscissas representa os símbolos localizados na direção do tempo, e o eixo das ordenadas representa as portadoras localizadas na direção da frequência. Um número no eixo das abscissas representa um número de símbolo na direção do tempo enquanto que um número no eixo das ordenadas representa um número de portadora na direção

da frequência. Uma marca □ representa um sinal de referência que inclui um sinal piloto, e uma marca x representa um sinal de parâmetro de transmissão ou um sinal de transmissão de dados para transmitir dados. Os sinais de referência, cada um incluindo o sinal piloto, são modulados usando os vetores de modulação, respectivamente, conhecidos à extremidade de recepção. Na FIG. 10, os sinais transmitidos no primeiro símbolo e no segundo símbolo, respectivamente, são chamados de curta sequência de treinamento, e são usados principalmente para controle de ganho automático (AGC), controle de frequência automática (AFC), e detecção de pacotes, na extremidade de recepção. Os sinais transmitidos no terceiro símbolo e no quarto símbolo, respectivamente, são chamados de longa sequência de treinamento, e são usados principalmente para sincronização de símbolo, e estimativa da característica de transmissão do canal de transmissão na extremidade de recepção. O quinto símbolo é usado principalmente para transmitir a informação de parâmetro de transmissão chamada SINAL. O sexto ao mº símbolo são símbolos usados principalmente para transmitir dados. Os sinais piloto incluídos no quinto ao mº símbolo, respectivamente, são usados principalmente para estimar, na extremidade de recepção, o deslocamento de fase causado pelo deslocamento na frequência da portadora e amostrar deslocamento de frequência daqueles da extremidade de recepção. A extremidade de recepção é permitida a demodular corretamente os dados transmitidos pela correção do sinal recebido baseado na característica de transmissão estimada do canal de transmissão e no desloca-

mento de fase.

Entretanto, como descrito do Documento de Patente 2, é difícil aplicar, à OFDM/OQAM, um formato de quadro similar ao usado para a OFDM/QAM, ou seja, um formato de quadro no qual os sinais piloto estão localizados. A razão será descrita com relação à FIG. 11.

A FIG. 11 é um diagrama que ilustra uma parte de um formato de quadro representado em um plano de coordenadas tempo-frequência. Na FIG. 11, o eixo das abscissas representa os símbolos localizados na direção do tempo, e o eixo das ordenadas representa as portadoras localizadas na direção da frequência. Um número sobre o eixo das abscissas representa um número de símbolo na direção do tempo, enquanto que um número sobre o eixo das ordenadas representa um número de portadora na direção da frequência. Um sinal piloto 10 está localizado na k^a portadora no m^o símbolo e transmitido. Os sinais de transmissão de dados 11 a 18 estão localizados na vizinhança do sinal piloto 10 e transmitidos. Os sinais de transmissão de dados 11 a 13 estão localizados no $(k-1)^a$ à $(k+1)^a$ portadoras, respectivamente, no $(m-1)^o$ símbolo, e transmitidos. Os sinais de transmissão de dados 14 e 15 estão localizados na $(k-1)^a$ portadora e na $(k+1)^a$ portadora, respectivamente, no m^o símbolo, e transmitidos. Os sinais de transmissão de dados 16 a 18 estão localizados na $(k-1)^a$ portadora à $(k+1)^a$ portadora, respectivamente, no $(m+1)^o$ símbolo, e transmitidos.

O sinal piloto 10 é obtido através da modulação executada usando um valor de amplitude $d_{m,k}$ conhecido para a

extremidade de transmissão e para a extremidade de recepção. Os sinais de transmissão de dados 11 a 18 são obtidos através da modulação executada usando os valores de amplitude $d_{m-1,k-1}$, $d_{m-1,k}$, $d_{m-1,k+1}$, $d_{m,k+1}$, $d_{m,k-1}$, $d_{m,k+1}$, $d_{m+1,k-1}$, $d_{m+1,k}$, e $d_{m+1,k+1}$, respectivamente, baseado nos dados de transmissão.

O sinal piloto 10 recebido na extremidade de recepção em um estado ideal é representado pela (Equação 5). O "estado ideal" descrito acima representa um estado onde uma mudança de amplitude e um deslocamento de fase não ocorrem através da transmissão, ou perturbação, tal como um ruído e uma interferência, não ocorre, e um sinal de transmissão transmitido a partir da extremidade de transmissão é recebido à medida que ele é um sinal de recepção na extremidade de recepção.

[Equação 5]

$$r_{m,k} = d_{m,k} + j \left\{ \begin{array}{l} \alpha_{m-1,k-1} d_{m-1,k-1} + \alpha_{m-1,k} d_{m-1,k} + \alpha_{m-1,k+1} d_{m-1,k+1} \\ + \alpha_{m,k-1} d_{m,k-1} + \alpha_{m,k+1} d_{m,k+1} \\ + \alpha_{m+1,k-1} d_{m+1,k-1} + \alpha_{m+1,k} d_{m+1,k} + \alpha_{m+1,k+1} d_{m+1,k+1} \end{array} \right\}$$

Na (Equação 5), $r_{m,k}$ representa um vetor complexo que representa o sinal piloto 10 recebido no estado ideal. Os termos $\alpha_{m-1,k-1}$, $\alpha_{m-1,k}$, $\alpha_{m-1,k+1}$, $\alpha_{m,k-1}$, $\alpha_{m,k+1}$, $\alpha_{m+1,k-1}$, $\alpha_{m+1,k}$, e $\alpha_{m+1,k+1}$ representam coeficientes de interferências específicas, para o sinal piloto 10, causados pelos sinais de transmissão de dados 11 a 18, respectivamente. Como representado pela (Equação 5), o sinal piloto 10 $\{r_{m,k}\}$ recebido no estado ideal na extremidade de recepção inclui, no termo de número real (em fase), um valor de amplitude $d_{m,k}$ do sinal piloto 10 obtido através da modulação na extremidade de transmissão, e inclui, no termo de número imaginário (fase de quadratura),

as interferências específicas geradas pelos sinais de transmissão de dados 11 a 18 que estão localizados na vizinhança do sinal piloto 10, e transmitido.

A seguir, a comunicação executada através de um canal de transmissão será descrita. Quando $H_{m,k}$ representa a característica de transmissão do canal de transmissão para a k^a portadora no m^o símbolo correspondente ao sinal piloto 10, o sinal piloto 10 $\{r'_{m,k}\}$ recebido através do canal de transmissão na extremidade de recepção é representado pela (Equação 6). Aqui, a característica de transmissão $H_{m,k}$ é representada como um vetor complexo.

[Equação 6]

$$r'_{m,k} = H_{m,k} r_{m,k}$$

De modo a estimar a característica de transmissão $H_{m,k}$ do canal de transmissão usando um sinal piloto $r'_{m,k}$ recebido através do canal de transmissão na extremidade de recepção, o sinal piloto $r'_{m,k}$ recebido através do canal de transmissão pode ser dividido pelo sinal piloto $r_{m,k}$ a ser recebido no estado ideal, como representado pela (Equação 7).

[Equação 7]

$$H_{m,k} = r'_{m,k} / r_{m,k}$$

$$= \frac{r'_{m,k}}{d_{m,k} + j \left\{ \begin{aligned} &\alpha_{m-1,k-1} d_{m-1,k-1} + \alpha_{m-1,k} d_{m-1,k} + \alpha_{m-1,k+1} d_{m-1,k+1} \\ &+ \alpha_{m,k-1} d_{m,k-1} + \alpha_{m,k+1} d_{m,k+1} \\ &+ \alpha_{m+1,k-1} d_{m+1,k-1} + \alpha_{m+1,k} d_{m+1,k} + \alpha_{m+1,k+1} d_{m+1,k+1} \end{aligned} \right\}}$$

Entretanto, quando os sinais de transmissão de dados 11 a 18 que são obtidos através da modulação usando dados desconhecidos à extremidade de recepção, estão localizados na vizinhança do sinal piloto 10 e transmitidos, o com-

ponente de interferência gerado no sinal piloto 10 é desconhecido à extremidade de recepção, o componente de interferência desconhecido impede a estimativa da característica de transmissão $H_{m,k}$ do canal de transmissão.

5 Então, na modulação de multiportadoras convencional descrita no Documento de Patente 2, uma condição de restrição é imposta em no mínimo um dos sinais de transmissão de dados 11 a 18 que estão localizados na vizinhança do sinal piloto 10 e transmitido tal como a suprimir uma interferência (interferência específica que ocorre em um componente de fase em quadratura) no sinal piloto 10. Especificamente, uma condição de restrição é imposta a no mínimo um dos valores de amplitude $d_{m-1,k-1}$, $d_{m-1,k}$, $d_{m-1,k+1}$, $d_{m,k-1}$, $d_{m,k+1}$, $d_{m+1,k-1}$, $d_{m+1,k}$, e $d_{m+1,k+1}$ para demodular os sinais de transmissão de dados 11 a 18 tal que o termo do número imaginário na (Equação 5) indique zero.

Por exemplo, quando a condição de restrição é imposta no valor de amplitude $d_{m+1,k}$ para modular o sinal de transmissão de dados 17 a ser transmitido na k^a portadora no $(m+1)^o$ símbolo, o valor de amplitude $d_{m+1,k}$ é determinado tal como para satisfazer a (Equação 8).

[Equação 8]

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_{m-1,k-1}d_{m-1,k-1} + \alpha_{m-1,k}d_{m-1,k} + \alpha_{m-1,k+1}d_{m-1,k+1} \\ + \alpha_{m,k-1}d_{m,k-1} + \alpha_{m,k+1}d_{m,k+1} \\ + \alpha_{m+1,k-1}d_{m+1,k-1} + \alpha_{m+1,k}d_{m+1,k} + \alpha_{m+1,k+1}d_{m+1,k+1} \end{array} \right\} = 0$$

25 Como descrito acima, quando uma interferência é suprimida (interferência específica que ocorre em um componente de fase em quadratura) do sinal de piloto 10 a partir dos sinais de transmissão de dados 11 a 18 que estão locali-

zados na vizinhança do sinal piloto 10 e transmitido, uma área do número imaginário do sinal piloto 10 recebido na extremidade de recepção é reconhecida, tal que a estimativa da característica de transmissão $H_{m,k}$ do canal de transmissão é facilmente executada na extremidade de recepção.

Documento de Patente 1: Tradução Japonesa do Pedido Internacional PCT No. 11-510653 (Publicação No. WO96/35278).

Documento de Patente 2: Tradução Japonesa do Pedido Internacional PCT No. 2004-509562 (Publicação No. WO2002/025884).

Documento Não-Patente 1: S. B. Weinstein e Paul M. Ebert, "Transmissão de Dados por Multiplexação de Divisão de Frequência usando a Transformada de Fourier Discreta", Transação IEEE em Comunicações, vol. COM-19, pág. 628-634, Outubro de 1971.

Documento Não-Patente 2: Burton R. Saltzberg "Desempenho de um Sistema de Transmissão de Dados Paralelo Eficiente", Transação IEEE em Comunicações, vol. COM-15, pág. 805-811, Dezembro de 1967.

Documento Não-Patente 3: R. Li e G. Stette, "Esquemas de Modulação de Multiportadoras Ortogonais Limitados no Tempo", Transação IEEE em Comunicações, vol. 43, pág. 1269-1272, Fevereiro/Março/Abril de 1995.

Documento Não-Patente 4: M. A. Tzannes, M. C. Tzannes, J. Proakis e P. M. Heller, "Sistemas DMT, Sistemas DWMT e Bancos de Filtros Digitais", Conferência Internacional IEEE em Comunicações, pág. 311-315, Maio de 1994.

Sumário da Invenção

Problemas a serem resolvidos pela Invenção

Entretanto, o método convencional para impor a condição de restrição descrita acima tem um problema que é necessário para executar um cálculo tal como a satisfazer a (Equação 8) na extremidade de transmissão, desse modo complicando o processamento da extremidade de transmissão. Na descrição acima, embora somente a interferência das ondas moduladas que são adjacentes na direção do tempo e na direção da frequência seja levada em consideração, uma interferência a partir de uma onda modulada que está localizada em uma localização mais afastada e transmitida realmente ocorre. Portanto, o cálculo da (Equação 8) para suprimir uma influência real da interferência específica é enormemente complicado. Adicionalmente, quando uma interferência ao sinal piloto dos sinais de transmissão de dados além do sinal de transmissão de dados no qual a condição de restrição imposta é grande, existe um problema que uma amplitude do sinal de transmissão de dados no qual a condição de restrição é imposta é aumentada de modo a eliminar a interferência, desse modo gerando o aumento da potência de transmissão.

