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

(21) **PI0709079-0 A2**

BRPI0709079A2

(22) Data de Depósito: 26/03/2007
(43) Data da Publicação: 28/06/2011
(RPI 2112)

(51) Int.Cl.:
H04L 1/00 2006.01
H04L 27/26 2006.01
H04L 7/06 2006.01

(54) Título: **REALIMENTAÇÃO DE INFORMAÇÕES DE ESTADO DE CANAL PARA MIMO E PROGRAMAÇÃO DE SUB-BANDAS EM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO SEM FIO**

(30) Prioridade Unionista: 27/03/2006 US 60/786,445

(73) Titular(es): Qualcomm Incorporated

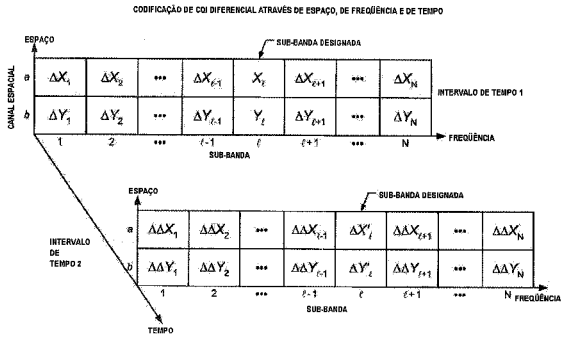
(72) Inventor(es): Byoung-Hoon Kim, Durga Prasad Malladi, Jelena Damnjanovic

(74) Procurador(es): Montaury Pimenta, Machado & Lloce

(86) Pedido Internacional: PCT US2007064962 de 26/03/2007

(87) Publicação Internacional: WO WO2007/112371de 04/10/2007

(57) Resumo: REALIMENTAÇÃO DE INFORMAÇÕES DE ESTADO DE CANAL PARA MIMO E PROGRAMAÇÃO DE SUB-BANDAS EM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO SEM FIO. São descritas técnicas para enviar de maneira eficaz informações de estado de canal utilizando codificação diferencial. A codificação diferencial pode ser efetuada através do espaço, através da frequência, através do espaço e da frequência, através do espaço, da frequência e do tempo, ou através de alguma outra combinação de dimensões. Em um desenho, informações de estado espaciais podem ser determinadas para vários canais espaciais em várias sub-bandas, Os canais espaciais podem corresponder a diferentes antenas, diferentes vetores de pré-codificação, etc. Valores de indicador de qualidade de canal podem ser obtidos para os vários canais nas várias sub-bandas. Os valores de CQI podem ser codificados de maneira diferencial através dos vários canais espaciais e das várias sub-bandas de modo a se obterem informações de CQI diferenciais. Em outro desenho, valores de CQI podem ser obtidos para vários canais espacia:.s nas várias sub-bandas em vários intervalos de tempo e podem ser codificados de maneira diferencial através do espaço, da freqUência e do tempo. As informações de CQI diferenciais e as informações de estado espaciais podem ser enviadas como realimentação.



PI0709079-0

"REALIMENTAÇÃO DE INFORMAÇÕES DE ESTADO DE CANAL PARA MIMO E PROGRAMAÇÃO DE SUB-BANDAS EM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO SEM FIO"

O presente pedido reivindica prioridade para o pedido norte-americano provisório No. de Série 60/786 445, intitulado "REALIMENTAÇÃO DE ESTADO DE CANAL PARA PROGRAMAÇÃO DE SUB-BANDAS MIMO-OFDMA DE DOWNLINK", depositado a 27 de março de 2006, cedido ao cessionário deles e aqui incorporado à guisa de referência.

FUNDAMENTOS

I. CAMPO

A presente revelação refere-se de maneira geral a comunicações e, mais especificamente, a técnicas para enviar informações de estado de canal.

II. FUNDAMENTOS

Em um sistema de comunicação sem fio, uma estação base pode utilizar várias (T) antenas transmissoras para transmissão de dados a um terminal equipado com várias (R) antenas receptoras. As várias antenas transmissora e receptora formam um canal de múltiplas-entradas e múltiplas-saídas (MIMO) que pode ser utilizado para aumentar a capacidade de transmissão e/ou aperfeiçoar a segurança. Por exemplo, a estação base pode transmitir até T fluxos de dados simultaneamente das T antenas transmissoras de modo a se aperfeiçoar a capacidade de transmissão. Alternativamente, a estação base pode transmitir um único fluxo de dados de todas as T antenas transmissoras de modo a se aperfeiçoar a recepção pelo terminal.

Um bom desempenho pode ser obtido pela transmissão de um ou mais fluxos de dados por meio do canal MIMO de maneira que a capacidade de transmissão total mais elevada possa ser obtida para a transmissão de dados. Para

facilitar isto, o terminal pode estimar a resposta ao canal MIMO e enviar informações de estado do canal à estação base. As informações de estado do canal podem indicar quantos fluxos de dados transmitir, como transmitir o fluxo de dados e um indicador de qualidade de canal (CQI) para cada fluxo de dados. O CQI para cada fluxo de dados pode indicar uma relação sinal/ruído (SNR) recebida para o fluxo de dados e pode ser utilizado para selecionar uma taxa apropriada para o fluxo de dados. As informações de estado de canal podem aperfeiçoar o desempenho da transmissão de dados ao terminal. Entretanto, o terminal pode consumir uma grande quantidade de rádio-recursos de modo a enviar as informações de estado de canal à estação base.

Há, portanto, necessidade na técnica de técnicas para enviar de maneira eficaz informações de estado de canal em um sistema de comunicação sem fio.

SUMÁRIO

São aqui descritas técnicas para enviar de maneira eficaz informações de estado de canal em um sistema de comunicação sem fio. Sob um aspecto, uma codificação diferencial pode ser utilizada para reduzir a quantidade de informações de estado de canal a serem enviadas. A codificação diferencial refere-se à transmissão de diferenças entre valores em vez de valores reais. A codificação diferencial pode ser efetuada em valores de CQI através do espaço, através da freqüência, através do espaço e da freqüência, através do espaço, da freqüência e do tempo, ou através de alguma outra combinação de dimensões.

Em um desenho, as informações de estado espaciais podem ser determinadas para vários canais espaciais em várias sub-bandas. Os canais espaciais podem corresponder a antenas diferentes, a vetores de pré-codificação diferentes, etc. As informações de estado espaciais podem

indicar um conjunto específico de antenas, um conjunto específico de vetores de pré-codificação, etc., a serem utilizados para transmissão de dados. Os valores de CQI podem ser obtidos para os vários canais espaciais nas várias sub-bandas. Os valores de CQI podem ser codificados de maneira diferencial através dos vários canais espaciais e das várias sub-bandas de modo a se obterem informações de CQI diferenciais, que podem compreender diversos valores de CQI diferenciais. Em outro desenho, os valores de CQI podem ser obtidos para vários canais espaciais em várias sub-bandas em vários intervalos de tempo e podem ser codificados de maneira diferencial através do espaço, através da freqüência e do tempo. Seja como for, as informações de CQI diferencias e as informações de estado espaciais podem ser enviadas como realimentação.

Sob outro aspecto, informações de estados de canal diferentes podem ser enviadas em modos operacionais diferentes com relatórios heterogêneos. Em um desenho, informações de CQI podem ser relatadas de acordo com um primeiro modo de relatório enquanto em um primeiro modo operacional, como, por exemplo, um modo programado. As informações de CQI podem ser relatadas de acordo com um segundo modo de relatório enquanto em um segundo modo operacional, como, por exemplo, um modo não programado. As informações de CQI podem ser geradas de maneiras diferentes e/ou enviadas a taxas diferentes para modos de relatório diferentes.

Diversos aspectos e características da revelação são descritos mais detalhadamente a seguir.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 mostra um diagrama de blocos de uma estação base e um terminal.

A Figura 2 mostra valores de CQI para M canais espaciais em N sub-bandas.

A Figura 3A mostra codificação de CQI diferencial através do espaço.

A Figura 3B mostra uma codificação de CQI diferencial através da freqüência.

A Figura 3C mostra uma codificação de CQI diferencial através do espaço e da freqüência.

A Figura 3D mostra uma codificação de CQI diferencial através do espaço, da freqüência e do tempo.

A Figura 4A mostra uma codificação de CQI diferencial através do espaço por sub-banda.

A Figura 4B mostra uma codificação de CQI diferencial através do espaço e da freqüência.

A Figura 4C mostra uma codificação de CQI diferencial através do espaço, da freqüência e do tempo.

A Figura 5 mostra relatórios de CQI heterogêneos.

As Figuras 6 e 7 mostram um processo e um equipamento, respectivamente, para reportar informações de estado de canal com codificação diferencial através do espaço e da freqüência.

As Figuras 8 e 9 mostram um processo e um equipamento, respectivamente, para reportar informações de estado de canal com codificação diferencial através do espaço, da freqüência e do tempo.

As Figuras 10 e 11 mostram um processo e um equipamento, respectivamente, para relatórios homogêneos de informações de estado de canal.

DESCRIÇÃO DETALHADA

As técnicas aqui descritas para enviar informações de estado de canal podem ser utilizadas em diversos sistemas de comunicação que suportam transmissão MIMO e utilizam qualquer forma de Multiplexação por Divisão

de Freqüência (FDM). Por exemplo, as técnicas podem ser utilizadas em sistemas que utilizam FDM Ortogonal (OFDM), FDM de Única Portadora (SC-FDM), etc. A OFDM e a SC-FDM particionam a largura de banda do sistema em várias (K) sub-portadoras ortogonais, que são também referidas como tons, faixas, etc. Cada sub-portadora pode ser modulada com dados. Em geral, símbolos de modulação são enviados no domínio da freqüência com OFDM e no domínio do tempo com SC-FDM.

As técnicas podem ser também utilizadas para enviar informações de estado de canal no downlink ou no uplink. O downlink (ou link direto) refere-se ao link de comunicação de uma estação base para um terminal, e o uplink (ou link reverso) refere-se ao link de comunicação do terminal para a estação base. Para maior clareza, as técnicas são descritas a seguir para o envio de informações de estado de canal no uplink.

A Figura 1 mostra um diagrama de blocos de um desenho de uma estação base 110 e um terminal 150 em um sistema de comunicação sem fio 100. A estação base 110 pode ser também referida como Nó B, Nó B evoluído (eNó B), ponto de acesso, etc. O terminal 150 pode ser também referido como equipamento de usuário (UE), estação móvel, terminal de acesso, unidade de assinante, estação, etc. O terminal 150 pode ser um telefone celular, um assistente digital pessoal (PDA), um aparelho de comunicação sem fio, um aparelho de mão, um modem sem fio, um computador laptop, etc. A estação base 110 é equipada com várias (T) antenas de 134a a 134t. O terminal 150 é equipado com várias (R) antenas 152a a 152r. Cada antena transmissora e cada antena receptora podem ser uma antena física ou um arranjo de antenas.

Na estação base 110, um processador de dados de transmissão (TX) 120 pode receber dados de tráfego de uma fonte de dados 112, processar (formatar, codificar, intercalar e mapear em símbolos, por exemplo) os dados de tráfego de acordo com um formato de pacote e gerar símbolos de dados. Conforme aqui utilizado, um símbolo de dados é um símbolo para dados, um símbolo-piloto é um símbolo para piloto e um símbolo é tipicamente um valor complexo. Os símbolos de dados e os símbolos piloto podem ser símbolos de modulação de um esquema de modulação, como, por exemplo, PSK ou QAM. Um piloto é um dado que é conhecido *a priori* tanto pela estação base quanto pelo terminal. Um formato de pacote pode indicar uma taxa de dados, um esquema de codificação ou taxa de código, um esquema de modulação, um tamanho de pacote e/ou outros parâmetros. Um formato de pacote pode ser também referido como um esquema de modulação e codificação, uma taxa, etc. O processador de dados TX 120 pode demultiplexar os símbolos de dados em M fluxos, onde em geral $1 \leq M \leq T$. Os M fluxos de símbolos de dados podem ser enviados simultaneamente por meio de um canal MIMO e podem ser também referidos como fluxos de dados, fluxos espaciais, fluxos de tráfego, etc.

Um processador MIMO TX 130 pode executar processamento espacial de processador nos dados e símbolos piloto com base em mapeamento MIMO direto, pré-codificação, etc. Um símbolo de dados pode ser enviado de uma antena para mapeamento MIMO direto ou de várias antenas para pré-codificação. O processador 130 pode enviar T fluxos de símbolos de saída a T moduladores (MOD) 132a a 132t. Cada modulador 132 pode efetuar modulação (como, por exemplo, para OFDM, SC-FDM, etc.) nos símbolos de saída de modo a obter chips de saída. Cada modulador 132 também processa (converte em analógico, filtra, amplifica e faz conversão

ascendente) seus chips de saída e gera um sinal de downlink. T sinais de downlink dos moduladores 132a a 132t são transmitidos por meio das antenas 134a a 134t, respectivamente.

No terminal 150, R antenas 152a a 152r recebem os T sinais de downlink, e cada antena 152 envia um sinal recebido a um respectivo demodulador (DEMOD) 154. Cada demodulador 154 processa (filtra, amplifica, faz conversão descendente e digitaliza, por exemplo) seu sinal recebido de modo a obter amostras e pode também efetuar demodulação (como, por exemplo, para OFDM, SC-FDM, etc.) nas amostras de modo a obter símbolos recebidos. Cada demodulador 154 pode enviar símbolos de dados recebidos a um processador MIMO de recepção (RX) 160 e fornecer símbolos piloto recebidos a um processador de canal 194. O processador de canal 194 pode estimar a resposta do canal MIMO da estação base 110 para o terminal 150 com base nos símbolos piloto recebidos e fornecer estimativas de canal ao processador MIMO RX 160. O processador MIMO RX 160 pode efetuar detecção MIMO nos símbolos de dados recebidos com as estimativas de canal e gerar estimativas de símbolos de dados. Um processador de dados RX 170 pode processar (deintercalar e decodificar, por exemplo) as estimativas de símbolos de dados e fornecer dados decodificados a um depósito de dados 172.

O terminal 150 pode avaliar as condições de canal e enviar informações de estado de canal à estação base 110. As informações de estado de canal podem ser processadas (codificadas, intercaladas e mapeadas em símbolos, por exemplo) por um processador de sinalização TX 180, processadas espacialmente por um processador MIMO TX 182 e também processadas pelos moduladores 154a a 154r de modo a

se gerarem R sinais de uplink, que são transmitidos por meio das antenas 152a a 152r.

Na estação base 110, os R sinais de uplink são recebidos pelas antenas 134a a 134t, processados pelos demoduladores 132a a 132t, processados espacialmente por um processador MIMO RX 136 e também processados (deintercalados e decodificados, por exemplo) por um processador de sinalização RX 138 de modo a se recuperarem as informações de estado de canal enviadas pelo terminal 150. O controlador/processador 140 pode controlar a transmissão de dados para o terminal 150 com base nas informações de estado de canal recebidas do terminal.

Os controladores/processadores 140 e 190 controlam o funcionamento na estação base 110 e no terminal 150, respectivamente. Memórias 142 e 192 armazenam dados e códigos de programa para a estação base 110 e o terminal 150, respectivamente. Um programador 144 pode selecionar o terminal 150 e/ou outros terminais para transmissão de dados no downlink com base nas informações de estado de canal recebidas de todos os terminais.

