



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0510038-0 B1



(22) Data do Depósito: 19/04/2005

(45) Data de Concessão: 08/01/2019

(54) Título: MÉTODO E DISPOSITIVO PARA TRANSMITIR UM SINAL EM UM SISTEMA DE MÚLTIPLAS ANTENAS, MÉTODO PARA ESTIMAR OS CANAIS DE TRANSMISSÃO CORRESPONDENTES E DISPOSITIVO DE RECEPÇÃO EM UM SISTEMA DE MÚLTIPLAS ANTENAS

(51) Int.Cl.: H04L 1/06; H04L 25/02.

(52) CPC: H04L 1/0668; H04L 1/0631; H04L 1/0625; H04L 25/0204; H04L 25/0226; (...).

(30) Prioridade Unionista: 23/04/2004 EP 04 364 035.8.

(73) Titular(es): ORANGE.

(72) Inventor(es): RODOLPHE LEGOUABLE; VINCENT LE NIR; MARYLINE HELARD; JEAN-MICHEL AUFFRAY; JEAN-FRANÇOIS HELARD.

(86) Pedido PCT: PCT FR2005000965 de 19/04/2005

(87) Publicação PCT: WO 2005/112329 de 24/11/2005

(85) Data do Início da Fase Nacional: 19/10/2006

(57) Resumo: MÉTODO E DISPOSITIVO PARA TRANSMITIR UM SINAL EM UM SISTEMA DE MÚLTIPLAS ANTENAS, SINAL E MÉTODO PARA ESTIMAR OS CANAIS DE TRANSMISSÃO CORRESPONDENTES. A invenção pertence a um método para transmitir um sinal digital via n antenas de transmissão, n sendo estritamente maior do que 2, no qual n vetores fonte a serem transmitidos respectivamente por cada uma das ditas antenas de transmissão estão associados a um vetor de dados fonte por meio de uma matriz de codificação M de taxa igual a 1, usando símbolos de referência conhecidos para pelo menos um receptor e habilitando esse receptor a estimar pelo menos três canais de transmissão respectivamente correspondentes a cada uma das antenas de transmissão. De acordo com a invenção, os ditos símbolos de referência passam por uma transformação matemática pela dita matriz de codificação 14 antes de eles serem transmitidos.

“MÉTODO E DISPOSITIVO PARA TRANSMITIR UM SINAL EM
UM SISTEMA DE MÚLTIPLAS ANTENAS, MÉTODO PARA ESTIMAR OS
CANAIS DE TRANSMISSÃO CORRESPONDENTES E DISPOSITIVO DE
RECEPÇÃO EM UM SISTEMA DE MÚLTIPLAS ANTENAS”

5 Campo da Invenção

O campo da invenção é aquele de comunicações digitais sem fio. Mais especificamente, a invenção está relacionada à transmissão e recepção, e especialmente à estimativa de canais de transmissão em um sistema de múltiplas antenas do tipo MIMO (“Múltiplas Entradas Múltiplas Saídas”) ou tipo MISO (“Múltiplas Entradas Única Saída”), através da transmissão de sinais sujeitos a uma codificação de espaço-tempo e/ou espaço-frequência.

Mais especificamente novamente, a invenção pode ser aplicada a sistemas de múltiplas antenas implementando várias antenas de transmissão, em particular, mais do que duas antenas de transmissão. Os sinais compreendem símbolos de referência, conhecidos para pelo menos um receptor e habilitando esse receptor a estimar os canais de transmissão correspondendo a cada uma das antenas de transmissão.

Um exemplo de uma aplicação da invenção está no campo de comunicações por rádio, especialmente para sistemas de terceira, quarta geração e subsequentes.

A invenção pode ser aplicada a comunicações “uplink” (de um terminal a uma estação base) bem como a comunicações “downlink” (de uma estação base a um terminal).

Soluções da Técnica Anterior

Há várias e conhecidas técnicas de estimativa de

canais de transmissão em um sistema de múltiplas antenas compreendendo várias antenas de transmissão.

A maioria dessas técnicas de estimativa é limitada à aplicação de uma codificação espaço-tempo ou codificação
5 espaço-frequência em sistemas de múltiplas portadoras do tipo OFDM.

Assim, os primeiros sistemas propostos todos usavam códigos de bloco espaço-tempo ortogonal.

Alamouti em "Uma Simples Técnica de Diversidade de
10 Transmissão para Comunicações Sem Fio", Jornal IEEE em Áreas Seleccionadas em Comunicações, pp. 311-335, vol. 6, 1998, apresentou o primeiro sistema usando um código de bloco espaço-tempo ortogonal de taxa 1 (onde taxa é definida como a razão entre o número N de símbolos transmitidos e o número L
15 de tempos de símbolo durante os quais eles são transmitidos) para duas antenas de transmissão.

Uma desvantagem principal dos códigos espaço-tempo ortogonais de Alamouti é que eles são transmitidos a sistemas de duas antenas de transmissão e que não é possível es-
20 tender seu uso diretamente a um sistema com mais do que duas antenas de transmissão enquanto mantendo uma taxa unitária.

Tarokh e outros ("Códigos de Bloco Espaço-Tempo a partir de Projetos Ortogonais", Transações IEEE em Teoria de Informação, 1999, 45 (5), pp. 1456-1467) então estendeu os
25 códigos de bloco espaço-tempo ortogonal para sistemas compreendendo três ou quatro antenas de transmissão. Entretanto, as taxas $R = N/L$ obtidas foram somente $\frac{1}{2}$ ou $\frac{3}{4}$.

Uma desvantagem dos códigos espaço-tempo ortogonal

de Tarokh portanto é que, embora eles sejam adaptados para sistemas implementando um maior número de antenas de transmissão (três ou quatro antenas), eles têm uma taxa de menos de 1.

5 Barhumi e outros em "Estimativa de Canal baseada em Tonalidade Piloto para Sistemas OFDM com Diversidade de Transmissor em Canais Sem Fio Móveis" então propôs uma técnica de estimativa de canal para sistemas OFDM de múltiplas antenas (SISO-OFDM ou MIMO-OFDM) contando com um sistema de
10 estimativa de canal OFDM clássico, implementando uma extinção de certas portadoras. Entretanto, uma desvantagem dessa técnica de estimativa em um sistema MIMO é que a inserção de símbolos de referência geralmente causa maior perda de eficiência espectral, sempre que, para cada antena de transmissão,
15 um símbolo de referência é transmitido em uma portadora de referência em um dado ponto no tempo enquanto nenhum dado seja qual for é transmitido na outra portadora ou portadoras tal como para não perturbar a estimativa do canal de transmissão.

20 Outra pesquisa foi subsequentemente conduzida por Fragouli e outros em "Estimativa de Canal Baseada em Treinamento Para Transmissões de Banda Larga de Múltiplas Antenas" nas sequências de aprendizado que podem ser usadas para estimativa de canal para sistemas de múltiplas antenas.

25 Subsequentemente, Stirling-Gallacher e outros ("Aperfeiçoando a Performance de Coerentes Sistemas OFDM Codificados usando Diversidade de Transmissão Espaço-Tempo", Letras Eletrônicas, Vol. 37 N, Março 2001, "Coerentes Siste-

mas OFDM Codificados Padrões Pilotos e Práticos usando Diversidade de Transmissão Espaço-Tempo", Conferência Européia 2002 Wireless, 25-28 Fevereiro 2002, Florença) contemplaram uma técnica de estimativa de canal para sistemas MIMO-OFDM, 5 restritos a sistemas de duas antenas de transmissão usando códigos espaço-tempo ortogonal do tipo Alamouti ou Tarokh.

Uma desvantagem dessa técnica de estimativa é que o número de antenas de transmissão do sistema de transmissão é limitado pelo uso de códigos de bloco espaço-tempo ortogo- 10 nal da técnica anterior.

Assim, de acordo com as técnicas anteriores, não há códigos de taxa unitária ortogonais complexos para sistemas tendo mais do que duas antenas de transmissão. Isso diminui eficiência espectral.

15 Objetivos da Invenção

A invenção tem especialmente por objetivo sobrepor essas desvantagens da técnica anterior.

Mais especificamente, é um objetivo da invenção fornecer uma técnica para a estimativa de canais de trans- 20 missão em um sistema de múltiplas antenas implementando mais do que duas antenas de transmissão.

É um outro objetivo da invenção propor uma técnica desse tipo que é mais eficiente e executa melhor do que as técnicas anteriores enquanto tendo menor complexidade.

25 É ainda um outro objetivo da invenção fornecer uma técnica de transmissão de um sinal compreendendo símbolos de referência implementando uma matriz de codificação espaço-tempo e/ou de codificação espaço-frequência. Em particular,

é um objetivo da invenção fornecer uma matriz de codificação de taxa unitária.

