



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

(11) PI 0709079-0 B1



(22) Data do Depósito: 26/03/2007

(45) Data de Concessão: 24/09/2019

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

(51) Int.Cl.: H04L 1/00; H04L 1/06; H04B 7/06; H04L 27/26.

(52) CPC: H04L 1/0026; H04L 1/0029; H04L 1/06; H04B 7/0632; H04B 7/0641; (...).

(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.

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

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

(85) Data do Início da Fase Nacional: 23/09/2008

(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 espaciais 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 (...).

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

Campo da Invenção

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

Descrição da Técnica Anterior

10 Em um sistema de comunicação sem fio, uma estação base pode utilizar múltiplas (T) antenas transmissoras para transmissão de dados para um terminal equipado com múltiplas (R) antenas receptoras. As múltiplas antenas transmissoras e receptoras formam um canal de múltiplas-entradas e múltiplas-saídas (MIMO) que pode ser utilizado
15 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 para aperfeiçoar a capacidade de transmissão. Alternativamente, a estação base pode transmitir um único
20 fluxo de dados de todas as T antenas transmissoras para 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
25 elevada possa ser alcançada para transmissão de dados. Para facilitar isto, o terminal pode estimar a resposta do canal MIMO e enviar informação de estado do canal à estação base. A informação de estado do canal pode indicar quantos fluxos de dados a transmitir, como transmitir o fluxo de dados, e
30 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 este fluxo de dados e pode ser utilizado para selecionar uma taxa apropriada

para o fluxo de dados. A informação de estado de canal pode aperfeiçoar o desempenho da transmissão de dados para o terminal. Entretanto, o terminal pode consumir uma grande quantidade de recursos de rádio para enviar a informação de estado de canal à estação base.

O documento 3GPP intitulado "AMC and HARQ using frequency domain channel-dependent scheduling in MIMO channel transmission", de 25 de Agosto de 2005, descreve a redução de bits CQI na multiplexação MIMO, na qual bits CQI são gerados entre antenas e, bits CQI diferenciais são reportados no domínio espacial para a estação base no canal de controle de enlace ascendente.

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

Resumo da Invenção

A presente invenção relaciona a um aparelho, método e meio legível por processador como definido nas reivindicações apensas.

Técnicas para eficientemente enviar informação de estado de canal em um sistema de comunicação sem fio são descritas aqui. Em um aspecto, a codificação diferencial pode ser utilizada para reduzir a quantidade de informações de estado de canal a serem enviadas. A codificação diferencial refere-se ao transporte de diferenças entre valores em vez de valores reais. A codificação diferencial pode ser efetuada nos valores CQI através do espaço, através da frequência, através do espaço e frequência, através do espaço, frequência e tempo, ou através de alguma outra combinação de dimensões.

Em um projeto, a informação de estado espacial pode ser determinada para múltiplos canais espaciais em múltiplas sub-bandas. Os canais espaciais podem

corresponder a antenas diferentes, a vetores de pré-codificação diferentes, etc. A informação de estado espacial pode indicar um conjunto específico de antenas, um conjunto específico de vetores de pré-codificação, etc., a serem utilizados para transmissão de dados. Os valores CQI podem ser obtidos para os múltiplos canais espaciais nas múltiplas sub-bandas. Os valores CQI podem ser codificados diferencialmente através dos múltiplos canais espaciais e das múltiplas sub-bandas para obter informação CQI diferencial, que podem compreender múltiplos valores CQI diferenciais. Em outro projeto, valores CQI podem ser obtidos para múltiplos canais espaciais em múltiplas sub-bandas em múltiplos intervalos de tempo e podem ser diferencialmente codificados através do espaço, frequência e tempo. Em qualquer caso, a informação CQI diferencial e a informação de estado espacial podem ser enviadas como realimentação.

Em outro aspecto, diferentes informações de estado de canal podem ser enviadas em diferentes modos operacionais com relatórios heterogêneos. Em um projeto, a informação CQI pode ser reportada de acordo com um primeiro modo de relatório enquanto no primeiro modo operacional, como, por exemplo, um modo programado. A informação CQI pode ser reportada de acordo com um segundo modo de relatório enquanto no segundo modo operacional, como, por exemplo, no modo não-programado. A informação CQI pode ser gerada de diferentes maneiras e/ou enviadas em diferentes taxas para diferentes modos de relatório.

Vários aspectos e características da descrição são descritos mais detalhadamente a seguir.

Breve Descrição das Figuras

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

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

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

5 Figura 3B - mostra codificação CQI diferencial através da frequência.

Figura 3C - mostra codificação CQI diferencial através do espaço e frequência.

10 Figura 3D - mostra codificação CQI diferencial através do espaço, frequência e tempo.

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

Figura 4B - mostra codificação CQI diferencial através do espaço e frequência.

15 Figura 4C - mostra codificação CQI diferencial através do espaço, frequência e tempo.

Figura 5 - mostra relatórios CQI heterogêneos.

