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

(21) PI 0622076-2 A2

(22) Data de Depósito: 24/10/2006
(43) Data da Publicação: 20/05/2014
(RPI 2263)

(51) Int.Cl.:
H04L 27/26

(54) Título: CODIFICADOR ESPAÇO-TEMPORAL DE BLOCO QUASE ORTOGONAL, DECODIFICADOR E MÉTODOS DE CODIFICAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL E DECODIFICAÇÃO DE SINAIS MULTIPLEXADOS DE DIVISÃO DE FREQÜENCIA ORTOGONAL EM UM SISTEMA DE MÚLTIPLA ENTRADA E MÚLTIPLA SAÍDA.

(57) Resumo:

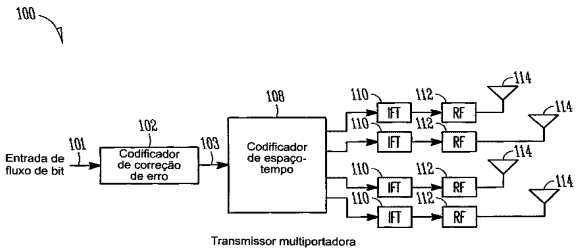
(73) Titular(es): Intel Corporation

(72) Inventor(es): May Wu, Wenwu Zhu, Xiang-Gen Xia

(74) Procurador(es): Dannemann ,Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT CN2006002832 de 24/10/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2008/049267de 02/05/2008



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"CODIFICADOR ESPAÇO-TEMPORAL DE BLOCO QUASE ORTOGONAL, DECODIFICADOR E MÉTODOS DE CODIFICAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL E DECODIFICAÇÃO DE SINAIS MULTIPLEXADOS DE DIVISÃO DE FREQUÊNCIA ORTOGONAL EM UM SISTEMA DE MÚLTIPLA ENTRADA E MÚLTIPLA SAÍDA".**

Campo da Técnica

A presente invenção refere-se a um sistema de comunicação sem fios. Algumas modalidades referem-se à transmissão e recepção de sinais de multiportadora usando uma pluralidade de antenas. Algumas modalidades pertencem a sistemas multiplexados de divisão de frequência ortogonal (OFDM) de múltipla entrada e múltipla saída (MIMO).

Antecedentes da Invenção

Alguns sistemas de comunicação sem fios empregam múltiplas antenas transmissoras e/ou múltiplas antenas receptoras para aumentar a quantidade de dados que podem ser transmitidos. Em alguns sistemas MIMO que empregam sinais de multiportadora, tais como OFDM, cada antena transmissora pode ser configurada para transmitir o fluxo de informação separadamente codificada no mesmo conjunto de subportadoras. A decodificação de subportadoras individuais no receptor fica cada vez mais difícil quando mais de duas antenas transmissoras são usadas, especialmente para velocidades de codificação mais altas.

Consequentemente, existe a necessidade frequente de codificadores, decodificadores, e métodos para codificar e decodificar em sistemas de multiportadora com reduzida complexidade.

Breve Descrição dos Desenhos

A figura 1 é um diagrama de bloco funcional de um transmissor de multiportadora de acordo com algumas modalidades da presente invenção;

a figura 2 é um diagrama funcional de um codificador espaço-temporal de acordo com algumas modalidades da presente invenção;

a figura 3 é um diagrama de bloco funcional de um receptor de

multiportadora de acordo com algumas modalidades da presente invenção; e

a figura 4 é um diagrama funcional de um decodificador espaço-temporal de acordo com algumas modalidades da presente invenção.

Descrição Detalhada

A seguinte descrição e os desenhos ilustram suficientemente as modalidades específicas da invenção a fim de permitir que os experimentados na técnica possam praticá-las. Outras modalidades podem incorporar processo estrutural, lógico, elétrico e outras modificações. As partes e as características de algumas modalidades podem estar incluídas, ou substituídas por outras modalidades. As modalidades da invenção apresentadas nas reivindicações abrangem todos os equivalentes disponíveis daquelas reivindicações. As modalidades da invenção podem ser aqui mencionadas, individualmente ou coletivamente, pelo termo "invenção" simplesmente por conveniência e sem pretender limitar o alcance desta aplicação a qualquer invenção única ou conceito inventivo se mais de um for de fato descrito.

A figura 1 é um diagrama de bloco funcional de um transmissor de multiportadora de acordo com algumas modalidades da presente invenção. O transmissor de multiportadora 100 transmite sinais de multiportadora gerados a partir do fluxo de bits de entrada 101 utilizando uma pluralidade de antenas transmissoras 114. Em algumas modalidades, o transmissor de multiportadora 100 pode ser parte de um sistema de comunicação de múltipla entrada, múltipla saída (MIMO) e cada uma das antenas transmissoras 114 pode transmitir diferentes símbolos de informação. O transmissor de multiportadora 100 pode incluir o codificador de correção de erro 102 para codificar o fluxo de bits de entrada 101, codificador espaço-temporal 108 para gerar símbolos de constelação do fluxo de bits codificado 103 e fornecer os símbolos de constelação codificados no espaço-tempo ao circuito de transformação inversa de Fourier (IFT) 110. Os símbolos de constelação podem ser visualizados como símbolos de domínio de frequência. O circuito de IFT 110 pode executar uma transformação discreta inversa de Fourier para converter blocos destes sinais de domínio de frequência ao domínio de tempo. Cada um destes blocos convertidos pode ser chamado de símbolo

de multiportadora ou símbolo OFDM.

O transmissor de multiportadora 100 também pode incluir um circuito de rádio-frequência (RF) 112 para gerar sinais RF a partir dos sinais digitais de banda de base de domínio de tempo fornecidos por circuito IFT 110 para transmissão por uma das antenas transmissoras 114 correspondentes. O transmissor de multiportadora 100 também pode incluir outros elementos funcionais não ilustrados na figura 1 para facilitar a compreensão.

De acordo com algumas modalidades, o codificador espaço-temporal 108 codifica sinais de multiportadora gerando um conjunto de constelação do fluxo de bits inicial 103 e mapeia os bits do conjunto de constelação para formar uma pluralidade de símbolos complexos correspondentes ao número de antenas transmissoras 114. O codificador espaço-temporal 108 também pode transformar linearmente os símbolos do conjunto de constelação com uma matriz de transformação linear selecionada para gerar símbolos transformados linearmente. O codificador espaço-temporal 108 também pode formar símbolos complexos correspondentes ao número de antenas transmissoras 114 dos símbolos linearmente transformados. O codificador espaço-temporal 108 também pode formar matrizes de código, tais como matrizes do código de Alamouti a partir dos símbolos complexos e pode gerar uma matriz espaço-temporal quase ortogonal a partir das matrizes de código para o uso na geração de sinais de multiportadora para transmissão através de antenas transmissoras 114. Estas modalidades são discutidas mais detalhadamente a seguir.

Em algumas modalidades, uma sequência de símbolos representada por uma dimensão (por exemplo, uma linha) da matriz espaço-temporal quase ortogonal pode ser além disso processada para a transmissão subsequente em uma pluralidade de subportadoras que compreendem os sinais de multiportadora através de antenas transmissoras 114. Estas modalidades também são discutidas mais detalhadamente a seguir.

Em algumas modalidades, para cada antena transmissora 114, uma transformação inversa de Fourier pode ser executada pelo circuito IFT 110 em cada um dos símbolos em uma dimensão (por exemplo, uma linha)

da matriz espaço-temporal quase ortogonal para gerar uma forma de onda de domínio do tempo. Para cada antena transmissora 114, a forma de onda de domínio de tempo pode ser convertida de forma ascendente pelo circuito RF 112 para a transmissão por uma das antenas transmissoras 114 associadas. Cada antena transmissora 114 pode ao mesmo tempo transmitir informações representadas por grupos dos símbolos de uma dimensão (por exemplo, uma linha) da matriz espaço-temporal quase ortogonal. Estas modalidades também são discutidas mais detalhadamente a seguir.

Em algumas modalidades, as matrizes de código geradas pelos símbolos linearmente transformados podem compreender as matrizes de código de Alamouti e a matriz espaço-temporal quase ortogonal pode compreender uma das matrizes de código de Alamouti. Em algumas modalidades, o conjunto de constelação pode compreender um conjunto de constelação de modulação de amplitude em quadratura (QAM) gerado pelo fluxo de bits 103. Estas modalidades também são discutidas mais detalhadamente a seguir.

Embora algumas modalidades da presente invenção sejam descritas utilizando-se quatro antenas transmissoras 114, o alcance da invenção não é limitado neste aspecto já que outros números de antenas transmissoras também podem ser usados. Antenas transmissoras 114 podem compreender uma ou várias antenas direcionais ou onidirecionais, inclusive, por exemplo, antenas bipolares, antenas de monopólo, antenas de correção, antenas de quadro, antenas de microfita ou outros tipos de antenas convenientes para a transmissão de sinais de RF. Em algumas modalidades MIMO, em vez de duas ou mais antenas, uma única antena com múltiplas aberturas pode ser usada. Nestas modalidades, cada abertura pode ser considerada uma antena separada. Em algumas modalidades, cada antena pode ser efetivamente separada para tirar proveito da diversidade espacial e das diferentes características de canal que podem resultar entre cada uma das antenas transmissoras 114 e outro dispositivo de comunicação sem fios. Em algumas modalidades, antenas transmissoras 114 podem ser separadas por até 1/10 de um comprimento de onda ou mais.