S canais espaciais podem estar disponíveis para transmissão no downlink da estação base 110 para o terminal 150, onde $S \leq \min \{T, R\}$. Os S canais espaciais podem ser formados de diversas maneiras. Para mapeamento MIMO direto, S fluxos de dados podem ser enviados de S antenas transmissoras, um fluxo de dados por antena transmissora. Os S canais espaciais podem então corresponder às S antenas transmissoras utilizadas na transmissão de dados. Para pré-codificação, S fluxos de dados podem ser multiplicados por uma matriz de pré-codificação de modo que cada fluxo de dados possa ser enviado de todas as T antenas transmissoras. Os S canais espaciais podem então corresponder a S antenas "virtuais" observadas pelos S

fluxos de dados e formadas com a matriz de pré-codificação. Em geral, M fluxos de dados podem ser enviados em M canais espaciais, um fluxo de dados por canal espacial, onde $1 \leq M \leq$. Os M canais espaciais podem ser selecionados dentre os S canais espaciais disponíveis com base em um ou mais critérios, como, por exemplo, a capacidade de transmissão total.

Para simplificar, a descrição seguinte presume que cada fluxo de dados seja enviado em um canal espacial, que pode corresponder a uma antena real ou a uma antena virtual, dependendo de ser utilizado mapeamento MIMO direto ou pré-codificação. Os termos "fluxos de dados", "canais espaciais" e "antenas" podem ser utilizados de maneira intercambiável. M pacotes ou palavras de código podem ser enviados simultaneamente nos M fluxos de dados.

O terminal 150 pode recuperar os M fluxos de dados utilizando diversas técnicas de detecção MIMO, tais como erro médio quadrático mínimo (MMSE) linear, técnica de forçar para zero (ZF), cancelamento de interferência sucessivo (SIC), todas elas sendo conhecidas na técnica. O SIC acarreta a recuperação de um fluxo de dados de uma vez, a estimação da interferência devida a cada fluxo de dados recuperado e o cancelamento da interferência antes da recuperação do fluxo de dados seguinte. O SIC pode aperfeiçoar as SNRs recebidas dos fluxos de dados que são recuperados posteriormente.

O sistema 100 pode suportar programação de sub-bandas de modo a se aperfeiçoar o desempenho. A largura de banda do sistema pode ser particionada em várias (N) sub-bandas. Cada sub-banda pode cobrir Q sub-portadoras consecutivas entre as K sub-portadoras totais, onde $Q = K / N$ ou algum outro valor. O terminal 150 pode obter diferentes SNRs para diferentes sub-bandas devido ao

desvanecimento seletivo em freqüência em um canal de multipercurso. Com a programação de sub-bandas, ao terminal 150 podem ser atribuídas sub-portadoras em uma sub-banda com boa SNR em vez de uma sub-banda com SNR precária. Os dados podem ser enviados a uma taxa mais elevada nas sub-bandas atribuídas na sub-banda com boa SNR.

O terminal 150 pode enviar informações de estado de canal para suportar programação de sub-bandas e transmissão MIMO pela estação base 110. As informações de estado de canal podem compreender:

- Informações de estado espaciais utilizadas para transmissão MIMO, e
- Informações de CQI utilizadas para programação de sub-bandas, seleção de taxa, etc.

As informações de estado espaciais podem compreender diversos tipos de informação. Em um desenho, as informações de estado espaciais para uma dada sub-banda podem indicar um conjunto de M antenas transmissoras a serem utilizadas para transmissão de dados nessa sub-banda. O terminal 150 pode estimar a resposta ao canal MIMO, avaliar diferentes conjuntos possíveis de antenas transmissoras com base na estimativa de canal MIMO e determinar o conjunto de antenas transmissoras com o melhor desempenho (a capacidade de transmissão total mais elevada, por exemplo). As informações de estado espaciais podem indicar então este conjunto de antenas transmissoras.

Em outro desenho, as informações de estado espaciais para uma dada sub-banda podem indicar um conjunto de M antenas virtuais (ou, de maneira equivalente, um conjunto de M vetores de pré-codificação) a serem utilizadas para transmissão nessa sub-banda. O terminal 150 pode avaliar o desempenho de dados com diferentes matrizes de pré-codificação possíveis e/ou diferentes combinações de

colunas das matrizes de pré-codificação. As informações de estado espaciais podem indicar então um conjunto de M vetores de pré-codificação com o melhor desempenho, como, por exemplo, uma matriz de pré-codificação específica assim como M colunas específicas desta matriz de pré-codificação.

Em geral, as informações de estado espaciais podem indicar o número de fluxos de dados a serem transmitidos (que pode estar relacionado com a classificação do canal MIMO), um conjunto de antenas a serem utilizadas para transmissão, um conjunto de vetores de pré-codificação a serem utilizados para transmissão, outras informações ou qualquer combinação deles. As informações de estado espaciais podem ser fornecidas para uma ou mais sub-bandas.

As informações de CQI podem transmitir SNRs ou informações equivalentes para diferentes canais espaciais e/ou diferentes sub-bandas. Diferentes SNRs podem ser obtidas para diferentes sub-bandas devido à seletividade de freqüência do canal sem fio. Diferentes SNRs podem ser também obtidas para diferentes canais espaciais se a estação base 110 utilizar mapeamento MIMO direto na transmissão de dados, se o terminal 150 efetuar cancelamento de interferência sucessivo para recepção de dados, etc. Diferentes SNRs podem ser assim obtidas para diferentes canais espaciais em diferentes sub-bandas. A SNR de um dado canal espacial em uma dada sub-banda pode ser utilizada para selecionar um formato de pacote apropriado, que pode indicar uma taxa de código, um esquema de modulação, uma taxa de dados, etc., a serem utilizados para dados enviados por meio desse canal espacial nessa sub-banda. Em geral, as informações de CQI podem transmitir SNRs e/ou outras informações que indicam a qualidade de

sinal recebida para um ou mais canais espaciais e/ou uma ou mais sub-bandas.

A Figura 2 mostra valores de CQI para M canais espaciais em N sub-bandas. Um valor de CQI X_{nm} pode ser obtido para cada canal espacial m em cada sub-banda n. O número de valores de CQI pode ser então proporcional ao produto do número de canais espaciais e ao número de sub-bandas ou M · N valores de CQI. Estes valores de CQI podem ser utilizados na programação de sub-bandas para selecionar uma sub-banda adequada para transmissão de dados. Estes valores de CQI podem ser também utilizados para determinar um formato de pacote apropriado para cada espacial em cada sub-banda. Entretanto, o envio de todos os M · N valores de CQI à estação base 110 pode consumir uma quantidade significativa de recursos de uplink.

Sob um aspecto, uma codificação diferencial pode ser utilizada para reduzir a quantidade de informações de estado de canal a serem enviadas. A codificação diferencial refere-se à transmissão de diferenças entre valores em vez de valores reais. Se a variação nos valores é pequena com relação aos valores reais, então as diferenças podem ser transmitidas utilizando-se menos bits do que os valores reais. A codificação diferencial pode proporcionar um bom desempenho e, ao mesmo tempo, reduzir o overhead de sinalização. A codificação diferencial pode ser efetuada em valores de CQI através do espaço, através da freqüência, através do espaço e da freqüência, através do espaço, da freqüência e do tempo, ou através de alguma outra combinação de dimensões.

A Tabela 1 enumera diferentes informações que podem ser enviadas para informações de CQI. Um valor de CQI completo pode ser também referido como um valor de CQI, um

valor de CQI pivô, um valor de CQI real, etc. Um valor de CQI diferencial pode transmitir a diferença entre dois valores de CQI completos (Y ou ΔX, por exemplo) ou a diferença entre dois valores de CQI diferenciais (ΔY, $\Delta\Delta X$ ou $\Delta\Delta Y$, por exemplo). Em geral, as informações de CQI diferenciais podem compreender quaisquer informações que indiquem as diferenças nos valores de CQI completos e/ou diferenciais, como, por exemplo, Y, ΔX, ΔY, $\Delta\Delta X$ e/ou $\Delta\Delta Y$ da Tabela 1.

Tabela 1

Símbolo	**Descrição**
X	Valor de CQI completo (um valor de SNR, por exemplo) para um canal espacial em uma sub-banda.
Y	Diferença nos valores de CQI para dois canais espaciais na mesma sub-banda.
ΔX	Diferença nos valores de CQI para um dado canal espacial em duas sub-bandas.
ΔY	Diferença nos valores de Y para duas sub-bandas.
$\Delta\Delta X$	Diferença nos valores de ΔX para dois intervalos de tempo.
$\Delta\Delta Y$	Diferença nos valores de ΔY para dois intervalos de tempo.

Para codificação diferencial através do espaço, um canal espacial pode ser um canal espacial designado, e os canais espaciais restantes podem ser canais espaciais não designados. Um valor de CQI completo pode ser apresentado para o canal espacial designado, e um valor de CQI diferencial pode ser apresentado para cada canal espacial não designado ou para todos os canais espaciais não designados. Para codificação diferencial através da freqüência, uma sub-banda pode ser uma sub-banda designada, e as sub-bandas restantes podem ser sub-bandas não designadas. Um valor de CQI completo pode ser apresentado para a sub-banda designada, e um valor de CQI diferencial

pode ser apresentado para cada sub-banda não designada. Para codificação diferencial através do tempo, um intervalo de tempo pode ser um intervalo de tempo designado e um ou mais outros mais intervalos de tempo podem ser intervalos de tempo não designados. Um valor de CQI completo pode ser apresentado para o intervalo de tempo designado, e um valor de CQI diferencial pode ser apresentado para cada intervalo de tempo não designado. Uma sub-banda designada pode ser também referida como sub-banda primária, sub-banda preferida, sub-banda de referência, etc. Um canal espacial designado e um intervalo de tempo designado podem ser também referidos por outros termos.

A Figura 3A mostra um desenho de codificação de CQI diferencial através do espaço para dois canais espaciais em uma sub-banda. Neste exemplo, um valor de CQI de X_a é obtido para o canal espacial designado *a*, e um valor de CQI de X_b é obtido para o canal espacial não designado *b*. O terminal 150 (ou um transmissor) pode derivar e enviar as informações de CQI seguintes:

$$X = X_a \quad , \quad \text{e} \qquad \text{Eq (1)}$$
$$Y = X_b - X_a$$

A estação base 110 (ou um receptor) pode receber *X* e *Y* do terminal 150 e pode derivar os valores de CQI originais, da seguinte maneira:

$$X_a = X \quad , \quad \text{e} \qquad \text{Eq (2)}$$
$$X_b = X + Y$$

Os valores de CQI derivados pela estação base 110 podem não corresponder exatamente aos valores de CQI obtidos pelo terminal 150 devido à quantificação de *X* e *Y*. Para simplificar, muito da descrição seguinte não presume nenhum erro de quantificação.

A Figura 3B mostra um desenho de codificação de CQI diferencial através da freqüência para um canal espacial em duas sub-bandas. Neste exemplo, um valor de CQI de X_1 é obtido para o canal espacial na sub-banda designada 1, e um valor de CQI de X_2 é obtido para o mesmo canal espacial na sub-banda não designada 2. O terminal 150 pode derivar e enviar as informações de CQI seguintes:

$$X = X_1 \text{ , e} \qquad \text{Eq (3)}$$
$$\Delta X = X_2 - X_1$$

A estação base 110 pode receber X e ΔX do terminal 150 e pode derivar os valores de CQI originais, da seguinte maneira:

$$X_1 = X \text{ , e} \qquad \text{Eq (4)}$$
$$X_2 = X + \Delta X .$$

A codificação de CQI diferencial através da freqüência pode ser utilizada se um único fluxo de dados for enviado em um único canal espacial. Neste caso, um valor de CQI diferencial pode não ser necessário para outro canal espacial.

A Figura 3C mostra um desenho de codificação de CQI diferencial através do espaço e da freqüência para dois canais espaciais em duas sub-bandas. Neste exemplo, um valor de CQI de X_{1a} é obtido para o canal espacial designado *a* e um valor de CQI de X_{1b} é obtido para o canal espacial não designado *b* na sub-banda designada 1. Os valores de CQI de X_{2a} e X_{2b} são obtidos para os canais espaciais *a* e *b*, respectivamente, na sub-banda não designada 2. O terminal 150 pode derivar as informações de CQI seguintes:

$$X = X_{1a} \text{ ,} \qquad \text{Eq (5)}$$
$$Y = X_{1b} - X_{1a} \text{ ,}$$

$$\Delta X = X_{2a} - X_{1a} \quad , \text{ e}$$

$$\Delta Y = Y_2 - Y_1 = \underbrace{(X_{2b} - X_{2a})}_{Y_2} - \underbrace{X_{1b} - X_{1a}}_{Y_1}$$

onde Y_1 e Y_2 são valores de CQI diferenciais para o canal espacial *b* nas sub-bandas 1 e 2, respectivamente. O terminal 150 pode enviar *X* e *Y* como informações de CQI para a sub-banda 1 e pode enviar ΔX e ΔY como informações de CQI para a sub-banda 2.

A estação base 110 pode receber *X*, *Y*, ΔX e ΔY do terminal 150 e pode derivar os valores de CQI originais, da seguinte maneira:

$$X_{1a} = X \quad , \qquad \text{Eq (6)}$$

$$X_{1b} = X + Y \quad ,$$

$$X_{2a} = X + \Delta X \quad , \quad \text{e}$$

$$X_{2b} = X + \Delta X + Y + \Delta Y \, .$$

No desenho mostrado na equação (5), a codificação diferencial é efetuada através do espaço primeiro e em seguida através da freqüência. A codificação diferencial pode ser também efetuada através da freqüência, primeiro, e em seguida através do espaço.

A Figura 3D mostra um desenho de codificação de CQI diferencial através do espaço, da freqüência e do tempo para dois canais espaciais em duas sub-bandas em duas sub-bandas em dois intervalos de tempo. No intervalo de tempo 1, valores de CQI de X_{1a} e X_{1b} são obtidos para os canais espaciais *a* e *b* na sub-banda designada 1, e valores de CQI de X_{2a} e X_{2b} são obtidos para os canais espaciais *a* e *b* na sub-banda não designada 2. No intervalo de tempo 2, os valores de CQI de X'_{1a} e X'_{1b} são obtidos para os canais espaciais *a* e *b* na sub-banda 1, e os valores de CQI de X'_{2a}

e X'_{2b} são obtidos para os canais espaciais *a* e *b* na sub-banda 2. O terminal 150 pode derivar informações de CQI para o intervalo de tempo 1, conforme mostrado no conjunto de equações (5).

O terminal 150 pode derivar informações de CQI para o intervalo de tempo 2, da seguinte maneira:

$$\Delta X = X'_{1a} - X_{1a} \qquad \text{Eq(7)}$$

$$\Delta Y' = Y'_1 - Y_1 = \underbrace{(X'_{1b} - X'_{1a}}_{Y'_1} - \underbrace{X_{1b} - X_a}_{Y_1}$$

$$\Delta\Delta = \Delta X'_2 - \Delta X = \underbrace{X'_{2a} - X'_{1a}}_{\Delta X'_2} - \underbrace{X_{2a} - X_{1a}}_{\Delta X} \qquad ,e$$

$$\Delta\Delta = \Delta Y'_2 - \Delta Y = \underbrace{(Y'_2 - Y'_1)}_{\Delta Y_2} - \underbrace{Y_2 - Y_1}_{\Delta Y}$$

$$= \underbrace{(X'_{2b} - X'_{2a})}_{Y_2} - \underbrace{(X'_{1b} - X'_{1a})}_{Y_1} - \underbrace{(X_{2b} - X_a)}_{Y_2} + \underbrace{(X_{1b} - X_{1a}}_{Y_1}$$

onde $\Delta X'$ é a diferença nos valores de CQI para o canal espacial *a* na sub-banda 1 em dois intervalos de tempo,

$\Delta Y'$ é a diferença nos valores de Y para o canal espacial *b* na sub-banda 1 em dois intervalos de tempo,

$\Delta\Delta X$ é a diferença nos valores de ΔX para o canal espacial *a* em dois intervalos de tempo, e

$\Delta\Delta Y$ é a diferença nos valores de ΔY para o canal espacial *b* em dois intervalos de tempo.