20 Figuras 6 e 7 - mostram um processo e um equipamento, respectivamente, para reportar informação de estado de canal com codificação diferencial através do espaço e frequência.

25 Figuras 8 e 9 - mostram um processo e um equipamento, respectivamente, para reportar informação de estado de canal com codificação diferencial através do espaço, frequência e tempo.

Figuras 10 e 11 - mostram um processo e um equipamento, respectivamente, para relatórios heterogêneos de informação de estado de canal.

Descrição Detalhada da Invenção

30 As técnicas aqui descritas para enviar informação de estado de canal podem ser utilizadas por vários sistemas de comunicação que suportam transmissão MIMO e utilizam qualquer forma de Multiplexação por Divisão de Frequência

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

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

A Figura 1 apresenta um diagrama em blocos de um projeto de uma estação base 110 e um terminal 150 em um sistema de comunicação sem fio 100. A estação base 110 pode ser também referenciada como Nó B, Nó B evoluído (eNó B), ponto de acesso, etc. O terminal 150 pode ser também referenciado 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 dispositivo de comunicação sem fio, um dispositivo portátil, um modem sem fio, um computador laptop, etc. A estação base 110 é equipada com múltiplas (T) antenas de 134a a 134t. O terminal 150 é equipado com múltiplas (R) antenas 152a a 152r. Cada antena transmissora e cada antena receptora podem ser uma antena física ou um conjunto 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 (por exemplo, formatar, codificar, intercalar, e mapear em símbolos) os dados de tráfego de acordo com um formato de pacote, e gerar símbolos de dados. Como utilizado aqui, 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. Piloto são dados que são conhecidos *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 referenciado 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 através de um canal MIMO e podem ser também referenciados como fluxos de dados, fluxos espaciais, fluxos de tráfego, etc.

Um processador MIMO TX 130 pode executar processamento espacial de transmissão 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 múltiplas antenas para pré-codificação. O processador 130 pode enviar T fluxos de símbolos de saída para T moduladores (MOD) 132a a 132t. Cada modulador 132 pode efetuar modulação (como, por exemplo, para OFDM, SC-FDM, etc.) nos símbolos de saída para obter chips de saída. Cada modulador 132 também

processa (por exemplo, converte em analógico, filtra, amplifica e converte ascendente) seus chips de saída e gera um sinal de enlace descendente. T sinais de enlace descendente dos moduladores 132a a 132t são transmitidos
5 através das antenas 134a a 134t, respectivamente.

No terminal 150, R antenas 152a a 152r recebem os T sinais de enlace descendente, e cada antena 152 envia um sinal recebido a um respectivo demodulador (DEMOD) 154. Cada demodulador 154 processa (por exemplo, filtra,
10 amplifica, converte descendente, e digitaliza) seu sinal recebido para obter amostras e pode também efetuar demodulação (como, por exemplo, para OFDM, SC-FDM, etc.) nas amostras para obter símbolos recebidos. Cada demodulador 154 pode enviar símbolos de dados recebidos
15 para um processador MIMO de recepção (RX) 160 e fornecer símbolos piloto recebidos para 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
20 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 (por exemplo, des-intercalar e decodificar) as estimativas de
25 símbolos de dados e fornecer dados decodificados a um depósito de dados 172.

O terminal 150 pode avaliar as condições de canal e enviar informação de estado de canal à estação base 110. A informação de estado de canal pode ser processada (por
30 exemplo, codificada, intercalada, e mapeada em símbolos) por um processador de sinalização TX 180, processada espacialmente por um processador MIMO TX 182, e também processadas pelos moduladores 154a a 154r para gerar R

sinais de enlace ascendente, que são transmitidos através das antenas 152a a 152r.

Na estação base 110, os R sinais de enlace ascendente são recebidos pelas antenas 134a a 134t, processados pelos demoduladores 132a a 132t, processados espacialmente por um processador MIMO RX 136, e também processados (por exemplo, des-intercalados e decodificados) por um processador de sinalização RX 138 para recuperar a informação de estado de canal enviada pelo terminal 150. O controlador/processador 140 pode controlar a transmissão de dados para o terminal 150 com base na informação de estado de canal recebida 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 enlace descendente com base na informação de estado de canal recebida de todos os terminais.

S canais espaciais podem estar disponíveis para transmissão no enlace descendente 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 $1 \leq M \leq S$. Os M canais espaciais podem ser
 5 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 a seguir assume que cada fluxo de dados é enviado em um canal espacial, que
 10 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-código podem ser
 15 enviados simultaneamente nos M fluxos de dados.

O terminal 150 pode recuperar os M fluxos de dados utilizando várias técnicas de detecção MIMO, tais como erro quadrático médio mínimo (MMSE) linear, técnica de forçar-zero (ZF), cancelamento sucessivo de interferência
 20 (SIC), todas conhecidas na técnica. O SIC acarreta a recuperação de um fluxo de dados de uma vez, estima a interferência devida a cada fluxo de dados recuperado, e cancela a interferência antes de recuperar o próximo fluxo de dados. O SIC pode aperfeiçoar as SNRs recebidas dos
 25 fluxos de dados que são recuperados posteriormente.