A presente invenção é feita para resolver os problemas mencionados anteriormente da técnica convencional, e um objetivo desta é fornecer um esquema de modulação de multiplexadoras capaz de simplificar o processamento da extremidade de transmissão, e reduzir a potência de transmissão, bem como um aparelho de transmissão e um aparelho de recepção que usam o esquema.

Solução para os Problemas

O esquema de modulação de multiportadoras de acordo com a presente invenção é um esquema de modulação de multiportadoras no qual $\nu\tau = 1/2$ é satisfeito quando τ representa um intervalo de transmissão de símbolo, e ν representa os intervalos de frequência de uma pluralidade de portadoras, na qual:

um sinal modulado de multiportadoras gerado executando-se uma modulação no esquema de modulação de multiportadoras inclui um sinal piloto de referência de fase, e

o sinal piloto de referência de fase é um sinal nulo (um sinal obtido através de uma modulação executada usando um valor de amplitude igual a zero).

Portanto, é possível estimar com precisão um componente de fase de característica de transmissão de um canal de transmissão executando-se um cálculo simplificado em uma extremidade de recepção sem calcular uma quantidade de interferência em um sinal piloto a partir de um sinal de transmissão de dados, e executando-se um cálculo para cancelar a quantidade de interferência em uma extremidade de transmissão. Ademais, no esquema de modulação de multiportadoras de acordo com a presente invenção, é possível estimar, na extremidade de recepção, o componente de fase da característica de transmissão do canal de transmissão, um erro de frequência entre a extremidade de transmissão e a extremidade de recepção, um erro de fase entre elas, e similares detectando-se uma diferença de fase do sinal piloto de referência de fase, e corrigir o componente de fase, a frequên-

cia, a fase e similares. Ademais, no esquema de modulação de multiportadoras da presente invenção, é possível reduzir a potência de transmissão do sinal piloto de referência de fase.

De acordo com a presente invenção, preferencialmente, uma pluralidade de sinais piloto de referência de fase é localizada em uma pluralidade de símbolos, respectivamente, que é contínua na direção do tempo em uma portadora pré-determinada.

O esquema de modulação de multiportadoras de acordo com a presente invenção é um esquema de modulação de multiportadoras no qual $\nu\tau = 1/2$ é satisfeito quando τ representa um intervalo de transmissão de símbolo, e ν representa os intervalos de frequência de uma pluralidade de portadoras, na qual:

um sinal modulado de multiportadoras gerado executando-se uma modulação no esquema de modulação de multiportadoras inclui um sinal piloto de referência de fase, e um sinal piloto de referência de amplitude, e

o sinal piloto de referência de fase é um sinal nulo (um sinal obtido através de uma modulação executada usando-se um valor de amplitude igual a zero), e o sinal piloto de referência de amplitude é um sinal obtido através de uma modulação executada usando um valor de amplitude conhecido por uma extremidade de recepção.

De acordo com a presente invenção, o sinal piloto de referência de fase (ou seja, um sinal nulo) do qual uma amplitude de modulação é suprimida a zero e o sinal piloto de referência de amplitude obtido através da modulação exe-

cutada usando uma amplitude conhecida que possui um valor maior do que zero, são inseridos na extremidade de transmissão. Assim, é possível estimar com precisão a característica de transmissão de um canal de transmissão executando um cálculo simplificado na extremidade de recepção sem calcular uma quantidade de interferência para um sinal piloto a partir de um sinal de transmissão de dados e executando um cálculo para cancelar a quantidade de interferência na extremidade de transmissão. Ademais, no esquema de modulação de multipontadoras de acordo com a presente invenção, é possível estimar, na extremidade de recepção, a característica de transmissão do canal de transmissão, um erro de frequência entre a extremidade de transmissão e a extremidade de recepção, um erro de fase entre elas, e similares detectando uma diferença de fase do sinal piloto de referência de fase, e uma diferença de amplitude do sinal piloto de referência de amplitude, e corrigir a característica de transmissão, a frequência, a fase, e similares. Ademais, no esquema de modulação de multipontadoras da presente invenção, é possível reduzir a potência de transmissão para o sinal piloto de referência de fase.

De acordo com a presente invenção, preferencialmente, o sinal piloto de referência de fase e o sinal piloto de referência de amplitude estão localizados alternadamente em cada outro símbolo sobre uma pluralidade de símbolos, e são contínuos em uma direção do tempo em uma portadora pré-determinada.

De acordo com a presente invenção, preferencial-

mente, o sinal piloto de referência de fase e o sinal piloto de referência de amplitude estão localizados alternadamente em cada outra portadora sobre uma pluralidade de portadoras e são contínuos em uma direção da frequência em um símbolo
5 pré-determinado.

De acordo com a presente invenção, preferencialmente, o sinal piloto de referência de fase e o sinal piloto de referência de amplitude estão localizados alternadamente em cada outra portadora sobre uma pluralidade de portadoras
10 que são contínuas em uma direção da frequência, e estão localizadas alternadamente em cada outro símbolo em uma direção do tempo.

Um aparelho de transmissão de acordo com a presente invenção gera o sinal modulado de multiportadoras no esquema de modulação de multiportadoras da presente invenção,
15 e transmite o sinal modulado de multiportadoras.

O aparelho de transmissão de acordo com a presente invenção é um aparelho de transmissão para gerar um sinal modulado de multiportadoras em um esquema de modulação de multiportadoras no qual $\nu\tau = 1/2$ é satisfeito quando τ representa um intervalo de transmissão de símbolo, e ν representa os intervalos de frequência de uma pluralidade de portadoras, e transmitir o sinal modulado de multiportadoras, e o aparelho de transmissão compreende:

25 dispositivos de geração de quadro para receber os dados de transmissão, e gerar um sinal de quadro que inclui um valor de amplitude para gerar um sinal de transmissão de dados baseado nos dados de transmissão, e um valor de ampli-

tude de zero para gerar um sinal piloto de referência de fase; e

dispositivos de modulação de multiportadoras para gerar o sinal modulado de multiportadoras, que usa a informação de valor de amplitude incluída no sinal de quadro, no
5 esquema de modulação de multiportadoras.

O aparelho de transmissão de acordo com a presente invenção é um aparelho de transmissão para gerar um sinal modulado de multiportadoras em um esquema de modulação de
10 multiportadoras no qual $\nu\tau = 1/2$ é satisfeito quando τ representa um intervalo de transmissão de símbolo, e ν representa os intervalos de frequência de uma pluralidade de portadoras, a transmitir o sinal modulado de multiportadoras, e o aparelho de transmissão compreende:

15 dispositivos de geração de quadro para receber os dados de transmissão, e gerar um sinal de quadro incluindo um valor de amplitude para gerar um sinal de transmissão de dados baseado nos dados de transmissão, um valor de amplitude de zero para gerar um sinal piloto de referência de fase,
20 e um valor de amplitude, conhecido por uma extremidade de recepção, e para gerar um sinal piloto de referência de amplitude; e

dispositivos de modulação de multiportadoras para gerar o sinal modulado de multiportadoras, usando a informação de valor de amplitude incluída no sinal de quadro, no
25 esquema de modulação de multiportadoras.

Um aparelho de recepção de acordo com a presente invenção

recebe o sinal modulado de multiportadoras gerado no esquema de modulação de multiportadoras da presente invenção, e

5 estima um deslocamento de fase do sinal modulado de multiportadoras usando o sinal de referência de fase incluído no sinal modulado de multiportadoras, tal como para compensar a fase.

Um aparelho de recepção de acordo com a presente invenção,

10 recebe o sinal modulado de multiportadoras gerado no esquema de modulação de multiportadoras da presente invenção,

estima o deslocamento de uma fase do sinal modulado de multiportadoras usando o sinal piloto de referência de fase incluído no sinal modulado de multiportadoras, tal como para compensar a fase, e

20 estima uma diferença de amplitude do sinal modulado de multiportadoras usando o sinal piloto de referência de amplitude incluído no sinal modulado de multiportadoras, tal como para compensar a amplitude.

O aparelho de recepção de acordo com a presente invenção é um aparelho de recepção para receber e demodular um sinal modulado de multiportadoras gerado em um esquema de modulação de multiportadoras no qual $v\tau = 1/2$ é satisfeito quando τ representa um intervalo de transmissão de símbolo, e v representa os intervalos de frequência de uma pluralidade de portadoras, na qual:

O sinal modulado de multiportadoras inclui o sinal

de referência de fase que é um sinal nulo (um sinal obtido através de uma modulação executada usando um valor de amplitude que é igual a zero), e o aparelho de recepção compreende:

5 dispositivos de demodulação de multiportadoras para demodular o sinal modulado de multiportadoras recebido, tal como para gerar um vetor de demodulação, e emitir o vetor de demodulação, e

 dispositivos de equalização para receber o vetor
10 de demodulação, e estimar um deslocamento de fase do vetor de demodulação de acordo com o sinal piloto de referência de fase, tal como para compensar a fase.

De acordo com a presente invenção, os dispositivos de equalização preferencialmente incluem:

15 dispositivos de estimativa de fase para extrair o sinal piloto de referência de fase incluído no vetor de demodulação, e estimar o deslocamento de fase do vetor de demodulação, e

 dispositivos de compensação de fase para compen-
20 sar a fase do vetor de demodulação de acordo com o deslocamento de fase estimado pelos dispositivos de estimativa de fase.

O aparelho de recepção de acordo com a presente invenção é um aparelho de recepção para receber e demodular
25 um sinal modulado de multiportadoras obtido através de uma modulação executada em um esquema de modulação de multiportadoras no qual $v\tau = 1/2$ é satisfeito quando τ representa um intervalo de transmissão de símbolo, e v representa os in-

tervalos de frequência de uma pluralidade de portadoras, na qual:

o sinal modulado de multiportadoras inclui um sinal piloto de referência de fase que é um sinal nulo (um sinal obtido através de uma modulação executada usando um valor de amplitude que é igual a zero), e um sinal piloto de referência de amplitude obtido através de uma modulação executada usando uma amplitude conhecida por uma extremidade de recepção, e o aparelho de recepção compreende:

dispositivos de demodulação de multiportadoras para demodular o sinal modulado de multiportadoras recebido, tal como para gerar um vetor de demodulação, e emitir o vetor de demodulação, e

dispositivos de equalização para receber o vetor de demodulação, e estimar um deslocamento de fase do vetor de demodulação usando o sinal piloto de referência de fase, tal como para compensar a fase, e estimar uma diferença de amplitude do vetor de demodulação usando o sinal piloto de referência de amplitude tal como para compensar a amplitude.

De acordo com a presente invenção, os dispositivos de equalização preferencialmente incluem:

dispositivos de estimativa de fase para extrair o sinal piloto de referência de fase incluído no vetor de demodulação, e estimar o deslocamento de fase do vetor de demodulação;

dispositivos de compensação de fase para compensar a fase do vetor de demodulação de acordo com o deslocamento de fase estimado pelos dispositivos de estimativa de fase;

dispositivos de estimativa de amplitude para extrair o sinal piloto de referência de amplitude incluído no vetor de demodulação, que é compensado em fase e é emitido pelos dispositivos de compensação de fase, e estimar uma diferença de amplitude do vetor de demodulação de fase compensada; e

dispositivos de compensação de fase para compensar, de acordo com a diferença da amplitude estimada pelos dispositivos de estimativa de amplitude, a amplitude do vetor de demodulação que é compensada em fase e é emitida pelos dispositivos de compensação de fase.

De acordo com a presente invenção, os dispositivos de equalização preferencialmente incluem:

dispositivos de estimativa de fase para extrair o sinal piloto de referência de fase incluído no vetor de demodulação, e estimar o deslocamento da fase do vetor de demodulação;

dispositivos de compensação de fase para compensar a fase do vetor de demodulação de acordo com o deslocamento da fase estimado pelos dispositivos de estimativa de fase;

dispositivos de estimativa de amplitude para extrair o sinal piloto de referência de amplitude incluído no vetor de demodulação, que é compensado em fase e é emitido pelos dispositivos de compensação de fase, e estimar um deslocamento da amplitude do vetor de demodulação de fase compensada; e

dispositivos de compensação para compensar, de acordo com o deslocamento da fase estimado pelos dispositivos

de estimativa de fase e a diferença da amplitude estimada pelos dispositivos de estimativa de amplitude, a fase e uma amplitude do vetor de demodulação.

Efeito da Invenção

5 Na modulação de multiportadoras de acordo com a presente invenção, é possível inserir um sinal piloto conhecido pré-determinado sem calcular uma interferência em um sinal piloto a partir de um sinal de transmissão de dados na extremidade de transmissão. Ademais, a amplitude de modula-
10 ção do sinal piloto de referência de fase é suprimida a zero, e então o sinal piloto de referência de fase não é transmitido a partir da extremidade de transmissão na prática, tal que o efeito de reduzir a potência de transmissão é exercido.