Para o intervalo de tempo 1, o terminal 150 pode enviar *X* e *Y* como informações de CQI para a sub-banda 1 e pode enviar ΔY e ΔY como informações de CQI para a sub-banda 2. Para o intervalo de tempo 2, o terminal 150 pode enviar $\Delta X'$ e $\Delta Y'$ como informações de CQI para a sub-banda 1 e pode enviar $\Delta\Delta X$ e $\Delta\Delta Y$ como informações de CQI para a sub-banda 2.

A estação base 110 pode receber *X*, *Y*, ΔX e ΔY do terminal 150 no intervalo de tempo 1 e pode receber $\Delta X'$,

$\Delta Y'$, $\Delta\Delta X$ e $\Delta\Delta Y$ no intervalo de tempo 2. A estação base 110 pode derivar os valores de CQI originais para o intervalo de tempo, conforme mostrado no conjunto de equações (6). A estação base 110 pode derivar os valores de CQI originais para o intervalo de tempo 2, da seguinte maneira:

$$X'_{1a} = X + \Delta X',$$
$$X'_{1b} = X'_{1a} + Y + \Delta Y', \qquad \text{Eq(8)}$$
$$X'_{2a} = X'_{1a} + \Delta X + \Delta\Delta X, \quad e$$
$$X'_{2b} = X'_{1b} + \Delta X + \Delta\Delta X + \Delta Y + \Delta\Delta Y = X'_{2a} + Y + \Delta Y' + \Delta Y + \Delta\Delta Y$$

No desenho mostrado na equação (7), a codificação diferencial é efetuada através do espaço primeiro, em seguida através da freqüência e em seguida através do tempo. A codificação diferencial pode ser efetuada através da freqüência primeiro, em seguida através do espaço e em seguida através do tempo.

Para simplificar, as Figuras 3A a 3D mostram codificação diferencial para dois canais espaciais, duas sub-bandas e dois intervalos de tempo. A codificação diferencial pode ser estendida a qualquer número de canais espaciais, qualquer número de sub-bandas e qualquer número de intervalos de tempo.

A codificação diferencial através do espaço para mais de dois canais espaciais pode ser efetuada de diversas maneiras. Em um desenho, supõe-se que os valores de CQI para os canais espaciais estejam relacionados de maneira linear por um valor de *Y*. Assim, se o canal espacial designado *a* tiver um valor de CQI de *X*, então o canal espacial *b* tem um valor de CQI de *X*+*Y*, o canal espacial *c* tem um valor de *X*+2*Y*, o canal espacial *d* tem um valor de CQI de *X*+3*Y*, etc. Um único valor de *Y* pode ser enviado para todos os canais espaciais não designados. Em outro desenho,

um valor de Y separado pode ser computado para cada canal espacial não designado com relação ao canal espacial designado ou a um canal espacial adjacente. Por exemplo, se os canais espaciais *a*, *b*, *c* e *d* têm valores de CQI de X_a, X_b, X_c e X_d, respectivamente, então os valores de Y para os canais espaciais *b*, *c* e *d* podem ser computados como $Y_b = X_b - X_a$, $Y_c = X_c - X_b$ e $Y_d = X_d - X_c$, respectivamente. Os valores de Y_b, Y_c e Y_d podem ser enviados para os canais espaciais *b*, *c* e *d*, respectivamente. Em ainda outro desenho, um valor de Y separado pode ser computado para cada canal espacial não designado. Um único índice pode ser então enviado para transmitir os valores de Y para todos os canais espaciais não designados. Diferentes combinações de valores de Y podem ser definidas e armazenadas em uma tabela de busca. O índice único pode indicar uma combinação específica de valores de Y na tabela de busca que corresponde mais de perto ao conjunto de valores de Y computados. Os valores de Y para vários canais espaciais não designados podem ser também transmitidos de outras maneiras. Para simplificar, muito da descrição seguinte supõe um canal espacial não designado.

Em geral, qualquer número de bits pode ser utilizado para cada pedaço de informação incluído nas informações de estado de canal. É utilizada na descrição seguinte a seguinte notação:

N_X - número de bits para um valor de CQI completo X,

N_Y - número de bits para um valor de CQI diferencial Y,

N_W - número de bits para ambos os valores de CQI diferenciais ΔX e ΔY,

N_Z - número de bits para informações de estado espaciais, e

N_S - número de bits para indicar uma sub-banda designada, que é $N_S = \lceil \log_2 N \rceil$.

O número de bits a serem utilizados para um dado pedaço de informação pode ser selecionado com base em uma compensação entre o grau de detalhe ou resolução para as informações *versus* overhead de sinalização. Em um desenho exemplar, $N_X = 5$, $N_Y = 3$, $N_W = 4$, $N_Z = 2$ para MIMO de 2 camadas com $M = 2$, e $N_Z = 4$ para MIMO de 4 camadas com $M = 4$. Outros valores podem ser também utilizados para N_X, N_Y, N_W e N_Z.

Diversos esquemas de relatório podem ser utilizados para enviar informações de estado de canal de maneira eficaz. Alguns esquemas de relatório são descritos a seguir.

A Figura 4A mostra um primeiro esquema de relatório, que utiliza codificação de CQI diferencial através do espaço e uma codificação independente para cada uma das N sub-bandas. Neste esquema, um valor de CQI completo X_n, um valor de CQI diferencial Y e informações de estado espaciais podem ser enviados para cada uma das N sub-bandas. Um relatório de CQI para todas as N sub-bandas pode incluir $N \cdot (N_Z + N_X + N_Y)$ bits. O valor de CQI completo X_n e o valor de CQI diferencial Y_n para cada sub-banda n podem ser determinados conforme mostrado no conjunto de equações (1).

Um segundo esquema de relatório utiliza codificação de CQI diferencial através do espaço e codificação independente para um subconjunto das N sub-bandas. Este subconjunto pode incluir L sub-bandas e pode ser identificado por um índice de conjunto de sub-bandas de N_L bits, onde $L \geq 1$ e $N_L > 1$. Por exemplo, se houver oito sub-bandas e até três sub-bandas consecutivos puderem ser reportadas, então N_L pode ser igual a cinco. Neste esquema, um valor de CQI completo X_n, um valor de CQI diferencial Y_n

e informações de estado espaciais podem ser enviados para cada uma das L sub-bandas. Um relatório de CQI para as L sub-bandas pode incluir $L \cdot (N_Z + N_X + N_Y) + N_L$ bits.

Informações de CQI podem ser também enviadas para diferentes subconjuntos de sub-bandas em diferentes intervalos de tempo. Por exemplo, as N sub-bandas podem ser deslocadas ciclicamente, e informações de CQI para uma sub-banda podem ser enviadas com $N_Z + N_X + N_Y$ bits em cada intervalo de tempo. Informações de CQI para mais de uma sub-banda podem ser também enviadas em cada intervalo de tempo.

Um terceiro esquema de relatório utiliza codificação de CQI diferencial através do espaço, codificação independente para as N sub-bandas e informações de estado espaciais comuns para todas as N sub-bandas. Para cada sub-banda, pode ser determinado para essa sub-banda um conjunto de canais espaciais (um conjunto de antenas ou um conjunto de vetores de pré-codificação, por exemplo) que apresente o melhor desempenho. O melhor conjunto de canais espaciais dentre N conjuntos de canais espaciais para as N sub-bandas pode ser selecionado e utilizado como um conjunto de canais espaciais comuns para todos os N canais espaciais. Alternativamente, um conjunto de canais espaciais que apresenta o melhor desempenho dividido proporcionalmente através de todas as N sub-bandas pode ser selecionado como o conjunto de canais espaciais comuns. Valores de CQI completos e diferenciais podem ser derivados com base no conjunto de canais espaciais comuns. Um relatório de CQI para todas as N sub-bandas pode incluir $N_Z + N \cdot (N_X + N_Y)$ bits. As informações de estado espaciais comuns podem compreender também outras informações em vez de ou além do conjunto de canais espaciais comuns. Em outro

desenho, informações de estado espaciais podem ser reportadas para uma unidade específica (cada sub-banda, por exemplo), e informações de CQI podem ser divididas proporcionalmente e reportadas para uma unidade maior (várias unidades de relatório sobre estado espacial). A unidade de relatório de CQI pode ser assim maior que a unidade de relatório sobre espaço espacial, como, por exemplo, na freqüência.

A Figura 4B mostra um quarto esquema de relatório, que utiliza codificação de CQI diferencial através do espaço e da freqüência. Neste esquema, um valor de CQI *completo* X_1), um valor de CQI Y_1, e informações de estado espaciais podem fornecidos para a sub-banda designada *1* e podem ser enviados com $N_Z + (N_X + N_Y)$ bits. A sub-banda designada pode ser uma sub-banda predeterminada (a sub-banda 1, por exemplo), a sub-banda com o melhor desempenho, etc. Se a sub-banda designada não é fixa, então N_S bits podem ser enviados para indicar qual sub-banda é a sub-banda designada. Valores de CQI diferenciais ΔX e ΔY podem ser derivados para cada sub-banda não designada com base nas informações de estado espaciais comuns (um conjunto de canais espaciais comuns, por exemplo) e enviados para essa sub-banda. Um relatório de CQI para todas as N sub-bandas pode incluir $N_Z + (N_X + N_Y) + (N - 1) \cdot N_W + N_S$ bits.

Em um desenho, a codificação de CQI diferencial através da freqüência é obtida tomando-se as diferenças entre sub-bandas adjacentes. Neste desenho, as informações de CQI diferenciais para uma sub-banda não designada *n* podem incluir valores de CQI diferenciais $\Delta X_n = X_n - X_{n-1}$ e $\Delta Y_n = Y_n - Y_{n-1}$ entre as sub-bandas *n* e *n*-1 ou valores de

CQI diferenciais $\Delta X_n = X_n - X_{n-1}$ e $\Delta Y_n = Y_n - Y_{n-1}$ entre as sub-bandas n e n+1.

Um relatório de CQI pode incluir diferentes pedaços de informação em diversos formatos. Os N índices de sub-banda podem ser dispostos de maneira monotônica de modo que a sub-banda 1 ocupe a faixa de freqüência mais baixa e a sub-banda N ocupe a faixa de freqüência mais elevada na largura de banda do sistema, conforme mostrado na Figura 2. Se a sub-banda *l* é a sub-banda designada, então os primeiros N_S bits podem transmitir o índice de sub-banda designada *l*, os N_Z bits seguintes podem transmitir informações de estado espaciais para a sub-banda *l* e os (N_X + N_Y) bits seguintes podem transmitir o valor de CQI completo X_l e o valor de CQI diferencial Y_l para a sub-banda *l*. Os N_W bits seguintes podem transmitir informações de CQI diferenciais (ΔX_{l+1} e ΔY_{l+1}, por exemplo) entre as sub-bandas *l* e *l*+1 através do espaço e da freqüência. Os N_W bits seguintes podem transmitir informações de CQI diferenciais entre as sub-bandas *l*+1 e *l*+2 e assim por diante, e N_W bits podem transmitir informações de CQI diferenciais entre as sub-bandas N-1 e N. Em seguida, os N_W bits seguintes podem transmitir informações de CQI diferenciais entre as sub-bandas *l* e *l*-1, os N_W bits seguintes podem transmitir informações de CQI diferenciais entre as sub-bandas *l*-1 e *l*-2 e assim por diante, e os últimos N_W bits podem transmitir informações de CQI diferenciais entre as sub-bandas 2 e 1.

As três primeiras colunas da Tabela 2 mostram um desenho de informações de CQI diferenciais para codificação diferencial entre sub-bandas adjacentes. Neste desenho, as informações de CQI diferenciais para cada sub-banda não designada *n* inclui N_W = 4 bits e apresentam conjuntamente

(i) um valor de CQI diferencial ΔX_n entre a sub-banda n e uma sub-banda adjacente para o canal espacial designado e (ii) um valor de CQI diferencial ΔY_n para o canal espacial não designado. O valor de CQI para cada canal espacial em cada sub-banda pode ser determinado conforme mostrado nos conjuntos de equações (5) e (6).

Tabela 2

Diferencial entre sub-bandas adjacentes			**Diferencial da sub-banda designada *1***		
Índice	ΔX_n	ΔY_n	Índice	ΔX_n	ΔY_n
0	0	-2	0	-3	-2
1	-2	-1	1	-2	-2
2	-1	-1	2	-1	-2
3	0	-1	3	0	-2
4	+1	-1	4	+1	-2
5	+2	-1	5	-3	-1
6	-2	0	6	-2	-1
7	-1	0	7	-1	-1
8	0	0	8	0	-1
9	+1	0	9	-3	0
10	+2	0	10	-2	0
11	-2	+1	11	-1	0
12	-1	+1	12	0	0
13	0	+1	13	-3	+1
14	+1	+1	14	-2	+1
15	+2	+1	15	-1	+1

Em outro desenho, a codificação de CQI diferencial através da freqüência é obtida tirando-se as diferenças com relação à sub-banda designada. Neste desenho, as informações de CQI diferenciais para uma sub-banda não designada n podem incluir os valores de CQI

diferenciais $\Delta X_n = X_n - X_1$ e $\Delta Y_n = Y_n - Y_1$ entre a sub-banda designada *1* e a sub-banda não designada *n*.

Se a sub-banda *1* for a sub-banda designada, então os primeiros N_S bits podem transmitir o índice de sub-banda designada *1*, os N_Z bits seguintes podem transmitir informações de estado espaciais para a sub-banda *1* e os (N_X + N_Y) bits seguintes podem transmitir o valor de CQI completo X_1 e o valor de CQI diferencial Y_1 para a sub-banda *1*. Os N_W bits seguintes podem transmitir informações de CQI diferenciais (ΔX_{1+1} e ΔY_{1+1}, por exemplo) entre as sub-bandas *1* e *1*+1 através do espaço e da freqüência. Os N_W bits seguintes podem transmitir informações de CQI diferenciais entre as sub-bandas *1* e *1*+1 e assim por diante, e N_W bits podem transmitir informações de CQI diferenciais entre as sub-bandas *1* e N. Em seguida, os N_W bits seguintes podem transmitir informações de CQI diferenciais entre as sub-bandas *1* e *1*-1, os novos N_W seguintes podem transmitir informações de CQI diferenciais entre as sub-bandas *1* e *1*-2 e assim por diante, e os últimos N_W bits podem transmitir informações de CQI diferenciais entre as sub-bandas *1* e 1.

As três últimas colunas da Tabela 2 mostram um desenho de informações de CQI diferenciais para codificação diferencial com relação à sub-banda designada. Neste desenho, as informações de CQI diferenciais para cada sub-banda não designada *n* incluem N_W = 4 bits e apresentam conjuntamente (i) um valor de CQI diferencial ΔX_n entre as sub-bandas *1* e *n* para o canal espacial designado e (ii) um valor de CQI diferencial ΔY_n para o canal espacial não designado. Se a sub-banda designada tiver o melhor desempenho e for utilizada como uma referência para as sub-bandas não designadas, então o valor de CQI diferencial ΔY_n

para cada sub-banda não designada deve ser um valor não positivo. O valor de CQI para cada canal espacial em cada sub-banda pode ser determinado conforme mostrado nos conjuntos de equações (5) e (6).

A Tabela 3 mostra outro desenho das informações de CQI diferenciais para codificação diferencial com relação à sub-banda designada para N_W = 3 bits.

Tabela 3

Índice	ΔX_n	ΔY_n
0	-2	-1
1	-1	-1
2	0	-1
3	-2	0
4	-1	0
5	0	0
6	-2	+1
7	-1	+1

As Tabelas 1 a 3 mostram alguns exemplos de codificação conjunta para os valores de CQI diferenciais ΔX_n e ΔY_n. Outros desenhos de codificação conjunta podem ser também utilizados.