A figura 2 é um diagrama funcional de um codificador espaço-temporal de acordo com algumas modalidades da presente invenção. O codificador espaço-temporal 200 pode ser conveniente para o uso como codificador espaço-temporal 108 (vide figura 1), embora outras configurações de codificador espaço-temporal também possam ser convenientes.

Nestas modalidades, o codificador espaço-temporal 200 compreende um gerador de conjunto de constelação 210 para gerar um conjunto de constelação (S) 211 do fluxo de bits 103 e o mapeador de símbolo 220 para mapear bits de conjuntos da constelação 211 em uma pluralidade de símbolos complexos (Z_i) 221. Os símbolos complexos Z_i podem ser representados como r_i+js_i. O número de símbolos complexos 221 pode equivaler ao número de antenas transmissoras, tais como antenas transmissoras 114 (vide figura 1). Nestas modalidades, o codificador espaço-temporal 200 também compreende o circuito de transformação linear 230 para transformar linearmente símbolos complexos 221 com a matriz de transformação selecionada 261 (por exemplo, U_1, U_2 **ou** U_3) para gerar símbolos linearmente transformados (p_i, q_i) 231. O codificador espaço-temporal 200 também pode incluir o símbolo complexo padrão 240 para formar símbolos complexos 241 para cada uma das antenas transmissoras de símbolos linearmente transformados 231. Nestas modalidades, o codificador espaço-temporal 200 também compreende a matriz de código padrão 242 para formar matrizes de código (A, B) 243 de símbolos complexos 241, e gerador de matriz espaço-temporal quase ortogonal 244 para gerar a matriz espaço-temporal quase ortogonal (Q) 246 a partir das matrizes de código 243 para o uso na geração de sinais de multiportadora para transmissão nas antenas transmissoras.

Em algumas modalidades, o codificador espaço-temporal 200 também pode compreender o circuito de seleção 250 para selecionar a sequência de símbolos representados por uma dimensão (por exemplo, uma linha) da matriz espaço-temporal quase ortogonal 246 para novo processamento e subsequente transmissão pelas antenas transmissoras. Cada antena transmissora pode ao mesmo tempo transmitir informações representadas por grupos de símbolos de uma dimensão (por exemplo, uma linha) da

matriz espaço-temporal quase ortogonal 246.

Em algumas modalidades, quando quatro antenas transmissoras são usadas, cada antena transmissora pode transmitir sinais OFDM em uma pluralidade de subportadoras. Em algumas modalidades, a quantidade de subportadoras pode ser 52, mas pode variar de apenas dez até acima de cem ou mais. Cada símbolo OFDM inclui uma pluralidade de subportadoras. Em algumas modalidades com quatro antenas transmissoras, quatro símbolos de OFDM podem ser codificados em conjunto pelo codificador espaço-temporal 200 e pode ser decodificado em conjunto por um receptor de multiportadora, como por exemplo, receptor de multiportadora 300 (figura 3), para cada subportadora usando códigos de bloco espaço-temporal quase ortogonais quatro por quatro transformados do modo mais eficiente de razão 1 (isto é, 4 símbolos de informações independentes, um por antena). Nestas modalidades, um símbolo de informação é transmitido ao mesmo tempo por cada antena transmissora.

Nestas modalidades, o gerador de conjunto de constelação 210 pode gerar o conjunto de constelação 211 a partir do fluxo de bits 103. Nestas modalidades, o conjunto de constelação 211 pode representar uma constelação de sinal QAM que tem um total de pontos N1 por N2. Conjunto de constelação 211 pode ser representado como se segue:

$$S = \left\{ \frac{n_1 d}{2} + j\frac{n_2 d}{2} \mid n_i \in \{-(2N_i - 1), -(2N_i - 3), \cdots, -1, 1, \cdots, 2N_i - 3, 2N_i - 1\}, i = 1,2 \right\},$$

Nesta equação, o d representa uma distância de pontos fechados em cada direção e pode ser determinada com base em uma potência de transmissão média que é usada pelo transmissor de multiportadora 100 (figura 1). N1 e N2 podem compreender os números inteiros positivos tais como 2, 4, 8, etc. e podem depender do nível de modulação (isto é, o número de bits por símbolo) e/ou a taxa de transmissão.

Em algumas modalidades que usam quatro antenas transmissoras, o mapeador de símbolo 220 pode mapear bits binários de informação para quatro símbolos complexos (z_i) no conjunto de constelação S. Nestas modalidades,

$$z_i \in S, i = 1,2,3,4. \text{ onde } z_i = r_i + js_i .$$

Nestas equações, r_i e S_i representam as partes reais e imaginárias dos símbolos complexos z_i. Em caso de quatro antenas transmissoras, o índice i varia de 1 a 4, que corresponde ao número de antenas transmissoras.

Conforme descrito abaixo, estes símbolos de informação (isto é, r_i e S_i) são posteriormente codificados em uma matriz de código de bloco espaço-temporal quase ortogonal quatro por quatro na qual uma dimensão (por exemplo, uma linha) é mapeada para cada uma das quatro antenas transmissoras. A outra dimensão (isto é, uma coluna) pode representar os símbolos no domínio de frequência.

Nestas modalidades com quatro antenas transmissoras, o circuito de transformação linear 230 pode transformar linearmente os oito símbolos reais gerados pelo mapeador de símbolo 220 (isto é, r_i e S_i para i= 1, 2, 3, 4) em outros oito símbolos reais (isto é, p_i e q_i para i= 1, 2, 3, 4) aplicando matriz de transformação linear 261, que pode ser uma matriz real quatro por quatro discutida mais detalhadamente abaixo. Um exemplo da transformação linear executada pelo circuito de transformação linear 230 é ilustrado pelas seguintes equações:

$$(p_1, q_1, p_3, q_3)^T = U(r_1, s_1, r_3, s_3)^T$$
$$(p_2, q_2, p_4, q_4)^T = U(r_2, s_2, r_4, s_4)^T$$

Nestas equações, o T significa a operação de transposição e U representa a matriz de transformação linear selecionada 261. A geração da matriz de transformação linear 261 é discutida a seguir.

Em algumas modalidades, quando quatro antenas transmissoras são usadas, o símbolo complexo padrão 240 pode formar outro conjunto de quatro símbolos complexos 241 que pode ser representado como se segue:

$$x_i = p_i + jq_i \qquad \text{para i= 1, 2, 3, 4.}$$

Destes quatro símbolos complexos formados, a matriz de código padrão 242 pode formar duas matrizes de código dois por dois 243, como as matrizes do código de Alamouti ilustrado abaixo:

$$A = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 \\ -x_2^* & x_1^* \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} x_3 & x_4 \\ -x_4^* & x_3^* \end{bmatrix}.$$

Em algumas modalidades que usam quatro antenas transmissoras, o gerador de matriz espaço-temporal quase ortogonal 244 pode gerar uma matriz espaço-temporal quase ortogonal quatro por quatro (Q) 246 a partir das duas matrizes de código de Alamouti. A matriz espaço-temporal quase ortogonal 246 pode ser ilustrada como se segue:

$$Q_4(x_1, x_2, x_3, x_4) = \begin{bmatrix} A & B \\ B & A \end{bmatrix}.$$

Nestas modalidades, cada linha da matriz espaço-temporal quase ortogonal 246 pode ser usada para gerar os sinais de domínio de tempo para uma das antenas transmissoras, embora o alcance da invenção não seja limitado neste aspecto. Em algumas modalidades alternativas, cada coluna da matriz espaço-temporal quase ortogonal 246 pode ser usada para gerar os sinais de domínio de tempo para uma das antenas transmissoras. Em algumas modalidades, o circuito de seleção 250 pode selecionar a sequência de símbolos codificados de espaço-tempo representados por uma dimensão (por exemplo, uma linha) da matriz espaço-temporal quase ortogonal 246 para futuro processamento antes da transmissão.