15 Breve Descrição dos Desenhos

A FIG. 1 é um diagrama que ilustra um formato de quadro para uma modulação de multiportadoras de acordo com uma modalidade 1 da presente invenção.

20 A FIG. 2 é um diagrama esquemático que ilustra um sistema de comunicação que usa a modulação de multiportadoras da presente invenção.

25 A FIG. 3 é um diagrama de bloco que ilustra uma configuração exemplificada de dispositivos de equalização que usam a modulação de multiportadoras da presente invenção.

A FIG. 4 é um diagrama de bloco que ilustra uma outra configuração exemplificada de dispositivos de equalização que usam a modulação de multiportadoras da presente

invenção.

A FIG. 5 é um diagrama que ilustra um formato de quadro para uma modulação de multiportadoras de acordo com uma modalidade 2 da presente invenção.

5 A FIG. 6 é um diagrama que ilustra um formato de quadro para uma modulação de multiportadoras de acordo com uma modalidade 3 da presente invenção.

A FIG. 7 é um diagrama que ilustra um formato de quadro para uma modulação de multiportadoras de acordo com
10 uma modalidade 4 da presente invenção.

A FIG. 8 é um diagrama que ilustra um formato de quadro para uma modulação de multiportadoras de acordo com uma modalidade 5 da presente invenção.

A FIG. 9 é um diagrama que ilustra um formato de
15 quadro para um padrão de transmissão terrestre de televisão digital convencional.

A FIG. 10 é um diagrama que ilustra um formato de quadro para um padrão LAN sem fio convencional.

A FIG. 11 é um diagrama que ilustra um formato de
20 quadro para uma modulação de multiportadoras convencional.

Descrição dos Caracteres de Referência

10 - Sinal piloto

11 a 18 - Sinal de transmissão de dados

20 - Sinal piloto de referência de fase

25 21 - Sinal piloto de referência de amplitude

22 a 31 - Sinal de transmissão de dados

110 - Extremidade de transmissão

111 - Dispositivo de geração de quadros

112 - Dispositivo de modulação de multiportadoras

120 - Canal de transmissão

130 - Extremidade de recepção

131 - Dispositivo de modulação de multiportadoras

5 132 - Dispositivo de equalização

141 - Dispositivo de estimativa de fase

142 - Dispositivo de compensação de fase

143 - Dispositivo de estimativa de amplitude

144 - Dispositivo de compensação de amplitude

10 151 - Dispositivo de estimativa de fase

152 - Dispositivo de compensação de fase

153 - Dispositivo de estimativa de amplitude

154 - Dispositivo de compensação

Descrição Detalhada da Invenção

15 A seguir, as modalidades da presente invenção serão descritas com relação aos desenhos.

[Modalidade 1]

A FIG. 1 é um diagrama que ilustra uma parte cortada de um formato de quadro, representado em um plano de coordenadas tempo-freqüência, para um esquema de modulação de multiportadoras de acordo com uma modalidade 1 da presente invenção. Na FIG. 1, o eixo das abscissas representa os símbolos localizados na direção do tempo, e o eixo das ordenadas representa as portadoras localizadas na direção da freqüência. Um número sobre o eixo das abscissas representa um número de símbolo na direção do tempo enquanto que um número sobre o eixo das ordenadas representa um número de portadora na direção da freqüência. Um sinal piloto de referên-

20

25

cia de fase 20 está localizado na k^a portadora, no m^o símbolo e transmitido. Um sinal piloto de referência de amplitude 21 está localizado na k^a portadora, no m^o símbolo e transmitido. Os sinais de transmissão de dados 22 a 31 estão localizados na vizinhança do sinal piloto de referência de fase 20 e do sinal piloto de referência de amplitude 21, e transmitidos. Os sinais de transmissão de dados 22 a 24 estão localizados na $(k-1)^a$ portadora à $(k+1)^a$ portadora, respectivamente, no $(m-1)^o$ símbolo, e transmitidos. Os sinais de transmissão de dados 25 e 26 estão localizados na $(k-1)^a$ portadora à $(k+1)^a$ portadora, respectivamente, no m^o símbolo, e transmitidos. Os sinais de transmissão de dados 27 e 28 estão localizados da $(k-1)^a$ portadora à $(k+1)^a$ portadora, respectivamente, no $(m+1)^o$ símbolo, e transmitidos. Os sinais de transmissão de dados 29 a 31 estão localizados na $(k-1)^a$ portadora à $(k+1)^a$ portadora, respectivamente, no $(m+2)^o$ símbolo, e transmitidos.

Na presente modalidade, o esquema de modulação de multiportadoras OFDM/OQAM é usado. Este é o mesmo para as outras modalidades descritas abaixo. A OFDM/OQAM é uma modulação de multiportadoras para individualidade submeter uma pluralidade de portadoras que têm diferentes frequências entre elas à modulação de amplitude em cada ciclo de transmissão de símbolo, e multiplexar as portadoras moduladas. Quando T_s representa um intervalo de tempo de um símbolo, uma pluralidade de símbolos contínuos na direção do tempo, e f_s representa um intervalo de frequência entre as portadoras adjacentes umas as outras na direção da frequência, uma ex-

pressão geral que representa um sinal de transmissão para a OFDM/OQAM pode ser representada pela (Equação 9).

[Equação 9]

$$s(t) = \text{Re} \left[\sum_m \sum_k d_{m,k} g(t - mT_s) e^{j2\pi(f_c + kf_s)t + \phi_{m,k}} \right]$$

5 Na (Equação 9), m representa um número de símbolo, k representa um número de portadora, f_c representa uma frequência de referência de uma portadora, e t representa um tempo. O termo $d_{m,k}$ representa um valor de amplitude que representa os dados de transmissão transmitidos na k^a portadora no m^o símbolo. O termo $g(t - mT_s)$ representa uma função de janela para o m^o símbolo, que é obtida pelo deslocamento no tempo de uma função de janela $g(t)$ para o m^o símbolo. O termo $\phi_{m,k}$ representa uma fase de modulação representada pela (Equação 10). Na OFDM/OQAM, a modulação é executada tal que
10 uma fase é diferente de $\pi/2$ radianos entre os símbolos adjacentes uns aos outros na direção do tempo, e entre as portadoras adjacentes umas as outras na direção da frequência.

[Equação 10]

$$\phi_{m,k} = \begin{cases} \pi/2, & (m+k) \text{ ímpar} \\ 0, & (m+k) \text{ par} \end{cases}$$

20 Na OFDM/OQAM, uma relação entre o intervalo de tempo T_s de cada um da pluralidade de símbolos que são contínuos na direção do tempo e o intervalo de frequência f_s entre as portadoras adjacentes umas as outras na direção da frequência satisfaz $f_s T_s = 1/2$.

25 O sinal piloto de referência de fase 20 é um sinal obtido através da modulação executada na extremidade de transmissão usando o valor de amplitude $d_{m,k}$ que é igual a

zero. Isto é, o sinal piloto de referência de fase 20 é um sinal nulo. Ademais, a extremidade de recepção sabe que o sinal piloto de referência de fase 20 é um sinal nulo.

O sinal piloto de referência de amplitude 21 é um
 5 sinal obtido através da modulação usando o valor de amplitude $d_{m+1,k}$ que é conhecido pela extremidade de recepção. Os sinais de transmissão de dados 22 a 31 são sinais obtidos através da modulação que usando os valores de amplitude $d_{m-1,k-1}$, $d_{m-1,k}$, $d_{m-1,k+1}$, $d_{m,k-1}$, $d_{m,k+1}$, $d_{m+1,k-1}$, $d_{m+1,k+1}$, e $d_{m+1,k+1}$,
 10 $d_{m+2,k-1}$, $d_{m+2,k}$ e $d_{m+2,k+1}$, respectivamente, baseados nos dados de transmissão.

O sinal piloto de referência de fase 20 recebido na extremidade de recepção no estado ideal é representado pela (Equação 11).

15 [Equação 11]

$$r_{m,k} = j \left\{ \begin{array}{l} \alpha_{m-1,k-1} d_{m-1,k-1} + \alpha_{m-1,k} d_{m-1,k} + \alpha_{m-1,k+1} d_{m-1,k+1} \\ + \alpha_{m,k-1} d_{m,k-1} + \alpha_{m,k+1} d_{m,k+1} \\ + \alpha_{m+1,k-1} d_{m+1,k-1} + \alpha_{m+1,k} d_{m+1,k} + \alpha_{m+1,k+1} d_{m+1,k+1} \end{array} \right\}$$

Na (Equação 11), $r_{m,k}$ representa um vetor complexo que representa o sinal piloto de referência de fase 20 recebido no estado ideal. O termo $\alpha_{m+1,k}$ representa um coeficiente de uma interferência em um eixo de fase em quadratura do
 20 sinal piloto de referência de fase 20 a partir do sinal piloto de referência de amplitude 21. Aqui, o "eixo de fase em quadratura" representa um eixo de fase ortogonal (ou seja, diferente por $\pi/2$ radianos) a um eixo de fase no qual cada
 25 portadora em cada símbolo é submetida à modulação de amplitude na extremidade de transmissão. Ademais, $\alpha_{m-1,k-1}$, $\alpha_{m-1,k}$, $\alpha_{m-1,k+1}$, $\alpha_{m,k-1}$, $\alpha_{m,k+1}$, $\alpha_{m+1,k-1}$, e $\alpha_{m+1,k+1}$ representam os coefici-

entes que representam as magnitudes de interferências no eixo de fase em quadratura do sinal piloto de referência de fase 20 a partir dos sinais de transmissão de dados 22 a 28, respectivamente. Como representado pela (Equação 11), o sinal piloto de referência de fase 20 recebido na extremidade de recepção no estado ideal inclui, somente no termo de número imaginário, um componente de interferência a partir de cada um dentre o sinal piloto de referência de amplitude 21 e os sinais de transmissão de dados 22 a 28 localizados na vizinhança deste e transmitidos. Então, o do sinal piloto de referência de fase 20 recebido na extremidade de recepção no estado ideal inclui somente o componente de número imaginário. Conseqüentemente, uma fase do sinal piloto de referência de fase 20 $\{r_{m,k}\}$ é de $\pm \pi/2$ radianos. Na (Equação 11), embora a interferência no eixo de fase em quadratura do sinal piloto de referência de fase 20 seja baseada em somente sinais modulados localizados adjacentes a esse e transmitidos, uma interferência a partir de um sinal modulado localizado em uma localização mais afastada realmente ocorre. A interferência a partir de um sinal modulado localizado em uma localização mais afastada do que a localização adjacente ao sinal piloto de referência de fase 20 também ocorre no eixo de fase em quadratura do sinal piloto de referência de fase 20. Assim, a (Equação 11) cobre uma extensão geral na qual a interferência ocorre.

Um caso onde a comunicação é executada através de um canal de transmissão será descrito. O sinal piloto de referência de fase 20 é transmitido na k^a portadora no m^o sím-

bolo. Quando $H_{m,k}$ representa a característica de transmissão de um canal de transmissão para o sinal piloto de referência de fase 20, o sinal piloto de referência de fase 20 $\{r'_{m,k}\}$ recebido na extremidade de recepção através do canal de transmissão é representado pela (Equação 12). A característica de transmissão $H_{m,k}$ é representada como um vetor complexo.

[Equação 12]

$$r'_{m,k} = H_{m,k} r_{m,k}$$

O componente de fase $\Phi_{m,k}$ da característica de transmissão $H_{m,k}$ do canal de transmissão pode ser estimado baseado no sinal piloto de referência de fase 20 $\{r'_{m,k}\}$ recebido na extremidade de recepção através do canal de transmissão. O componente de fase $\Phi_{m,k}$ da característica de transmissão do canal de transmissão pode ser estimado subtraindo-se de uma fase $\angle r'_{m,k}$ do sinal piloto de referência de fase 20 recebido na extremidade de recepção através do canal de transmissão, $+\pi/2$ radianos ou $-\pi/2$ radianos que corresponde a uma fase $\angle r_{m,k}$ do sinal piloto de referência de fase 20 recebido no estado idealístico, como representado na (Equação 13).