Um relatório de CQI pode transmitir informações de CQI para todas as N sub-bandas, conforme mostrado na figura 4B, por exemplo. Um relatório de CQI pode transmitir também informações de CQI para um subconjunto das N sub-bandas. Em um desenho, um relatório de CQI para um intervalo de tempo par pode incluir pode incluir um valor de CQI completo X_l, um valor de CQI diferencial Y_l e informações de estado espaciais para a sub-banda designada l e pode ser enviado com $N_S + N_Z + (N_X + N_Y)$ bits. Um relatório de CQI para um intervalo ímpar pode incluir valores de CQI diferenciais ΔX e ΔY para cada sub-banda

não designada e pode ser enviado com $(N - 1) \cdot N_W$ bits. Se houver muitas sub-bandas, então as informações de CQI para as sub-bandas não designadas podem ser enviadas em vários intervalos de tempo. As informações de CQI para as sub-bandas designadas e não designadas podem ser também enviadas de outras maneiras.

A Figura 4C mostra um quinto esquema de relatório, que utiliza codificação de CQI diferencial através do espaço, da freqüência e do tempo. Uma codificação diferencial pode ser efetuada através do tempo (através de intervalos de relatório consecutivos, por exemplo) se o canal sem fio variar lentamente. Neste esquema, um relatório de CQI que contenha informações de CQI de espaço-freqüência pode ser enviado a cada P intervalos de tempo, onde P>1. As informações de CQI de espaço-freqüência podem compreender informações de CQI geradas para um ou mais canais espaciais em uma ou mais sub-bandas com base em qualquer um dos esquemas descritos acima. Por exemplo, as informações de CQI de espaço-freqüência podem compreender $N_Z + (N_X + N_Y) + (N - 1) \cdot N_W + N_S$ bits para as informações de CQI geradas para dois canais espaciais em N sub-bandas com base no quarto esquema descrito acima. As informações de CQI de espaço-freqüência podem ser enviadas em um intervalo de tempo ou possivelmente em vários intervalos de tempo, conforme discutido acima. Um ou mais relatórios de CQI que contêm informações de CQI diferenciais temporais podem ser enviados em intervalos de tempo entre aqueles com informações de CQI de espaço-freqüência. As informações de CQI diferenciais temporais em cada relatório de CQI podem ser geradas com relação a informações de CQI para um relatório de CQI anterior. As informações de CQI

diferenciais temporais podem compreender ΔX e ΔY para a sub-banda designada e $\Delta\Delta X$ e $\Delta\Delta Y$ para cada sub-banda não designada que é reportada. Os valores de ΔX, ΔY, $\Delta\Delta X$ e $\Delta\Delta Y$ podem ser derivados conforme descrito acima para a Figura 3D. Uma alteração na sub-banda designada pode ser feita a cada P intervalos de tempo.

Os primeiro a quinto esquemas de relatório descritos acima supõem que vários canais espaciais estão disponíveis. Se um único canal espacial for utilizado, então uma codificação diferencial pode ser efetuada através da freqüência e o valor de CQI diferencial Y pode ser omitido. Valores de ΔY podem ser enviados com menos bits uma vez que apenas a diferença através da freqüência (e não através do espaço) é transmitida. A codificação diferencial pode ser também efetuada através da freqüência e do tempo. Os valores de ΔX e $\Delta\Delta Y$ podem ser enviados com menos bits se a codificação diferencial através do espaço não for efetuada.

Em geral, as informações de CQI e as informações de estado espaciais podem ser reportadas à mesma taxa ou a taxas diferentes. As informações de estado espaciais podem ser reportadas a uma taxa, e as informações de CQI podem ser reportadas a uma segunda taxa, que pode ser mais lenta ou mais rápida que a primeira taxa.

Informações de estado de canal podem ser geradas e reportadas com base em uma configuração, que pode ser selecionada para o terminal 150 e pode ser alterada de maneira semi-estática por meio de sinalização. Em um desenho, as informações de estado de canal podem ser obtidas para a sub-banda designada e reportadas. Em outro desenho, as informações de estado de canal podem ser distribuídas proporcionalmente através de todas as sub-

bandas (com base em uma função de capacidade de canal, por exemplo), e as informações de estado de canal divididas proporcionalmente podem ser reportadas. Se as informações de estado de canal divididas proporcionalmente forem reportadas, então informações de CQI diferenciais podem ser obtidas com relação às informações de CQI divididas proporcionalmente. Além disto, não há necessidade de transmitir a sub-banda designada.

As informações de estado espaciais podem depender da preferência do terminal 150. Em um desenho, o critério utilizado para selecionar um conjunto de canais espaciais (ou um conjunto de antenas) pode ser baseado nas características de canal médias de todas as sub-bandas. Em outro desenho, o critério pode ser baseado nas características de canal da sub-banda designada.

Em um desenho, o terminal 150 pode gerar informações de estado de canal com base no esquema de relatório selecionado e reportar informações de estado de canal em uma base contínua em cada intervalo de relatório. Este desenho pode ser utilizado, por exemplo, quando o terminal 150 tem uma duração de serviço que cobre um ou lagunas intervalos de relatório.

Em outro desenho, o terminal 150 pode gerar e/ou reportar informações de estado de canal de maneiras diferentes durante a duração de serviço. Este desenho pode ser utilizado, por exemplo, quando a duração de serviço for muito mais longa que o intervalo de relatório. O terminal 150 pode transmitir vários pacotes durante a duração de serviço e pode selecionar um formato de pacote adequado e um conjunto adequado de canais espaciais para cada transmissão de pacotes. Uma transmissão de pacotes pode estender-se por um ou vários intervalos de relatório. Uma sub-banda designada pode ser selecionada para cada

transmissão de pacote e podem alterar-se de transmissão de pacote para transmissão de pacote. A seleção de sub-banda pode persistir para cada transmissão de pacote. Neste caso, o índice da sub-banda designada pode ser omitido nos relatórios de CQI enviados durante a transmissão de pacotes.

O terminal 150 pode funcionar em um de vários modos operacionais, tais como um modo programado e um modo não programado, em qualquer dado momento. No modo programado, o terminal 150 pode ser programado para transmissão no downlink e pode ter uma alocação persistente de sub-bandas que é conhecida tanto pelo terminal quanto pela estação base. No modo programado, pode ser desejável reportar de maneira precisa informações de estado de canal médias para a(s) sub-banda(s) alocada(s) em vez de reportar sem precisão informações de estado de canal para todas as sub-bandas. No modo não programado, o terminal 150 pode não ser programado para transmissão no downlink e pode não ter uma alocação persistente de sub-bandas. No modo não programado, pode ser desejável reportar informações de estado de canal para o maior número possível de sub-bandas. O terminal 150 pode transitar entre os modos programado e não programado dependendo de o terminal ser programado para transmissão. Por exemplo, o terminal 150 pode funcionar no modo programado durante sua duração de serviço e pode funcionar no modo não programado fora de sua duração de serviço.

Sob outro aspecto, é utilizado um esquema de relatório heterogêneo, e o terminal 150 pode enviar informações de estado de canal diferentes dependendo do seu modo operacional. No modo programado, o terminal 150 pode gerar um valor de CQI completo e um valor de CQI diferencial *Y* com base nas características de canal totais

ou médias da(s) sub-banda(s) alocada(s). O terminal 150 pode transmitir o valor de CQI completo, o valor de CQI diferencial e informações de estado espaciais em $N_Z + (N_X + N_Y)$ bits. O terminal 150 pode reportar informações de estado de canal a uma taxa mais elevada ou mais freqüentemente de modo a atualizar as informações de estado de canal de maneira oportuna. Por exemplo, o terminal 150 pode reportar $N_Z + (N_X + N_Y)$ bits em cada intervalo de relatório.

No modo não programado, o terminal 150 pode gerar informações de CQI para todas ou muitas das sub-bandas. Por exemplo, o terminal 150 pode gerar informações de CQI com base no quarto esquema de relatório da Figura 4B e pode enviar $N_Z + (N_X + N_Y) + (N - 1) \cdot N_W + N_S$ bits para todas as N sub-bandas. O terminal 150 pode gerar também informações de CQI com base no quinto esquema de relatório da Figura 4C ou em algum outro esquema. O terminal 150 pode reportar informações de estado de canal a uma taxa mais baixa ou menos freqüentemente, de modo a reduzir o overhead de sinalização.

A Figura 5 mostra o esquema de relatório heterogêneo. O terminal 150 pode funcionar no modo programado entre os tempos T_1 e T_2 Durante este período de tempo, o terminal 150 pode determinar informações de estado de canal (CQI médio, por exemplo) apenas para a(s) sub-banda(s) selecionada(s) e pode reportar informações de estado de canal de maneira mais freqüente, como, por exemplo, a uma taxa de uma vez a cada T_{rep1} segundos. O terminal 150 pode funcionar no modo não programado entre os tempos T_2 e T_3. Durante este período de tempo, o terminal 150 pode determinar informações de estado de canal para todas as N sub-bandas (CQI para cada sub-banda, por

exemplo) e pode reportar informações de estado de canal menos freqüentemente, como, por exemplo, a uma taxa de uma vez a cada T_{rep2} segundos, onde $T_{rep2} > T_{rep1}$.

A Figura 6 mostra um desenho de um processador 600 para reportar informações de estado de canal com codificação diferencial através do espaço e da freqüência. As informações de estado espaciais podem ser determinadas para vários canais espaciais em várias sub-bandas (bloco 612). Os vários canais espaciais podem corresponder a várias antenas selecionadas dentre uma série de antenas disponíveis para transmissão. As informações de estado espaciais podem então transmitir as antenas selecionadas. Os vários canais espaciais podem também corresponder a vários vetores de pré-codificação dentre uma série de vetores de pré-codificação disponíveis para transmissão. As informações de estado espaciais podem então transmitir os vetores de pré-codificação selecionados. As informações de estado espaciais podem transmitir vários canais espaciais para cada sub-banda, para cada conjunto de sub-bandas ou para todas as sub-bandas.

Valores de CQI podem ser obtidos para os vários canais espaciais nas várias sub-bandas (bloco 614). Os valores de CQI podem corresponder a estimativas de SNR ou a alguma outra medida da qualidade de sinal recebida. Os valores de CQI podem ser codificados de maneira diferencial através dos vários canais espaciais e das várias sub-bandas de modo a se obterem informações de CQI diferenciais (bloco 616). As informações de CQI diferenciais podem compreender qualquer uma das informações mostradas na Tabela 1 (Y, ΔX, ΔY, $\Delta\Delta X$ e $\Delta\Delta Y$, por exemplo) e/ou alguma outra informação. As informações de CQI diferenciais e as informações de estado espaciais podem ser enviadas como realimentação (bloco 618).

Para o bloco 614, os valores de CQI podem ser codificados de maneira diferencial através dos vários canais espaciais e das várias sub-bandas com relação a um valor de CQI de referência. Este valor de CQI de referência pode ser um valor de CQI para um canal espacial designado em uma sub-banda designada, um valor de CQI médio para todos os canais espaciais na sub-banda designada, um valor de CQI médio para todos os canais espaciais e todas as sub-bandas, etc. O valor de CQI de referência pode ser enviado com as informações de CQI diferenciais.

A codificação diferencial no bloco 614 pode ser efetuada de diversas maneiras. Os valores de CQI podem ser codificados de maneira diferencial através dos vários canais espaciais em primeiro lugar e em seguida através das várias sub-bandas. Alternativamente, os valores de CQI podem ser codificados de maneira diferencial através das várias sub-bandas em primeiro lugar e em seguida através dos vários canais espaciais.

Os vários canais espaciais podem compreender um canal espacial designado e pelo menos um canal espacial não designado. As várias sub-bandas podem compreender uma sub-banda designada e pelo menos uma sub-banda não designada. Pelo menos um valor de CQI diferencial (Y_n, por exemplo) pode ser determinado para o pelo menos um canal espacial não designado em cada sub-banda com base em valores de CQI para os canais espaciais nessa sub-banda. Para cada sub-banda não designada, pode ser determinada a diferença (ΔX_n, por exemplo) entre um valor de CQI para o canal espacial designado nessa sub-banda não designada e um valor de CQI para o canal espacial designado ou na sub-banda designada ou em uma sub-banda adjacente. Para cada sub-banda não designada, pode ser também determinada a diferença (ΔY_n, por exemplo) entre pelo menos um valor de CQI diferencial

(Y_n, por exemplo) para o pelo menos um canal espacial designado nessa sub-banda não designada e pelo menos um valor de CQI diferencial (Y_n, Y_{n-1} ou Y_{n+1}, por exemplo) para o pelo menos um canal espacial não designado ou na sub-banda designada ou em uma sub-banda adjacente. Para cada sub-banda não designada, o valor de CQI diferencial (ΔX_n, por exemplo) para o canal espacial designado e o pelo menos um valor de CQI diferencial (ΔY_n, por exemplo) para o pelo menos um canal espacial não designado podem ser mapeados em um índice, que pode ser enviado como a informação de CQI diferencial para essa sub-banda não designada.

A Figura 7 mostra um desenho de um equipamento 700 para reportar informações de estado de canal com codificação diferencial através do espaço e da freqüência. O equipamento 700 inclui um dispositivo para determinar informações de estado espaciais para vários canais espaciais em várias sub-bandas (módulo 712), um dispositivo para obter valores de CQI para os vários canais espaciais nas várias sub-bandas (módulo 714), um dispositivo para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais e das várias sub-bandas de modo a obter informações de CQI diferenciais (módulo 716) e um dispositivo para enviar as informações de CQI diferenciais e as informações de estado espaciais como realimentação (módulo 718). Os módulos 712 a 718 podem compreender processadores, aparelhos eletrônicos, aparelhos de hardware, componentes eletrônicos, circuitos lógicos, memórias, etc., ou qualquer combinação deles.

A Figura 8 mostra um desenho de um processador 800 para reportar informações de estado de canal com codificação diferencial através do espaço, da freqüência e do tempo. As informações de estado espaciais podem ser determinadas para vários canais espaciais em várias sub-

bandas (bloco 812). Valores de CQI podem ser obtidos para os vários canais espaciais nas várias sub-bandas em vários intervalos de tempo (bloco 814). Os valores de CQI podem ser codificados de maneira diferencial através dos vários canais espaciais, das várias sub-bandas e dos vários intervalos de tempo de modo a se obterem informações de CQI diferenciais (bloco 816). As informações de CQI diferenciais e as informações de estado espaciais podem ser enviadas como realimentação (bloco 818).

Para o bloco 816, os valores de CQI podem ser codificados de maneira diferencial através dos vários canais espaciais e das várias sub-bandas em cada intervalo de tempo de modo a se obterem valores de CQI diferenciais (Y, ΔX e ΔY, por exemplo) para esse intervalo de tempo. Os valores de CQI podem ser codificados de maneira diferencial através dos vários canais espaciais em primeiro lugar e em seguida através das várias sub-bandas. Os vários intervalos de tempo podem compreender um intervalo de tempo designado e pelo menos um intervalo de tempo não designado. Para cada intervalo de tempo não designado, podem ser determinadas as diferenças ($\Delta\Delta X$ e $\Delta\Delta Y$, por exemplo) entre os valores de CQI diferenciais para esse intervalo de tempo não designado e os valores de CQI diferenciais para um intervalo de tempo precedente.

Para o bloco 818, os valores de CQI diferenciais (Y, ΔX e ΔY, por exemplo) para o intervalo de tempo designado podem ser enviados como informações de CQI diferenciais para o intervalo de tempo designado. As diferenças nos valores de CQI diferenciais ($\Delta\Delta X$, $\Delta\Delta Y$, por exemplo) determinadas para cada intervalo de tempo não designado podem ser enviadas como informações de CQI diferenciais para esse intervalo de tempo não designado.