A matriz de transformação linear 261, usada pelo circuito linear de transformação 230 discutido anteriormente, pode ser definida como uma matriz real quatro por quatro U. Em algumas modalidades, o gerador de matriz de transformação linear 260 pode gerar uma ou várias matrizes de transformação lineares baseadas nas seguintes equações:

$$\varepsilon_1 = \frac{4N_1^2 - 1}{2(2N_1^2 + 2N_2^2 - 1)}, \quad \varepsilon_2 = \frac{4N_2^2 - 1}{2(2N_1^2 + 2N_2^2 - 1)}, \quad \alpha = \arctan(2), \quad \rho = \sqrt{\frac{5}{12(1 + \varepsilon_1\varepsilon_2)}}$$

e

$$R_1 = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & \sin(\alpha) \\ \sin(\alpha) & -\cos(\alpha) \end{bmatrix}, \quad P = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad \Sigma = \begin{bmatrix} 1+\varepsilon_1 & 1-2\varepsilon_1 \\ 1-2\varepsilon_1 & 2-\varepsilon_1 \end{bmatrix}.$$

Nestas equações, N1 e N2 correspondem aos números inteiros usados pelo gerador de conjunto de constelação 210. Uma diagonalização de uma matriz simétrica $\sum$ pode ser denotada como:

$\Sigma = V^T DV$, onde $D = diag(\lambda_1, \lambda_2)$, ε_1 e ε_2 são autovalores de $\sum$ e V é uma matriz ortogonal dois por dois.

Nestas modalidades,

$$W_1 = \rho V^T \begin{bmatrix} \sqrt{\lambda_1} & 0 \\ 0 & \sqrt{\lambda_2} \end{bmatrix} V, \quad W_2 = \rho V^T \begin{bmatrix} \sqrt{\lambda_2} & 0 \\ 0 & \sqrt{\lambda_1} \end{bmatrix} VP, \quad R_2 = -PR_1P.$$

A matriz de transformação linear U pode ser selecionada a partir de uma das três seguintes matrizes U_i, i=l,2,3:

$$U_1 = \begin{bmatrix} W_1 & W_2 \\ W_1R_1 & W_2R_2 \end{bmatrix}, \quad U_2 = U_1P_2, \quad U_3 = U_1P_3,$$

na qual P2 e P3 são matrizes de permutação que podem ser definidas como se segue:

$$P_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad P_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Nestas modalidades, o uso de uma das matrizes lineares de transformação U_1, U_2 e U_3 podem ajudar a realizar um produto de diversidade aumentado e/ou ótimo (isto é, uma distância determinante aumentada

e/ou vantagem/ganho de codificação) de códigos de bloco espaço-temporais quase ortogonais com a decodificação mínima de probabilidade máxima (ML).

Em algumas modalidades, quando o conjunto de constelação 211 é uma matriz quadrada QAM (isto é, N1=N2), a matriz de transformação linear U_1 torna-se ortogonal e da forma:

$$U_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} I_2 & I_2 \\ R_1 & -R_1 \end{bmatrix},$$

Nestas situações, a transformação linear executada pelo circuito de transformação linear 230 também pode ser ortogonal.

A figura 3 é um diagrama de bloco funcional de um receptor de multiportadora de acordo com algumas modalidades da presente invenção. O receptor de multiportadora 300 pode incluir antenas receptoras 302 para receber sinais de comunicação de multiportadora de um transmissor de multiportadora, tais como transmissor de multiportadora 100 (figura 1). O número de antenas receptoras 302 usado pelo receptor de multiportadora 300 pode ser pelo menos tão grande quanto o número de antenas transmissoras 114 (figura 1) usado pelo transmissor de multiportadora 100 (figura 1). O receptor de multiportadora 300 também pode incluir o circuito de RF 304 para cada antena receptora 302 para reduzir a definição dos sinais recebidos e gerar sinais de banda de base digitais. O receptor de multiportadora 300 também pode incluir circuito de transformação Fourier (FT) 306 para cada antena receptora 302 para executar uma transformação discreta de Fourier (DFT), tal como uma transformação rápida de Fourier (FFT) em sinais fornecidos pelo circuito de RF 304 e gerar sinais de domínio de frequência. Em algumas modalidades, um sinal de domínio de frequência pode ser gerado para cada subportadora dos sinais de comunicação de multiportadora recebidos pelo receptor de multiportadora 300. O receptor de multiportadora 300 também pode incluir o decodificador espaço-temporal 308 para decodificar os sinais de domínio de frequência fornecidos pelo circuito FT 306 e gerar a métrica de decisão, tais como soft bits decodificados 315, e símbolos decodificados representados como hard bits 317, discutido mais detalhadamente a

seguir. Os soft bits 315 podem representar uma probabilidade associada a um correspondente de hard bits 317, que pode ser usado pelo decodificador de correção de erro 312, discutido a seguir, para gerar exatamente os bits do fluxo de bits decodificado 321.

O receptor de multiportadora 300 também pode incluir o avaliador de canal 320 para gerar estimativas de canal (H) para o uso pelo decodificador espaço-temporal 308, entre outras coisas. Em algumas modalidades, as saídas do decodificador espaço-temporal 308 incluem um par de símbolos para cada subportadora que representam um ponto de constelação QAM, embora o alcance da invenção não seja limitado neste aspecto. O receptor de multiportadora 300 também pode incluir o símbolo demapeador 310 para demapear hard bits 317 para gerar grupos de bits. O receptor de multiportadora 300 também pode incluir o decodificador de correção de erro 312 para decodificar os grupos de bits gerados pelo símbolo mapeador 310 para gerar o fluxo de bits decodificado 321. O receptor de multiportadora 300 também pode incluir outros elementos funcionais não especificamente ilustrados para facilitar a compreensão.

Em algumas modalidades, a estimativa de canal executada pelo avaliador de canal 320 pode ser baseado em símbolos de treinamento OFDM (isto é, os preâmbulos). Nestas modalidades, as estimativas de canal geradas por preâmbulos podem ser usadas para processar símbolos OFDM em uma rajada transmissora subsequente, embora o alcance da invenção não seja limitado neste aspecto.

Em algumas modalidades, o decodificador de correção de erro 312 pode ser um decodificador de correção antecipada de erro (FEC), como um turbo decodificador, e pode decodificar bits codificados 319 usando soft bits 315. Em algumas modalidades, o decodificador de correção de erro 312 pode empregar a decodificação de convolução ou o decodificador Reed-Solomon ou uma combinação do mesmo, embora o alcance da invenção não seja limitado neste aspecto. Em algumas outras modalidades, o decodificador de correção de erro 312 pode empregar a decodificação turbo ou o decodificador de verificação de paridade de baixa densidade (LDPC), bem

como outras técnicas de codificação/decodificação usando soft bits 315.

Conforme algumas modalidades, para cada antena receptora 302, o decodificador espaço-temporal 308 pode derivar funções objetivas da matriz de sinal recebida (y_n) 311, pode minimizar as funções objetivas para gerar hard bits 317, e pode resolver o conjunto de equações lineares das funções objetivas para gerar soft bits 315. Nestas modalidades, o decodificador espaço-temporal 308 pode executar a decodificação de bloco espaço-temporal quase ortogonal para cada subportadora de sinais de multiportadoras recebidos por cada antena receptora 302 utilizando uma das matrizes de transformação linear selecionadas como matriz de transformação linear 261 (figura 2) (isto é, U_1, U_2 ou U_3). A matriz de transformação linear selecionada pode equivaler à matriz de transformação linear usada pelo transmissor de multiportadora 100 (figura 1) para codificar o espaço-tempo de sinais da multiportadora para transmissão. Em algumas modalidades, o decodificador espaço-temporal 308 pode utilizar uma matriz de estimativa de canal (H), que pode ser estimada para uma pluralidade de canais sem fio entre cada antena transmissora 114 (figura 1) do transmissor da multiportadora 100 (figura 1) e cada antena receptora 302 do receptor da multiportadora 300. Estas modalidades são discutidas mais detalhadamente a seguir.

Embora algumas modalidades da presente invenção sejam descritas utilizando-se pelo menos quatro antenas receptoras 302, o alcance da invenção não é limitado neste aspecto já que outras quantidades de antenas transmissoras também podem ser usadas. Antenas receptoras 302 podem compreender uma ou várias antenas direcionais ou onidirecionais, inclusive, por exemplo, antenas bipolares, antenas monopolo, antenas de correção, antenas de quadro, antenas microfita ou outros tipos de antenas apropriadas para transmissão de sinais RF. Em algumas modalidades MIMO, em vez de duas ou mais antenas, uma única antena com múltiplas aberturas pode ser usada. Nestas modalidades, cada abertura pode ser considerada uma antena separada. Em algumas modalidades, cada antena pode ser efetivamente separada para utilizar-se a vantagem da diversidade espacial e das diferentes características de canal que pode resultar entre cada antena re-

ceptora 302 e outro dispositivo de comunicação sem fio. Em algumas modalidades, antenas receptoras 302 podem ser separadas por até 1/10 de um comprimento de onda ou mais.