[Equação 13]

$$\Phi_{m,k} = \begin{cases} \angle r'_{m,k} - \pi/2 \\ \text{ou} \\ \angle r'_{m,k} + \pi/2 \end{cases}$$

Embora o componente de fase estimado $\Phi_{m,k}$ da característica de transmissão do canal de transmissão inclua uma incerteza de fase de π radianos como para a fase $\angle r_{m,k}$ do do sinal piloto de referência de fase 20, a incerteza de fase é

removida na etapa de processo descrito abaixo. A "incerteza de fase de π radianos" descrita acima ocorre porque se o sinal piloto de referência de fase 20 recebido no estado ideal representa $+\pi/2$ radianos ou $-\pi/2$ radianos é desconhecido neste ponto, e não está claro se a fase é $+\pi/2$ radianos ou $-\pi/2$ radianos.

O sinal piloto de referência de amplitude 21 recebido na extremidade de recepção no estado idealístico é representado pela (Equação 14).

10

[Equação 14]

$$r_{m+1,k} = d_{m+1,k} + j \left\{ \begin{array}{l} \alpha_{m,k-1} d_{m,k-1} + \alpha_{m,k+1} d_{m,k+1} \\ + \alpha_{m+1,k-1} d_{m+1,k-1} + \alpha_{m+1,k+1} d_{m+1,k+1} \\ + \alpha_{m+2,k-1} d_{m+2,k-1} + \alpha_{m+2,k} d_{m+2,k} + \alpha_{m+2,k+1} d_{m+2,k+1} \end{array} \right\}$$

15

Na (Equação 14), $r_{m+1,k}$ representa um vetor complexo que representa o sinal piloto de referência de amplitude 21 recebido no estado ideal. Os termos $\alpha_{m,k-1}$, $\alpha_{m,k+1}$, $\alpha_{m+1,k-1}$, $\alpha_{m+1,k+1}$, $\alpha_{m+2,k-1}$, $\alpha_{m+2,k}$, e $\alpha_{m+2,k+1}$, representam os coeficientes que representam as magnitudes das interferências a partir dos sinais de transmissão de dados 25 a 31, respectivamente, para o eixo de fase em quadratura do sinal piloto de referência de amplitude 21. Como representado pela (Equação 14), o sinal piloto de referência de amplitude 20 recebido na extremidade de recepção no estado ideal inclui, no termo de número real, um valor de amplitude $d_{m+1,k}$ do sinal piloto de referência de amplitude 21 obtido através da modificação na extremidade de transmissão, e inclui, no termo de número imaginário, os componentes de interferência a partir dos sinais de transmissão de dados 25 a 31, respectivamente, localizados na vizinhança desse.

25

Um caso onde a comunicação é executada através de um canal de transmissão será descrito. O sinal piloto de referência de amplitude 21 é transmitido na k^a portadora e no $(m+1)^o$ símbolo. Quando $H_{m+1,k}$ representa a característica de transmissão do sinal piloto de referência de amplitude 21, o sinal piloto de referência de amplitude 21 $\{r'_{m+1,k}\}$ recebido através do canal de transmissão na extremidade de recepção é representado pela (Equação 15). Aqui, a característica de transmissão $H_{m+1,k}$ é representada como um vetor complexo.

[Equação 15]

$$r'_{m+1,k} = H_{m+1,k} r_{m+1,k}$$

Um componente de amplitude $A_{m+1,k}$ da característica de transmissão $H_{m+1,k}$ do canal de transmissão pode ser estimado com base no sinal piloto de referência de amplitude 21 $\{r'_{m+1,k}\}$ recebido na extremidade de recepção através do canal de transmissão. Assumindo-se que uma variação temporal na característica de transmissão do canal de transmissão é pequena, a característica de transmissão $H_{m,k}$ para a k^a portadora no m^o símbolo pode ser a mesma da característica de transmissão $H_{m+1,k}$ para k^a portadora no $(m+1)^o$ símbolo. Como representado pela (Equação 16), a fase $r'_{m+1,k}$ do sinal piloto de referência de amplitude 21 recebido na extremidade de recepção através do canal de transmissão é corrigida em fase usando o componente de fase já estimado $\Phi_{m,k}$ da característica de transmissão do canal de transmissão, e um componente de número real do sinal piloto de referência de amplitude de fase corrigida 21 é dividido por um valor de amplitude conhecido do sinal piloto de referência de amplitude 21, isto

é, pelo valor de amplitude $d_{m+1,k}$ usado na extremidade de transmissão, desse modo capacitando a estimativa do componente de amplitude $A_{m+1,k}$ da característica de transmissão do canal de transmissão.

5 [Equação 16]

$$A_{m+1,k} = \frac{\text{Re} \left[r'_{m+1,k} e^{-j\Phi_{m,k}} \right]}{d_{m+1,k}}$$

As características de transmissão $H_{m,k}$ e $H_{m+1,k}$ do canal de transmissão são estimadas, como representado pela (Equação 17), usando o componente de fase $\Phi_{m,k}$ e o componente
10 de amplitude $A_{m+1,k}$ estimados da maneira mencionada anteriormente, da característica de transmissão.

[Equação 17]

$$H_{m,k} = H_{m+1,k} = A_{m+1,k} e^{j\Phi_{m,k}}$$

Mesmo quando o componente de fase estimado $\Phi_{m,k}$ da
15 característica de transmissão é diferente de um valor real por π radianos devido à incerteza de fase, a incerteza de fase é removida. Isto ocorre porque, quando o componente de fase $\Phi_{m,k}$ da característica de transmissão é estimado em um valor diferente de um valor real por π radianos, uma polaridade do componente de amplitude $A_{m+1,k}$ da característica de
20 transmissão, que é estimada na (Equação 16), é revertida, e os valores dos quais as polaridades são revertidas são multiplicados um pelo outro na (Equação 17), resultando em cada uma das polaridades das características de transmissão estimadas $H_{m,k}$ e $H_{m+1,k}$ sendo a mesma de uma polaridade real.
25

Um esboço de um sistema de comunicação que usa a modulação de multiportadoras da presente invenção será des-

crito com relação à FIG. 2.

Como mostrado na FIG. 2, o sistema de comunicação inclui uma extremidade de transmissão 110 e uma extremidade de recepção 130. Um sinal modulado de multiportadoras transmitido da extremidade de transmissão 110 é recebido pela extremidade de recepção 130 através do canal de transmissão 120.

O canal de transmissão 120 é um canal por fios ou um canal sem fio. Quando o canal de transmissão 120 é sem fio, a extremidade de transmissão 110 é conectada ao canal de transmissão 120 através de uma antena, e o canal de transmissão 120 é conectado à extremidade de recepção 130 através de uma antena.

A extremidade de transmissão 110 inclui dispositivos de geração de quadro 111 e dispositivos de modulação de multiportadoras 112. Os dispositivos de geração de quadro 111 recebem os dados de transmissão, e geram um valor de amplitude para modular um sinal de transmissão de dados baseado nos dados de transmissão recebidos, e geram um sinal de quadro que inclui o valor de amplitude para modular o sinal de transmissão de dados, um valor de amplitude para modular o sinal piloto de referência de fase, e um valor de amplitude para modular o sinal piloto de referência de amplitude. O valor de amplitude, incluído no sinal de quadro, para modular o sinal piloto de referência de fase é zero, e o valor de amplitude, incluído no sinal de quadro, para modular o sinal piloto de referência de amplitude é um valor conhecido pela extremidade de recepção. O dispositivo de modulação de mul-

tiportadoras 112 recebe o sinal de quadro gerado pelo dispositivo de geração de quadro 111, e executa a modulação de multiportadoras OFDM/OQAM baseada nos valores de amplitude incluídos no sinal de quadro tal como para gerar um sinal modulado de multiportadoras, e emite o sinal modulado de multiportadoras a partir da extremidade de transmissão 110.

A extremidade de recepção 130 inclui dispositivo de demodulação de multiportadoras 131 e dispositivo de equalização 132. O dispositivo de demodulação de multiportadoras 131 demodula o sinal modulado de multiportadoras OFDM/OQAM recebido tal como para emitir um vetor de demodulação. O dispositivo de equalização 132 recebe o vetor de demodulação emitido pelo dispositivo de demodulação de multiportadoras 131, e estima e compensa a característica de transmissão do canal de transmissão 120 baseado no sinal piloto de referência de fase e no sinal piloto de referência de amplitude. O vetor de demodulação do qual a característica de transmissão foi compensada pelo dispositivo de equalização 132, é demodulado e emitido como dados recebidos.

O dispositivo de equalização 132 pode ser configurado como mostrado, por exemplo, na FIG. 3. Como mostrado na FIG. 3, o dispositivo de equalização 132 inclui dispositivo de estimativa de fase 141, dispositivo de compensação de fase 142, dispositivo de estimativa de amplitude 143, dispositivo de compensação de amplitude 144. O dispositivo de estimativa de fase 141 extrai o sinal piloto de referência de fase incluído no vetor de demodulação remitido pelo dispositivo de demodulação de multiportadoras 131, e estima um com-

ponente de fase da característica de transmissão do canal de transmissão 120 baseado no sinal piloto de referência de fase. O dispositivo de compensação de fase 142 compensa uma fase do vetor de demodulação emitido pelo dispositivo de demodulação de multiportadoras 131 com base no componente de fase da característica de transmissão do canal de transmissão 120, que é estimado pelo dispositivo de estimativa de fase 141. O dispositivo de estimativa de amplitude 143 extrai o sinal piloto de referência de amplitude incluído no vetor de demodulação de fase compensada que é emitido pelo dispositivo de compensação de fase 142, e estima um componente de amplitude da característica de transmissão do canal de transmissão 120, com base no sinal piloto de referência de amplitude. O dispositivo de compensação de amplitude 144 compensa uma amplitude do vetor de demodulação de fase compensada que é emitido pelo dispositivo de compensação de fase 142, com base no componente de amplitude da característica de transmissão do canal de transmissão 120, que é estimada pelo dispositivo de estimativa de amplitude 143. O vetor de demodulação do qual a fase e a amplitude foram compensadas é demodulado e emitido como dados recebidos.

O dispositivo de equalização 132 pode ser configurado como mostrado na FIG. 4. Como mostrado na FIG. 4, o dispositivo de equalização 132 inclui o dispositivo de estimativa de fase 151, o dispositivo de compensação de fase 152, o dispositivo de estimativa de amplitude 153, e dispositivo de compensação 154. O dispositivo de estimativa de fase 151 extrai o sinal piloto de referência de fase incluí-

do no vetor de demodulação emitido pelo dispositivo de demodulação de multiportadoras 131, e estima um componente de fase da característica de transmissão do canal de transmissão 120 com base no sinal piloto de referência de fase. O

5 dispositivo de compensação de fase 152 compensa uma fase do sinal piloto de referência de amplitude incluído no vetor de demodulação emitido pelo dispositivo de demodulação de multiportadoras 131, com base no componente de fase da característica de transmissão do canal de transmissão 120, que é

10 estimada pelo dispositivo de estimativa de fase 151. O dispositivo de estimativa de amplitude 153 extrai o sinal piloto de referência de amplitude incluído no vetor de demodulação de fase compensada que é emitido pelo dispositivo de compensação de fase 152, e estima um componente de amplitude

15 da característica de transmissão do canal de transmissão 120, com base no sinal piloto de referência de amplitude. O dispositivo de compensação 154 compensa a fase e a amplitude do vetor de demodulação emitido pelo dispositivo de demodulação de multiportadoras 131, com base no componente de fase

20 e no componente de amplitude da característica de transmissão do canal de transmissão 120, o componente de fase e o componente de amplitude foram estimados pelo dispositivo de estimativa de fase 151 e pelo dispositivo de estimativa de amplitude 153, respectivamente. O vetor de demodulação do

25 qual a fase e a amplitude foram compensadas é demodulado e emitido como dados recebidos.

Embora, na descrição acima para a presente modalidade, um formato de quadro, que inclui o sinal piloto de re-

ferência de fase 20 e o sinal piloto de referência de amplitude 21, é descrito, a presente modalidade não é limitada a este exemplo. Quando somente a compensação de fase é executada, um formato de quadro que inclui somente o sinal piloto de referência de fase 20 pode ser usado.

Adicionalmente, embora, na descrição acima para a presente modalidade, um formato de quadro que inclui o sinal piloto de referência de amplitude 21 em um símbolo que segue imediatamente aquele do sinal piloto de referência de fase 20 na direção do tempo é descrito, a presente modalidade não é limitada a este exemplo. Por exemplo, um formato de quadro que inclui o sinal piloto de referência de amplitude 21 em um símbolo que prossegue imediatamente aquele do sinal piloto de referência de fase 20 na direção do tempo pode ser usado. Adicionalmente, quando a mudança, pela passagem de tempo, da característica de transmissão do canal de transmissão, é pequena, o sinal piloto de referência de fase 20 e o sinal piloto de referência de amplitude 21 podem não estar localizados em símbolos, respectivamente, adjacentes um ao outro. Especificamente, um ou mais sinais de transmissão de dados podem estar localizados entre o sinal piloto de referência de fase 20 e o sinal piloto de referência de amplitude 21.