O sistema 100 pode suportar programação de sub-bandas para aperfeiçoar o desempenho. A largura de banda do sistema pode ser particionada em múltiplas (N) sub-bandas. Cada sub-banda pode cobrir Q sub-portadoras consecutivas
 30 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 de frequência em um canal de multi-percursos. 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 ruim. Os dados podem ser enviados a uma taxa mais elevada nas portadoras atribuídas na sub-banda com boa SNR.

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

- Informação de estado espacial utilizada para transmissão MIMO, e
- Informação CQI utilizada para programação de sub-bandas, seleção de taxa, etc.

A informação de estado espacial pode compreender vários tipos de informação. Em um projeto, a informação de estado espacial para uma dada sub-banda pode indicar um conjunto de M antenas transmissoras a serem utilizadas para transmissão de dados nesta sub-banda. O terminal 150 pode estimar a resposta do 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 (por exemplo, a capacidade de transmissão total mais elevada). A informação de estado espacial pode indicar então este conjunto de antenas transmissoras.

Em outro projeto, a informação de estado espacial para uma dada sub-banda pode indicar um conjunto de M antenas virtuais (ou, de maneira equivalente, um conjunto de M vetores de pré-codificação) a serem utilizadas para transmissão nesta 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. A informação de estado espacial pode indicar então um conjunto de M vetores de pré-codificação com o melhor desempenho, como, por exemplo, uma matriz de pré-codificação específica assim
5 como M colunas específicas desta matriz de pré-codificação.

Em geral, a informação de estado espacial pode indicar o número de fluxos de dados a ser transmitido (que pode estar relacionado com a classificação do canal MIMO), um conjunto de antenas a serem utilizadas para transmissão,
10 um conjunto de vetores de pré-codificação a ser utilizado para transmissão, outras informações ou qualquer combinação destes. A informação de estado espacial pode ser fornecida para uma ou mais sub-bandas.

A informação CQI pode transportar SNRs ou
15 informações equivalentes para diferentes canais espaciais e/ou diferentes sub-bandas. Diferentes SNRs podem ser obtidas para diferentes sub-bandas devido à seletividade de frequência do canal sem fio. Diferentes SNRs podem ser também obtidas para diferentes canais espaciais se a
20 estação base 110 utilizar mapeamento MIMO direto na transmissão de dados, se o terminal 150 efetuar cancelamento sucessivo de interferência para recepção de dados, etc. Diferentes SNRs podem ser então obtidas para diferentes canais espaciais em diferentes sub-bandas. A SNR
25 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 nesta sub-
30 banda. Em geral, a informação CQI pode 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 apresenta valores CQI para M canais espaciais em N sub-bandas. Um valor CQI X_{nm} pode ser obtido para cada canal espacial m em cada sub-banda n . O número de valores CQI pode ser então proporcional ao produto do número de canais espaciais e ao número de sub-bandas ou $M.N$ valores CQI. Estes valores CQI podem ser utilizados na programação de sub-bandas para selecionar uma sub-banda adequada para transmissão de dados. Estes valores CQI podem ser também utilizados para determinar um formato de pacote apropriado para cada canal espacial em cada sub-banda. Entretanto, o envio de todos os $M.N$ valores CQI à estação base 110 pode consumir uma quantidade significativa de recursos de enlace ascendente.

Em um aspecto, a codificação diferencial pode ser utilizada para reduzir a quantidade de informação de estado de canal a ser enviada. A codificação diferencial refere-se ao transporte 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 transportadas utilizando menos bits do que os valores reais. A codificação diferencial pode proporcionar um bom desempenho e, ao mesmo tempo, reduzir a sobrecarga (overhead) de sinalização. A codificação diferencial pode ser efetuada em valores CQI através do espaço, através da frequência, através do espaço e frequência, através do espaço, frequência e tempo, ou através de alguma outra combinação de dimensões.

A Tabela 1 enumera diferentes informações que podem ser enviadas para a informação CQI. Um valor CQI total pode ser também referenciado como um valor CQI, um valor CQI pivô, um valor CQI real, etc. Um valor CQI diferencial pode transportar a diferença entre dois valores CQI totais (por exemplo, Y ou ΔX) ou a diferença entre dois

valores CQI diferenciais (por exemplo, ΔY , $\Delta\Delta X$ ou $\Delta\Delta Y$). Em geral, a informação CQI diferencial pode compreender qualquer informação indicativa das diferenças nos valores CQI total e/ou diferencial, como, por exemplo, Y , ΔX , ΔY , $\Delta\Delta X$ e/ou $\Delta\Delta Y$ na Tabela 1.