A figura 4 é um diagrama funcional de um decodificador espaço-temporal de acordo com algumas modalidades da presente invenção. O decodificador espaço-temporal 400 pode ser apropriado para o uso como decodificador espaço-temporal 308 (figura 3), embora outras configurações do decodificador espaço-temporal 308 (figura 3) também possam ser apropriadas. O decodificador espaço-temporal 400 inclui o circuito de processamento 402 para derivar funções objetivas, circuito de processamento 406 para minimizar funções objetivas, e circuito de processamento 404 para resolver equações lineares. Nestas modalidades, o circuito de processamento 402 pode derivar funções objetivas 413 da matriz de sinal recebida (y_n) 411 utilizando uma das matrizes de transformação linear 410. O circuito de processamento 406 pode minimizar funções objetivas 413 utilizando a matriz de estimativa de canal (H) 412 para gerar hard bits decodificados 417. O circuito de processamento 404 pode resolver um conjunto de equações lineares baseadas em funções objetivas 413 e matriz de estimativa de canal (H) 412 para gerar soft bits decodificados 415. Em algumas modalidades, o decodificador espaço-temporal 400 pode executar estas operações para cada subportadora dos sinais de multiportadora recebidos. Nestas modalidades, a matriz de sinal recebida 411 pode equivaler a uma das matrizes de sinal recebido 311 (figura 3) gerado para cada subportadora por todas as antenas receptoras 302 (figura 3) permitindo que cada matriz de sinal recebida 411 inclua a entrada de cada antena receptora 302 (figura 3). Nestas modalidades, os soft bits decodificados 415 podem equivaler a soft bits 315 (figura 3), e os hard bits decodificados 417 podem equivaler a hard bits 317 (figura 3). Nestas modalidades, a matriz de estimativa de canal (H) 412 pode ser gerada pelo avaliador de canal 320 (figura 3), e uma das matrizes de transformação linear 410 pode equivaler a uma das matrizes de transformação linear 261 (figura 2).

De acordo com algumas modalidades, a matriz de sinal recebida

411 pode ser representada pela seguinte equação:

$$Y_n = H_n Q_4(x_{1,n}, x_{2,n}, x_{3,n}, x_{4,n}) + W_n$$

Nesta equação, Y_n representa o sinal recebido na enésima subportadora, o H representa a matriz de canal da enésima subportadora, o Q representa o código de bloco espaço-temporal quase ortogonal usado para codificar o sinal no transmissor, o x representa os sinais decodificados e W representa o ruído de canal adicional.

Aplicando-se uma das matrizes lineares de transformação discutidas anteriormente, e com a remoção do índice de subportadora n, a decodificação de probabilidade máxima pode ser realizada pelo decodificador espaço-temporal 400 baseado em uma das seguintes equações:

$$\left\| Y - HQ_4(r_1, \cdots, r_4, s_1, \cdots, s_4) \right\| = \begin{cases} \sum_{i=1,2,3,4} f_i(r_i, s_i), & if\ U = U_1 \\ \sum_{i=1,2,} f_i(r_i, r_{2+i}) + \sum_{i=1,2,} f_i(s_i, s_{2+i}), & if\ U = U_2 \\ \sum_{i=1,2,} f_i(r_i, s_{2+i}) + \sum_{i=1,2,} f_i(s_i, r_{2+i}), & if\ U = U_3 \end{cases}$$

Nestas equações, $f_i(r_i, s_i)$ representam funções objetivas em que o r_i e S_i representam soft bits 415. Conforme ilustrado na equação acima a pesquisa da variável real óctupla original torna-se quatro vezes uma pesquisa da variável dupla. Isto pode ter aproximadamente a mesma complexidade que uma pesquisa de símbolo complexa, que é a mesma complexidade da codificação de Alamouti quando a matriz de transformação U_1 é usada para U. Nestas modalidades, a equação acima pode tornar-se:

$$\arg\min_{r_1, \cdots, r_4, s_1, \cdots, s_4} \left\| Y - HQ_4(r_1, \cdots, r_4, s_1, \cdots, s_4) \right\| \leftrightarrow \arg\min_{r_i, s_i} f_i(r_i, s_i), \quad i = 1,2,3,4,$$

Baseado no acima mencionado, o circuito de processamento 402 pode derivar funções objetivas 413, como se segue. Em algumas modalidades, uma rotação usando R_1 e U_1 de uma constelação de sinal quadrada QAM discutida anteriormente pode ser executada.

Nestas modalidades, a estimativa de canal (H) em um sistema

MIMO pode ser representada como:

$$H = (h_{n,i})_{1 \le n \le N, 1 \le i \le M}$$

e

a matriz de sinal recebida (Y) pode ser representada como:

$$Y = (y_{n,i})_{1 \le n \le N, 1 \le i \le T}$$

Nestas equações, o M representa o número de antenas transmissoras, o N representa o número de antenas receptoras, e T representa o número de intervalos de tempo (por exemplo, símbolos T OFDM). Em algumas modalidades que usam quatro antenas transmissoras (M=4) e quatro antenas receptoras (N=4), para quatro intervalos de tempo (T=4), as seguintes equações podem representar os sinais transmitidos por quatro antenas transmissoras.

$$\begin{aligned}
a_{n,1} &= y^*_{n,1} h_{n,1} + y^*_{n,3} h_{n,3} + y_{n,2} h^*_{n,2} + y_{n,4} h^*_{n,4} \\
a_{n,2} &= y^*_{n,1} h_{n,2} + y^*_{n,3} h_{n,4} - y_{n,2} h^*_{n,1} - y_{n,4} h^*_{n,3} \\
a_{n,3} &= y^*_{n,1} h_{n,3} + y^*_{n,3} h_{n,1} + y_{n,2} h^*_{n,4} + y_{n,4} h^*_{n,2} \\
a_{n,4} &= y^*_{n,1} h_{n,4} + y^*_{n,3} h_{n,2} - y_{n,2} h^*_{n,3} - y_{n,4} h^*_{n,1}
\end{aligned}$$

e

$$\begin{aligned}
c &= 2\sum_{n=1}^{N} \mathrm{Re}(h_{n,1} h^*_{n,3} + h_{n,2} h^*_{n,4}) \\
v_k &= \cos(\alpha r_k) + \sin(\alpha s_k) + j(\sin(\alpha r_k) - \cos(\alpha s_k)) \\
u_k &= (r_k^2 - s_k^2)\cos\alpha + 2 r_k s_k \sin\alpha
\end{aligned}$$

Pela manipulação algébrica, as funções objetivas 413 podem ser conseguidas processando-se o circuito 402 como se segue:

$$\begin{aligned}
f_1(r_1, s_1) &= \frac{\rho}{4}\left(\|H\|^2 |z_1|^2 + cu_1\right) - \sqrt{\frac{\rho}{2}} \sum_{n=1}^{N} \mathrm{Re}(a_{n,1} z_1 + a_{n,3} v_1) \\
f_2(r_2, s_2) &= \frac{\rho}{4}\left(\|H\|^2 |z_2|^2 + cu_2\right) - \sqrt{\frac{\rho}{2}} \sum_{n=1}^{N} \mathrm{Re}(a_{n,2} z_2 + a_{n,4} v_2) \\
f_3(r_3, s_3) &= \frac{\rho}{4}\left(\|H\|^2 |z_3|^2 - cu_3\right) - \sqrt{\frac{\rho}{2}} \sum_{n=1}^{N} \mathrm{Re}(a_{n,1} z_3 - a_{n,3} v_3) \\
f_4(r_4, s_4) &= \frac{\rho}{4}\left(\|H\|^2 |z_4|^2 - cu_4\right) - \sqrt{\frac{\rho}{2}} \sum_{n=1}^{N} \mathrm{Re}(a_{n,2} z_4 - a_{n,4} v_4)
\end{aligned}$$

O circuito de processamento 406 pode produzir estas funções objetivas para gerar hard bits decodificados 417, que pode representar a

saída da decodificação de probabilidade máxima. Em algumas modalidades, o circuito de processamento 406 pode minimizar as funções objetivas usando a seguinte equação para gerar hard bits decodificados 417:

$$\hat{z}_k = \arg\min_{z_k = r_k + js_k \in S} f_k(r_k, s_k),\ k = 1,2,3,4.$$

Nestas modalidades, r_k e r_s representam hard bits decodificados 417 correspondentes aos símbolos que foram transmitidos nas quatro antenas transmissoras.