A Figura 9 mostra um desenho de um equipamento 900 para reportar informações de estado de canal com codificação diferencial através do espaço, da freqüência e do tempo. O equipamento 900 inclui um dispositivo para determinar informações de estado espaciais para vários canais espaciais em várias sub-bandas (módulo 912), um dispositivo para obter valores de CQI para os vários canais espaciais nas várias sub-bandas em vários intervalos de tempo (módulo 914), um dispositivo para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais, das várias sub-bandas e dos vários intervalos de tempo de modo a obter informações de CQI diferenciais (módulo 916) e um dispositivo para enviar as informações de CQI diferenciais e as informações de estado espaciais como realimentação (módulo 918). Os módulos 912 a 918 podem compreender processadores, aparelhos eletrônicos, aparelhos de hardware, componentes eletrônicos, circuitos lógicos, memórias, etc. ou qualquer combinação deles.

A Figura 10 mostra um desenho de um processo 1000 para reportar de maneira heterogênea informações de estado de canal. Informações de CQI podem ser reportadas de acordo com um primeiro modo de relatório enquanto em um primeiro modo operacional, como, por exemplo, um modo programado (bloco 1012). As informações de CQI podem ser reportadas de acordo com um segundo modo de relatório enquanto em um segundo modo operacional, como, por exemplo, um modo não programado (bloco 1014). As informações de CQI podem ser enviadas a uma primeira taxa no primeiro modo de relatório e podem ser enviadas a uma segunda taxa no segundo modo de relatório. A segunda taxa pode ser mais lenta que a primeira taxa.

Para o primeiro modo de relatório, valores de CQI podem ser obtidos para vários canais espaciais em pelo

menos uma sub-banda selecionada dentre várias sub-bandas disponíveis para transmissão. Os valores de CQI podem ser codificados de maneira diferencial através dos vários canais espaciais e da pelo menos uma sub-banda selecionada de modo a se obterem as informações de CQI para o primeiro modo de relatório. Os valores de CQI podem ser divididos proporcionalmente através da(s) sub-banda(s) selecionada(s), e os valores de CQI médios para os vários canais espaciais podem ser codificados de maneira diferencial.

Para o segundo modo de relatório, os valores de CQI podem ser obtidos para vários canais espaciais em várias sub-bandas disponíveis para transmissão. Os valores de CQI podem ser codificados de maneira diferencial através dos vários canais espaciais e das várias sub-bandas de modo a se obterem as informações de CQI para o segundo modo de relatório.

A Figura 11 mostra um desenho de um equipamento 1100 para suportar de maneira heterogênea informações de estado de canal. O equipamento 1100 inclui um dispositivo para reportar informações de CQI de acordo com um primeiro modo de relatório enquanto em um primeiro modo operacional, como, por exemplo, um modo programado (módulo 1112), e um dispositivo para reportar informações de CQI de acordo com um segundo modo de relatório enquanto em um segundo modo operacional, como, por exemplo, um modo não programado (módulo 1114). Os módulos 1112 e 1114 podem compreender processadores, aparelhos eletrônicos, aparelhos de hardware, componentes eletrônicos, circuitos lógicos, memórias, etc., ou qualquer combinação deles.

Um sistema OFDMA pode ser capaz de obter ganho substancial através da programação de sub-bandas. Entretanto, o número de sub-bandas no sistema pode não ser

pequeno. A codificação de CQI diferencial de espaço-freqüência (o quarto esquema de relatório da Figura 4B, por exemplo) ou a codificação de CQI diferencial de espaço-freqüência-tempo (o quinto esquema de relatório da Figura 4C, por exemplo) podem ser capazes de reduzir o overhead de realimentação no funcionamento MIMO-OFDMA. Os fluxos de dados podem ser enviados com diversidade espacial, como, por exemplo, utilizando-se permuta de antenas, pré-codificação, etc. A diversidade espacial pode resultar em variações de SNR entre sub-bandas adjacentes menores do que para uma transmissão de entrada única e saída única (SISO). A variação de SNR menor pode tornar a codificação diferencial bidimensional através do espaço e da freqüência mais eficaz.

As técnicas aqui descritas podem ser implementadas por diversos dispositivos. Por exemplo, estas técnicas podem ser implementadas em hardware, firmware, software ou uma combinação deles. Para uma implementação em hardware, as unidades de processamento utilizadas para resolver a ambigüidade em uma estimativa de canal e/ou para efetuar rastreamento de tempo em um receptor podem ser implementadas dentro de um ou mais circuitos integrados específicos de aplicativo (ASICs), processadores de sinais digitais (DSPs), aparelhos de processamento de sinais digitais (DSPDs), processadores, controladores, microcontroladores, microprocessadores, aparelhos eletrônicos, outras unidades eletrônicas projetadas para desempenhar as funções aqui descritas ou uma combinação deles.

Para uma implementação em firmware e/ou software, as técnicas podem ser implementadas com módulos (como, por exemplo, procedimentos, funções e assim por diante) que executem as funções aqui descritas. As instruções de

firmware e/ou software podem ser armazenadas em uma memória (a memória 192 da Figura 1, por exemplo) e executadas por um processador (o processador 190, por exemplo). A memória pode ser implementada dentro do processador ou fora do processador. As instruções de firmware e/ou software podem ser também armazenadas em outro meio passível de leitura por processador, tal como uma memória de acesso aleatório (RAM), uma memória só de leitura (ROM), uma memória de acesso aleatório não volátil (NVRAM), uma memória só de leitura programável (PROM), uma PROM eletricamente apagável (EEPROM), uma memória FLASH, um disco compacto, aparelho de aparelho de armazenamento de dados magnético ou óptico, etc.

A descrição anterior da revelação é apresentada para permitir que qualquer pessoa versada na técnica fabrique ou utilize a presente invenção. Diversas modificações nestas modalidades serão prontamente evidentes aos versados na técnica, e os princípios genéricos aqui definidos podem ser aplicados a outras modalidades sem que se abandone o espírito ou alcance da invenção. Assim, a presente invenção não pretende estar limitada às modalidades aqui mostradas, mas deve receber o mais amplo alcance compatível com os princípios e aspectos inéditos aqui revelados.

REIVINDICAÇÕES

1. Equipamento que compreende:

um processador configurado para obter valores de indicador de qualidade de canal (CQI) para vários canais espaciais em várias sub-bandas, para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais e das várias sub-bandas de modo a obter informações de CQI diferenciais e para enviar as informações de CQI diferenciais como realimentação; e

uma memória acoplada ao processador.

2. Equipamento, de acordo com a reivindicação 1, no qual o processador é configurado para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais e das várias sub-bandas com relação a um valor de CQI de referência e para enviar o valor de CQI de referência com as informações de CQI diferenciais.

3. Equipamento, de acordo com a reivindicação 2, no qual o valor de CQI de referência é um valor de CQI para um canal espacial designado em uma sub-banda designada.

4. Equipamento, de acordo com a reivindicação 2, no qual o valor de CQI de referência é um valor de CQI médio para os vários canais espaciais e as várias sub-bandas.

5. Equipamento, de acordo com a reivindicação 2, no qual o valor de CQI de referência é um valor de CQI médio para os vários canais espaciais em uma sub-banda designada.

6. Equipamento, de acordo com a reivindicação 2, no qual o valor de CQI de referência é um valor de CQI médio para um canal espacial designado nas várias sub-bandas.

7. Equipamento, de acordo com a reivindicação 1, no qual o processador é configurado para codificar de

maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais em primeiro lugar e para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através das várias sub-bandas em seguida.

8. Equipamento, de acordo com a reivindicação 1, no qual o processador é configurado para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através das várias sub-bandas em primeiro lugar e para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais em seguida.

9. Equipamento, de acordo com a reivindicação 1, no qual os vários canais espaciais compreendem um canal espacial designado e pelo menos um canal espacial não designado, no qual as várias sub-bandas compreendem uma sub-banda designada e pelo menos uma sub-banda designada e no qual o processador é configurado para enviar informações de CQI diferenciais para cada sub-banda não designada.

10. Equipamento, de acordo com a reivindicação 9, no qual o processador é configurado para determinar pelo menos um valor de CQI diferencial para o pelo menos um canal espacial não designado em cada sub-banda com base em valores de CQI para os vários canais espaciais na sub-banda.

11. Equipamento, de acordo com a reivindicação 10, no qual, para cada sub-banda não designada, o processador é configurado para determinar a diferença entre um valor de CQI para o canal espacial designado na sub-banda designada e um valor de CQI para o canal espacial designado na sub-banda designada, e para determinar a diferença entre pelo menos um valor de CQI diferencial para o pelo menos um canal espacial não designado na sub-banda não designada e pelo menos um valor de CQI diferencial para

o pelo menos um canal espacial não designado na sub-banda designada.

12. Equipamento, de acordo com a reivindicação 10, no qual, para cada sub-banda não designada, o processador é configurado para determinar a diferença entre um valor de CQI para o canal espacial designado na sub-banda não designada e um valor de CQI para o canal espacial designado em uma sub-banda adjacente e para determinar a diferença entre pelo menos um valor de CQI diferencial para o pelo menos um canal espacial não designado na sub-banda não designada e pelo menos um valor de CQI diferencial para o pelo menos canal espacial não designado na sub-banda adjacente.

13. Equipamento, de acordo com a reivindicação 9, no qual, para cada sub-banda não designada, o processador é configurado para obter um valor de CQI diferencial para o canal espacial designado, para obter pelo menos um valor de CQI diferencial para o pelo menos um canal espacial não designado, para mapear o valor de CQI diferencial para o canal espacial designado e o pelo menos um valor de CQI diferencial para o pelo menos um canal espacial não designado em um índice e para enviar o índice como informação de CQI diferencial para a sub-banda não designada.

14. Equipamento, de acordo com a reivindicação 1, no qual o processador é configurado para determinar informações de estado espaciais para pelo menos uma das várias sub-bandas e para enviar as informações de estado espaciais como realimentação.

15. Equipamento, de acordo com a reivindicação 14, no qual os vários canais espaciais correspondem a várias antenas dentre uma série de antenas disponíveis para

transmissão, e no qual as informações de estado espaciais transmitem as antenas selecionadas.

16. Equipamento, de acordo com a reivindicação 14, no qual os vários canais espaciais correspondem a vários vetores de pré-codificação selecionados dentre uma série de vetores de pré-codificação disponíveis para transmissão, e no qual as informações de estado espaciais transmitem os vetores de pré-codificação selecionados.

17. Método que compreende:

obter valores de indicador de qualidade de canal (CQI) para vários canais espaciais em várias sub-bandas;

codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais e das várias sub-bandas de modo a obter informações de CQI diferenciais; e

enviar as informações de CQI diferenciais como realimentação.

18. Método, de acordo com a reivindicação 17, no qual a codificação diferencial dos valores de CQI compreende

codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais em primeiro lugar, e

codificar de maneira diferencial os valores de CQI através das várias sub-bandas em seguida.

19. Método, de acordo com a reivindicação 17, no qual os vários canais espaciais compreendem um canal espacial designado e pelo menos um canal espacial não designado, no qual as várias sub-bandas compreendem uma sub-banda designada e pelo menos uma sub-banda designada e no qual informações de CQI diferenciais são enviadas para cada sub-banda não designada.

20. Método, de acordo com a reivindicação 19, no qual a codificação diferencial dos valores de CQI compreende, para cada sub-banda não designada,

obter um valor de CQI diferencial para o canal espacial designado,

obter pelo menos um valor de CQI diferencial para o pelo menos um canal espacial não designado, e

mapear o valor de CQI diferencial para o canal espacial designado e o pelo menos um valor de CQI diferencial para o pelo menos um canal espacial não designado em um índice.

21. Equipamento que compreende:

um dispositivo para obter valores de indicador de qualidade de canal (CQI) para vários canais espaciais em várias sub-bandas;

um dispositivo para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais e das várias sub-bandas de modo a obter informações de CQI diferenciais; e

um dispositivo para enviar as informações de CQI diferenciais como realimentação.

22. Equipamento, de acordo com a reivindicação 21, no qual o dispositivo para codificar de maneira diferencial os valores de CQI compreende

um dispositivo para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais em primeiro lugar, e

um dispositivo para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através das várias sub-bandas em seguida.

23. Equipamento, de acordo com a reivindicação 21, no qual os vários canais espaciais compreendem um canal espacial designado e pelo menos um canal espacial não

designado, no qual as várias sub-bandas compreendem uma sub-banda designada e pelo menos uma sub-banda designada, e no qual o dispositivo para codificar de maneira diferencial os valores de CQI compreende, para cada sub-banda não designada,

um dispositivo para obter um valor de CQI diferencial para o canal espacial designado,

um dispositivo para obter pelo menos um valor de CQI diferencial para o pelo menos um canal espacial não designado, e

um dispositivo para mapear o valor de CQI diferencial para o canal espacial designado e o pelo menos um valor de CQI diferencial para o pelo menos um canal espacial não designado em um índice.

24. Meio passível de leitura por processador que inclui instruções armazenadas nele, que compreende:

um primeiro conjunto de instruções para obter valores de indicador de qualidade de canal (CQI) para vários canais espaciais em várias sub-bandas;

um segundo conjunto de instruções para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais e das várias sub-bandas de modo a obter informações de CQI diferenciais; e

um terceiro conjunto de instruções para enviar as informações de CQI diferenciais como realimentação.

25. Meio passível de leitura por processador, de acordo com a reivindicação 24, no qual o segundo conjunto de instruções compreende

um quarto conjunto de instruções para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais em primeiro lugar, e

um quinto conjunto de instruções para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através das várias sub-bandas em seguida.

26. Meio passível de leitura por processador, de acordo com a reivindicação 24, no qual os vários canais espaciais compreendem um canal espacial designado e pelo menos um canal espacial não designado, no qual as várias sub-bandas compreendem uma sub-banda designada e pelo menos uma sub-banda designada, e no qual o segundo conjunto de instruções compreende

um quarto conjunto de instruções para obter um valor de CQI diferencial para o canal espacial designado em cada sub-banda não designada,

um quinto conjunto de instruções para obter pelo menos um valor de CQI diferencial para o pelo menos um canal espacial não designado em cada sub-banda não designada, e

um sexto conjunto de instruções para mapear o valor de CQI diferencial para o canal espacial designado e o pelo menos um valor de CQI diferencial para o pelo menos um canal espacial não designado em cada sub-banda não designada em um índice.

27. Equipamento que compreende:

um processador configurado para obter valores de indicador de qualidade de canal (CQI) para vários canais espaciais em várias sub-bandas, para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais e das várias sub-bandas de modo a obter informações de CQI diferenciais e para enviar as informações de CQI diferenciais como realimentação; e

uma memória acoplada ao processador.

28. Equipamento, de acordo com a reivindicação 27, no qual o processador é configurado para obter os

valores de CQI para os vários canais espaciais em uma sub-banda selecionada dentre uma série de sub-bandas disponíveis para transmissão.

29. Equipamento, de acordo com a reivindicação 27, no qual o processador é configurado para obter os valores de CQI para os vários canais espaciais tirando a média através de várias sub-bandas disponíveis para transmissão.

30. Equipamento, de acordo com a reivindicação 27, no qual o processador é configurado para obter valores de CQI para os vários canais espaciais em vários intervalos de tempo e para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais e dos vários intervalos de tempo de modo a obter informações de CQI diferenciais para cada intervalo de tempo.

31. Equipamento que compreende:

um processador configurado para obter valores de indicador de qualidade de canal (CQI) para várias sub-bandas, para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através das várias sub-bandas de modo a obter informações de CQI diferenciais e para enviar as informações de CQI diferenciais como realimentação; e

uma memória acoplada ao processador.

32. Equipamento, de acordo com a reivindicação 31, no qual o processador é configurado para obter os valores de CQI para as várias sub-bandas para um canal espacial selecionado dentre uma série de canais espaciais para transmissão.