Tabela 1

Símbolo	Descrição
X	Valor CQI total (por exemplo, um valor SNR) para um canal espacial em uma sub-banda.
Y	Diferença nos valores CQI para dois canais espaciais na mesma sub-banda.
ΔX	Diferença nos valores CQI para um dado canal espacial em duas sub-bandas.
ΔY	Diferença nos valores Y para duas sub-bandas.
$\Delta\Delta X$	Diferença nos valores ΔX para dois intervalos de tempo.
$\Delta\Delta Y$	Diferença nos valores 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 CQI total pode ser provido para o canal espacial designado, e um valor CQI diferencial pode ser provido para cada canal espacial não-designado ou para todos os canais espaciais não-designados. Para codificação diferencial através da frequência, uma sub-banda pode ser uma sub-banda designada, e as sub-bandas restantes podem ser sub-bandas não-designadas. Um valor CQI total pode ser provido para a sub-banda designada, e um valor CQI diferencial pode ser provido 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 intervalos de tempo podem

ser intervalos de tempo não-designados. Um valor CQI total pode ser provido para o intervalo de tempo designado, e um valor CQI diferencial pode ser provido para cada intervalo de tempo não-designado. Uma sub-banda designada pode ser
 5 também referenciada 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 referenciados por outros termos.

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

$$\begin{aligned} X &= X_a, & e \\ Y &= X_b - X_a \end{aligned} \quad \text{Eq (1)}$$

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

$$\begin{aligned} X_a &= X, & e \\ X_b &= X + Y \end{aligned} \quad \text{Eq (2)}$$

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

A Figura 3B apresenta um projeto de codificação
 25 CQI diferencial através da frequência para um canal

espacial em duas sub-bandas. Neste exemplo, um valor CQI de X_1 é obtido para o canal espacial na sub-banda designada 1, e um valor CQI de X_2 é obtido para o mesmo canal espacial na sub-banda não-designada 2. O terminal 150 pode derivar e enviar a informação CQI a seguir:

$$\begin{aligned} X &= X_1, \quad \text{e} \\ \Delta X &= X_2 - X_1 \end{aligned} \quad \text{Eq (3)}$$

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

$$\begin{aligned} X_1 &= X, \quad \text{e} \\ X_2 &= X + \Delta X. \end{aligned} \quad \text{Eq (4)}$$

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

A Figura 3C apresenta um projeto de codificação CQI diferencial através do espaço e frequência para dois canais espaciais em duas sub-bandas. Neste exemplo, um valor CQI de X_{1a} é obtido para o canal espacial designado a e um valor CQI de X_{1b} é obtido para o canal espacial não-designado b na sub-banda designada 1. Os valores 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 a informação CQI a seguir:

$$\begin{aligned} X &= X_{1a}, \\ Y &= X_{1b} - X_{1a}, \end{aligned} \quad \text{Eq (5)}$$

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

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

onde Y_1 e Y_2 são valores CQI diferenciais para o canal espacial b nas sub-bandas 1 e 2, respectivamente. O terminal 150 pode enviar X e Y como informação CQI para a sub-banda 1 e pode enviar ΔX e ΔY como informação 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 CQI originais, da seguinte maneira:

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

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

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

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

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

A Figura 3D apresenta um projeto de codificação CQI diferencial através do espaço, frequência e tempo para dois canais espaciais em duas sub-bandas em dois intervalos de tempo. No intervalo de tempo 1, valores CQI de X_{1a} e X_{1b} são obtidos para os canais espaciais a e b na sub-banda designada 1, e valores 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 CQI de X'_{1a} e X'_{1b} são obtidos para os canais espaciais a e b na sub-banda 1, e os valores 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 informação CQI para o intervalo de tempo 1, como apresentado no conjunto da equação (5).

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \Delta \Delta Y &= \Delta Y'_2 - \Delta Y = \underbrace{(Y'_2 - Y'_1)}_{\Delta Y'_2} - \underbrace{(Y_2 - Y_1)}_{\Delta Y} \\ &= \underbrace{(X'_{2b} - X'_{2a})}_{Y'_2} - \underbrace{(X'_{1b} - X'_{1a})}_{Y'_1} - \underbrace{(X_{2b} - X_{1a})}_{Y_2} + \underbrace{(X_{1b} - X_{1a})}_{Y_1} \end{aligned}$$

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

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

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

$\Delta \Delta Y$ é a diferença nos valores 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 informação CQI para a sub-banda 1 e pode enviar ΔX e ΔY como informação CQI para a sub-banda 2. Para o intervalo de tempo 2, o terminal 150 pode enviar $\Delta X'$ e $\Delta Y'$ como informação CQI para a sub-banda 1 e pode enviar $\Delta \Delta X$ e $\Delta \Delta Y$ como informação 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 CQI originais para o intervalo de tempo 1 como mostrado no conjunto de equações (6). A estação base 110 pode derivar os valores CQI originais para o intervalo de tempo 2, como a seguir:

$$\begin{aligned} X'_{1a} &= X + \Delta X', \\ X'_{1b} &= X'_{1a} + Y + \Delta Y', \\ X'_{2a} &= X'_{1a} + \Delta X + \Delta\Delta X, \text{ e} \\ X'_{2b} &= X'_{1b} + \Delta X + \Delta\Delta X + \Delta Y + \Delta\Delta Y = X'_{2a} + Y + \Delta Y' + \Delta Y + \Delta\Delta Y. \end{aligned} \quad \text{Eq(8)}$$

No projeto apresentado na equação (7), a codificação diferencial é efetuada primeiro através do espaço, em seguida através da frequência, e então através do tempo. A codificação diferencial pode ser efetuada primeiro através da frequência, em seguida através do espaço e então através do tempo.