É ainda um outro objetivo da invenção fornecer uma técnica desse tipo que é adaptada a sistemas de múltiplas
5 antenas do tipo MISO ou MIMO para modulações do tipo única portadora ou do tipo múltiplas portadoras, combinadas com as diferentes técnicas de múltiplo acesso, chamadas CDMA (Acesso Múltiplo por Divisão de Código), FDMA (Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência) ou TDMA (Acesso Múltiplo por Di-
10 visão de Tempo).

É um outro objetivo da invenção propor uma técnica desse tipo que pode ser usada para aumentar a diversidade espacial dos sistemas enquanto ao mesmo tempo reduzindo in-
terferência entre os diferentes canais de transmissão ao mí-
15 nimo e limitando a perda de eficiência espectral.

Em outras palavras, é um objetivo da invenção fornecer uma técnica desse tipo que pode ser implementada de uma maneira prática e de baixo custo em um sistema implemen-
tando um grande número de antenas.

20 Características Essenciais da Invenção

Esses objetivos bem como outros que devem aparecer aqui abaixo são alcançados por meio de um método para trans-
mitir um sinal digital via n antenas de transmissão, n sendo estritamente maior do que 2, no qual n vetores fonte a serem
25 transmitidos respectivamente por cada uma das ditas antenas de transmissão estão associados com um vetor de dados fonte por meio de uma matriz de codificação M de taxa igual a 1, usando símbolos de referência conhecidos para pelo menos um

receptor e habilitando esse receptor a estimar pelo menos três canais de transmissão respectivamente correspondendo a cada uma das ditas antenas de transmissão.

De acordo com a invenção, os ditos símbolos de referência de um método de transmissão desse tipo submetem-se a uma transformação matemática pela dita matriz de codificação M antes de eles serem transmitidos.

Assim, a invenção conta com uma aproximação inteiramente nova e inventiva para a transmissão de um sinal digital, implementando uma matriz de codificação em um sistema de múltiplas antenas com mais do que duas antenas de transmissão.

Mais especificamente, a invenção propõe a transmissão, nas n antenas de transmissão, dos símbolos de referência da matriz de codificação M de taxa igual a 1, um vetor de símbolos de referência estando associado à matriz de codificação M por meio de uma função de codificação.

Tal matriz de codificação M de taxa igual a 1 corresponde ou a uma matriz não-ortogonal ou a uma matriz de bloco ortogonal, a taxa sendo definida como a razão entre o número de símbolos transmitidos e o número de tempos de símbolo durante os quais eles são transmitidos.

Vantajosamente, os símbolos de referência são distribuídos no espaço e no tempo e/ou no espaço e na frequência.

A matriz de codificação então implementa uma codificação espaço-tempo e/ou codificação espaço-frequência.

De acordo com uma primeira modalidade, a matriz de

codificação inclui pelo menos dois blocos, cada um dos blocos sendo ortogonal.

Preferencialmente, cada um dos blocos de símbolos de referência é transmitido separadamente, cada um dos blocos sendo transmitido em certas antenas de transmissão, as
5 outras antenas de transmissão sendo desligadas.

Assim, os dados transmitidos por um primeiro conjunto de antenas não são perturbados pelos dados transmitidos por um outro conjunto de antenas, o outro conjunto de
10 antenas não transmitindo nas mesmas portadoras no mesmo ponto no tempo.

De acordo com uma outra modalidade da invenção, chamada uma terceira modalidade, o método de transmissão compreende uma etapa de seleção entre uma distribuição de
15 frequência e uma distribuição de tempo.

Em particular, essa etapa de seleção pode levar em conta as características de um canal de transmissão.

De acordo com uma outra modalidade da invenção, chamada uma segunda modalidade, os símbolos de referência
20 são transmitidos em todas as antenas de transmissão depois de transformação matemática pela matriz de codificação M .

Assim, a matriz de codificação M é uma matriz de modo geral não ortogonal.

Em particular, a matriz de codificação M pode ser
25 obtida por uma codificação do tipo Jafarkhani e tem a forma:

$$M = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ -x_2^* & x_1^* & -x_4^* & x_3^* \\ -x_3^* & -x_4^* & x_1^* & x_2^* \\ x_4 & -x_3 & -x_2 & x_1 \end{bmatrix},$$

onde x_i é um símbolo de referência e x_i^* é uma conjugada do símbolo de referência com i sendo um inteiro relativo, $1 \leq i \leq 4$.

A invenção está também relacionada a dispositivo de transmissão correspondente.

Como indicado aqui acima, a invenção pode assim ser aplicada a comunicações "uplink", um dispositivo de transmissão então correspondendo a um terminal (ou sendo incluído em um terminal), bem como a comunicações "downlink", um dispositivo de transmissão correspondendo, nesse caso, a uma estação base (ou sendo incluído em uma estação base).

A invenção também está relacionada a um sinal digital formado por n vetores respectivamente transmitidos por meio de n antenas de transmissão, n sendo estritamente maior do que 2.

De acordo com a invenção, o sinal compreende símbolos de referência codificados, obtidos depois de transformação matemática de símbolos de referência por uma matriz de codificação M de taxa unitária, tal como para habilitar a estimativa, em um receptor, de pelo menos três canais de transmissão respectivamente correspondendo a cada uma das antenas de transmissão.

A invenção também está relacionada a método de estimativa dos canais de transmissão em um sistema de múlti-

plas antenas implementando n antenas de transmissão, onde n é estritamente maior do que 2, e pelo menos uma antena de recepção. De acordo com esse método, n vetores a serem transmitidos respectivamente por cada uma das ditas antenas de transmissão estão associados a um vetor de dados fonte, por meio de uma matriz de codificação M , implementando símbolos de referência conhecidos para pelo menos um receptor e habilitando esse receptor a estimar pelo menos três canais de transmissão correspondendo respectivamente a cada uma das antenas de transmissão.

De acordo com a invenção, tal método de estimativa compreende uma etapa de recepção de um vetor de referência recebido, correspondendo a um vetor de referência transmitido obtido pela multiplicação de símbolos de referência pela dita matriz de codificação M , e modificados por pelo menos um canal de transmissão para cada uma das antenas de transmissão. Para cada uma das ditas antenas de recepção, o vetor de referência recebido se submete a uma transformação matemática por uma matriz de decodificação, que é a inversa da matriz de codificação e leva em conta o efeito de um canal de transmissão associado à antena de recepção, para dar uma estimativa dos efeitos dos canais de transmissão nos símbolos de referência.

Assim, a invenção conta com uma aproximação inteiramente nova e inventiva para estimativa de canal em um sistema de múltiplas antenas com mais do que duas antenas de transmissão. Será notado que essa aproximação é também nova em um sistema com duas antenas de transmissão.

De fato, a estimativa dos diferentes canais de transmissão é implementada a partir de símbolos de referência conhecidos para pelo menos um receptor, um vetor de símbolos de referência sendo associado a uma matriz de codificação M por meio de uma função de codificação.

Com o vetor de símbolos de referência e a matriz de codificação M usada sendo conhecidos, é possível estimar os diferentes canais de transmissão a partir da inversa da matriz de codificação, correspondendo à matriz de decodificação.

Assim, a partir de símbolos de referência e a técnica de codificação usada, um dispositivo de recepção pode implementar técnicas de decodificação, filtragem ou equalização, e uma re-combinação dos sinais vindo das várias antenas, de modo a estimar os diferentes canais de transmissão.

Vantajosamente, a matriz de decodificação é uma matriz inversa integrando uma equalização no sentido do critério MMSE ("Mínimo Erro Médio Quadrático") ou ZF ("Erro Zero").

Em particular, o critério implementado pode ser o critério MMSE. A matriz de decodificação é então formada pelos elementos:

$$\hat{h} = \frac{M^H}{M^H M + \frac{I}{\gamma}} r,$$

O critério implementado pode também ser o critério ZF. A matriz de decodificação é então formada pelos elementos:

$$\hat{h} = \frac{M^H}{M^H M} r,$$

com:

r sendo o vetor de referência recebido;

M a matriz de codificação;

I a matriz unitária;

5 γ a razão sinal-ruído;

H a conjugada transposta.

Preferencialmente, o método de estimativa compreende uma etapa de interpolação entregando uma estimativa dos canais de transmissão para cada um dos dados de carga útil a partir da estimativa dos símbolos de referência.

Em particular, a etapa de interpolação é digna de atenção em que implementa uma interpolação temporal e/ou interpolação de frequência.

Essa etapa de interpolação pode pertencer ao grupo compreendendo:

-interpolações lineares;

-interpolações Wiener.

Um outro aspecto da invenção está relacionado a um dispositivo de recepção em um sistema de múltiplas antenas implementando n antenas de transmissão, onde n é estritamente maior do que 2, e pelo menos uma antena de recepção, na qual n vetores a serem transmitidos respectivamente por cada uma das antenas de transmissão são associados a um vetor de dados fonte, por meio de uma matriz de codificação M , implementando símbolos de referência conhecidos para o dito re-

ceptor correspondendo respectivamente a cada uma das ditas antenas de transmissão.