33. Equipamento, de acordo com a reivindicação 31, no qual o processador é configurado para obter os valores de CQI para as várias sub-bandas tirando a média através de vários canais espaciais disponíveis para transmissão.

34. Equipamento, de acordo com a reivindicação 31, no qual o processador é configurado para obter valores de CQI para as várias sub-bandas em vários intervalos de tempo e para codificar de maneira diferencial informações de CQI diferenciais para cada intervalo de tempo.

35. Equipamento que compreende:

um processador configurado para obter valores de indicador de qualidade de canal (CQI) para vários canais espaciais em várias sub-bandas em vários intervalos de tempo, para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais, das várias sub-bandas e dos vários intervalos de tempo de modo a obter informações de CQI diferenciais e para enviar as informações de CQI diferenciais como realimentação; e

uma memória acoplada ao processador.

36. Equipamento, de acordo com a reivindicação 35, no qual o processador é configurado para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais e das várias sub-bandas em cada intervalo de tempo de modo a obter valores de CQI diferenciais para o intervalo de tempo.

37. Equipamento, de acordo com a reivindicação 35, no qual, em cada intervalo de tempo, o processador é configurado para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais em primeiro lugar e para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através das várias sub-bandas em seguida.

38. Equipamento, de acordo com a reivindicação 36, no qual os vários intervalos de tempo compreendem um intervalo de tempo designado e pelo menos um intervalo de tempo não designado, e no qual, para cada intervalo de tempo não designado, o processador é configurado para determinar as diferenças entre os valores de CQI

diferenciais para o intervalo de tempo não designado e os valores de CQI diferenciais para um intervalo de tempo precedente.

39. Equipamento, de acordo com a reivindicação 38, no qual o processador é configurado para enviar os valores de CQI diferenciais para o intervalo de tempo designado como informações de CQI diferenciais para o intervalo de tempo designado e para enviar as diferenças nos valores de CQI diferenciais para cada intervalo de tempo não designado como informações de CQI diferenciais para o intervalo de tempo não designado.

40. Método que compreende:

obter valores de indicador de qualidade de canal (CQI) para vários canais espaciais em várias sub-bandas em vários intervalos de tempo;

codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais, das várias sub-bandas e dos vários intervalos de tempo de modo a obter informações de CQI diferenciais; e

enviar as informações de CQI diferenciais como realimentação.

41. Método, de acordo com a reivindicação 40, no qual os vários intervalos de tempo compreendem um intervalo de tempo designado e pelo menos um intervalo de tempo não designado, e

no qual a codificação diferencial dos valores de CQI compreende

codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais e das várias sub-bandas em cada intervalo de tempo de modo a obter valores de CQI diferenciais para o intervalo de tempo, e

determinar as diferenças entre os valores de CQI diferenciais para o intervalo de tempo não designado e os

valores de CQI diferenciais para um intervalo de tempo precedente.

42. Método, de acordo com a reivindicação 41, no qual o envio das informações de CQI diferenciais

enviar os valores de CQI diferenciais para o intervalo de tempo designado como informações de CQI diferenciais para o intervalo de tempo designado, e

enviar as diferenças nos valores de CQI diferenciais para cada intervalo de tempo não designado como informações de CQI diferenciais para o intervalo de tempo não designado.

43. Equipamento que compreende

um processador configurado para reportar informações de indicador de qualidade de canal (CQI) de acordo com um primeiro modo de relatório enquanto em um primeiro modo operacional, e para reportar informações de CQI de acordo com um segundo modo de relatório enquanto em um segundo modo operacional; e

uma memória acoplada ao processador.

44. Equipamento, de acordo com a reivindicação 43, no qual, para o primeiro modo de relatório, o processador é configurado para obter valores de CQI para vários canais espaciais em pelo menos uma sub-banda selecionada dentre várias sub-bandas disponíveis para transmissão, e para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais na pelo menos uma sub-banda selecionada de modo a obter as informações de CQI para o primeiro modo de relatório.

45. Equipamento, de acordo com a reivindicação 43, no qual, para o primeiro modo de relatório, o processador é configurado para obter valores de CQI para vários canais espaciais em pelo menos uma sub-banda selecionada dentre várias sub-bandas disponíveis para

transmissão, para tirar a média dos valores de CQI para cada canal espacial através da pelo menos uma sub-banda selecionada de modo a obter o valor de CQI médio para o canal espacial e para codificar de maneira diferencial os valores de CQI médios através dos vários canais espaciais de modo a obter as informações de CQI para o primeiro modo de relatório.

46. Equipamento, de acordo com a reivindicação 43, no qual, para o segundo modo de relatório, o processador é configurado para obter valores de CQI para vários canais espaciais em várias sub-bandas disponíveis para transmissão e para codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais espaciais e das várias sub-bandas de modo a obter as informações de CQI para o segundo modo de relatório.

47. Equipamento, de acordo com a reivindicação 43, no qual o processador é configurado para enviar as informações de CQI a uma primeira taxa no primeiro modo de relatório e para enviar as informações de CQI a uma segunda taxa mais lenta que a primeira taxa no segundo modo de relatório.

48. Equipamento, de acordo com a reivindicação 43, no qual o processador é configurado para transitar para o primeiro modo operacional quando programado para transmissão e para transitar para o segundo modo operacional quando não programado para transmissão.

49. Método que compreende:

reportar informações de indicador de qualidade de canal (CQI) de acordo com um primeiro modo de relatório enquanto em um primeiro modo operacional; e

reportar informações de CQI de acordo com um segundo modo de relatório enquanto em um segundo modo operacional.

50. Método, de acordo com a reivindicação 49, no qual o relato das informações de CQI de acordo com o primeiro modo de relatório compreende

obter valores de CQI para vários canais espaciais em pelo menos uma sub-banda selecionada dentre várias sub-bandas disponíveis para transmissão, e

codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais especiais na pelo menos uma sub-banda selecionada de modo a obter as informações de CQI para o primeiro modo de relatório.

51. Método, de acordo com a reivindicação 49, no qual o relato das informações de CQI de acordo com o segundo modo de relatório compreende

obter valores de CQI para vários canais espaciais em várias sub-bandas disponíveis para transmissão, e

codificar de maneira diferencial os valores de CQI através dos vários canais especiais nas várias sub-bandas de modo a obter as informações de CQI para o segundo modo de relatório.

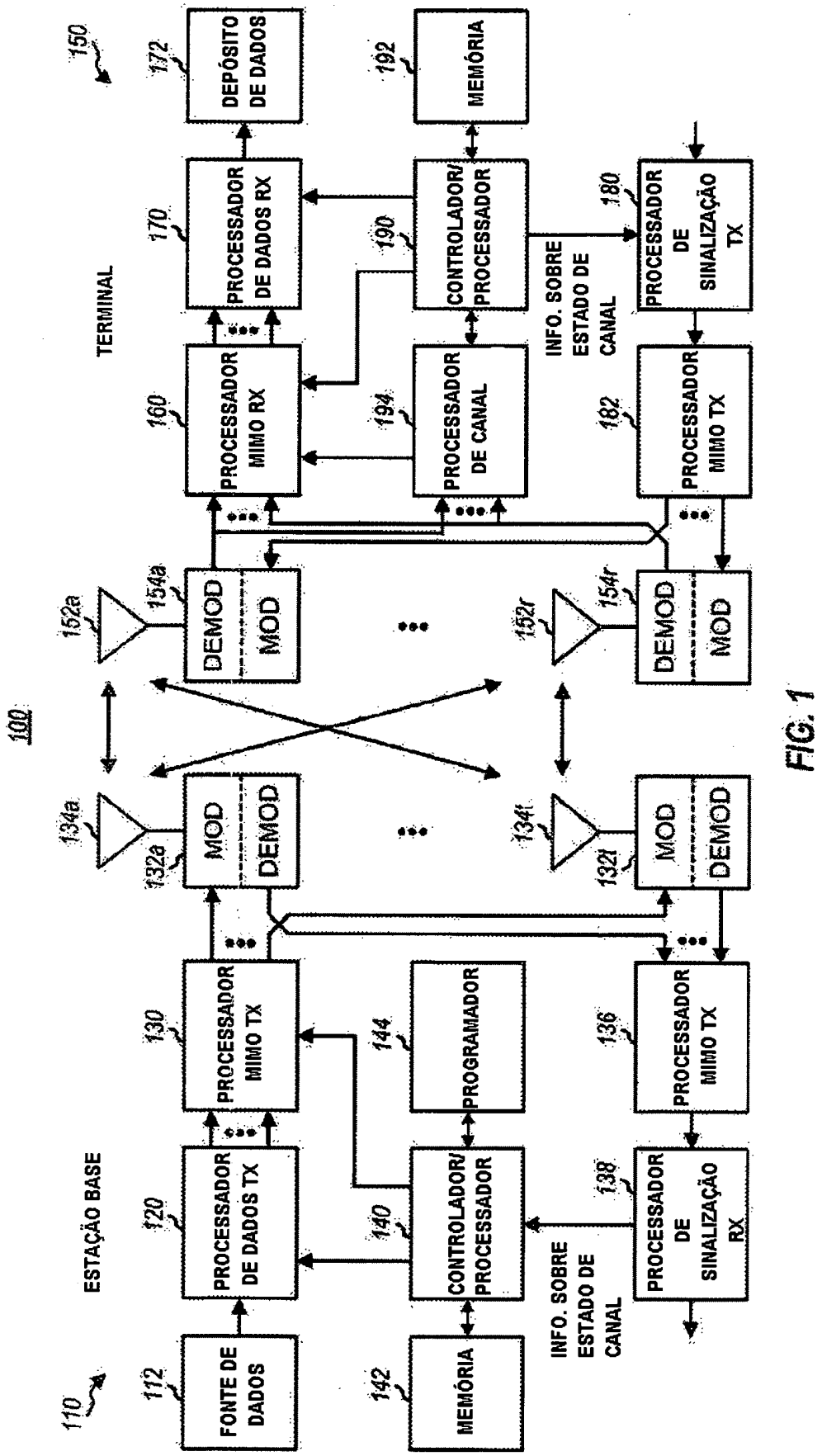

100
110
ESTAÇÃO BASE
112
FONTE DE DADOS
120
PROCESSADOR DE DADOS TX
130
PROCESSADOR MIMO TX
132a
MOD
DEMOD
134a
152a
154a
DEMOD
MOD
TERMINAL
150
172
DEPÓSITO DE DADOS
170
PROCESSADOR DE DADOS RX
160
PROCESSADOR MIMO RX
142
MEMÓRIA
140
CONTROLADOR/ PROCESSADOR
144
PROGRAMADOR
INFO. SOBRE ESTADO DE CANAL
138
PROCESSADOR DE SINALIZAÇÃO RX
136
PROCESSADOR MIMO TX
1321
MOD
DEMOD
134t
152r
154r
DEMOD
MOD
192
MEMÓRIA
190
CONTROLADOR/ PROCESSADOR
194
PROCESSADOR DE CANAL
INFO. SOBRE ESTADO DE CANAL
180
PROCESSADOR DE SINALIZAÇÃO TX
182
PROCESSADOR MIMO TX

FIG. 1

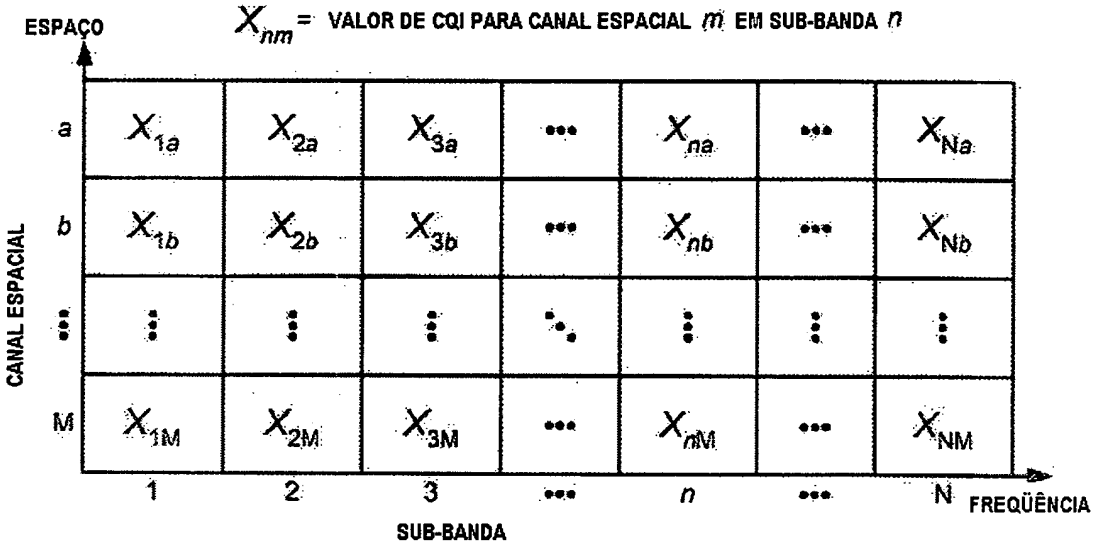


FIG. 2

CODIFICAÇÃO DE CQI DIFERENCIAL ATRAVÉS DE ESPAÇO

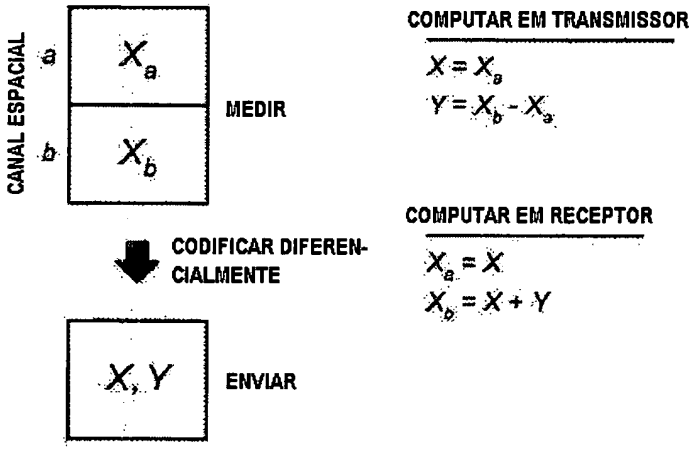
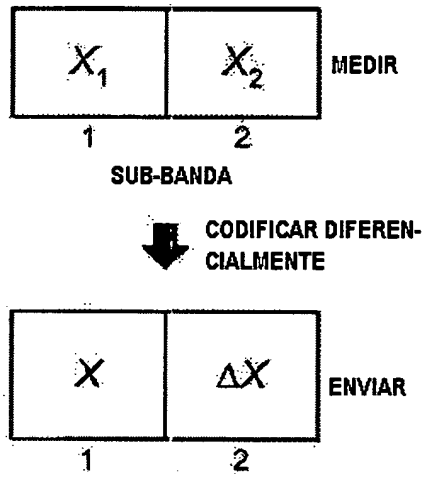