Para simplificar, as Figuras 3A a 3D apresentam 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 várias maneiras. Em um projeto, supõe-se que os valores CQI para os canais espaciais estejam relacionados de maneira linear por um valor de Y comum. Assim, se o canal espacial designado a tiver um valor CQI de X , então o canal espacial b tem um valor CQI de $X+Y$, o canal espacial c tem um valor CQI de $X+2Y$, o canal espacial d tem um valor CQI de $X+3Y$, etc. Um único valor de Y pode ser enviado para todos os

canais espaciais não-designados. Em outro projeto, 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

5 espaciais a , b , c e d têm valores CQI de X_a , X_b , X_c e X_d , respectivamente, então os valores 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 Y_b , Y_c e Y_d podem ser enviados para os canais espaciais b , c e

10 d , respectivamente. Em ainda outro projeto, um valor de Y separado pode ser computado para cada canal espacial não-designado. Um único índice pode ser então enviado para transportar os valores Y para todos os canais espaciais não-designados. Diferentes combinações de valores Y podem

15 ser definidas e armazenadas em uma tabela de consulta. O índice único pode indicar uma combinação específica de valores Y na tabela de consulta que corresponde mais de perto ao conjunto de valores Y computados. Os valores Y para múltiplos canais espaciais não-designados podem ser

20 também transportados de outras maneiras. Para simplificar, muito da descrição seguinte assume um canal espacial não-designado.

Em geral, qualquer número de bits pode ser utilizado para cada peça de informação incluída na

25 informação de estado de canal. A anotação a seguir é usada na descrição abaixo:

N_x - número de bits para um valor CQI total X ,
 N_y - número de bits para um valor CQI diferencial Y ,

30 N_w - número de bits para ambos os valores CQI diferenciais ΔX e ΔY ,
 N_z - número de bits para informação de estado espacial, 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 uma dada peça de informação pode ser selecionado com base em uma
 5 compensação entre o grau de detalhe ou resolução para as informações *versus* sobrecarga de sinalização. Em um projeto 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 ,
 10 N_w e N_z .

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

15 A Figura 4A apresenta um primeiro esquema de relatório, que utiliza codificação CQI diferencial através do espaço e uma codificação independente para cada uma das N sub-bandas. Neste esquema, um valor CQI total X_n , um valor CQI diferencial Y_n , e informação de estado espacial
 20 podem ser enviados para cada uma das N sub-bandas. Um relatório CQI para todas as N sub-bandas pode incluir $N \cdot (N_z + N_x + N_y)$ bits. O valor CQI total de X_n e o valor CQI diferencial de Y_n para cada sub-banda n podem ser determinados como mostrado no conjunto de equações (1).

25 Um segundo esquema de relatório utiliza codificação 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
 30 bits, onde $L \geq 1$ e $N_L > 1$. Por exemplo, se houver oito sub-bandas e até três sub-bandas consecutivas puderem ser reportadas, então N_L pode ser igual a cinco. Neste esquema, um valor CQI total de X_n , um valor CQI diferencial de Y_n , e

a informação de estado espacial podem ser enviados para cada uma das L sub-bandas. Um relatório CQI para as L sub-bandas pode incluir $L \cdot (N_z + N_x + N_y) + N_L$ bits.

A informação CQI pode ser também enviada para
 5 diferentes subconjuntos de sub-bandas em diferentes intervalos de tempo. Por exemplo, as N sub-bandas podem ser deslocadas ciclicamente, e a informação CQI para uma sub-banda pode ser enviada com $N_z + N_x + N_y$ bits em cada intervalo de tempo. A informação CQI para mais de uma sub-
 10 banda pode ser também enviada em cada intervalo de tempo.