Tal dispositivo de recepção compreende meios de recepção de um vetor de referência recebidos, correspondendo a um vetor de referência transmitido obtido pela multiplicação de símbolos de referência pela dita matriz de codificação M, e modificado por pelo menos um canal de transmissão para cada uma das antenas de transmissão. Para cada uma das antenas de recepção, o vetor de referência recebido passa por uma transformação matemática através de uma matriz de decodificação, que é a inversa da matriz de codificação e leva em conta o efeito de um canal de transmissão associado à antena de recepção, para dar uma estimativa dos efeitos dos canais de transmissão nos símbolos de referência.

Como indicado aqui acima, a invenção pode ser aplicada a comunicações "uplink", o dispositivo de recepção então correspondendo a uma estação base (ou sendo incluído em uma estação base), bem como a comunicações "downlink", o dispositivo de recepção correspondendo, nesse caso, a um terminal (ou sendo incluído em um terminal).

Breve Descrição dos Desenhos

Outras características e vantagens da invenção devem aparecer mais claramente a partir da seguinte descrição de uma modalidade ilustrativa, dada a título de um simples exemplo ilustrativo e não exaustivo, e a partir dos desenhos em anexo, dos quais:

As FIGs. 1A e 1B apresentam um sistema de estimativa de canal em um sistema de múltiplas antenas com quatro

antenas de transmissão, com símbolos distribuídos no domínio da frequência (FIG. 1A) ou no domínio do tempo (FIG. 1B) de acordo com uma primeira modalidade da invenção;

As FIGs. 2A e 2B apresentam uma distribuição particular dos símbolos do sistema de estimativa de canal das FIGs. 1A e 1B;

As FIGs. 3A e 3B ilustram um sistema de estimativa de canal em um sistema de múltiplas antenas com quatro antenas de transmissão, com símbolos distribuídos no domínio da frequência (FIG. 3A) ou no domínio do tempo (FIG. 3B) de acordo com uma terceira modalidade da invenção.

Descrição Detalhada de Uma Modalidade da Invenção

O princípio geral da invenção conta com a associação de uma matriz de codificação M com um vetor de símbolos de referência, conhecidos para pelo menos um receptor, tal como para habilitar a estimativa, no receptor, dos diferentes canais de propagação entre mais do que duas antenas de transmissão e uma antena de recepção.

Essa matriz de codificação M é ou não ortogonal ou de bloco ortogonal e tem uma taxa igual a 1, a taxa sendo definida como a razão entre o número de símbolos transmitidos e o número de tempos de símbolo durante os quais eles são transmitidos. Os símbolos da matriz de codificação M são então distribuídos no tempo e/ou na frequência em cada uma das antenas de transmissão.

Na recepção, para cada antena de recepção, o sinal recebido é multiplicado pela matriz inversa (integrando uma técnica de equalização como entendido de acordo com o crité-

rio MMSE ou ZF) da matriz de codificação M , levando em conta se necessário o ruído introduzido pelo receptor.

O resultado é um vetor com n dimensões representando os n canais de transmissão entre as n antenas de transmissão e essa antena de recepção. Esse vetor com n dimensões é então usado pelo receptor para estimar os canais de transmissão. Isso é feito, por exemplo, através de repetir essa operação periodicamente e executando uma interpolação de tempo e/ou frequência entre dois símbolos de referência estimados durante essa operação. A interpolação é, por exemplo, de um tipo linear ou Wiener.

Com relação agora às FIGs. 1A e 1B, uma descrição é dada de uma primeira modalidade da invenção na qual é tentado estimar os canais de transmissão de um sistema de múltiplas antenas com quatro antenas de transmissão.

De acordo com essa primeira modalidade, a matriz de codificação M é uma matriz de bloco, cada um dos blocos compreendendo n símbolos de referência. Uma codificação espaço-tempo ortogonal de Alamouti é então aplicada a cada bloco da matriz de codificação M . cada um dos blocos de n símbolos de referência é então ortogonal.

Aqueles versados na técnica facilmente estenderão esse ensinamento ao caso onde o número de antenas, em transmissão e/ou em recepção, é maior. É assim possível aplicar uma codificação Alamouti a cada um dos blocos de um sistema com $n = 4, 6, 8, \dots$ antenas de transmissão.

De acordo com essa modalidade ilustrada nas FIGs. 1A e 1B, a codificação Alamouti é aplicada aos símbolos de

referência usados para a estimativa do canal. Então, esses símbolos de referência codificados são transmitidos em um par de antenas enquanto o outro par de antenas é mantido desligado.

5 Assim, se nós consideramos o vetor de símbolos de referência $[x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4]$, a matriz de codificação M que para sua parte está associada por meio da função de codificação é:

$$M = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & 0 & 0 \\ -x_2^* & x_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x_3 & x_4 \\ 0 & 0 & -x_4 & x_3^* \end{bmatrix},$$

10 onde x_i é um símbolo de referência, x_i^* é uma conjugada do símbolo de referência, com i como um inteiro relativo e $1 \leq i \leq 4$, e 0 significa que nenhum símbolo é transmitido na antena considerada.

Cada bloco $\begin{bmatrix} x_1 & x_2 \\ -x_2^* & x_1^* \end{bmatrix}$ e $\begin{bmatrix} x_3 & x_4 \\ -x_4^* & x_3^* \end{bmatrix}$ da matriz de codificação sendo codificado de acordo com um código Alamouti, 15 nós temos $M.M^H = I$, com I como a matriz unitária, e H como a conjugada transposta.

Os símbolos de referência da matriz de codificação M são então transmitidos depois da distribuição espaço-frequência (FIG. 1A) ou distribuição espaço-tempo (FIG. 1B) 20 nas diferentes antenas de transmissão, o eixo espaço representando as colunas da matriz M e o eixo frequência (FIG. 1A) ou eixo tempo (FIG. 1B) representando as linhas da matriz M .

Está claro que outras distribuições espaço-tempo ou espaço-frequência dos símbolos podem ser consideradas, como também uma combinação das distribuições espaço-tempo e espaço-frequência.

5 De fato, cada bloco da matriz de codificação M é transmitido independentemente de suas respectivas antenas, enquanto os outros blocos da matriz de codificação não são transmitidos. Em outras palavras, cada bloco de símbolos de referência é transmitido separadamente, cada um dos blocos
10 sendo transmitido em certas antenas de transmissão enquanto as outras antenas são desligadas.

Assim, a FIG. 1A apresenta os símbolos transmitidos pelas quatro antenas 11, 12, 13, 14 de um sistema de múltiplas antenas com quatro antenas de transmissão, os símbolos transmitidos sendo distribuídos no domínio da frequência
15 (eixo y) com X_i sendo um símbolo de referência 15, X_i^* uma conjugada do símbolo de referência (i um inteiro relativo e $1 \leq i \leq 4$), x um símbolo de dados 16, e 0 significa que nenhum símbolo é transmitido.

20 Os símbolos transmitidos pelas quatro antenas 11, 12, 13, 14 são distribuídos no domínio espaço-frequência (FIG. 1A) ou no domínio espaço-tempo (FIG. 1B) como uma função dos parâmetros ΔF , Δf_1 , Δf_2 (FIG. 1A), ΔT , Δt_1 , Δt_2 (FIG. 1B), representando os padrões de repetição dos símbolos de
25 referência.

Os valores escolhidos para Δf , correspondendo ao espaçamento entre duas portadoras de referência (nesse exemplo $\Delta f = \{\Delta F, \Delta f_1, \Delta f_2\}$), e para Δt , correspondendo ao espa-

çamento entre dois símbolos de referência sem pontos conhecidos no tempo (nesse exemplo $\Delta t = \{\Delta T, \Delta t_1, \Delta t_2\}$), não são próprios ao sistema proposto mas dependem do estado estacionário do canal de transmissão.

5 Em geral, o seguinte é assumido:

- $\Delta F \ll B_c$, com B_c a banda de coerência do canal;

- $\Delta T \ll T_c$, com T_c o tempo de coerência do canal;

- Δf_1 verifica ao melhor o estado estacionário de frequência do canal;

10 - Δt_1 verifica ao melhor o estado estacionário temporal do canal;

- Δf_2 e Δt_2 dependem de um compromisso entre a perda de eficiência espectral e a performance do sistema.

As FIGs. 2A e 2B também apresentam um outro exemplo da distribuição espaço-tempo (FIG. 2A) ou distribuição espaço-frequência (FIG. 2B) dos símbolos nessa primeira modalidade, como uma função dos parâmetros ΔF , Δf_1 , Δf_2 (FIG. 2A), ΔT , Δt_1 , Δt_2 (FIG. 2B).