FIG. 3A

CODIFICAÇÃO DE CQI DIFERENCIAL ATRAVÉS DE FREQÜÊNCIA



COMPUTAR EM TRANSMISSOR

$X = X_1$

$\Delta X = X_2 - X_1$

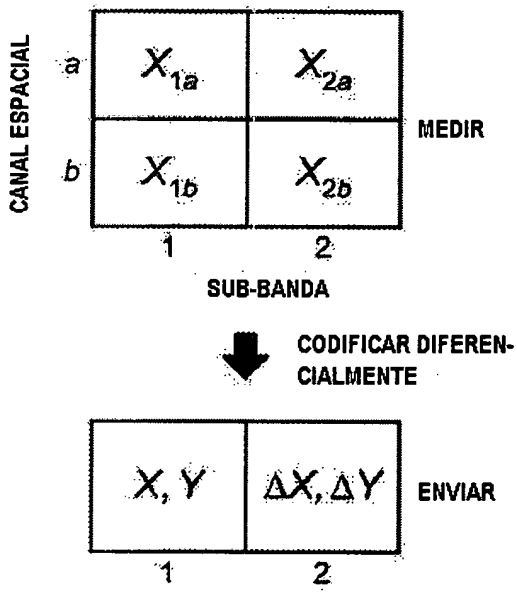
COMPUTAR EM RECEPTOR

$X_1 = X$

$X_2 = X + \Delta X$

FIG. 3B

CODIFICAÇÃO DE CQI DIFERENCIAL ATRAVÉS DE ESPAÇO E FREQÜÊNCIA



COMPUTAR EM TRANSMISSOR

$X = X_{1a}$

$Y = X_{1b} - X_{1a}$

$\Delta X = X_{2a} - X_{1a}$

$\Delta Y = Y_2 - Y_1$

$= (X_{2b} - X_{2a}) - (X_{1b} - X_{1a})$

COMPUTAR EM RECEPTOR

$X_{1a} = X$

$X_{1b} = X + Y$

$X_{2a} = X + \Delta X$

$X_{2b} = X + \Delta X + Y + \Delta Y$

FIG. 3C

CODIFICAÇÃO DE CQI DIFERENCIAL ATRAVÉS DE ESPAÇO, DE FREQÜÊNCIA E DE TEMPO

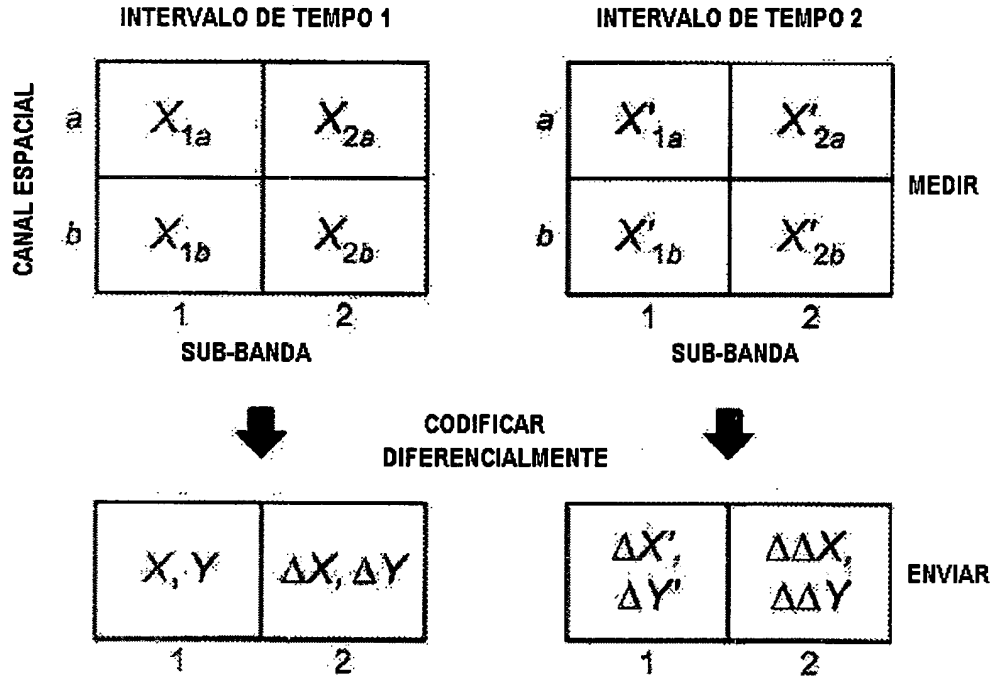


FIG. 3D

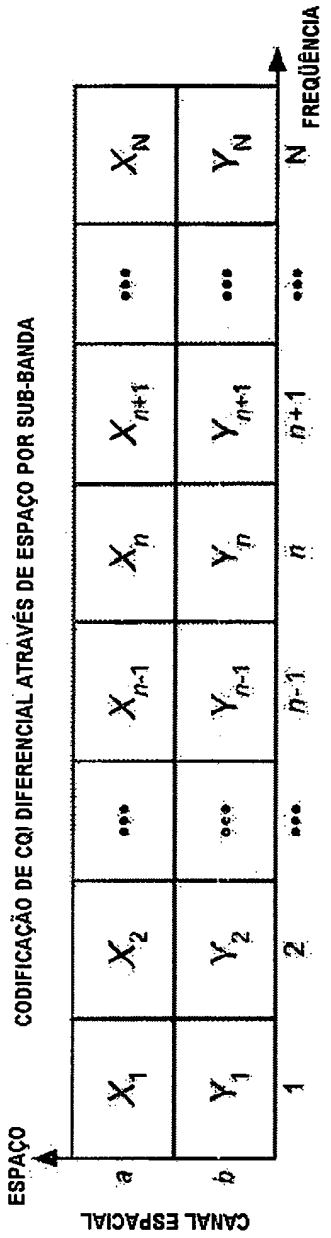

CODIFICAÇÃO DE CQI DIFERENCIAL ATRAVÉS DE ESPAÇO POR SUB-BANDA
ESPAÇO
CANAL ESPACIAL
a
b
X_1
Y_1
X_2
Y_2
X_{n-1}
Y_{n-1}
X_n
Y_n
X_{n+1}
Y_{n+1}
X_N
Y_N
1
2
n-1
n
n+1
N
SUB-BANDA
FREQÜÊNCIA

FIG. 4A

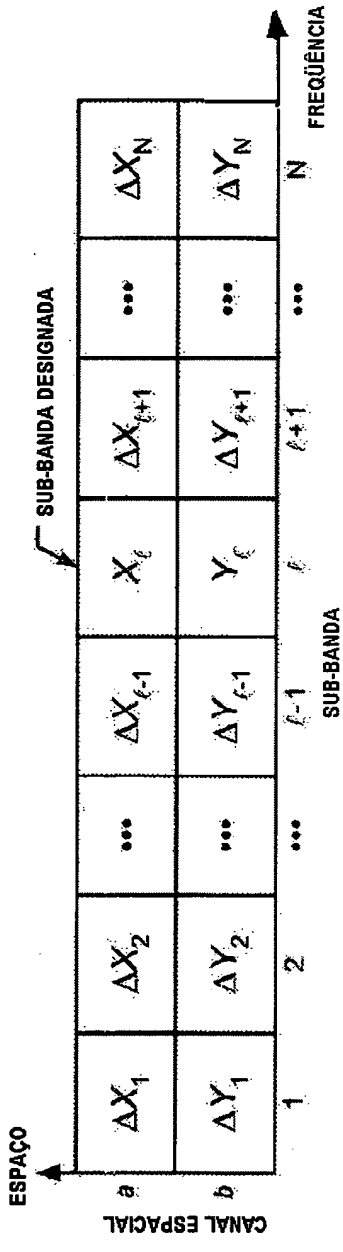

CODIFICAÇÃO DE CQI DIFERENCIAL ATRAVÉS DE ESPAÇO E DE FREQÜÊNCIA
SUB-BANDA DESIGNADA
ESPAÇO
CANAL ESPACIAL
a
b
ΔX_1
ΔY_1
ΔX_2
ΔY_2
$\Delta X_{\ell-1}$
$\Delta Y_{\ell-1}$
X_ℓ
Y_ℓ
$\Delta X_{\ell+1}$
$\Delta Y_{\ell+1}$
ΔX_N
ΔY_N
1
2
ℓ-1
ℓ
ℓ+1
N
SUB-BANDA
FREQÜÊNCIA

FIG. 4B

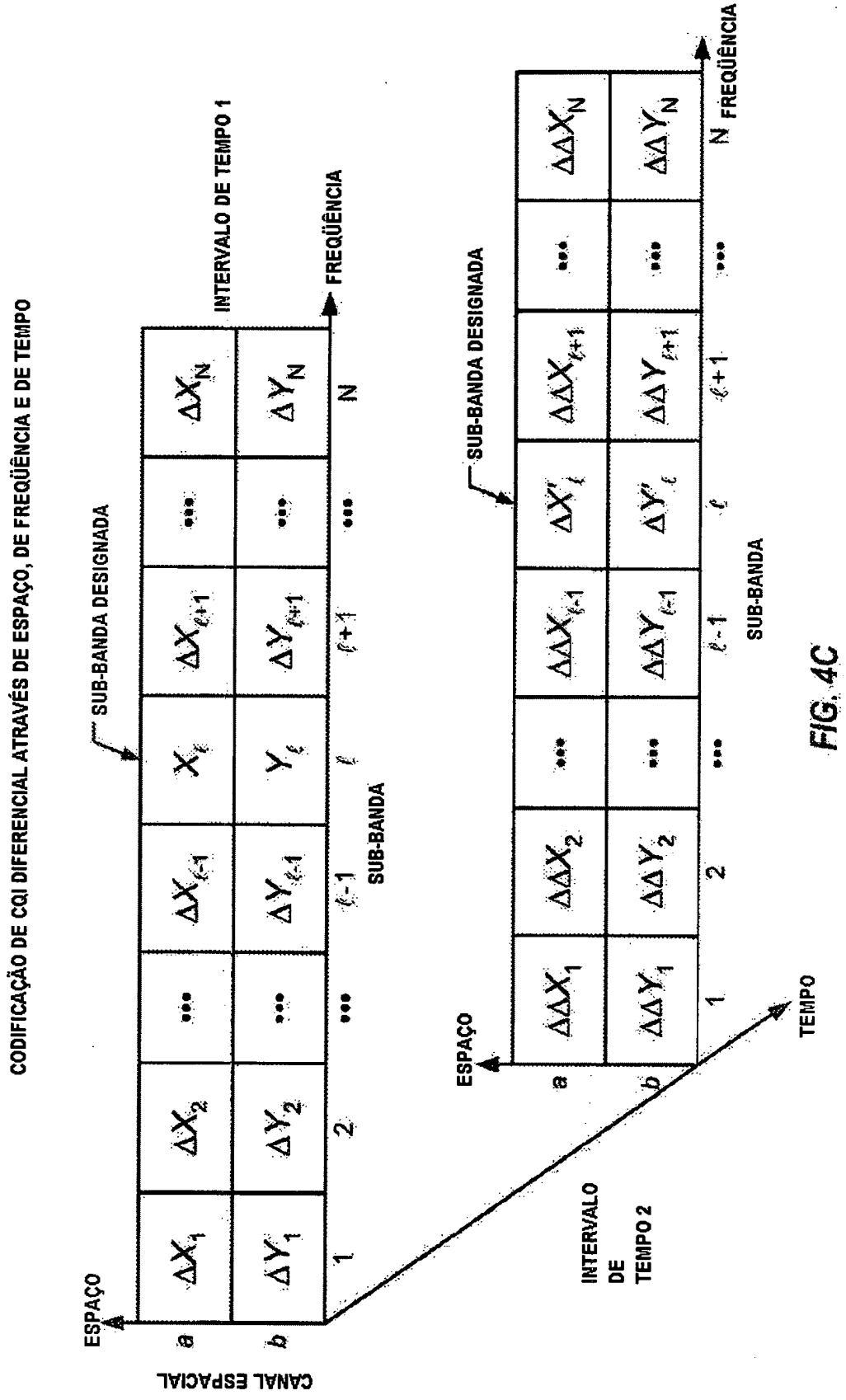

CODIFICAÇÃO DE CQI DIFERENCIAL ATRAVÉS DE ESPAÇO, DE FREQÜÊNCIA E DE TEMPO
ESPAÇO
CANAL ESPACIAL
a
b
SUB-BANDA DESIGNADA
INTERVALO DE TEMPO 1
FREQÜÊNCIA
SUB-BANDA
1
2
ℓ-1
ℓ
ℓ+1
N
INTERVALO DE TEMPO 2
TEMPO
SUB-BANDA DESIGNADA
FREQÜÊNCIA
SUB-BANDA
N

FIG. 4C

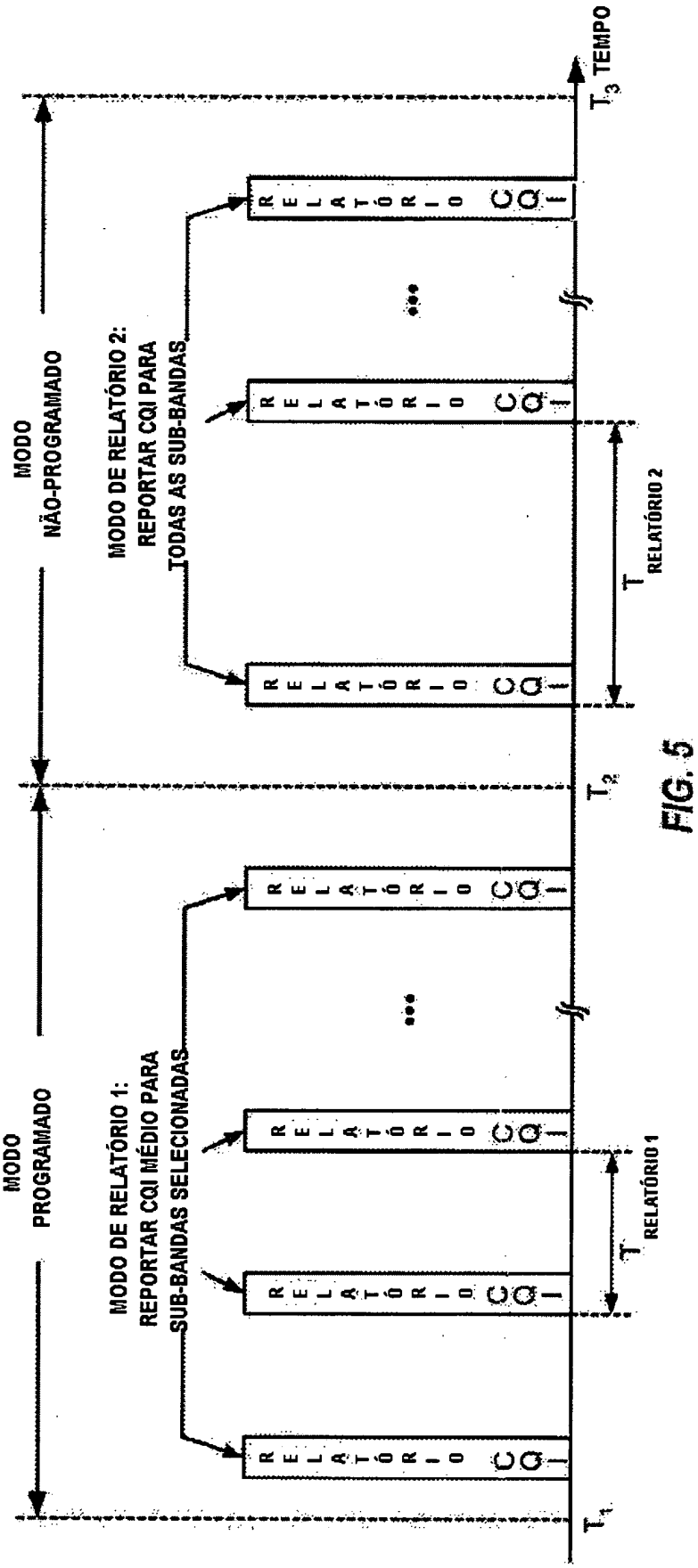

MODO
PROGRAMADO
MODO
NÃO-PROGRAMADO
MODO DE RELATÓRIO 1:
REPORTAR CQI MÉDIO PARA
SUB-BANDAS SELECIONADAS
MODO DE RELATÓRIO 2:
REPORTAR CQI PARA
TODAS AS SUB-BANDAS
RELATÓRIO CQI
T1
T2
T3 TEMPO
T RELATÓRIO 1
T RELATÓRIO 2