Um terceiro esquema de relatório utiliza codificação CQI diferencial através do espaço, codificação independente para as N sub-bandas, e informação de estado espacial comum para todas as N sub-bandas. Para cada sub-
 15 banda, um conjunto de canais espaciais (um conjunto de antenas ou um conjunto de vetores de pré-codificação, por exemplo) que provê o melhor desempenho (por exemplo, capacidade de transmissão total mais elevada) para esta sub-banda pode ser determinado. O melhor conjunto de canais
 20 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 provê o melhor desempenho médio através de
 25 todas as N sub-bandas pode ser selecionado como o conjunto de canais espaciais comuns. Valores CQI total e diferencial podem ser derivados com base no conjunto de canais espaciais comuns. Um relatório CQI para todas as N sub-bandas pode incluir $N_z + N \cdot (N_x + N_y)$ bits. A informação de
 30 estado espacial comum pode compreender também outras informações em vez de ou além do conjunto de canais espaciais comuns. Em outro projeto, a informação de estado espacial pode ser reportada para uma unidade específica

(por exemplo, cada sub-banda), e a informação CQI pode ser calculada a média e reportada para uma unidade maior (múltiplas unidades de relatório de estado espacial). A unidade de relatório CQI pode ser então maior que a unidade de relatório de estado espacial, como, por exemplo, na

A Figura 4B apresenta um quarto esquema de relatório, que utiliza codificação CQI diferencial através do espaço e frequência. Neste esquema, um valor CQI total X_l , um valor CQI Y_l , e a informação de estado espacial podem ser fornecidos para a sub-banda designada l e podem ser enviados com $N_z + (N_x + N_y)$ bits. A sub-banda designada pode ser uma sub-banda predeterminada (por exemplo, a sub-banda 1), a sub-banda com o melhor desempenho, etc. Se a sub-banda designada não for fixa, então N_s bits podem ser enviados para indicar qual sub-banda é a sub-banda designada. Valores CQI diferenciais ΔX e ΔY podem ser derivados para cada sub-banda não-designada com base na informação de estado espacial comum (por exemplo, um conjunto de canais espaciais comuns) e enviados para esta sub-banda. Um relatório 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 projeto, a codificação CQI diferencial através da frequência é alcançada obtendo as diferenças entre sub-bandas adjacentes. Neste projeto, a informação CQI diferencial para uma sub-banda não-designada n pode incluir valores 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 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 CQI pode incluir diferentes peças de informação em vários formatos. Os N índices de sub-banda podem ser dispostos de maneira monotônica de modo que a

sub-banda 1 ocupe a faixa de frequência mais baixa e a sub-banda N ocupe a faixa de frequência mais elevada na largura de banda do sistema, como mostrado na Figura 2. Se a sub-banda ℓ for a sub-banda designada, então os primeiros N_s bits podem transportar o índice de sub-banda designada ℓ , os N_z bits seguintes podem transportar a informação de estado espacial para a sub-banda ℓ , e os $(N_x + N_y)$ bits seguintes podem transportar o valor CQI total X_ℓ e o valor CQI diferencial Y_ℓ para a sub-banda ℓ . Os N_w bits seguintes podem transportar a informação CQI diferencial (por exemplo, $\Delta X_{\ell+1}$ e $\Delta Y_{\ell+1}$) entre as sub-bandas ℓ e $\ell+1$ através do espaço e frequência. Os N_w bits seguintes podem transportar informação CQI diferencial entre as sub-bandas $\ell+1$ e $\ell+2$ e assim por diante, e N_w bits podem transportar informação CQI diferencial entre as sub-bandas $N-1$ e N . Em seguida, os N_w bits seguintes podem transportar informação CQI diferencial entre as sub-bandas ℓ e $\ell-1$, os N_w bits seguintes podem transportar informação CQI diferencial entre as sub-bandas $\ell-1$ e $\ell-2$ e assim por diante, e os últimos N_w bits podem transportar informação CQI diferencial entre as sub-bandas 2 e 1.

As três primeiras colunas da Tabela 2 mostram um projeto de informação CQI diferencial para codificação diferencial entre sub-bandas adjacentes. Neste projeto, a informação CQI diferencial para cada sub-banda não-designada n inclui $N_w = 4$ bits e provêm conjuntamente (i) um valor CQI diferencial ΔX_n entre a sub-banda n e uma sub-banda adjacente para o canal espacial designado e (ii) um valor CQI diferencial ΔY_n para o canal espacial não-designado. O valor CQI para cada canal espacial em cada sub-banda pode ser determinado como mostrado nos conjuntos de equações (5) e (6).

Tabela 2

Diferencial entre sub-bandas adjacentes			Diferencial da sub-banda designada ℓ		
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 projeto, a codificação CQI diferencial através da frequência é alcançada obtendo as diferenças com relação à sub-banda designada. Neste projeto, a informação CQI diferencial para uma sub-banda não-designada n pode incluir os valores CQI diferenciais $\Delta X_n = X_n - X_\ell$ e $\Delta Y_n = Y_n - Y_\ell$ entre a sub-banda designada ℓ e a sub-banda não-designada n .