20 Nesse exemplo, os valores dos símbolos de referência são escolhidos tal que $X_1 = X_3$ e $X_2 = X_4$.

O vetor de referência recebido no nível de uma antena de recepção, modificado pelo canal de transmissão, pode então ser escrito na forma $r = Xh + n$, onde h corresponde a uma modelagem do canal de transmissão e n é o vetor de ruído branco Gaussiano.

Esse vetor de referência recebido pode também ser escrito na forma de vetor:

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & 0 & 0 \\ -x_2^* & x_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x_3 & x_4 \\ 0 & 0 & -x_4 & x_3^* \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ n_4 \end{bmatrix}$$

Para cada uma das antenas de recepção, é procurado estimar o canal de transmissão h através de aplicar, ao vetor de referência recebido, uma transformação matemática através de uma matriz de decodificação, correspondendo à matriz inversa integrando uma técnica de equalização, no sentido do critério MMSE ou ZF, da matriz de codificação M .

De acordo com o critério MMSE, a matriz de decodificação é formada pelos elementos:

$$\hat{h} = \frac{M^H}{M^H M + \frac{I}{\gamma}} r,$$

com:

- 10 r como o dito vetor de referência recebido;
- M a dita matriz de codificação;
- I uma matriz unitária;
- γ a razão sinal-ruído;
- H a conjugada transposta.

15 De acordo com o critério ZF, a matriz de decodificação é formada pelos elementos:

$$\hat{h} = \frac{M^H}{M^H M} r,$$

-com:

- r como o dito vetor de referência recebido;
- M a dita matriz de codificação;
- 20 H a conjugada transposta.

Esses dois critérios levam a resultados idênticos com uma alta razão sinal-ruído. No caso de um critério ZF, nós obtemos:

$$\begin{bmatrix} \hat{h}_1 \\ \hat{h}_2 \\ \hat{h}_3 \\ \hat{h}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{a} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{a} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{b} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{b} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b & 0 \\ 0 & 0 & 0 & b \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{a} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{a} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{b} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{b} \end{bmatrix} M^H n$$

com $a = \sum_{i=1}^2 |x_i|^2$ e $b = \sum_{i=3}^4 |x_i|^2$.

5 É assim possível determinar os coeficientes do canal em um instante p em uma portadora k , em um instante p em uma portadora $k + \Delta f_1$, ..., como ilustrado na FIG. 2A.

Através de aplicar uma interpolação de frequência entre as duas portadoras k e $k + \Delta f_1$ produzindo os símbolos de referência, o receptor pode determinar os coeficientes do canal de propagação nas portadoras k , $k+1$, $k+2$, ..., $k + \Delta f_1 - 1$, $k + \Delta f_1$.

Uma interpolação pode também ser feita no domínio do tempo, considerando que os símbolos de referência são transmitidos no instante p na portadora k , no instante $p + \Delta t$ na mesma portadora k , ... O receptor pode então determinar os coeficientes do canal de propagação nos instantes p , $p+1$, $p+2$, ..., $p + \Delta t - 1$, $p + \Delta t$ e assim por diante.

O receptor pode portanto executar a interpolação no tempo e/ou interpolação na frequência. Essa etapa de interpolação implementa uma técnica de interpolação bem conhecida àqueles versados na técnica, tal como, por exemplo, uma

interpolação do tipo linear ou interpolação Wiener.

Desde que o outro par de antenas não transmita nas mesmas portadoras e nos mesmos instantes, como ilustrado nas FIGs. 1A, 1B, 2A e 2B, o sinal transmitido pelo primeiro par
5 de antenas não é perturbado.

Cada par de antenas então alternativamente transmite os símbolos de referência distribuídos em suas antenas, tal como para estimar todos os canais de transmissão do sistema de múltiplas antenas.

10 De acordo com a invenção, é assim possível aplicar códigos espaço-tempo ortogonais a sistemas tendo um número maior de antenas de transmissão, por meio de uma matriz de codificação M preservando uma taxa igual a 1. É assim possível aplicar um código Alamouti com uma taxa igual a 1 a sis-
15 temas tendo 4, 6, 8, ..., antenas de transmissão (onde na técnica anterior, o número de antenas de transmissão do sistema de transmissão é limitado ao uso de códigos espaço-tempo ortogonais).

Entretanto, embora essa técnica de estimativa de
20 canal execute melhor em termos de estimativa, desde que os outros grupos de antenas são desligados quando um grupo de antenas está transmitindo, essa técnica é acompanhada por uma perda de eficiência espectral e não se beneficia da potência total das antenas desde que certas portadoras condu-
25 zem nenhuma informação em instantes definidos.

Uma segunda modalidade da invenção é então apresentada, onde os símbolos de referência são transmitidos em todas as antenas de transmissão depois de transformação ma-

temática através da matriz de codificação M , a matriz de codificação M sendo não ortogonal.

De acordo com a segunda modalidade, uma codificação espaço-tempo não ortogonal do tipo Jafarkhani, como
 5 apresentada em "Um Código de Bloco Espaço-Tempo Quase-Ortogonal" (transações IEEE em Comunicações, Vol. 49, N°1, 2001, pp. 1-4), é aplicada aos símbolos de referência usados para a estimativa do canal.

Essa codificação é usada especialmente para trans-
 10 mitir sinais mostrando baixa interferência.

Assim, se nós consideramos o vetor de símbolos de referência $[x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4]$, a matriz de codificação M associada com ele por meio da função de codificação é:

$$M = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ -x_2^* & x_1^* & -x_4^* & x_3^* \\ -x_3^* & -x_4^* & x_1^* & x_2^* \\ x_4 & -x_3 & -x_2 & x_1 \end{bmatrix},$$

onde x_i é um símbolo de referência, x_i^* é uma con-
 15 jugada do símbolo de referência com i sendo um inteiro relativo, $1 \leq i \leq 4$.

Todos os símbolos de referência da matriz de codificação M são então transmitidos depois da distribuição espaço/frequência em todas as antenas de transmissão, o eixo
 20 espacial representando as colunas da matriz M e o eixo frequência ou tempo representado as linhas da matriz M .

Como descrito aqui acima, o vetor de referência recebido em uma antena de recepção, modificado pelo canal de transmissão, pode ser escrito na forma $r = Xh + n$, onde h corresponde a uma modelagem do canal de transmissão e n é um
 5 vetor de ruído branco Gaussiano.

Esse vetor de referência recebido pode também ser escrito em forma de vetor:

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ -x_2^* & x_1^* & -x_4^* & x_3^* \\ -x_3^* & -x_4^* & x_1^* & x_2^* \\ x_4 & -x_3 & -x_2 & x_1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ n_4 \end{bmatrix}$$

Mais uma vez, para cada uma das antenas de recepção, é procurado estimar o canal de transmissão h pela aplicação, ao vetor recebido de referência, de uma transformação matemática através de uma matriz de decodificação, correspondendo à matriz inversa integrando uma técnica de equalização no sentido do critério MMSE ou ZF, da matriz de codificação M .
 10

15 No caso de um critério MMSE, nós obtemos:

$$\begin{bmatrix} \hat{h}_1 \\ \hat{h}_2 \\ \hat{h}_3 \\ \hat{h}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a + \frac{1}{\gamma} & 0 & 0 & b \\ 0 & a + \frac{1}{\gamma} & -b & 0 \\ 0 & -b & a + \frac{1}{\gamma} & 0 \\ b & 0 & 0 & a + \frac{1}{\gamma} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & 0 & 0 & b \\ 0 & a & -b & 0 \\ 0 & -b & a & 0 \\ b & 0 & 0 & a \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a + \frac{1}{\gamma} & 0 & 0 & b \\ 0 & a + \frac{1}{\gamma} & -b & 0 \\ 0 & -b & a + \frac{1}{\gamma} & 0 \\ b & 0 & 0 & a + \frac{1}{\gamma} \end{bmatrix} M^H n$$

$$\text{com } a = \sum_{i=1}^4 |x_i|^2 \text{ e } b = 2\text{Re}(x_1 x_4^* - x_2 x_3^*).$$

Essa operação é reiterada identicamente para cada antena de recepção, qualquer que seja o número de antenas. É assim possível determinar os coeficientes h_c de um canal de transmissão em uma frequência c ou em um instante definido c , e tudo que permanece para ser feito é aplicar uma interpolação no tempo e/ou frequência no receptor entre as estimativas de h_c e h_{c+k} (com $k = \Delta f$ deveria c ser uma frequência e $k = \Delta t$ deveria c ser um instante) de modo a acessar os valores que estão faltando. Assim, conhecimento compreensivo é obtido de todos os valores de um canal de transmissão para cada uma das antenas, assim tornando possível equalizar o sinal de recepção convencionalmente.

De acordo com essa segunda modalidade, é possível estender essa técnica de estimativa para sistemas tendo mais do que duas antenas de transmissão.

Assim, se nós considerarmos o vetor de símbolos de referência $[x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n]$, a matriz de codificação M que está associada com ele por meios da função de codificação é:

$$M = \begin{bmatrix} x_1 & \cdots & x_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{N-n+1} & \cdots & x_N \end{bmatrix},$$

onde x_i é um símbolo de referência, com i como um inteiro relativo $1 \leq i \leq N$, e $N = n^2$.