O circuito de processamento 404, por outro lado, pode gerar soft bits 415 a partir da decodificação de probabilidade máxima minimizando funções objetivas 413 (por exemplo, quatro funções objetivas representadas como $f_i(r_i, s_i)$ mostrada anteriormente) em termos de valores reais r_i e s_i sobre a linha real em vez de sobre o conjunto da constelação S, que pode ser um conjunto de constelação de sinal discreto. Como as funções objetivas $f_i(r_i, s_i)$ são formas quadráticas das variáveis reais r_i e s_i, a mínima e a saída suave da decodificação de probabilidade máxima pode ser determinada pelo circuito de processamento 404 resolvendo-se as seguintes equações lineares dois por dois:

$$\sqrt{\frac{\rho}{2}}\begin{bmatrix} \|H\|^2 + c\cos\alpha & c\sin\alpha \\ c\sin\alpha & \|H\|^2 - c\cos\alpha \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \hat{r}_1 \\ \hat{s}_1 \end{bmatrix} = \sum_{n=1}^{N}\begin{bmatrix} \mathrm{Re}(a_{n,1}) + \mathrm{Re}(a_{n,3})\cos\alpha - \mathrm{Im}(a_{n,3})\sin\alpha \\ -\mathrm{Im}(a_{n,1}) + \mathrm{Re}(a_{n,3})\sin\alpha + \mathrm{Im}(a_{n,3})\cos\alpha \end{bmatrix}$$

$$\sqrt{\frac{\rho}{2}}\begin{bmatrix} \|H\|^2 + c\cos\alpha & c\sin\alpha \\ c\sin\alpha & \|H\|^2 - c\cos\alpha \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \hat{r}_2 \\ \hat{s}_2 \end{bmatrix} = \sum_{n=1}^{N}\begin{bmatrix} \mathrm{Re}(a_{n,2}) + \mathrm{Re}(a_{n,4})\cos\alpha - \mathrm{Im}(a_{n,4})\sin\alpha \\ -\mathrm{Im}(a_{n,2}) + \mathrm{Re}(a_{n,4})\sin\alpha + \mathrm{Im}(a_{n,4})\cos\alpha \end{bmatrix}$$

$$\sqrt{\frac{\rho}{2}}\begin{bmatrix} \|H\|^2 - c\cos\alpha & -c\sin\alpha \\ -c\sin\alpha & \|H\|^2 + c\cos\alpha \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \hat{r}_3 \\ \hat{s}_3 \end{bmatrix} = \sum_{n=1}^{N}\begin{bmatrix} \mathrm{Re}(a_{n,1}) - \mathrm{Re}(a_{n,3})\cos\alpha + \mathrm{Im}(a_{n,3})\sin\alpha \\ -\mathrm{Im}(a_{n,1}) - \mathrm{Re}(a_{n,3})\sin\alpha - \mathrm{Im}(a_{n,3})\cos\alpha \end{bmatrix}$$

$$\sqrt{\frac{\rho}{2}}\begin{bmatrix} \|H\|^2 - c\cos\alpha & -c\sin\alpha \\ -c\sin\alpha & \|H\|^2 + c\cos\alpha \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \hat{r}_4 \\ \hat{s}_4 \end{bmatrix} = \sum_{n=1}^{N}\begin{bmatrix} \mathrm{Re}(a_{n,2}) - \mathrm{Re}(a_{n,4})\cos\alpha + \mathrm{Im}(a_{n,4})\sin\alpha \\ -\mathrm{Im}(a_{n,2}) - \mathrm{Re}(a_{n,4})\sin\alpha - \mathrm{Im}(a_{n,4})\cos\alpha \end{bmatrix}$$

Os soft bits decodificados 415 como consequência da solução destas equações podem ser usados por um decodificador de correção de erro, como o decodificador de correção de erro 312 (figura 3). Em algumas

modalidades, as soluções para as equações lineares dois por dois acima mencionadas podem ser realçadas usando-se a estimativa quadrada média mínima (MMSE), embora o alcance da invenção não seja limitado neste aspecto.

Em algumas modalidades descritas acima, um ganho de codificação pode ser maximizado na codificação do espaço-tempo para sistemas MIMO OFDM com quatro antenas transmissoras com a decodificação rápida de probabilidade máxima com aproximadamente a mesma complexidade que a decodificação de Alamouti.

Com relação às figuraS de 1a4,embora o transmissor de multiportadora 100, o codificador espaço–temporal 200, o receptor de multiportadora 300 e o decodificador espaço-temporal 400 sejam ilustrados como tendo vários elementos funcionais separados, um ou mais dos elementos funcionais podem ser combinados e podem ser implementados por combinações de elementos configurados pelo software, tais como processamento de elementos inclusive processadores de sinal digital (DSPs), e/ou outros elementos de hardware. Por exemplo, alguns elementos podem compreender um ou mais microprocessadores, DSPs, circuitos integrados de aplicação específica (ASICs), e combinações de vários hardware e circuito lógico para executar pelo menos as funções aqui descritas. Em algumas modalidades, os elementos funcionais ilustrados podem referir-se a um ou mais processos que produzem um ou mais elementos de processamento.

Em algumas modalidades, o transmissor de multiportadora 100 e/ou o receptor de multiportadora 300 podem ser parte de um ou mais dispositivos de comunicação sem fios que podem comunicar sinais de comunicação OFDM através de um canal de comunicação de multiportadora. O canal de comunicação de multiportadora pode ser dentro de um espectro de frequência predeterminado e pode compreender uma pluralidade de subportadoras ortogonais. Em algumas modalidades, os sinais de multiportadora podem ser definidos por subportadoras OFDM estreitamente espaçadas. Cada subportadora pode ter uma nulidade em substancialmente uma frequência central de outras subportadoras e/ou cada subportadora pode ter

um número inteiro de ciclos dentro de um período de símbolo, embora o alcance da invenção não seja limitado neste aspecto. Em algumas modalidades, o transmissor de multiportadora 100 e/ou receptor de multiportadora 300 pode comunicar-se em conformidade com a técnica de acesso múltiplo, como acesso múltiplo da divisão de frequência ortogonal (OFDMA), embora o alcance da invenção não seja limitado neste aspecto.

Em algumas modalidades, o transmissor de multiportadora 100 e/ou o receptor de multiportadora 300 podem ser parte de uma estação de comunicação, tal como estação de comunicação de rede local sem fios (WLAN), inclusive uma estação de comunicação de Rede Sem fios (WiFi), um ponto de acesso (AP) ou uma estação móvel (MS). Em algumas outras modalidades, o transmissor de multiportadora 100 e/ou receptor de multiportadora 300 podem ser parte de uma estação de comunicação de rede de acesso de banda larga via rádio (BWA), como uma estação de comunicação de Interoperabilidade Mundial para Acesso por Micro-onda (WiMax), embora o alcance da invenção não seja limitado neste aspecto como transmissor de multiportadora 100 e/ou receptor de multiportadora 300 podem ser parte de praticamente qualquer dispositivo de comunicação sem fios.

Em algumas modalidades, o transmissor de multiportadora 100 e/ou o receptor de multiportadora 300 podem ser parte de um dispositivo de comunicação sem fios portátil, tal como um assistente pessoal digital (PDA), um computador portátil ou computador portátil com a capacidade de comunicação sem fios, uma placa de dados da web, um telefone sem fio, um fone de ouvido sem fio, um pager, um dispositivo de mensagens instantâneas, uma câmera digital, um ponto de acesso, uma televisão, um dispositivo médico (por exemplo, um monitor cardíaco, um monitor de pressão sanguínea, etc.), ou outro dispositivo que pode receber e/ou transmitir a informação sem fio.

Em algumas modalidades, os espectros de frequência para os sinais de comunicação recebidos pelo transmissor de multiportadora 100 e/ou receptor de multiportadora 300 podem compreender tanto espectro de frequência de 5 gigahertz (GHz) ou um espectro de frequência de 2,4 GHz.

Nestas modalidades, o espectro de frequência de 5 gigahertz (GHz) pode incluir frequências nas variações de aproximadamente 4,9 a 5,9 GHz, e o espectro de 2,4 GHz pode incluir frequências nas variações de aproximadamente 2,3 a 2,5 GHz, embora o alcance da invenção não seja limitado neste aspecto, como outros espectros de frequência são também igualmente convenientes. Em algumas modalidades de rede BWA, o espectro de frequência dos sinais de comunicação pode compreender frequências entre 2 e 11 GHz, embora o alcance da invenção não seja limitado neste aspecto.

Em algumas modalidades, o transmissor de multiportadora 100 e/ou o receptor de multiportadora 300 podem comunicar sinais conforme padrões de comunicação específicos, tais como os padrões o Instituto dos Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE), inclusive padrões IEEE 802.11(a), 802.11(b), 802.11(g), 802.11(h) e/ou 802.1I(n) e/ou especificações propostas para redes locais sem fios, embora o alcance da invenção não seja limitado neste aspecto como o transmissor de multiportadora 100 e/ou receptor de multiportadora 300 também podem ser apropriados para transmitir e/ou receber comunicações conforme outras técnicas e padrões.

Em algumas modalidades de locais de rede de acesso de banda larga, o transmissor de multiportadora 100 e/ou receptor de multiportadora 300 pode comunicar sinais em conformidade com o IEEE 802.16-2004 e o IEEE 802.16(e) padrões de redes metropolitanas sem fios (WMANs) inclusive suas variações e evoluções, embora o alcance da invenção não seja limitado neste aspecto como transmissor de multiportadora 100 e/ou receptor de multiportadora 300 também pode ser conveniente para transmitir e/ou receber comunicações de acordo com outras técnicas e padrões. Para mais informações referentes a padrões do IEEE 802.11 e IEEE 802.16, consulte " IEEE Standards for Information Technology ~ Telecommunications and Information Exchange between Systems" - Local Area Networks - Specific Requirements - Part 11 "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY), ISO/EEC 8802-11: 1999", e Metropolitan Area Networks – Specific Requirements - Part 16: "Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems," maio de 2005 e emendas/versões relacionadas.