Se a sub-banda ℓ for a sub-banda designada, então os primeiros N_s bits podem transportar o índice de sub-banda designada ℓ , os N_z bits seguintes podem transportar informação de estado espacial para a sub-banda

ℓ e os $(N_x + N_y)$ bits seguintes podem transportar o valor CQI total X_ℓ e o valor CQI diferencial Y_ℓ para a sub-banda ℓ . Os N_w bits seguintes podem transportar informação CQI diferencial (por exemplo, $\Delta X_{\ell+1}$ e $\Delta Y_{\ell+1}$) entre as sub-bandas ℓ e $\ell+1$ através do espaço e frequência. Os N_w bits seguintes podem transportar a informação CQI diferencial entre as sub-bandas ℓ e $\ell+2$, e assim por diante, e N_w bits podem transportar a informação CQI diferencial entre as sub-bandas ℓ e N . Em seguida, os N_w bits seguintes podem transportar a informação CQI diferencial entre as sub-bandas ℓ e $\ell+1$, os N_w seguintes podem transportar a informação CQI diferencial entre as sub-bandas ℓ e $\ell+2$, e assim por diante, e os últimos N_w bits podem transportar a informação CQI diferencial entre as sub-bandas ℓ e 1.

As três últimas colunas da Tabela 2 apresentam um projeto de informação CQI diferencial para codificação diferencial com relação à sub-banda designada. Neste projeto, a informação CQI diferencial para cada sub-banda não-designada n inclui $N_w = 4$ bits e provêem conjuntamente (i) um valor CQI diferencial ΔX_n entre as sub-bandas ℓ e n para o canal espacial designado e (ii) um valor 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 CQI diferencial ΔX_n para cada sub-banda não-designada deve ser um valor não-positivo. O valor CQI para cada canal espacial em cada sub-banda pode ser determinado como mostrado nos conjuntos de equações (5) e (6).

A Tabela 3 mostra outro projeto da informação CQI diferencial 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 CQI diferenciais ΔX_n e ΔY_n . Outros projetos de codificação conjunta podem ser também utilizados.

Um relatório CQI pode transportar informação CQI para todas as N sub-bandas, por exemplo, como mostrado na Figura 4B. Um relatório CQI pode transportar também informação CQI para um subconjunto das N sub-bandas. Em um projeto, um relatório CQI para um intervalo de tempo pode incluir um valor CQI total X_ℓ , um valor CQI diferencial Y_ℓ e a informação de estado espacial para a sub-banda designada ℓ e pode ser enviado com $N_s + N_z + (N_x + N_y)$ bits. Um relatório CQI para um intervalo de tempo ímpar pode incluir valores 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 a informação CQI para as sub-bandas não-designadas pode ser enviada em múltiplos intervalos de tempo. A informação CQI para as sub-bandas designadas e não-designadas pode ser também enviada de outras maneiras.

A Figura 4C mostra um quinto esquema de relatório, que utiliza codificação CQI diferencial através do espaço, frequência e tempo. Uma codificação diferencial pode ser efetuada através do tempo (por exemplo, através de intervalos de relatório consecutivos) se o canal sem fio variar lentamente. Neste esquema, um relatório CQI contendo informação CQI de espaço-frequência pode ser enviado a cada P intervalos de tempo, onde $P > 1$. A informação CQI de espaço-frequência pode compreender informação CQI gerada para um ou mais canais espaciais em uma ou mais sub-bandas com base em qualquer um dos esquemas descritos acima. Por exemplo, a informação CQI de espaço-frequência pode compreender $N_z + (N_x + N_y) + (N - 1) \cdot N_w + N_s$ bits para a informação CQI gerada para dois canais espaciais em N sub-bandas com base no quarto esquema descrito acima. A informação CQI de espaço-frequência pode ser enviada em um intervalo de tempo ou possivelmente em múltiplos intervalos de tempo, como discutido acima. Um ou mais relatórios CQI contendo informação CQI diferencial temporal podem ser enviados em intervalos de tempo entre os relatórios com informação CQI de espaço-frequência. A informação CQI diferencial temporal em cada relatório CQI pode ser gerada com relação à informação CQI para um relatório CQI anterior. A informação CQI diferencial temporal pode 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 como descrito acima para a Figura 3D. Uma alteração na sub-banda designada pode ser feita a cada P intervalos de tempo.

O primeiro ao quinto esquemas de relatório descritos acima assumem que múltiplos canais espaciais estão disponíveis. Se um único canal espacial for utilizado, então uma codificação diferencial pode ser

efetuada através da frequência, e um valor CQI diferencial ΔY pode ser omitido. Valores de ΔX podem ser enviados com menos bits uma vez que apenas a diferença através da frequência (e não através do espaço) é transmitida. A
 5 codificação diferencial pode ser também efetuada através da frequência e tempo. Os valores ΔX e $\Delta\Delta X$ podem ser enviados com menos bits se a codificação diferencial através do espaço não for efetuada.

Em geral, a informação CQI e a informação de
 10 estado espacial podem ser reportadas na mesma taxa ou em taxas diferentes. A informação de estado espacial pode ser reportada a uma taxa, e a informação CQI pode ser reportada a uma segunda taxa, que pode ser mais lenta ou mais rápida que a primeira taxa.

A informação de estado de canal pode ser gerada e reportada 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 projeto, a informação de estado de canal pode ser obtida
 20 para a sub-banda designada e reportada. Em outro projeto, a informação de estado de canal pode ser calculada a média através de todas as sub-bandas (por exemplo, com base em uma função de capacidade de canal), e a informação de estado de canal média pode ser reportada. Se a informação
 25 de estado de canal média for reportada, então a informação CQI diferencial pode ser obtida com relação à informação CQI média. Além disto, não há necessidade de transportar a sub-banda designada.