Essa é uma matriz de ordem completa tal que ela pode ser invertida durante a estimativa dos diferentes canais.

Como descrito aqui acima, os símbolos de referên-

cia da matriz de codificação M são transmitidos depois da distribuição espaço/frequência em todas as antenas de transmissão, e o vetor de referência recebido em uma antena de recepção, modificado pelo canal de transmissão, pode ser escrito na forma:

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ x_5 & x_6 & x_7 & x_8 \\ x_9 & x_{10} & x_{11} & x_{12} \\ x_{13} & x_{14} & x_{15} & x_{16} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ n_4 \end{bmatrix}.$$

Mais uma vez, para cada uma das antenas de recepção, o vetor de referência recebido recebe a aplicação de uma transformação matemática por meio de uma matriz de decodificação, correspondendo à matriz inversa integrando uma técnica de equalização no sentido do critério MMSE ou ZF da matriz de codificação M de modo a estimar o canal de transmissão h .

Se uma técnica de equalização no sentido do critério MMSE é usada, nós obtemos:

$$\begin{bmatrix} \hat{h}_1 \\ \hat{h}_2 \\ \hat{h}_3 \\ \hat{h}_4 \end{bmatrix} = \left[M^H M + \frac{I}{\gamma} \right]^{-1} M^H \cdot \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \end{bmatrix} + \left[M^H M + \frac{I}{\gamma} \right]^{-1} M^H n, \text{ com } \gamma \text{ a}$$

razão sinal-ruído.

Como descrito aqui acima, é então possível determinar os coeficientes que estão faltando do canal de transmissão através de aplicar uma interpolação no tempo ou frequência (ou ambas) ao receptor usando uma técnica clássica

de interpolação.

Com relação às FIGs. 3A e 3B, nós agora apresentamos uma terceira modalidade da invenção que pode ser aplicada mais particularmente a sistemas de múltiplas antenas do tipo MIMO.

Nessa terceira modalidade, um princípio flexível é proposto para a aplicação de ou uma codificação espaço-tempo ou uma codificação espaço-frequência, dependendo das características do canal de transmissão.

Assim, a FIG. 3A ilustra a transmissão de quatro símbolos de referência e seus conjugados temporalmente espaçados, em um sistema de múltiplas antenas com quatro antenas de transmissão com X_i sendo um símbolo de referência 15, X_i^* um conjugado do símbolo de referência (i um inteiro relativo $1 \leq i \leq N$), x é um símbolo de dados 16.

A FIG. 3B ilustra a transmissão de quatro símbolos de referência e seus conjugados espaçados de forma frequencial, em um sistema de múltiplas antenas com quatro antenas de transmissão.

Nessa terceira modalidade, os símbolos de referência, uma vez codificados por meio da matriz de codificação M , são distribuídos ao longo do eixo tempo ou eixo frequência de acordo com as propriedades do canal de propagação.

É então possível trocar de uma codificação espaço-tempo para uma codificação espaço-frequência.

Pode ser lembrado que os valores escolhidos para Δf (espaçamento entre duas portadoras de referência) e Δt (espaçamento entre dois símbolos de referência em instantes

conhecidos) não são próprios para o sistema proposto mas dependem respectivamente da banda e tempo de coerência do canal de transmissão.

5 Como uma regra geral, a distribuição no domínio do tempo é aplicada de preferência no caso do canal que varia temporariamente enquanto a distribuição de frequência é aplicada mais para um canal que varia de forma frequencial.

10 Assim, com um conhecimento anterior do canal ou tendo computado os valores da banda de coerência ou do tempo de coerência do canal, é possível trocar entre as duas estruturas de inserção de símbolos de referência descritas aqui acima.

15 Aqueles versados na técnica facilmente estenderão o ensinamento dessas três modalidades para sistemas tendo um número maior de antenas, bem como para sistemas tendo uma distribuição espaço-tempo e/ou distribuição espaço-frequência diferente daquelas propostas nas FIGs. 1A, 1B, 2A, 2B, 3A e 3B.

20 Assim, de acordo com a invenção, as diferentes antenas de transmissão transmitem, em uma mesma portadora e em um mesmo instante, um sinal caracterizado por uma codificação espaço-tempo e/ou codificação espaço-frequência, assim limitando a perda de eficiência espectral.

25 Esse sinal portanto intrinsecamente compreende as características da invenção.

Finalmente, um receptor pode estimar cada um dos canais de transmissão entre as diferentes antenas de transmissão e de recepção com base nessa codificação específica e

do processamento apropriado descrito aqui acima. A técnica de estimativa de canal particular proposta de acordo com a invenção pode portanto ser aplicada no caso de um sistema tendo duas antenas de transmissão.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para transmitir um sinal digital usando n antenas de transmissão, n sendo estritamente maior do que 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de:

5 uma matriz de codificação M de uma eficiência igual a 1 ser associada com um vetor de símbolos de referência através de uma função matemática,

 os símbolos de referência serem conhecidos para pelo menos um receptor e habilitando esse receptor a estimar
10 n canais de transmissão, respectivamente correspondendo a cada uma das ditas antenas de transmissão, e

 os símbolos de referência da dita matriz de codificação M serem transmitidos nas n antenas de transmissão.

2. Método de transmissão, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de os ditos símbolos de
15 referência da dita matriz de codificação serem divididos no espaço e no tempo.

3. Método de transmissão, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 e 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de os
20 ditos símbolos de referência da dita matriz de codificação serem divididos no espaço e na frequência.

4. Método de transmissão, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de a dita matriz de codificação compreender pelo menos dois blo-
25 cos, cada um dos ditos blocos sendo ortogonal.

5. Método de transmissão, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de cada um dos ditos blocos de símbolos de referência ser transmitido separadamente,

cada um dos ditos blocos sendo transmitido em algumas das ditas antenas de transmissão, as outras antenas de transmissão sendo desligadas.

6. Método de transmissão, de acordo com qualquer
5 uma das reivindicações 1 a 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender uma etapa de seleção entre uma divisão de frequência e uma divisão no tempo.

7. Método de transmissão, de acordo com a reivindicação 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de a etapa de seleção levar
10 em conta as características de um canal de transmissão.

8. Método de transmissão, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de os ditos símbolos de referência da dita matriz de codificação serem transmitidos em todas as antenas de transmissão.

15 9. Método de transmissão, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de a dita matriz de codificação ser uma matriz obtida por uma codificação do tipo Jafarkhani e ter a forma de:

$$M = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ -x_2^* & x_1^* & -x_4^* & x_3^* \\ -x_3^* & -x_4^* & x_1^* & x_2^* \\ x_4 & -x_3 & -x_2 & x_1 \end{bmatrix},$$

onde x_i é um símbolo de referência e x_i^* é um conjugado do símbolo de referência, com i sendo um inteiro relativo, $1 \leq i \leq 4$.
20

10. Método para estimar os canais de transmissão em um sistema de múltiplas antenas que implementa n antenas de transmissão, onde n é estritamente maior do que 2, e pelo
25 menos uma antena de recepção,

uma matriz de codificação M sendo associada com um vetor de símbolos de referência através de uma função de codificação e os símbolos de referência da dita matriz de codificação sendo transmitidos nas n antenas de transmissão,

5 os ditos símbolos de referência sendo conhecidos para pelo menos um receptor e habilitando esse receptor para estimar n canais de transmissão, correspondendo respectivamente a cada uma das ditas antenas de transmissão,

o método sendo **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender uma etapa de recepção de um vetor de referência recebido, correspondente aos símbolos de referência da dita matriz de codificação transmitidos nas n antenas de transmissão, e modificados por pelo menos um canal de transmissão para cada uma das ditas antenas de transmissão,

15 e em que, para cada uma das ditas antenas de recepção, o dito vetor de referência recebido passa por uma transformação matemática através de uma matriz de decodificação, que é a inversa à dita matriz de codificação e leva em conta o efeito de um canal de transmissão associado à dita antena de recepção, para dar uma estimativa dos efeitos dos ditos canais de transmissão nos ditos símbolos de referência.

11. Método de estimativa, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de a dita matriz de decodificação ser uma matriz inversa e integrar uma equalização no sentido do critério Mínimo Erro Médio Quadrático (MMSE) ou Erro Zero (ZF).

12. Método de estimativa, de acordo com a reivindicação

dicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de o dito critério implementado ser o critério MMSE e a dita matriz de decodificação ser formada pelos elementos:

$$\hat{h} = \frac{M^H}{M^H M + \frac{I}{\gamma}} r,$$

com:

- 5 r sendo o vetor de referência recebido;
 M a matriz de codificação;
 I uma matriz unitária;
 γ a razão sinal-ruído;
 H a conjugada transposta.