FIG. 5

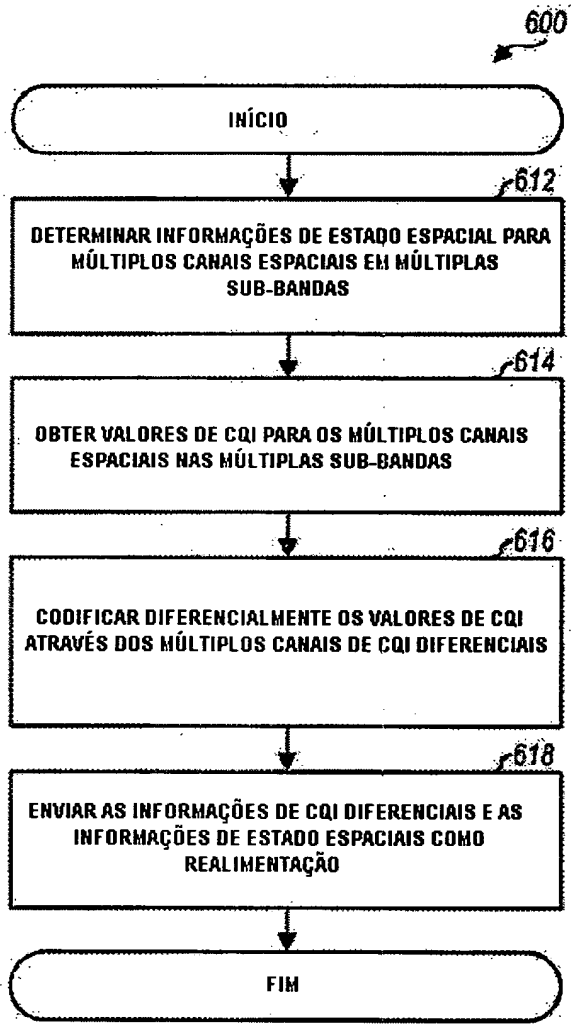

600
INÍCIO
612
DETERMINAR INFORMAÇÕES DE ESTADO ESPACIAL PARA MÚLTIPLOS CANAIS ESPACIAIS EM MÚLTIPLAS SUB-BANDAS
614
OBTER VALORES DE CQI PARA OS MÚLTIPLOS CANAIS ESPACIAIS NAS MÚLTIPLAS SUB-BANDAS
616
CODIFICAR DIFERENCIALMENTE OS VALORES DE CQI ATRAVÉS DOS MÚLTIPLOS CANAIS DE CQI DIFERENCIAIS
618
ENVIAR AS INFORMAÇÕES DE CQI DIFERENCIAIS E AS INFORMAÇÕES DE ESTADO ESPACIAIS COMO REALIMENTAÇÃO
FIM

FIG. 6

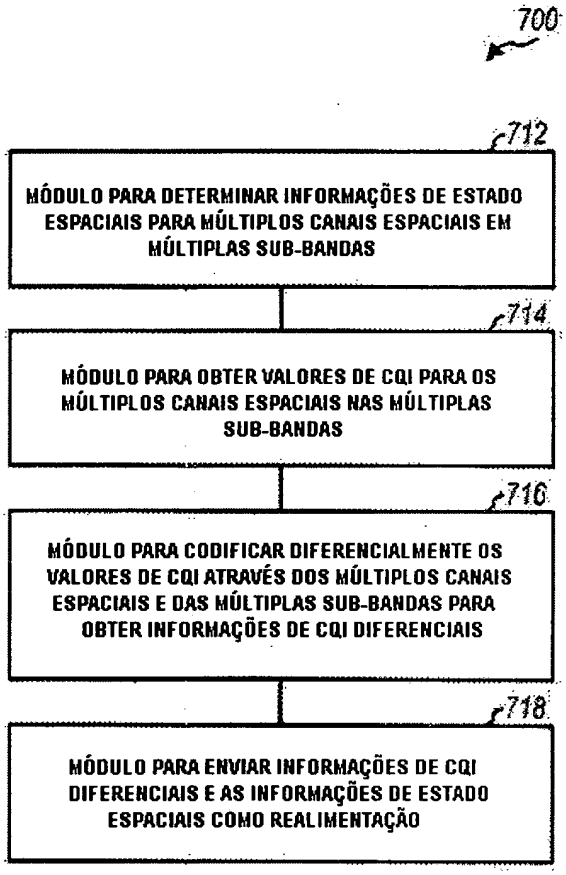

700
712
MÓDULO PARA DETERMINAR INFORMAÇÕES DE ESTADO ESPACIAIS PARA MÚLTIPLOS CANAIS ESPACIAIS EM MÚLTIPLAS SUB-BANDAS
714
MÓDULO PARA OBTER VALORES DE CQI PARA OS MÚLTIPLOS CANAIS ESPACIAIS NAS MÚLTIPLAS SUB-BANDAS
716
MÓDULO PARA CODIFICAR DIFERENCIALMENTE OS VALORES DE CQI ATRAVÉS DOS MÚLTIPLOS CANAIS ESPACIAIS E DAS MÚLTIPLAS SUB-BANDAS PARA OBTER INFORMAÇÕES DE CQI DIFERENCIAIS
718
MÓDULO PARA ENVIAR INFORMAÇÕES DE CQI DIFERENCIAIS E AS INFORMAÇÕES DE ESTADO ESPACIAIS COMO REALIMENTAÇÃO

FIG. 7

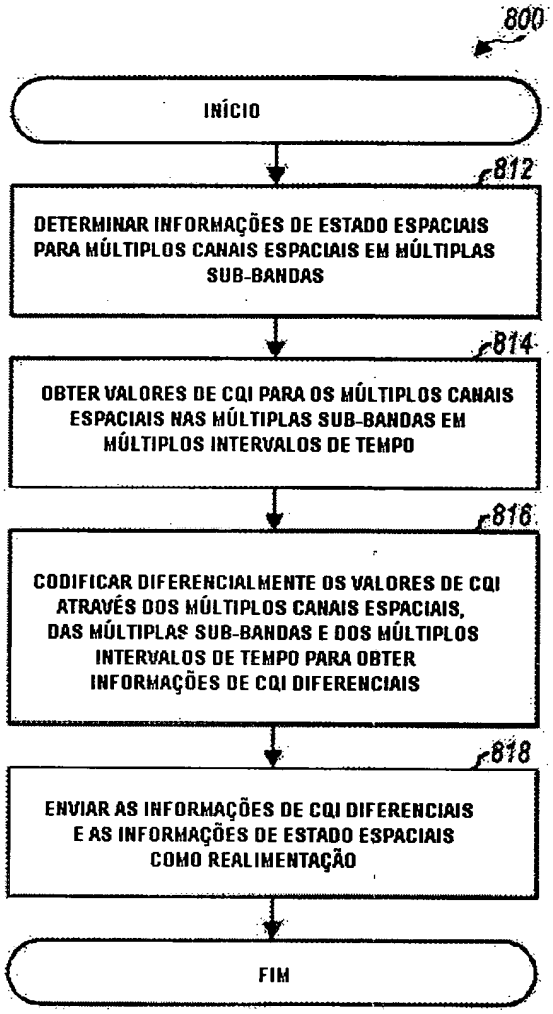

800
INÍCIO
812
DETERMINAR INFORMAÇÕES DE ESTADO ESPACIAIS PARA MÚLTIPLOS CANAIS ESPACIAIS EM MÚLTIPLAS SUB-BANDAS
814
OBTER VALORES DE CQI PARA OS MÚLTIPLOS CANAIS ESPACIAIS NAS MÚLTIPLAS SUB-BANDAS EM MÚLTIPLOS INTERVALOS DE TEMPO
816
CODIFICAR DIFERENCIALMENTE OS VALORES DE CQI ATRAVÉS DOS MÚLTIPLOS CANAIS ESPACIAIS, DAS MÚLTIPLAS SUB-BANDAS E DOS MÚLTIPLOS INTERVALOS DE TEMPO PARA OBTER INFORMAÇÕES DE CQI DIFERENCIAIS
818
ENVIAR AS INFORMAÇÕES DE CQI DIFERENCIAIS E AS INFORMAÇÕES DE ESTADO ESPACIAIS COMO REALIMENTAÇÃO
FIM

FIG. 8

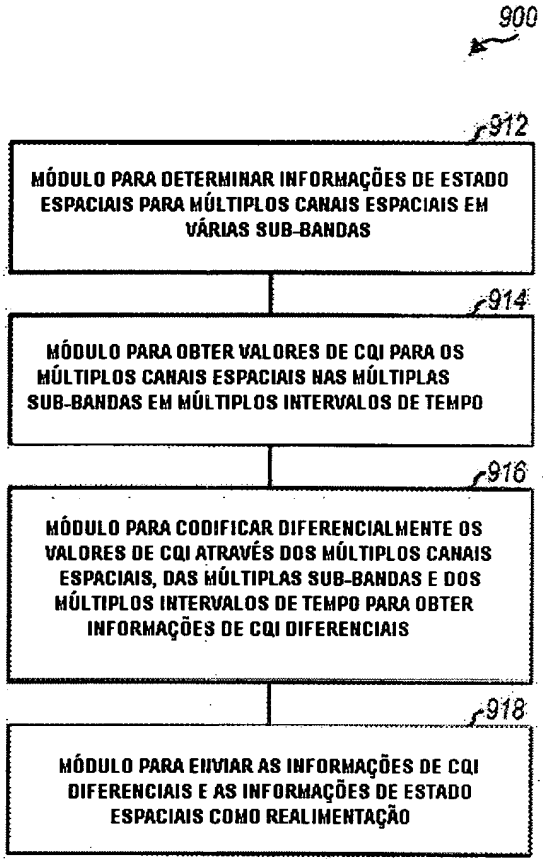

900
912
MÓDULO PARA DETERMINAR INFORMAÇÕES DE ESTADO ESPACIAIS PARA MÚLTIPLOS CANAIS ESPACIAIS EM VÁRIAS SUB-BANDAS
914
MÓDULO PARA OBTER VALORES DE CQI PARA OS MÚLTIPLOS CANAIS ESPACIAIS NAS MÚLTIPLAS SUB-BANDAS EM MÚLTIPLOS INTERVALOS DE TEMPO
916
MÓDULO PARA CODIFICAR DIFERENCIALMENTE OS VALORES DE CQI ATRAVÉS DOS MÚLTIPLOS CANAIS ESPACIAIS, DAS MÚLTIPLAS SUB-BANDAS E DOS MÚLTIPLOS INTERVALOS DE TEMPO PARA OBTER INFORMAÇÕES DE CQI DIFERENCIAIS
918
MÓDULO PARA ENVIAR AS INFORMAÇÕES DE CQI DIFERENCIAIS E AS INFORMAÇÕES DE ESTADO ESPACIAIS COMO REALIMENTAÇÃO

FIG. 9

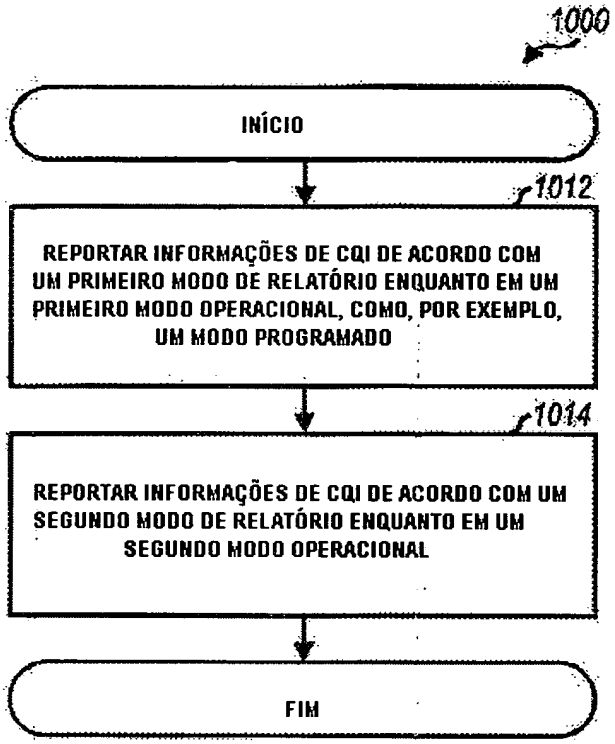

1000
INÍCIO
1012
REPORTAR INFORMAÇÕES DE CQI DE ACORDO COM UM PRIMEIRO MODO DE RELATÓRIO ENQUANTO EM UM PRIMEIRO MODO OPERACIONAL, COMO, POR EXEMPLO, UM MODO PROGRAMADO
1014
REPORTAR INFORMAÇÕES DE CQI DE ACORDO COM UM SEGUNDO MODO DE RELATÓRIO ENQUANTO EM UM SEGUNDO MODO OPERACIONAL
FIM

FIG. 10

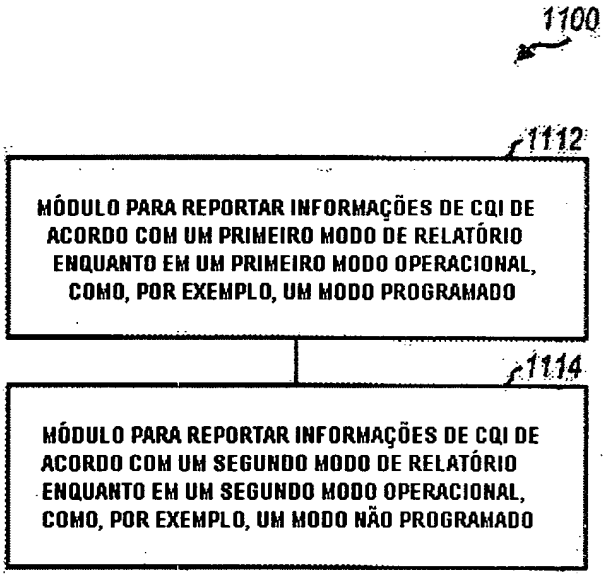

1100
1112
MÓDULO PARA REPORTAR INFORMAÇÕES DE CQI DE ACORDO COM UM PRIMEIRO MODO DE RELATÓRIO ENQUANTO EM UM PRIMEIRO MODO OPERACIONAL, COMO, POR EXEMPLO, UM MODO PROGRAMADO
1114
MÓDULO PARA REPORTAR INFORMAÇÕES DE CQI DE ACORDO COM UM SEGUNDO MODO DE RELATÓRIO ENQUANTO EM UM SEGUNDO MODO OPERACIONAL, COMO, POR EXEMPLO, UM MODO NÃO PROGRAMADO

FIG. 11

PI0709079-0

RESUMO

"REALIMENTAÇÃO DE INFORMAÇÕES DE ESTADO DE CANAL PARA MIMO E PROGRAMAÇÃO DE SUB-BANDAS EM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO SEM FIO"

São descritas técnicas para enviar de maneira eficaz informações de estado de canal utilizando codificação diferencial. A codificação diferencial pode ser efetuada através do espaço, através da freqüência, através do espaço e da freqüência, através do espaço, da freqüência e do tempo, ou através de alguma outra combinação de dimensões. Em um desenho, informações de estado espaciais podem ser determinadas para vários canais espaciais em várias sub-bandas. Os canais espaciais podem corresponder a diferentes antenas, diferentes vetores de pré-codificação, etc. Valores de indicador de qualidade de canal podem ser obtidos para os vários canais nas várias sub-bandas. Os valores de CQI podem ser codificados de maneira diferencial através dos vários canais espaciais e das várias sub-bandas de modo a se obterem informações de CQI diferenciais. Em outro desenho, valores de CQI podem ser obtidos para vários canais espaciais nas várias sub-bandas em vários intervalos de tempo e podem ser codificados de maneira diferencial através do espaço, da freqüência e do tempo. As informações de CQI diferenciais e as informações de estado espaciais podem ser enviadas como realimentação.