Adicionalmente, embora, na descrição acima para a presente modalidade, um formato de quadro que inclui o sinal piloto de referência de amplitude 21 em um símbolo que segue imediatamente aquele do sinal piloto de referência de fase 20 na direção do tempo é descrito, a presente modalidade não

é limitada a este exemplo. Um formato de quadro que inclui o sinal piloto de referência de amplitude 21 em uma portadora adjacente àquele do sinal piloto de referência de fase 20 na direção da frequência pode ser usado. Ademais, quando uma
5 diferença no tempo de chegada, causada devido a um multica-
minho, entre uma pluralidade de ondas de entrada é menor do
que o ciclo de transmissão de símbolo, e uma banda de fre-
quência coerente é suficientemente ampla quando comparada a
um intervalo de frequência de portadora, o sinal piloto de
10 referência de fase 20 e o sinal piloto de referência de am-
plitude 21 podem não estar localizados em portadoras, res-
pectivamente, adjacentes uma a outra na direção da frequên-
cia. Especificamente, um ou mais sinais de transmissão de
dados podem estar localizados entre o sinal piloto de refe-
15 rência de fase 20 e o sinal piloto de referência de amplitu-
de 21.

Ademais, uma polaridade do sinal piloto de refe-
rência de amplitude 21 do qual a amplitude é conhecida pela
extremidade de recepção pode ser escolhido tal que o compo-
20 nente de interferência específico aumentado é gerado na fase
em quadratura do sinal piloto de referência de fase 20 na
extremidade de recepção. Então, quando o componente de fase
da característica de transmissão do canal de transmissão é
estimado na extremidade de recepção, com base no sinal pilo-
25 to de referência de fase 20, a precisão da estimativa é me-
lhorada.

Como descrito acima, no esquema de modulação de
multiportadoras da presente invenção, o sinal piloto de re-

ferência de fase 20 (ou seja, um sinal nulo) do qual uma amplitude de modulação é suprimida a zero, e o sinal piloto de referência de amplitude obtido através da modulação executada usando uma amplitude conhecida que tem um valor além de zero, são inseridos na extremidade de transmissão. Assim, é possível estimar com precisão a característica da transmissão do canal de transmissão executando-se um cálculo simplificado na extremidade de recepção sem calcular uma quantidade de interferências para um sinal piloto a partir de um sinal de transmissão de dados e executando-se um cálculo para cancelar uma quantidade de interferência, na extremidade de transmissão. Ademais, no esquema de modulação de multiportadoras da presente invenção, a extremidade de recepção é permitida a estimar a característica de transmissão do canal de transmissão, um erro de frequência entre a extremidade de transmissão e a extremidade de recepção, um erro de fase entre elas, e similares detectando-se uma diferença de fase do sinal piloto de referência de fase entre elas e a diferença de amplitude do sinal piloto de referência de amplitude entre elas, tal como para corrigir a característica de transmissão, a frequência, e a fase, e similares. Além disso, no esquema de modulação de multiportadoras da presente invenção, a potência de transmissão para o sinal piloto de referência de fase pode ser reduzida.

25 [Modalidade 2]

A FIG. 5 é um diagrama que ilustra uma parte recortada de um formato de quadro representado em um plano de coordenadas tempo-frequência, para um esquema de modulação

de multiportadoras de acordo com uma modalidade 2 da presente invenção. Na FIG. 5, o eixo das abscissas representa os símbolos localizados na direção do tempo, e o eixo das ordenadas representa as portadoras localizadas na direção da frequência. Um número sobre o eixo das abscissas representa um número de símbolo na direção do tempo enquanto que um número sobre o eixo das ordenadas representa um número da portadora na direção da frequência. Uma marca $\square$ representa um sinal piloto de referência de fase, uma marca $\bullet$ representa um sinal piloto de referência de amplitude, e uma marca $\times$ representa um sinal de transmissão de dados. Na modalidade 2, como mostrado na FIG. 5, o sinal piloto de referência de fase e o sinal piloto de referência de amplitude estão localizados alternadamente em cada outro símbolo na k^a portadora na direção do tempo, e transmitidos.

A amplitude de modulação do sinal piloto de referência de fase é suprimida a zero na extremidade de transmissão. Isto é, o sinal piloto de referência de fase é um sinal nulo. Ademais, a extremidade de recepção sabe que o sinal piloto de referência de fase é um sinal nulo. O sinal piloto de referência de amplitude é obtido através de modulação usando um valor de amplitude conhecido pela extremidade de recepção.

Na modalidade 2, é preferível que uma polaridade da modulação de amplitude de cada sinal piloto de referência de amplitude que está localizado em cada outro símbolo na direção do tempo e transmitido, seja determinada tal que cada polaridade representa a mesma fase em uma frequência de

uma portadora na qual cada sinal piloto de referência de amplitude é transmitido.

Na modalidade 2, como no esquema de modulação de multiportadoras da modalidade 1, na extremidade de recepção, um componente de fase da característica de transmissão do canal de transmissão pode ser estimado com base no sinal piloto de referência de fase, e um componente de amplitude da característica de transmissão do canal de transmissão pode ser estimado com base no sinal piloto de referência de amplitude. Com base em uma diferença da fase estimada do sinal piloto de referência de fase, e em uma diferença da amplitude estimada do sinal piloto de referência de amplitude, a extremidade de recepção é permitida a estimar a característica de transmissão do canal de transmissão, um erro de frequência entre a extremidade de transmissão e a extremidade de recepção, um erro de fase entre elas, e seus similares tal como a corrigir a característica de transmissão, a frequência, a fase, e seus similares. Em particular, no esquema de modulação de multiportadoras da presente invenção, as portadoras para transmitir os sinais piloto de referência de fase e os sinais piloto de referência de amplitude são tratados como portadoras piloto.

Como descrito acima, no esquema de modulação de multiportadoras da presente modalidade, os sinais piloto de referência de fase dos quais as amplitudes de modulação são suprimidas a zero, e os sinais piloto de referência de amplitude, cada um obtido através da modulação executada usando-se uma amplitude conhecida são inseridos entre os sinais

de transmissão de dados na extremidade de transmissão, e então é possível estimar com precisão a característica de transmissão do canal de transmissão executando-se um cálculo simplificado na extremidade de recepção sem calcular uma
5 quantidade de interferência para um sinal piloto a partir de um sinal de transmissão de dados, e executando-se um cálculo para cancelar a quantidade de interferência em uma extremidade de transmissão. Ademais, no esquema de modulação de multiplexoras da presente invenção, uma diferença de fase
10 do sinal piloto de referência de fase e uma diferença de amplitude do sinal piloto de referência de amplitude são detectadas na extremidade de recepção, tal como para habilitar a estimativa da característica de transmissão do canal de transmissão, um erro de frequência entre a extremidade de
15 transmissão e a extremidade de recepção, um erro de fase entre elas, e similares e a correção da característica de transmissão, da frequência, da fase, e similares. Além disso, no esquema de modulação de multiplexoras da presente invenção, a potência de transmissão para o sinal piloto de
20 referência de fase pode ser reduzida.

Em particular, na modulação de multiplexoras da presente invenção, quando uma polaridade de modulação de amplitude de cada sinal piloto de referência de amplitude que está localizado em cada outro símbolo e transmitido é deter-
25 minada tal que cada polaridade representa a mesma fase em uma frequência de uma portadora na qual cada sinal é transmitido, o seguinte efeito pode ser exercido. Especificamente, esta relação de fase leva a um aumento de uma interfe-

rência específica nos sinais piloto de referência de fase a partir de cada sinal piloto de referência de amplitude. Portanto, uma amplitude é aumentada no eixo em quadratura do sinal piloto de referência de fase na extremidade de recepção, desse modo habilitando a melhora da precisão para detectar uma fase baseada no sinal piloto de referência de fase.

[Modalidade 3]

A FIG. 6 é um diagrama que ilustra uma parte recortada de um formato de quadro representado em um plano de coordenadas tempo-frequência, para um esquema de modulação de multiportadoras de acordo com uma modalidade 3 da presente invenção. Na FIG. 6, o eixo das abscissas representa os símbolos localizados na direção do tempo, o eixo das ordenadas representa as portadoras localizadas na direção da frequência. Um número sobre o eixo das abscissas representa um número de símbolo na direção do tempo enquanto que um número sobre o eixo das ordenadas representa um número da portadora na direção da frequência. Uma marca $\square$ representa um sinal piloto de referência de fase, e uma marca $\times$ representa um sinal de transmissão de dados. Na modalidade 3, como mostrado na FIG. 6, os sinais piloto de referência de fase estão localizados na k^a portadora na direção do tempo e são continuamente transmitidos.

A amplitude de modulação do sinal piloto de referência de fase é suprimida a zero na extremidade de transmissão. Ou seja, o sinal piloto de referência de fase é um sinal nulo. Ademais, a extremidade de recepção sabe que o sinal piloto de referência de fase é um sinal nulo.

Na modalidade 3, como no esquema de modulação de multiportadoras da modalidade 1, na extremidade de recepção, uma diferença de fase causada por uma diferença de frequência de portadora a partir da extremidade de transmissão e uma diferença de frequência de amostragem a partir dessa podem ser estimadas com base no sinal piloto de referência de fase, tal como para corrigir a fase. Em particular, no esquema de modulação de multiportadoras da presente modalidade, as portadoras para transmitir os sinais piloto de referência de fase são tratadas como portadoras piloto.

Como descrito acima, no esquema de modulação de multiportadoras da presente modalidade, os sinais piloto de referência de fase dos quais as amplitudes de modulação são suprimidas a zero são inseridas na extremidade de transmissão. Então, é possível estimar com precisão um erro de frequência entre a extremidade de transmissão e a extremidade de recepção, um erro de fase entre elas, e similares executando-se um cálculo simplificado na extremidade de recepção sem calcular uma quantidade de interferência em um sinal piloto a partir de um sinal de transmissão de dados e executando-se um cálculo para cancelar a quantidade de interferência na extremidade de transmissão, tal como para corrigir a frequência e a fase. Ademais, no esquema de modulação de multiportadoras da presente invenção, uma diferença de fase do sinal piloto de referência de fase é detectada na extremidade de recepção, tal como para habilitar a estimativa de um erro de frequência entre a extremidade de transmissão e a extremidade de recepção, um erro de fase entre elas, e simi-

lares, e correção da frequência e da fase. Além disso, no esquema de modulação de multiportadoras da presente invenção, a potência de transmissão para o sinal piloto de referência de fase pode ser reduzida.

5 Em particular, o esquema de modulação de multiportadoras da presente modalidade é aplicável à modulação de multiportadoras usando uma portadora piloto para executar a compensação de fase.

[Modalidade 4]

10 A FIG. 7 é um diagrama que ilustra uma parte recortada de um formato de quadro, representado em um plano de coordenadas tempo-frequência, para um esquema de modulação de multiportadoras de acordo com uma modalidade 4 da presente invenção. Na FIG. 7, o eixo das abscissas representa os

15 símbolos localizados na direção do tempo, o eixo das ordenadas representa as portadoras localizadas na direção da frequência. Um número sobre o eixo das abscissas representa um número de símbolo na direção do tempo enquanto que um número sobre o eixo das ordenadas representa um número da portadora na direção da frequência. Uma marca $\square$ representa um sinal

20 piloto de referência de fase, uma marca $\bullet$ representa um sinal piloto de referência de amplitude, e uma marca $\times$ representa um sinal de transmissão de dados. Na modalidade 4, como mostrado na FIG. 7, o sinal piloto de referência de fase e o sinal piloto de referência de amplitude estão localiza-

25 dos alternadamente em cada outra portadora no m^o símbolo na direção da frequência, e transmitidos.

A amplitude de modulação do sinal piloto de refe-

rência de fase é suprimida a zero na extremidade de transmissão. Isto é, o sinal piloto de referência de fase é um sinal nulo. Adicionalmente, a extremidade de recepção sabe que o sinal piloto de referência de fase que é um sinal nulo. O sinal piloto de referência de amplitude é obtido através da modulação usando um valor de amplitude conhecido pela extremidade de recepção.