- 10 13. Método de estimativa, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de o dito critério implementado ser o critério ZF e a dita matriz de decodificação ser formada pelos elementos:

$$\hat{h} = \frac{M^H}{M^H M} r,$$

com:

- 15 r sendo o vetor de referência recebido;
 M a dita matriz de codificação;
 H a conjugada transposta.

14. Método de estimativa, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 13, **CARACTERIZADO** pelo fato de
 20 compreender uma etapa de interpolação, entregando uma estimativa dos ditos canais de transmissão, para cada um dos dados de carga útil, a partir da estimativa dos símbolos de

referência.

15. Método de estimativa, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de a dita etapa de interpolação implementar uma interpolação temporal e/ou uma
5 interpolação de frequência.

16. Método de estimativa, de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 e 15, **CARACTERIZADO** pelo fato de a dita etapa de interpolação pertencer ao grupo compreendendo:
interpolações lineares; e
10 interpolações Wiener.

17. Dispositivo para transmitir um sinal digital alimentando n antenas de transmissão, n sendo estritamente maior do que 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender:

meios para associar uma matriz de codificação M
15 com uma eficiência igual a 1, com um vetor de símbolos de referência, através de uma função de codificação,

os ditos símbolos de referência sendo conhecidos para pelo menos um receptor e habilitando esse receptor a estimar n canais de transmissão respectivamente correspon-
20 dentes a cada uma das ditas antenas de transmissão, e

as ditas antenas de transmissão sendo capazes de transmitir os ditos símbolos de referência da dita matriz de codificação.

18. Dispositivo de transmissão, de acordo com a
25 reivindicação 17, **CARACTERIZADO** pelo fato de formar ou ser integrado a pelo menos um dos equipamentos que pertencem ao grupo compreendendo:

uma estação base; e

um terminal.

19. Dispositivo de recepção em um sistema de múltiplas antenas, implementando n antenas de transmissão, onde n é estritamente maior do que 2, e pelo menos uma antena de recepção,

uma matriz de codificação M com uma eficiência igual a 1 sendo associada a um vetor de símbolos de referência através de uma função de codificação e os símbolos de referência da dita matriz de codificação sendo transmitidos nas n antenas de transmissão,

os ditos símbolos de referência sendo conhecidos para o dito receptor e habilitando esse receptor a estimar n canais de transmissão correspondentes respectivamente a cada uma das ditas antenas de transmissão,

15 CARACTERIZADO pelo fato de compreender meios para recepção de um vetor de referência recebido, correspondente a símbolos de referência da dita dita matriz de codificação transmitida nas n antenas de transmissão, e modificado por pelo menos um canal de transmissão para cada uma das ditas antenas de transmissão, e

em que, para cada uma das ditas antenas de recepção, o dito vetor de referência recebido passa por uma transformação matemática por uma matriz de decodificação, sendo inversa da matriz de codificação e levando em conta o efeito de um canal de transmissão associado à dita antena de recepção, para dar uma estimativa dos efeitos dos ditos canais de transmissão nos ditos símbolos de referência.

20. Dispositivo de recepção, de acordo com a rei-

vindicação 19, **CARACTERIZADO** pelo fato de formar ou ser integrado a pelo menos um dos equipamentos que pertencem ao grupo compreendendo:

uma estação base; e

5 um terminal.