A menos que especificamente afirmado em contrário, termos, tais como processamento, computação, cálculo, decisão, exibição, ou similares, podem referir-se a uma ação e/ou processo de um ou vários processamentos ou sistemas computacionais ou dispositivos similares que podem manipular e transformar dados representados como quantidades físicas (por exemplo, eletrônica) dentro de registros de sistema de processamento e memória em outros dados de forma similar representados como quantidades físicas dentro de registros de sistema de processamento ou memórias, ou outro tipo de armazenamento de informação, transmissão ou dispositivos de exibição. Além disso, como usado aqui, um dispositivo computacional inclui um ou mais elementos de processamento unidos com a memória de leitura do computador que pode ser memória volátil ou não-volátil ou uma combinação do mesmo.

Algumas modalidades da invenção podem ser implementadas em um ou uma combinação de hardware, firmware e software. Algumas modalidades da invenção também podem ser implementadas como instruções armazenadas em um meio de leitura da máquina, que pode ser lido e executado por pelo menos um processador para efetuar as operações aqui descritas. Um meio de leitura da máquina pode incluir qualquer mecanismo para armazenar ou transmitir informações em uma forma de leitura por uma máquina (por exemplo, um computador). Por exemplo, um meio de leitura da máquina pode incluir a memória de somente leitura (ROM), memória de acesso aleatório (RAM), mídia de armazenamento de disco magnético, mídia de armazenamento ótico, dispositivos de memória rápida, elétrica, ótica, acústica ou outra forma de propagação de sinais (por exemplo, ondas de portadora, sinais infravermelhos, sinais digitais, etc.), e outros.

O sumário é fornecido para cumprir com 37 C.F.R. Seção 1.72 (b) que exige um sumário que permitirá ao leitor apurar a natureza e essência da descrição técnica. O sumário é apresentado com a compreensão de que não será usado para limitar ou interpretar o alcance ou a significação das reivindicações.

Na descrição detalhada precedente, várias características são

ocasionalmente agrupadas em uma modalidade única com o objetivo de simplificar a descrição. Este método da descrição não deve ser interpretado como reflexo de uma intenção que as modalidades reivindicadas do assunto necessitam de mais características do que é expressamente citado em cada reivindicação. Ao contrário, conforme refletem as seguintes reivindicações, a invenção pode consistir em menos do que todas as características de uma única modalidade descrita. Assim, as seguintes reivindicações são aqui incorporadas em descrição detalhada, com cada reivindicação própria como uma modalidade preferencial separada.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de codificação espaço-temporal de sinais de multiportadora que compreendem:

transformação linear dos símbolos de entrada de um conjunto de constelação com uma matriz de transformação selecionada para gerar símbolos linearmente transformados;

formação de um símbolo complexo para cada uma dentre uma pluralidade de antenas transmissoras a partir dos símbolos linearmente transformados;

formação de matrizes de código a partir dos símbolos complexos; e

geração de uma matriz espaço-temporal quase ortogonal a partir das matrizes de código para o uso na geração de sinais multiportadores para a transmissão através de antenas transmissoras.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, que além disso compreende processamento de uma sequência de símbolos representados por uma dimensão da matriz espaço-temporal quase ortogonal para a subsequente transmissão em uma pluralidade de subportadoras que compreendem sinais multiportadores por uma das correspondentes antenas transmissoras.

3. Método de acordo com a reivindicação 2, em que o novo processamento compreende, para cada antena transmissora da pluralidade:

execução de uma transformação de Fourier inversa em cada um dos símbolos de uma dimensão da matriz espaço-temporal quase ortogonal para gerar uma forma de onda de domínio de tempo; e

converter de forma ascendente a forma de onda de domínio de tempo para transmissão através de uma das antenas transmissoras associadas;

em que cada antena transmissora dentre a pluralidade ao mesmo tempo transmite a informação representada por grupos de símbolos de uma dimensão da matriz espaço-temporal quase ortogonal.

4. Método de acordo com a reivindicação 2, em que a geração

das matrizes de código compreende a geração das matrizes de código Alamouti dos símbolos linearmente transformados e

em que a matriz espaço-temporal quase ortogonal compreende uma das matrizes de código de Alamouti.

5. Método de acordo com a reivindicação 1, que além disso compreende:

geração de um conjunto de constelação de modulação de amplitude em quadratura a partir de um fluxo de bits inicial; e

mapear os bits do conjunto de constelação a uma pluralidade de símbolos complexos correspondentes a várias antenas transmissoras,

em que a transformação linear compreende a transformação linear da pluralidade de símbolos complexos mapeados usando a matriz de transformação selecionada para gerar uma pluralidade de símbolos reais.

6. Codificador espaço-temporal que compreende:

circuito de transformação linear para transformar linearmente símbolos de entrada de um conjunto de constelação com uma matriz de transformação selecionada para gerar símbolos linearmente transformados;

um símbolo complexo padrão para formar um símbolo complexo para cada uma dentre uma pluralidade de antenas transmissoras dos símbolos linearmente transformados;

uma matriz de código padrão para formar matrizes de código a partir dos símbolos complexos;

e

um gerador de matriz espaço-temporal quase ortogonal para gerar uma matriz espaço-temporal quase ortogonal a partir das matrizes de código para o uso na geração de sinais multiportadores para a transmissão através das antenas transmissoras.

7. Codificador espaço-temporal de acordo com a reivindicação 6, em que uma sequência de símbolos representada por uma dimensão da matriz espaço-temporal quase ortogonal é processada para subsequente transmissão em uma pluralidade de subportadoras que compreendem sinais multiportadores através das correspondentes antenas transmissoras.

8. Codificador espaço-temporal de acordo com a reivindicação 7, em que para cada antena transmissora da pluralidade, uma transformação de Fourier inversa é executada em cada um dos símbolos de uma dimensão da matriz espaço-temporal quase ortogonal para gerar uma forma de onda de domínio de tempo,

em que a forma de onda de domínio de tempo é convertida de forma ascendente para a transmissão através de uma das antenas transmissoras associadas, e

em que cada antena transmissora da pluralidade ao mesmo tempo transmite a informação representada por grupos de símbolos de uma dimensão da matriz espaço-temporal quase ortogonal.

9. Codificador espaço-temporal de acordo com a reivindicação 7, em que a matriz de código-padrão gera matrizes de código de Alamouti a partir dos símbolos linearmente transformados, e

em que o gerador da matriz espaço-temporal quase ortogonal gera a matriz espaço-temporal quase ortogonal que compreende uma das matrizes do código de Alamouti.

10. Codificador espaço-temporal de acordo com a reivindicação 6, que além disso compreende:

um gerador de conjunto de constelação para gerar o conjunto de constelação a partir de um fluxo de bits inicial; e

um mapeador de símbolo para mapear bits do conjunto de constelação a uma pluralidade de símbolos complexos correspondentes a várias antenas transmissoras,

em que o conjunto de constelação compreende um conjunto de constelação de modulação de amplitude em quadratura, e

em que os circuitos de transformação linear transformam linearmente a pluralidade de símbolos complexos mapeados usando a matriz de transformação selecionada para gerar uma pluralidade de símbolos reais.

11. Método para decodificar sinais recebidos de multiportadora que compreendem:

derivar funções objetivas recebidas de uma matriz de sinal;

minimizar as funções objetivas para gerar hard bits decodificados; e

solucionar o conjunto das equações lineares das funções objetivas para gerar soft bits decodificados.

12. Método de acordo com a reivindicação 11, em que derivar, minimizar e solucionar compreende executar a decodificação do bloco espaço-temporal quase ortogonal para cada subportadora de sinais de multiportadora recebidos por uma pluralidade de antenas ligadas a um receptor de multiportadora,

em que derivar inclui a utilização de uma dentre uma pluralidade de matrizes de transformação, e

em que a matriz de transformação selecionada corresponde a uma matriz de transformação usada por um transmissor de multiportadora para codificação espaço-temporal dos sinais da multiportadora para transmissão ao receptor de multiportadora.

13. Método de acordo com a reivindicação 12, em que minimizar e solucionar incluem a utilização de uma matriz estimada de canal prevista para uma pluralidade de canais sem fios entre o transmissor de multiportadora e o receptor de multiportadora.

14. Método de acordo com a reivindicação 12, em que os sinais de multiportadora compreendem sinais multiplexados da divisão da frequência ortogonal recebidos através de uma pluralidade de antenas.

15. Método de acordo com a reivindicação 13, que além disso compreende a remoção de um prefixo cíclico e execução da Transformação de Fourier de multiponto nos sinais da multiportadora recebidos através de cada uma das antenas antes da decodificação de bloco espaço-temporal para gerar a matriz de sinal recebido para cada subportadora.