Na modalidade 4, como no esquema de modulação de multiplexadoras da modalidade 1, na extremidade de recepção, um componente de fase da característica de transmissão do canal de transmissão pode ser estimado com base no sinal piloto de referência de fase, e um componente de amplitude da característica de transmissão do canal de transmissão pode ser estimado com base no sinal piloto de referência de amplitude. Na modalidade 4, baseada em uma diferença da fase estimada do sinal piloto de referência de fase, e em uma diferença da amplitude estimada do sinal piloto de referência de amplitude, a extremidade de recepção é permitida a interpolar um componente de fase e um componente de amplitude da característica de transmissão do canal de transmissão tal como a habilitar estimativa e correção da característica de transmissão do canal de transmissão para o sinal de transmissão de dados. Em particular, no esquema de modulação de multiplexadoras da presente modalidade, um símbolo para transmitir os sinais piloto de referência de fase e os sinais piloto de referência de amplitude é tratado como um símbolo piloto.

Embora, na descrição acima para a presente modali-

dade, os sinais piloto de referência de fase e os sinais piloto de referência de amplitude estão localizados no m^o símbolo e transmitidos, e os sinais de transmissão de dados estão localizados em símbolos que precedem e seguem o m^o símbolo e transmitidos, a presente modalidade não é limitada a isto. Por exemplo, um símbolo para transmitir os sinais piloto de referência de fase e os sinais piloto de referência de amplitude podem estar a frente de um quadro em rajada ou um símbolo particular pode estar localizado precedendo e seguindo o símbolo e transmitido.

Como descrito acima, no esquema de modulação de multiportadoras da presente modalidade, os sinais piloto de referência de fase dos quais as amplitudes de modulação são suprimidas a zero, e os sinais piloto de referência de amplitude, cada um obtido através da modulação executada usando uma amplitude conhecida são inseridos entre os sinais de transmissão de dados na extremidade de transmissão, e portanto, é possível estimar com precisão a característica de transmissão do canal de transmissão executando-se um cálculo simplificado na extremidade de recepção sem calcular uma quantidade de interferência a um sinal piloto a partir de um sinal de transmissão de dados e executando-se um cálculo para cancelar a quantidade de interferência na extremidade de transmissão. Ademais, no esquema de modulação de multiportadoras da presente invenção, uma diferença de fase do sinal piloto de referência de fase e uma diferença de amplitude do sinal piloto de referência de amplitude são detectadas na extremidade de recepção, tal como para habilitar a estimati-

va da característica de transmissão do canal de transmissão, um erro de frequência entre a extremidade de transmissão e a extremidade de recepção, um erro de fase entre elas, e similares, e correção da característica de transmissão, da frequência, da fase, e similares. Além disso, no esquema de modulação de multiportadoras da presente invenção, a potência de transmissão para o sinal piloto de referência de fase pode ser reduzida. Adicionalmente, a potência de transmissão reduzida pela transmissão piloto de referência de fase é usada para o sinal piloto de referência de amplitude, tal que uma precisão para estimar a característica de transmissão do canal de transmissão pode ser melhorada enormemente na extremidade de recepção.

Em particular, o esquema de modulação de multiportadoras da presente modalidade é aplicável à modulação de multiportadoras usando um símbolo piloto ou um símbolo de referência para estimar a característica do canal de transmissão.

[Modalidade 5]

A FIG. 8 é um diagrama que ilustra uma parte recortada de um formato de quadro, representado em um plano de coordenadas tempo-frequência, para um esquema de modulação de multiportadoras de acordo com uma modalidade 5 da presente invenção. Na FIG. 8, o eixo das abscissas representa os símbolos localizados na direção do tempo, o eixo das ordenadas representa as portadoras localizadas na direção da frequência. Um número sobre o eixo das abscissas representa um número de símbolo na direção do tempo enquanto que um número

sobre o eixo das ordenadas representa um número da portadora na direção da frequência. Uma marca $\square$ representa um sinal piloto de referência de fase, uma marca $\bullet$ representa um sinal piloto de referência de amplitude, e uma marca $\times$ representa um sinal de transmissão de dados. Na modalidade 5, como mostrado na FIG. 8, o sinal piloto de referência de fase e o sinal piloto de referência de amplitude estão localizados alternadamente em cada outro símbolo e cada outra portadora, por exemplo, no m^o ao $(m+3)^o$ símbolo, e transmitidos.

A amplitude de modulação de cada sinal piloto de referência de fase é suprimida a zero na extremidade de transmissão. Isto é, o sinal piloto de referência de fase é um sinal nulo. Ademais, a extremidade de recepção sabe que o sinal piloto de referência de fase é um sinal nulo. O sinal piloto de referência de amplitude é obtido através da modulação usando um valor de amplitude conhecido pela extremidade de recepção.

Na modalidade 5, como no esquema de modulação de multiportadoras da modalidade 1, na extremidade de recepção, um componente de fase da característica de transmissão do canal de transmissão pode ser estimado no sinal piloto de referência de fase, e um componente de amplitude da característica de transmissão do canal de transmissão pode ser estimado baseado no sinal piloto de referência de amplitude. Na modalidade 5, com base em uma diferença da fase estimada do sinal piloto de referência de fase e uma diferença da amplitude estimada do sinal piloto de referência de amplitude, a extremidade de recepção é permitida a estimar a caracte-

rística de transmissão do canal de transmissão, um erro de frequência entre a extremidade de transmissão e a extremidade de recepção, um erro de fase entre elas, e seus similares tal como para corrigir a característica de transmissão, a frequência, a fase, e similares. Em particular, no esquema de modulação de multiportadoras da presente modalidade, os símbolos para transmitir os sinais piloto de referência de fase e os sinais piloto de referência de amplitude são tratados como símbolos pilotos.

Na modalidade 5, é preferível que uma polaridade da modulação de amplitude de cada sinal piloto de referência de amplitude que está localizado em cada outro símbolo na direção do tempo e transmitido seja determinada tal que cada polaridade represente a mesma fase em uma frequência de uma portadora na qual cada sinal piloto de referência de amplitude é transmitido.

Na modalidade 5, o número de símbolos piloto construídos acima é preferencialmente configurado tal como para corresponder ao comprimento de uma resposta no tempo de uma onda modulada de um símbolo, ou mais longo. Assim, uma amplitude do sinal piloto de referência de fase recebido na extremidade de recepção no estado ideal é unicamente determinada, e um símbolo para determinar unicamente uma fase do sinal piloto de referência de amplitude é gerado, e uma fase e uma amplitude da característica de transmissão do canal de transmissão podem ser estimadas simultaneamente para todas as portadoras nesse símbolo.

Embora na descrição acima para a presente modali-

dade, os sinais piloto de referência de fase e os sinais piloto de referência de amplitude estejam localizados no m° símbolo ao $(m+3)^{\circ}$ símbolo e transmitidos, e os sinais de transmissão de dados estejam localizados nos símbolos precedentes e seguintes ao m° símbolo ao $(m+3)^{\circ}$ símbolo e transmitidos, a modalidade 5 não é limitada a este exemplo. Especificamente, o número de símbolos para transmitir continuamente os sinais piloto de referência de fase e os sinais piloto de referência de amplitude pode ser opcionalmente escolhido. Ademais, os símbolos para transmitir continuamente os sinais piloto de referência de fase e os sinais piloto de referência de amplitude podem ser uma parte principal de um quadro em rajada ou um símbolo particular pode estar localizado precedendo e seguindo os símbolos e transmitido.

15 Como descrito acima, no esquema de modulação de multiportadoras da presente modalidade, os sinais piloto de referência de fase dos quais as amplitudes de modulação são suprimidas a zero, e os sinais piloto de referência de amplitude, sendo cada uma obtido através de modulação executada usando-se uma amplitude conhecida, são inseridos entre os
20 sinais de transmissão de dados na extremidade de transmissão, e então é possível estimar com precisão a característica de transmissão do canal de transmissão executando-se um cálculo simplificado na extremidade de recepção sem calcular
25 uma quantidade de interferência para um sinal piloto a partir de um sinal de transmissão de dados e executando-se um cálculo para cancelar a quantidade de interferência na extremidade de transmissão. Adicionalmente, no esquema de mo-

dulação de multiportadoras da presente invenção, uma diferença de fase do sinal piloto de referência de fase e uma diferença de amplitude do sinal piloto de referência de amplitude são detectadas na extremidade de recepção, tal como

5 para habilitar a estimativa da característica de transmissão do canal de transmissão, um erro de frequência entre a extremidade de transmissão e a extremidade de recepção, um erro de fase entre elas, e similares e a correção da característica de transmissão, da frequência, da fase, e similares.

10 Além disso, no esquema de modulação de multiportadoras da presente invenção, a potência de transmissão para o sinal piloto de referência de fase pode ser reduzida. Adicionalmente, a potência de transmissão reduzida pela transmissão piloto de referência de fase é usada para o sinal piloto de

15 referência de amplitude, tal que uma precisão para estimar a característica de transmissão do canal de transmissão pode ser melhorada enormemente na extremidade de recepção.

Em particular, o esquema de modulação de multiportadoras da presente modalidade é adicionalmente aplicável à

20 modulação de multiportadoras usando um símbolo piloto ou um símbolo de referência para estimular a característica do canal de transmissão.

Aplicabilidade Industrial

O esquema de modulação de multiportadoras de acordo com a presente invenção bem como o aparelho de transmissão e o aparelho de recepção que usam o esquema são capazes de simplificar o processo de geração de quadro, particularmente para a modulação de multiportadoras OFDM/OQAM, na ex-

25

tremidade de transmissão, e reduzindo a potência de transmissão para transmitir um sinal piloto. O esquema de modulação de multiportadoras de acordo com a presente invenção bem como o aparelho de transmissão e o aparelho de recepção que
5 usam o esquema são aplicáveis ao esquema de modulação usado para comunicação por rádio tal como transmissão terrestre de televisão digital, um telefone móvel, e uma LAN sem fio, e comunicação por fio tal como xDSL e comunicação por rede elétrica. Ademais, o esquema de modulação de multiportadoras
10 de acordo com a presente invenção bem como o aparelho de transmissão e o aparelho de recepção que usam o esquema podem também ser aplicados a uma outra comunicação e análise acústica.

REIVINDICAÇÕES

1. Esquema de modulação de multiportadoras no qual
 $v\tau = 1/2$ é satisfeito quando τ representa um intervalo de
transmissão de símbolo, e v representa os intervalos de fre-
5 quência de uma pluralidade de portadoras, **CARACTERIZADO** pelo
fato de que

um sinal modulado de multiportadoras gerado execu-
tando-se uma modulação no esquema de modulação de multipor-
tadoras inclui um sinal piloto de referência de fase, e

10 o sinal piloto de referência de fase é um sinal
nulo (um sinal obtido através de uma modulação executada u-
sando-se um valor de amplitude que é igual a zero).

2. Esquema de modulação de multiportadoras, de a-
cordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que
15 uma pluralidade de sinais piloto de referência de fase está
localizada em uma pluralidade de símbolos, respectivamente,
que são contínuos na direção do tempo em uma portadora pré-
determinada.

3. Esquema de modulação de multiportadoras no qual
20 $v\tau = 1/2$ é satisfeito quando τ representa um intervalo de
transmissão de símbolo, e v representa os intervalos de fre-
quência de uma pluralidade de portadoras, **CARACTERIZADO** pelo
fato de que

um sinal modulado de multiportadoras gerado execu-
25 tando-se uma modulação no esquema de modulação de multipor-
tadoras inclui um sinal piloto de referência de fase e um
sinal piloto de referência de amplitude, e

o sinal piloto de referência de fase é um sinal

nulo (um sinal obtido através de uma modulação executada usando-se um valor de amplitude que é igual a zero), e o sinal piloto de referência de amplitude é um sinal obtido através de uma modulação executada usando-se um valor de amplitude de valor conhecido por uma extremidade de recepção.

4. Esquema de modulação de multiportadoras, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sinal piloto de referência de fase e o sinal piloto de referência de amplitude estão localizados alternadamente em cada outro símbolo em uma pluralidade de símbolos que são contínuos na direção do tempo em uma portadora pré-determinada.

5. Esquema de modulação de multiportadoras, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sinal piloto de referência de fase e o sinal piloto de referência de amplitude estão localizados alternadamente em cada outra portadora em uma pluralidade de portadoras que são contínuas na direção da frequência em um símbolo pré-determinado.

6. Esquema de modulação de multiportadoras, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sinal piloto de referência de fase e o sinal piloto de referência de amplitude estão localizados alternadamente em cada outra portadora na direção da frequência, e estão localizados alternadamente em cada outro símbolo na direção do tempo.

7. Aparelho de transmissão para executar a modulação no esquema de modulação de multiportadoras, de acordo

com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que é usado para gerar o sinal modulado de multiportadoras, e para transmitir o sinal modulado de multiportadoras.