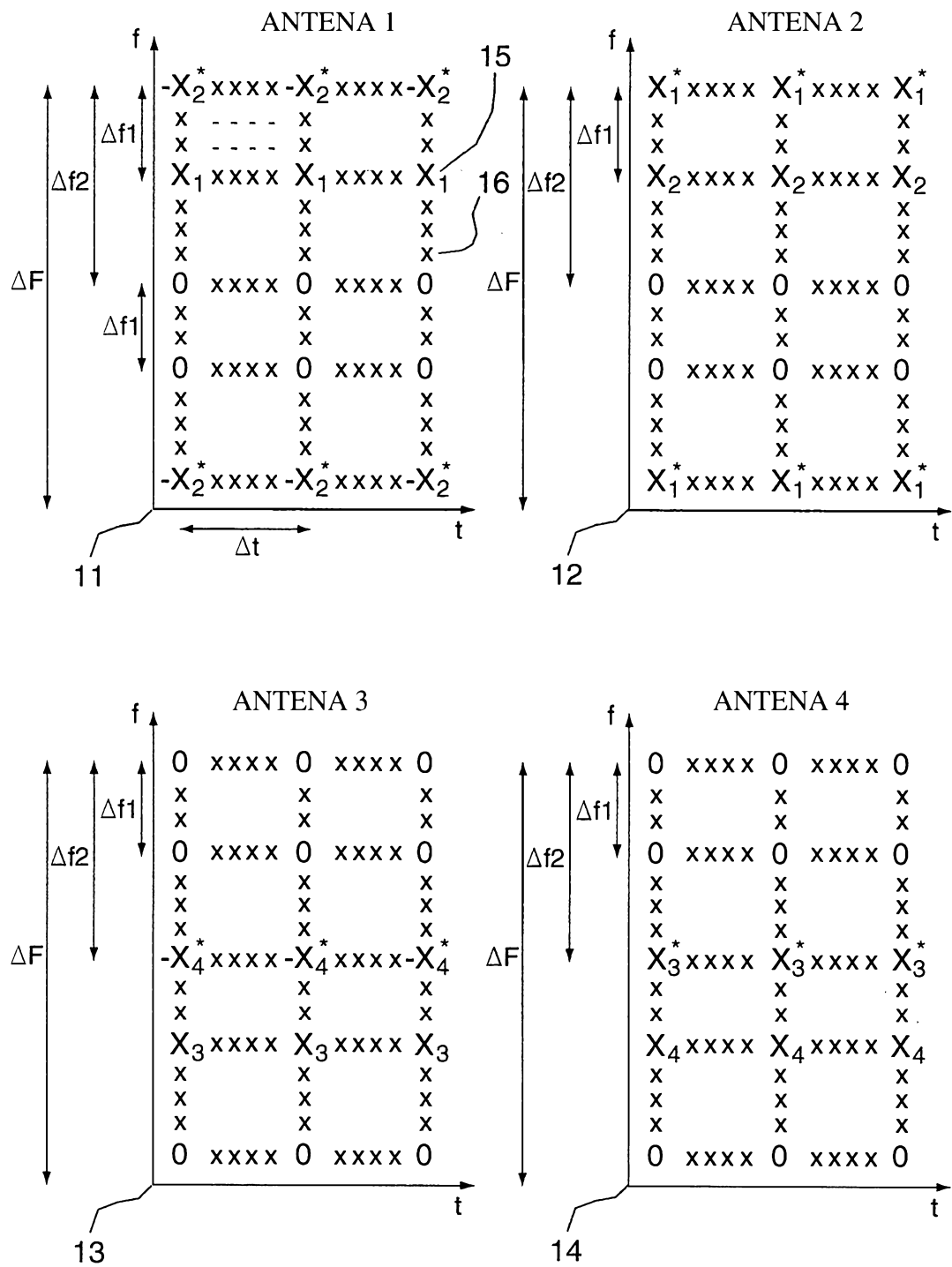


Fig. 1A

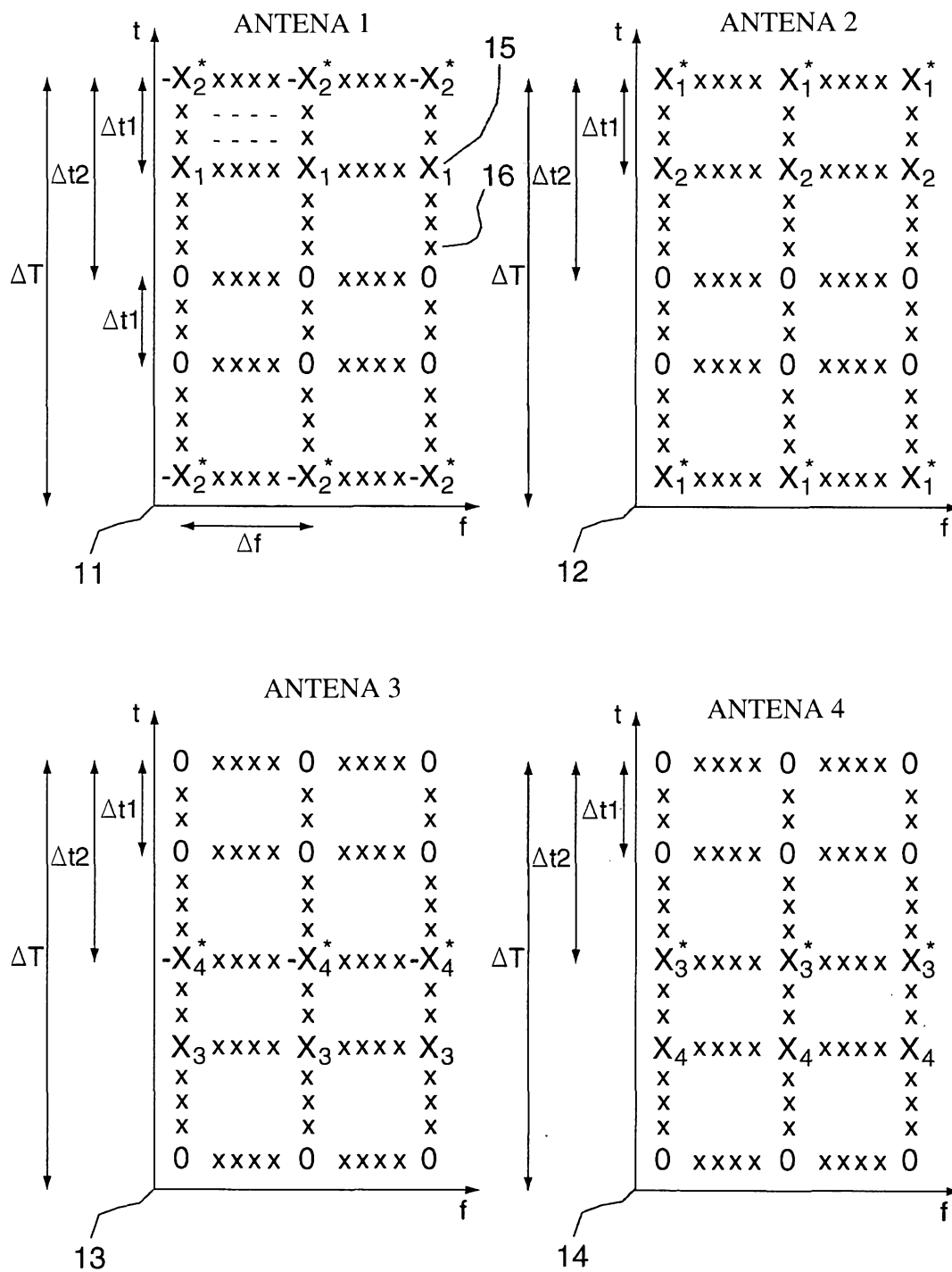


Fig. 1B

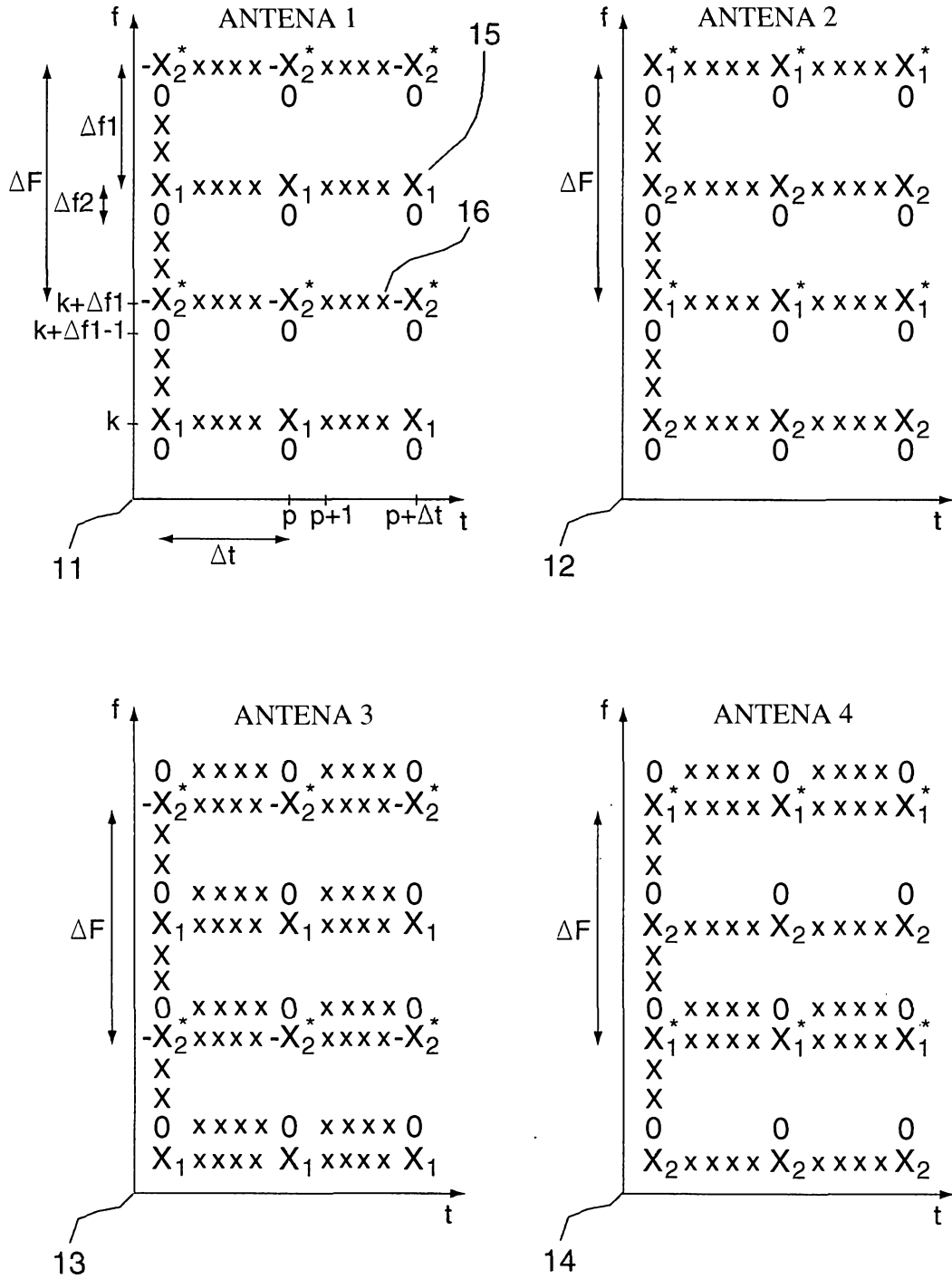


Fig. 2A