16. Receptor de multiportadora que compreende:

circuito de transformação Fourier para gerar uma matriz de sinal recebida para cada subportadora de sinais recebidos de multiportadora; e

um decodificador espaço-temporal para gerar soft bits decodificados e hard bits decodificados a partir das matrizes de sinal recebidas,

em que o decodificador espaço-temporal compreende o circuito de processamento para derivar funções objetivas a partir da matriz de sinal recebida, minimizar as funções objetivas para gerar hard bits decodificados, e solucionar o conjunto das equações lineares das funções objetivas para gerar soft bits decodificados.

17. Receptor de multiportadora de acordo com a reivindicação 16, que além disso compreende:

um demapeador de símbolo para demapear os hard bits decodificados para gerar blocos de bits demapeados; e

um decodificador de correção de erro para executar operações de decodificação de correção de erro nos blocos demapeados de bits usando soft bits decodificados para gerar um fluxo de bits decodificado.

18. Receptor de multiportadora de acordo com a reivindicação 16, em que o circuito de processamento:

executa a decodificação de bloco espaço-temporal quase ortogonal para cada subportadora de sinais recebidos de multiportadora através de uma pluralidade de antenas ligadas a um receptor de multiportadora; e

usa uma dentre uma pluralidade de matrizes de transformação, em que a matriz de transformação selecionada corresponde a uma matriz de transformação usada por um transmissor de multiportadora para a codificação espaço-temporal dos sinais de multiportadora para transmissão ao receptor de multiportadora.

19. Receptor de multiportadora de acordo com a reivindicação 18, em que o circuito de processamento usa uma matriz de estimativa de canal prevista para uma pluralidade de canais sem fios entre o transmissor de multiportadora e o receptor de multiportadora para minimizar as funções objetivas para solucionar o conjunto de equações lineares.

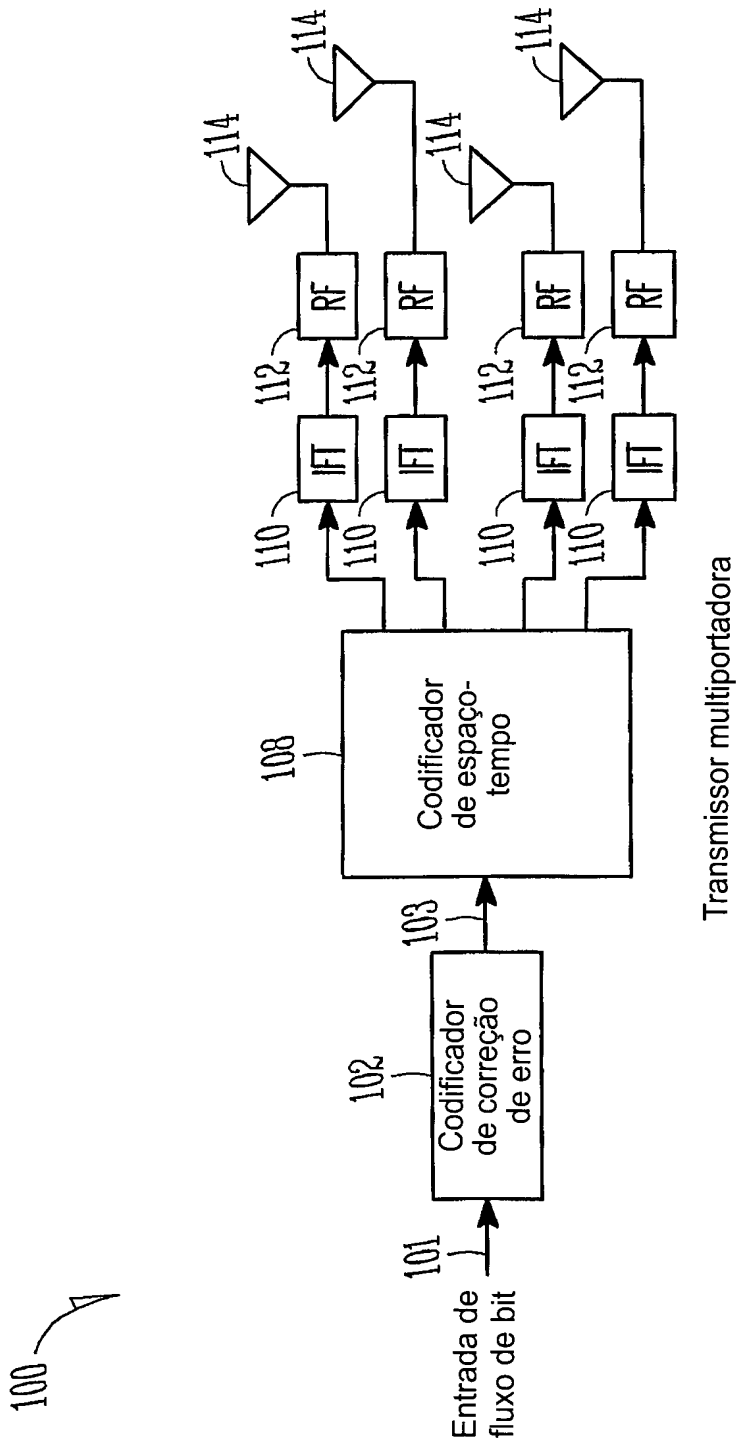
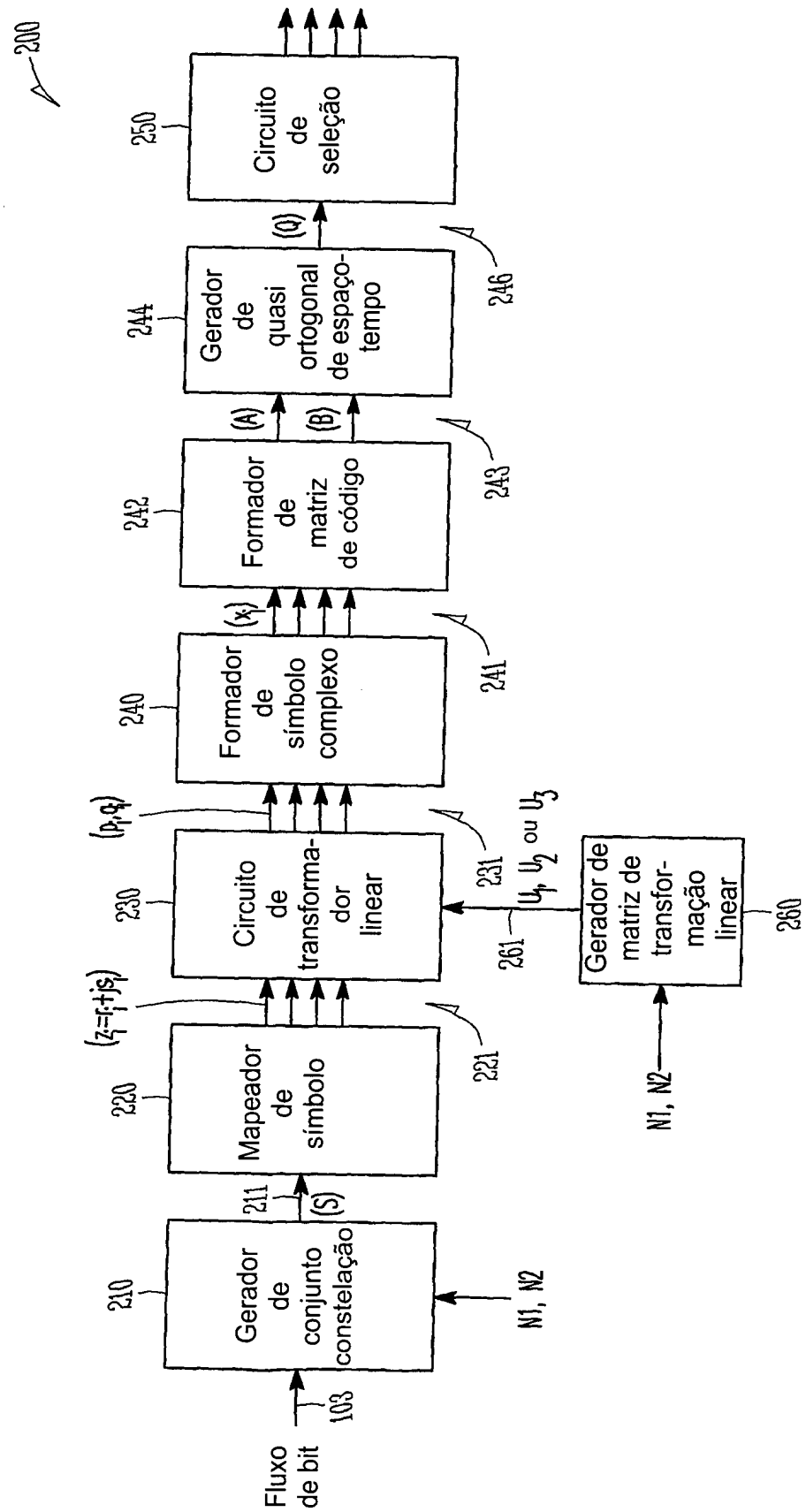
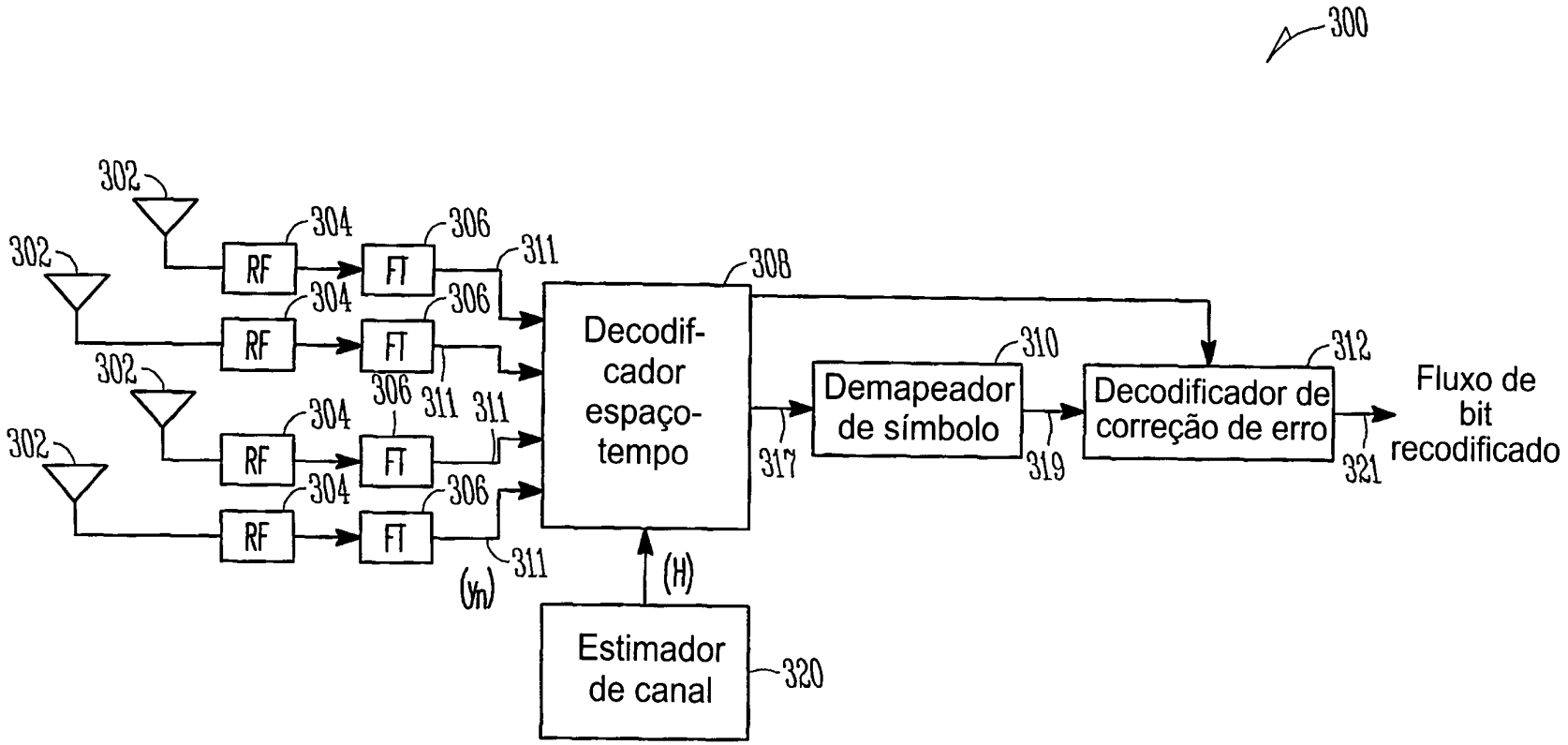