8. Aparelho de transmissão para gerar o sinal modulado de multiportadoras em um esquema de modulação de multiportadoras no qual $v\tau = 1/2$ é satisfeito quando τ representa um intervalo de transmissão de símbolo, e v representa os intervalos de frequência de uma pluralidade de portadoras, e transmitir o sinal modulado de multiportadoras, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

dispositivo de geração de quadro para receber os dados de transmissão, e gerar um sinal de quadro que inclui um valor de amplitude para gerar um sinal de transmissão de dados baseado nos dados de transmissão, e um valor de amplitude de zero para gerar um sinal piloto de referência de fase; e

dispositivo de modulação de multiportadoras para gerar o sinal modulado de multiportadoras, que usa a informação do valor de amplitude incluído no sinal de quadro, no esquema de modulação de multiportadoras.

9. Aparelho de transmissão para gerar o sinal modulado de multiportadoras em um esquema de modulação de multiportadoras no qual $v\tau = 1/2$ é satisfeito quando τ representa um intervalo de transmissão de símbolo, e v representa os intervalos de frequência de uma pluralidade de portadoras, e para transmitir o sinal modulado de multiportadoras, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

dispositivo de geração de quadro para receber os

dados de transmissão, e gerar um sinal de quadro que inclui um valor de amplitude para gerar um sinal de transmissão de dados baseado nos dados de transmissão, um valor de amplitude de zero para gerar um sinal piloto de referência de fase, e um valor de amplitude, conhecido por uma extremidade de recepção, para gerar um sinal piloto de referência de amplitude; e

dispositivo de modulação de multiportadoras para gerar o sinal modulado de multiportadoras, usando informação do valor de amplitude incluído no sinal de quadro, no esquema de modulação de multiportadoras.

10. Aparelho de recepção, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

o sinal modulado de multiportadoras gerado no esquema de modulação de multiportadoras de acordo com a reivindicação 1 é recebido; e

um deslocamento de fase do sinal modulado de multiportadoras é estimado usando o sinal piloto de referência de fase incluído no sinal modulado de multiportadoras, tal como para compensar a fase.

11. Aparelho de recepção, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

o sinal modulado de multiportadoras gerado no esquema de modulação de multiportadoras de acordo com a reivindicação 3 é recebido;

um deslocamento de fase do sinal modulado de multiportadoras é estimado usando o sinal piloto de referência de fase incluído no sinal modulado de multiportadoras, tal

como para compensar a fase; e

uma diferença de amplitude do sinal modulado de multiportadoras é estimada usando o sinal piloto de referência de amplitude incluído no sinal modulado de multiportadoras, tal como para compensar a amplitude.

12. Aparelho de recepção para receber e demodular um sinal modulado de multiportadoras gerado em um esquema de modulação de multiportadoras no qual $v\tau = 1/2$ é satisfeito quando τ representa um intervalo de transmissão de símbolo, e v representa os intervalos de frequência de uma pluralidade de portadoras, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

o sinal modulado de multiportadoras inclui um sinal piloto de referência de fase que é um sinal nulo (um sinal obtido através de uma modulação executada usando um valor de amplitude que é igual a zero), o aparelho de recepção compreende:

dispositivo de demodulação de multiportadoras para demodular o sinal modulado de multiportadoras recebido tal como para gerar um vetor de demodulação, e emitir o vetor de demodulação; e

dispositivo de equalização para receber o vetor de demodulação, e estimar um deslocamento de fase do vetor de demodulação de acordo com o sinal piloto de referência de fase, tal como para compensar a fase.

13. Aparelho de recepção, de acordo com a reivindicação 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo de equalização inclui:

dispositivo de estimativa de fase para extrair o

sinal piloto de referência de fase no vetor de demodulação, e estimar o deslocamento de fase do vetor de demodulação; e

dispositivo de compensação de fase para compensar a fase do vetor de demodulação de acordo com o deslocamento da fase estimada pelo dispositivo de estimativa de fase.

14. Aparelho de recepção para receber e demodular um sinal modulado de multiportadoras obtido através de uma modulação executada em um esquema de modulação de multiportadoras no qual $v\tau = 1/2$ é satisfeito quando τ representa um intervalo de transmissão de símbolo, e v representa os intervalos de frequência de uma pluralidade de portadoras, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

o sinal modulado de multiportadoras inclui um sinal piloto de referência de fase que é um sinal nulo (um sinal obtido através de uma modulação executada usando um valor de amplitude que é igual a zero), e um sinal piloto de referência de amplitude obtido através de uma modulação executada usando uma amplitude conhecida por uma extremidade de recepção, o aparelho de recepção compreende:

dispositivo de demodulação de multiportadoras para demodular o sinal modulado de multiportadoras recebido tal como para gerar um vetor de demodulação, e emitir o vetor de demodulação; e

dispositivo de equalização para receber o vetor de demodulação, e estimar um deslocamento de fase do vetor de demodulação usando o sinal piloto de referência de fase, tal como para compensar a fase, e estimar uma diferença de am-

plitude do vetor de demodulação usando o sinal piloto de referência de amplitude tal como para compensar a amplitude.

15. Aparelho de recepção, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo de equalização inclui:

dispositivo de estimativa de fase para extrair o sinal piloto de referência de fase no vetor de demodulação, e estimar o deslocamento de fase do vetor de demodulação;

dispositivo de compensação de fase para compensar a fase do vetor de demodulação de acordo com o deslocamento da fase estimada pelo dispositivo de estimativa de fase;

dispositivo de estimativa de amplitude para extrair o sinal piloto de referência de amplitude incluído no vetor de demodulação que é compensada em fase e é emitido pelo dispositivo de compensação de fase, e estimar uma diferença de amplitude do vetor de demodulação de fase compensada; e

dispositivo de compensação de amplitude para compensar, de acordo com a diferença da amplitude estimada pelo dispositivo de estimativa de amplitude, a amplitude do vetor de demodulação que é compensado em fase e é emitido pelo dispositivo de compensação de fase.

16. Aparelho de recepção, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo de equalização inclui:

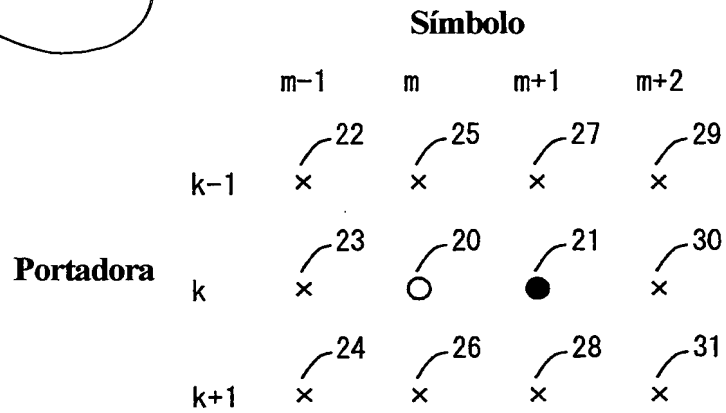
dispositivo de estimativa de fase para extrair o sinal piloto de referência de fase incluído no vetor de demodulação, e estimar o deslocamento de fase do vetor de demodulação;

dispositivo de compensação de fase para compensar a fase do vetor de demodulação de acordo com o deslocamento da fase estimada pelo dispositivo de estimativa de fase;

5 dispositivo de estimativa de amplitude para extrair o sinal piloto de referência de amplitude incluído no vetor de demodulação que é compensado em fase e é emitido pelo dispositivo de compensação de fase, e estimar uma diferença de amplitude do vetor de demodulação de fase compensada; e

10 dispositivo de compensação para compensar, de acordo com um deslocamento da fase estimada pelo dispositivo de estimativa de fase e pela diferença da amplitude estimada pelo dispositivo de compensação de amplitude, a fase e a amplitude do vetor de demodulação.

FIG. 1



- $\bigcirc$ Sinal piloto de referência de fase
- $\bullet$ Sinal piloto de referência de amplitude
- $\times$ Sinal de transmissão de dados

FIG. 2

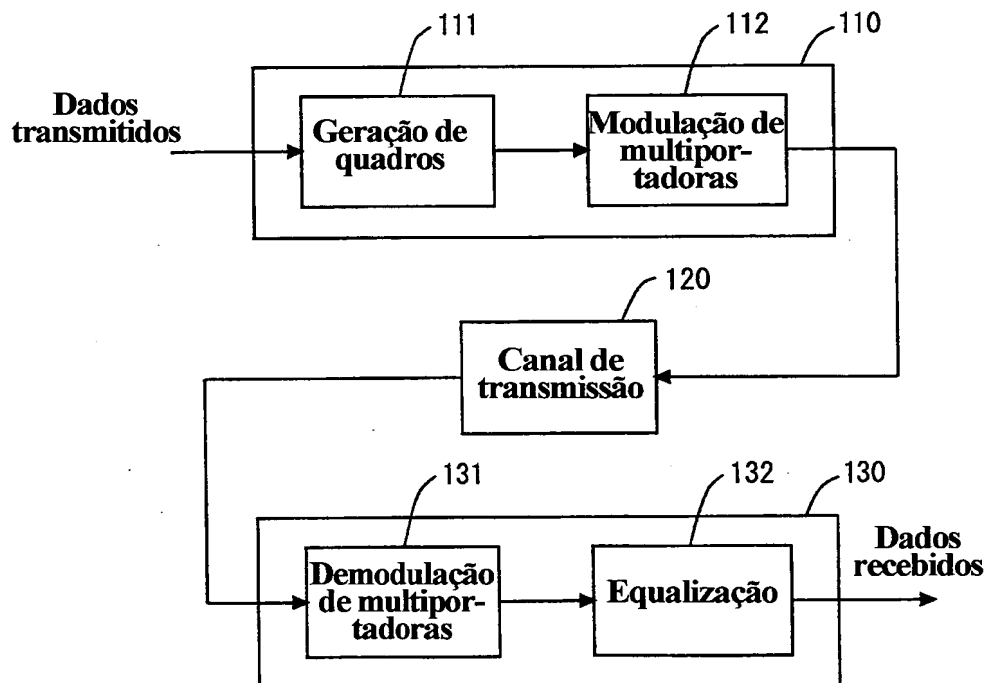


FIG. 3

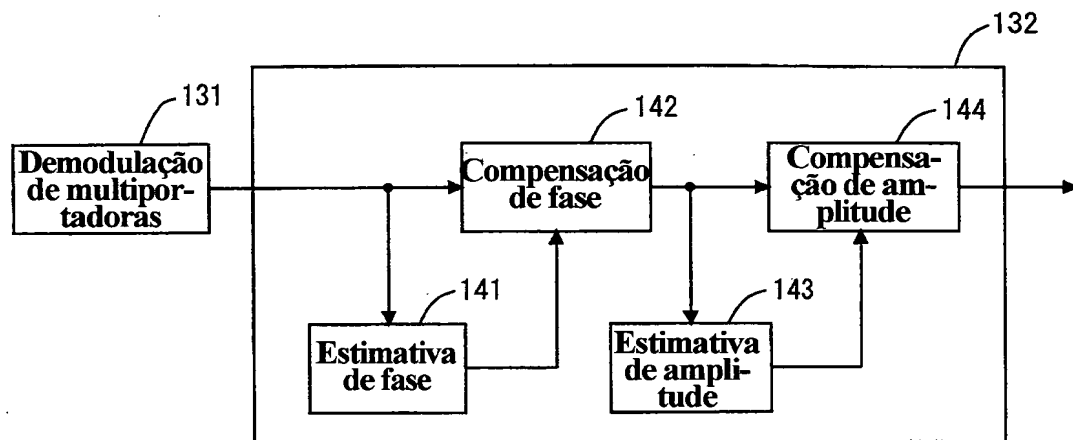


FIG. 4

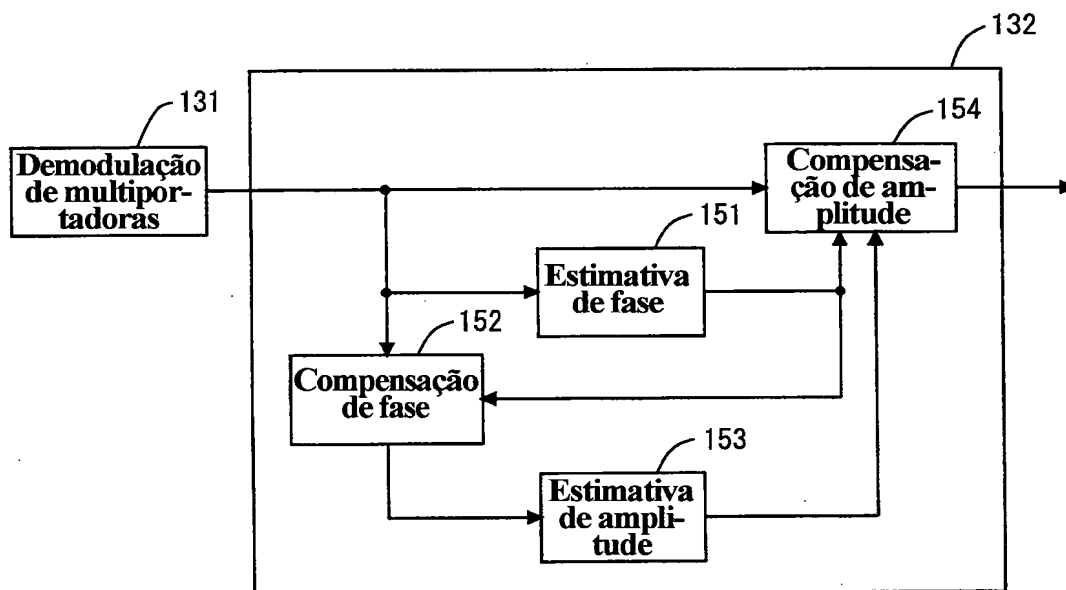


FIG. 5

		Símbolo							
		m-2	m-1	m	m+1	m+2	m+3	m+4	m+5
Portadora	k-3	x	x	x	x	x	x	x	x
	k-2	x	x	x	x	x	x	x	x
	k-1	x	x	x	x	x	x	x	x
	k	○	●	○	●	○	●	○	●
	k+1	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+2	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+3	x	x	x	x	x	x	x	x