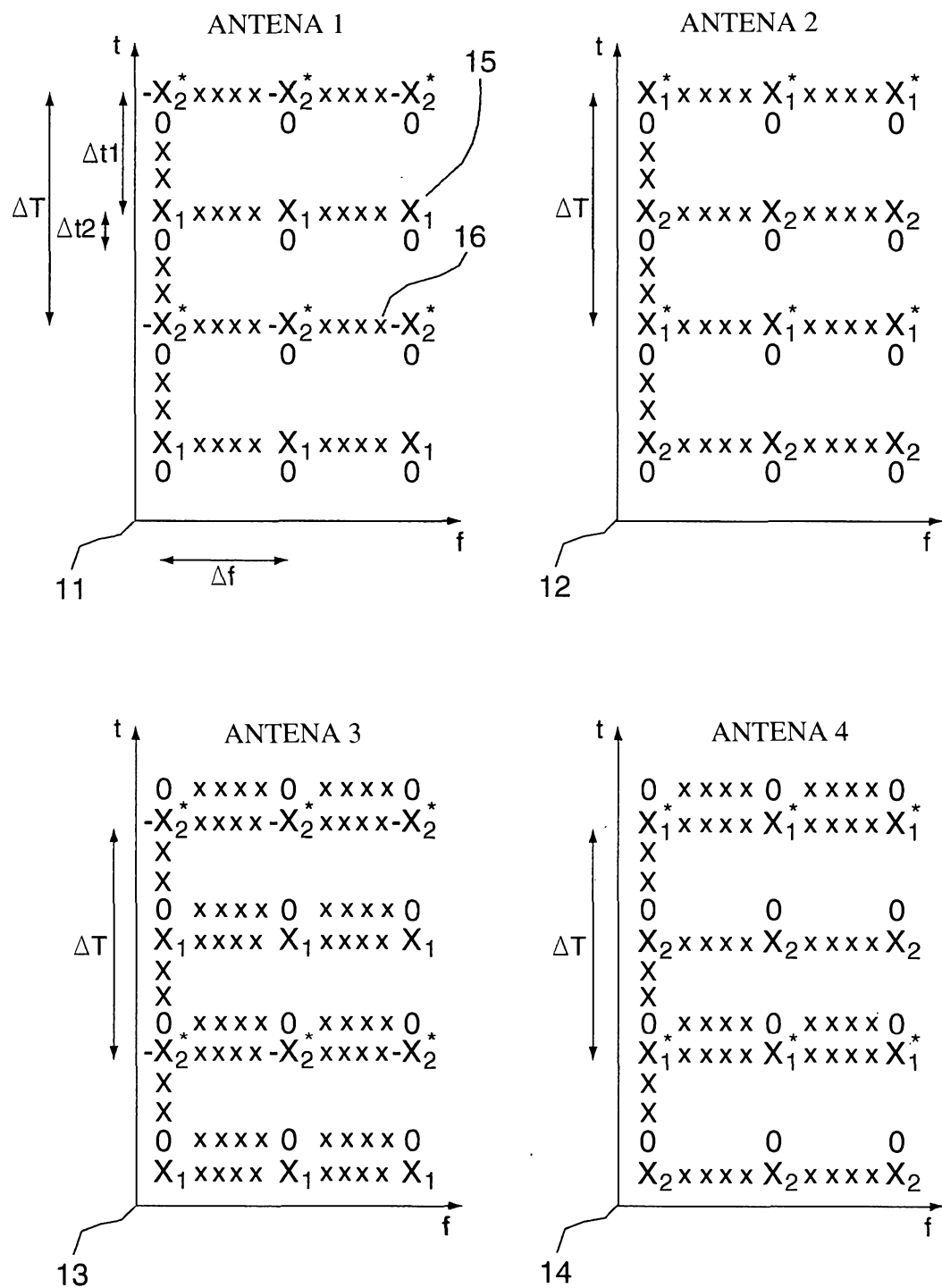


Fig. 2B

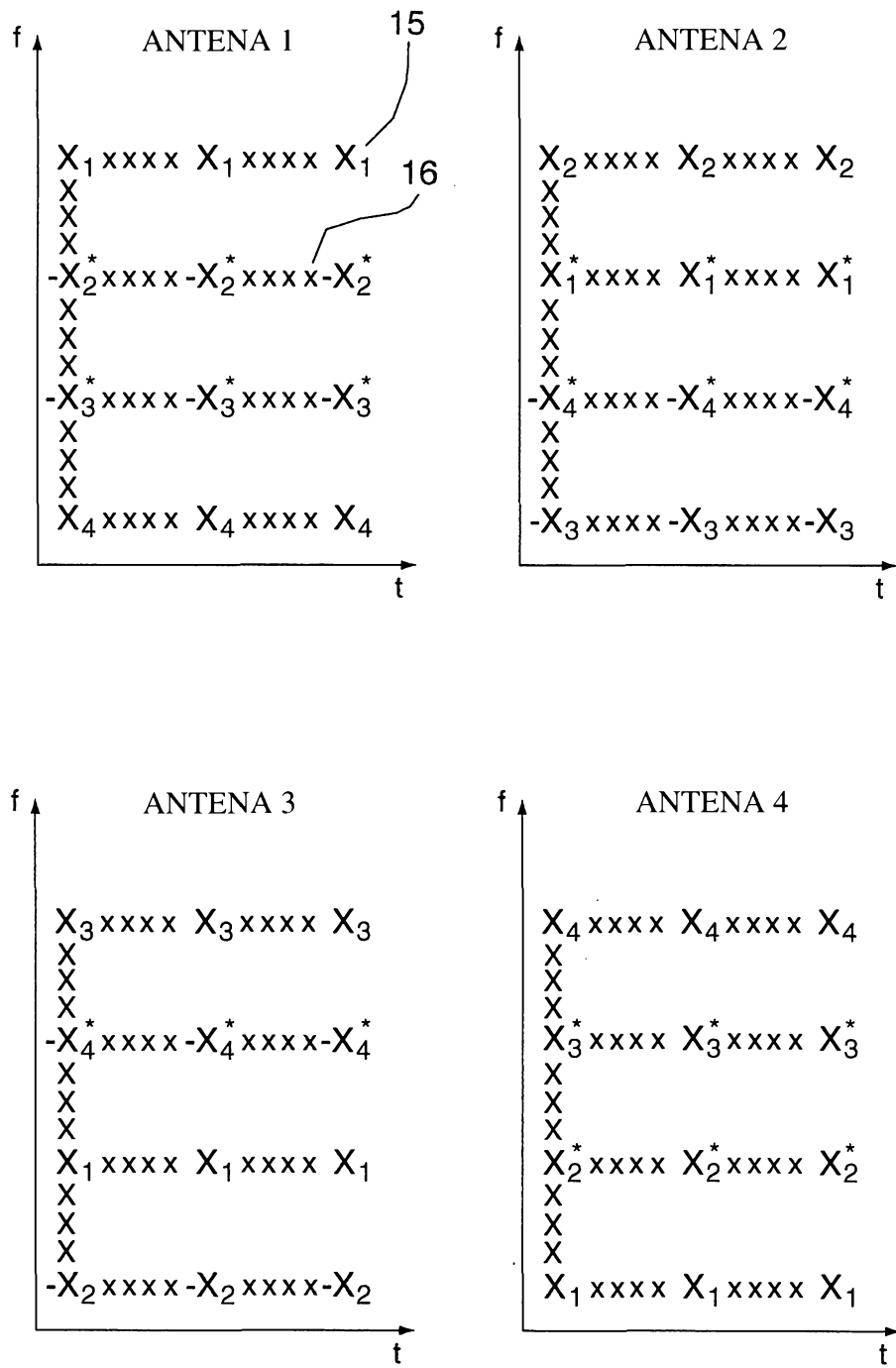


Fig. 3A

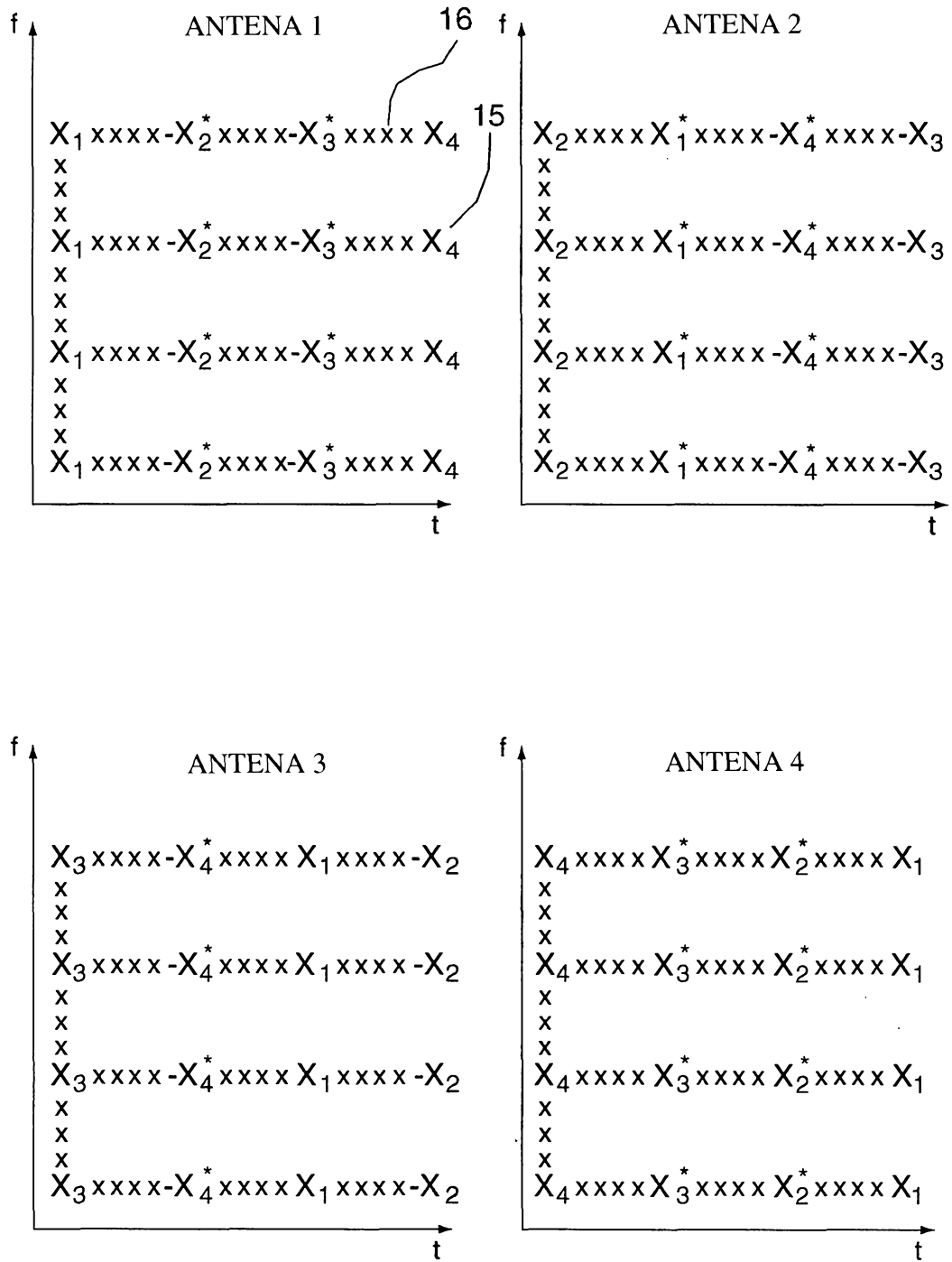


Fig. 3B