100
Entrada de fluxo de bit
101
Codificador de correção de erro
102
103
Codificador de espaço-tempo
108
IFT
110
RF
112
114
Transmissor multiportadora

FIG. 1



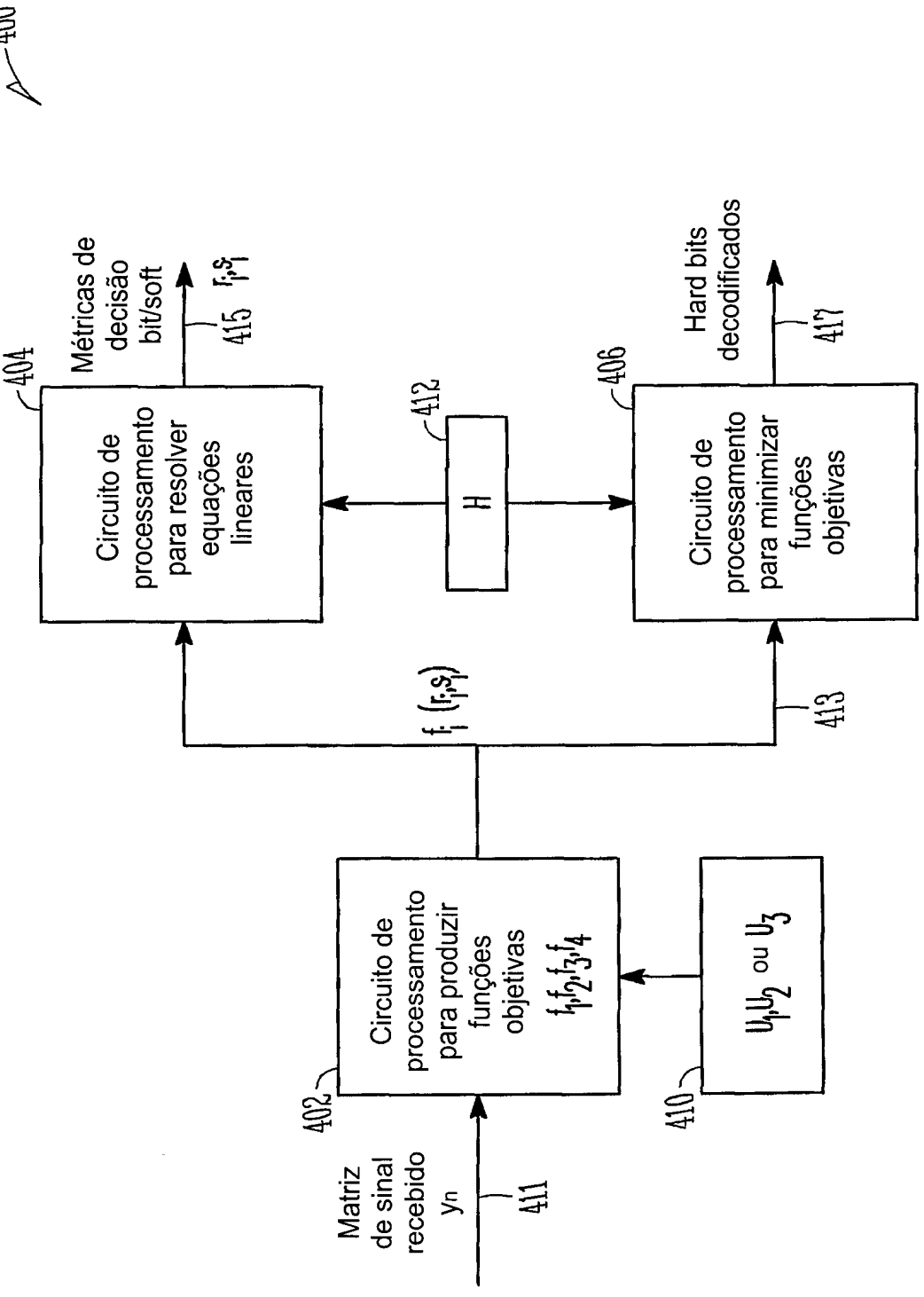
Codificador espaço-tempo

FIG. 2



Receptor multiportadora

FIG. 3



Decodificador espaço-tempo

FIG. 4

RESUMO

Patente de Invenção: **"CODIFICADOR ESPAÇO-TEMPORAL DE BLOCO QUASE ORTOGONAL, DECODIFICADOR E MÉTODOS DE CODIFICAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL E DECODIFICAÇÃO DE SINAIS MULTIPLEXADOS DE DIVISÃO DE FREQUÊNCIA ORTOGONAL EM UM SISTEMA DE MÚLTIPLA ENTRADA E MÚLTIPLA SAÍDA".**

A presente invenção refere-se a modalidades de codificador espaço-temporal quase ortogonal, decodificador e método para a codificação espaço-temporal e decodificação de sinais multiplexados por divisão de frequência ortogonal (OFDM) em um sistema de múltiplas entradas e múltiplas saídas (MIMO) são geralmente aqui descritos. Outras modalidades podem ser descritas e reivindicadas. Em algumas modalidades, um método para decodificar sinais recebidos de multiportadora compreende derivar funções objetivas recebidas de uma matriz de sinal, minimizando as funções objetivas para gerar hard bits decodificados, e solucionando um grupo de equações lineares das funções objetivas para gerar soft bits decodificados.