○ Sinal piloto de referência de fase
 ● Sinal piloto de referência de amplitude
 x Sinal de transmissão de dados

FIG. 6

		Símbolo							
		m-2	m-1	m	m+1	m+2	m+3	m+4	m+5
Portadora	k-3	x	x	x	x	x	x	x	x
	k-2	x	x	x	x	x	x	x	x
	k-1	x	x	x	x	x	x	x	x
	k	○	○	○	○	○	○	○	○
	k+1	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+2	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+3	x	x	x	x	x	x	x	x

○ Sinal piloto de referência de fase
 x Sinal de transmissão de dados

FIG. 9

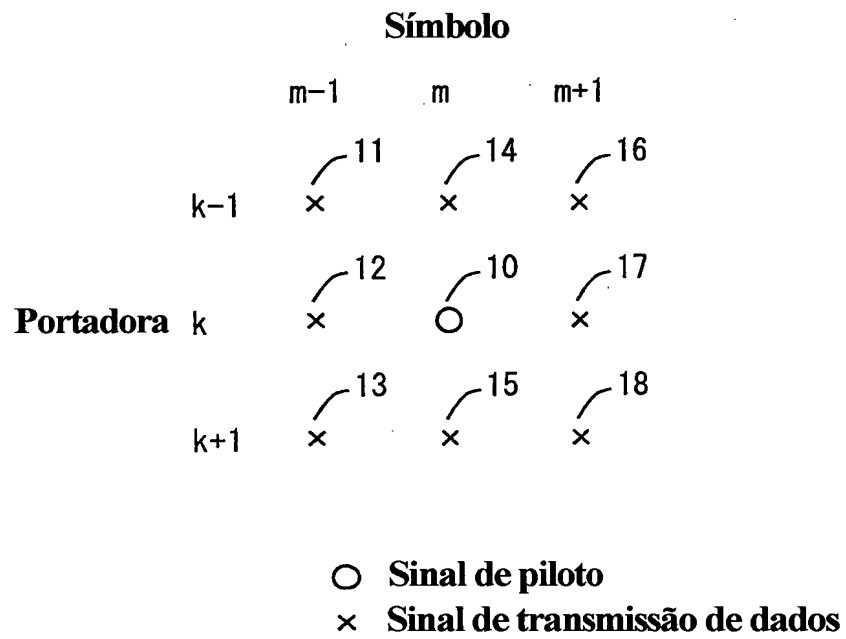
		Símbolo											
		m+0	m+1	m+2	m+3	m+4	m+5	m+6	m+7	m+8	m+9	m+10	m+11
Portadora	k+0	○	x	x	x	○	x	x	x	○	x	x	x
	k+1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+3	x	○	x	x	x	○	x	x	x	○	x	x
	k+4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+6	x	x	○	x	x	x	○	x	x	x	○	x
	k+7	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+8	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+9	x	x	x	○	x	x	x	○	x	x	x	○
	k+10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+12	○	x	x	x	○	x	x	x	○	x	x	x
	k+13	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+14	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+15	x	○	x	x	x	○	x	x	x	○	x	x
	k+16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+17	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+18	x	x	○	x	x	x	○	x	x	x	○	x
	k+19	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+21	x	x	x	○	x	x	x	○	x	x	x	○
	k+22	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+23	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	k+24	○	x	x	x	○	x	x	x	○	x	x	x

FIG. 10

	Símbolo											
	1	2	3	4	5	6	7	8	...	m-2	m-1	m
-26			○	○	x	x	x	x	..		x	x
-25			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-24	○	○	○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-23			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-22			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-21			○	○	○	○	○	○	..	○	○	○
-20	○	○	○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-19			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-18			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-17			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-16	○	○	○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-15			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-14			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-13			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-12	○	○	○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-11			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-10			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-9			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-8	○	○	○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-7			○	○	○	○	○	○	..	○	○	○
-6			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-5			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-4	○	○	○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-3			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-2			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
-1			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
0												
1			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
2			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
3			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
4	○	○	○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
5			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
6			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
7			○	○	○	○	○	○	..	○	○	○
8	○	○	○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
9			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
10			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
11			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
12	○	○	○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
13			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
14			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
15			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
16	○	○	○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
17			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
18			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
19			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
20	○	○	○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
21			○	○	○	○	○	○	..	○	○	○
22			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
23			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
24	○	○	○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
25			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x
26			○	○	x	x	x	x	..	x	x	x

Portadora

FIG. 11



RESUMO

"MÉTODO DE MODULAÇÃO DE MULTIPORTADORAS E DISPOSITIVOS DE TRANSMISSÃO E DE RECEPÇÃO QUE USAM O MÉTODO"

Um objetivo da invenção é gerar um sinal piloto para estimar as características de transmissão de um canal de transmissão, que é adequado para a modulação de multipor-
 5 tadoras do tipo OFDM/OQAM. Um símbolo piloto de referência de fase do qual uma amplitude de modulação é suprimida a 0, e um sinal piloto de referência de amplitude obtido através
 10 de modulação executada usando uma amplitude conhecida por uma extremidade de recepção são transmitidos a partir de uma extremidade de transmissão, e a característica de transmis-
 são do canal de transmissão é estimada e compensada usando o sinal piloto de referência de fase e o sinal piloto de refe-
 15 rência de amplitude na extremidade de recepção. Assim, é possível simplificar o processo de geração de quadros execu-
 tado na extremidade de transmissão, e reduzir a potência de transmissão para o sinal piloto de referência de fase.

PÁGINAS MODIFICADAS
(SUGERIDAS PELA REQUERENTE)

permitida a demodular corretamente os dados transmitidos corrigindo uma amplitude e uma fase do sinal de recepção com base na característica de transmissão estimada do canal de transmissão.

5 Em um outro exemplo, um quadro de comunicação de IEEE 802.11a que é um padrão de uma LAN sem fio usa um formato de quadro ilustrado na FIG. 10. A FIG. 10 mostra um quadro de pacote representado em um plano de coordenada tempo-freqüência. Na FIG. 10, o eixo das abscissas representa os símbolos localizados na direção do tempo, e o eixo das ordenadas representa as portadoras localizadas na direção da freqüência. Um número no eixo das abscissas representa um número de símbolo na direção do tempo enquanto que um número no eixo das ordenadas representa um número de portadora na direção da freqüência. Uma marca $\square$ representa um sinal de referência que inclui um sinal piloto, e uma marca $\times$ representa um sinal de parâmetro de transmissão ou um sinal de transmissão de dados para transmitir dados. Os sinais de referência, cada um incluindo o sinal piloto, são modulados usando os vetores de modulação, respectivamente, conhecidos à extremidade de recepção. Na FIG. 10, os sinais transmitidos no primeiro símbolo e no segundo símbolo, respectivamente, são chamados de curta seqüência de treinamento, e são usados principalmente para controle de ganho automático (AGC), controle de freqüência automática (AFC), e detecção de pacotes, na extremidade de recepção. Os sinais transmitidos no terceiro símbolo e no quarto símbolo, respectivamente, são...

Como mostrado na FIG. 2, o sistema de comunicação inclui uma extremidade de transmissão 110 e uma extremidade de recepção 130. Um sinal modulado de multiportadoras transmitido da extremidade de transmissão 110 é recebido pela extremidade de recepção 130 através do canal de transmissão 120.

O canal de transmissão 120 é um canal por fios ou um canal sem fio. Quando o canal de transmissão 120 é sem fio, a extremidade de transmissão 110 é conectada ao canal de transmissão 120 através de uma antena, e o canal de transmissão 120 é conectado à extremidade de recepção 130 através de uma antena.

A extremidade de transmissão 110 inclui dispositivos de geração de quadro 111 e dispositivos de modulação de multiportadoras 112. Os dispositivos de geração de quadro 111 recebem os dados de transmissão, e geram um valor de amplitude para modular um sinal de transmissão de dados baseado nos dados de transmissão recebidos, e geram um sinal de quadro que inclui o valor de amplitude para modular o sinal de transmissão de dados, um valor de amplitude para modular o sinal piloto de referência de fase, e um valor de amplitude para modular o sinal piloto de referência de amplitude. O valor de amplitude, incluído no sinal de quadro, para modular o sinal piloto de referência de fase é zero, e o valor de amplitude, incluído no sinal de quadro, para modular o sinal piloto de referência de amplitude é um valor conhecido pela extremidade de recepção. O dispositivo de modulação de

sinais piloto de referência de fase e os sinais piloto de referência de amplitude podem estar a frente de um quadro em rajada ou um símbolo particular pode estar localizado precedendo e seguindo o símbolo e transmitido.

5 Como descrito acima, no esquema de modulação de multiportadoras da presente modalidade, os sinais piloto de referência de fase dos quais as amplitudes de modulação são suprimidas a zero, e os sinais piloto de referência de amplitude, cada um obtido através da modulação executada usando uma amplitude conhecida são inseridos entre os sinais de
10 transmissão de dados na extremidade de transmissão, e portanto, é possível estimar com precisão a característica de transmissão do canal de transmissão executando-se um cálculo simplificado na extremidade de recepção sem calcular uma
15 quantidade de interferência a um sinal piloto a partir de um sinal de transmissão de dados e executando-se um cálculo para cancelar a quantidade de interferência na extremidade de transmissão. Ademais, no esquema de modulação de multiportadoras da presente invenção, uma diferença de fase do sinal
20 piloto de referência de fase e uma diferença de amplitude do sinal piloto de referência de amplitude são detectadas na extremidade de recepção, tal como para habilitar a estimativa da característica de transmissão do canal de transmissão, um erro de frequência entre a extremidade de transmissão e a
25 extremidade de recepção, um erro de fase entre elas, e similares, e correção da característica de transmissão, da frequência, da fase, e ...

dispositivo de demodulação de multiportadoras para demodular o sinal modulado de multiportadoras recebido tal como para gerar um vetor de demodulação, e emitir o vetor de demodulação; e

5 dispositivo de equalização para receber o vetor de demodulação, e estimar um deslocamento de fase do vetor de demodulação usando o sinal piloto de referência de fase, tal como para compensar a fase, e estimar uma diferença de amplitude do vetor de demodulação usando o sinal piloto de referência de amplitude tal como para compensar a amplitude.

15. Aparelho de recepção, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo de equalização inclui:

 dispositivo de estimativa de fase para extrair o
15 sinal piloto de referência de fase no vetor de demodulação, e estimar o deslocamento de fase do vetor de demodulação;

 dispositivo de compensação de fase para compensar a fase do vetor de demodulação de acordo com o deslocamento da fase estimada pelo dispositivo de estimativa de fase;

20 dispositivo de estimativa de amplitude para extrair o sinal piloto de referência de amplitude incluído no vetor de demodulação que é compensada em fase e é emitido pelo dispositivo de compensação de fase, e estimar uma diferença de amplitude do vetor de demodulação de fase compensada; e

25 dispositivo de compensação de amplitude para compensar, de acordo com a diferença da amplitude estimada pelo dispositivo de estimativa de amplitude, a amplitude do vetor

...