A informação de estado espacial pode depender da
 30 preferência do terminal 150. Em um projeto, 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 projeto, o critério pode ser baseado nas características de canal da sub-banda designada.

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

Em outro projeto, o terminal 150 pode gerar e/ou reportar informação de estado de canal de maneiras diferentes durante a duração de serviço. Este projeto pode ser utilizado, por exemplo, quando a duração de serviço for muito mais longa que o intervalo de relatório. O terminal 150 pode transmitir múltiplos 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 múltiplos intervalos de relatório.

Uma sub-banda designada pode ser selecionada para cada transmissão de pacote e podem alterar 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 CQI enviados durante a transmissão de pacotes.

O terminal 150 pode funcionar em um de vários modos de operação, 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 enlace descendente 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 a informação de

estado de canal média para a(s) sub-banda(s) alocada(s) em vez de reportar sem precisão a informação de estado de canal para todas as sub-bandas. No modo não-programado, o terminal 150 pode não ser programado para transmissão no
 5 enlace descendente e pode não ter uma alocação persistente de sub-bandas. No modo não-programado, pode ser desejável reportar a informação de estado de canal para o maior número possível de sub-bandas. O terminal 150 pode transitar entre os modos programado e não-programado
 10 dependendo de se o terminal é 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.

Em outro aspecto, um esquema de relatório
 15 heterogêneo é usado, e o terminal 150 pode enviar diferentes informações de estado de canal dependendo do seu modo operacional. No modo programado, o terminal 150 pode gerar um valor CQI total X e um valor CQI diferencial Y com base nas características de canal totais ou médias da(s)
 20 sub-banda(s) alocada(s). O terminal 150 pode transportar o valor CQI total, o valor CQI diferencial, e a informação de estado espacial em $N_z + (N_x + N_y)$ bits. O terminal 150 pode reportar informação de estado de canal a uma taxa mais elevada ou mais freqüentemente de modo a atualizar a
 25 informação 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 informação CQI para todas ou várias das sub-bandas. Por
 30 exemplo, o terminal 150 pode gerar informação 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 informação CQI com base no quinto esquema de relatório da Figura 4C ou em algum outro esquema. O terminal 150 pode reportar informação de estado de canal a uma taxa mais baixa ou
 5 menos freqüentemente, de modo a reduzir a sobrecarga 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
 10 tempo, o terminal 150 pode determinar informação de estado de canal (por exemplo, CQI médio) apenas para a(s) sub-banda(s) selecionada(s) e pode reportar informação de estado de canal de maneira mais freqüente, como, por exemplo, a uma taxa única a cada T_{rep1} segundos. O terminal
 15 150 pode funcionar no modo não-programado entre os tempos T_2 e T_3 . Durante este período de tempo, o terminal 150 pode determinar a informação de estado de canal para todas as N sub-bandas (por exemplo, CQI para cada sub-banda) e pode reportar a informação de estado de canal menos
 20 freqüentemente, como, por exemplo, a uma taxa única a cada T_{rep2} segundos, onde $T_{rep2} > T_{rep1}$.

A Figura 6 mostra um projeto de um processador 600 para reportar informação de estado de canal com codificação diferencial através do espaço e frequência. A
 25 informação de estado espacial pode ser determinada para múltiplos canais espaciais em múltiplas sub-bandas (bloco 612). Os múltiplos canais espaciais podem corresponder a múltiplas antenas selecionadas dentre uma pluralidade de antenas disponíveis para transmissão. A informação de
 30 estado espacial pode então transportar as antenas selecionadas. Os múltiplos canais espaciais podem também corresponder a múltiplos vetores de pré-codificação dentre uma pluralidade de vetores de pré-codificação disponíveis

para transmissão. A informação de estado espacial pode então transportar os vetores de pré-codificação selecionados. A informação de estado espacial pode transportar múltiplos canais espaciais para cada sub-banda, para cada conjunto de sub-bandas, ou para todas as sub-bandas.

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

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

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

podem ser codificados de maneira diferencial primeiro através das múltiplas sub-bandas e em seguida através dos múltiplos canais espaciais.

Os múltiplos canais espaciais podem compreender
 5 um canal espacial designado e pelo menos um canal espacial não-designado. As múltiplas sub-bandas podem compreender uma sub-banda designada e pelo menos uma sub-banda não-designada. Pelo menos um valor CQI diferencial (por exemplo, Y_n) pode ser determinado para pelo menos um canal
 10 espacial não-designado em cada sub-banda com base nos valores CQI para os canais espaciais nesta sub-banda. Para cada sub-banda não-designada, a diferença (por exemplo, ΔX_n) entre um valor CQI para o canal espacial designado nesta sub-banda não-designada e um valor CQI para o canal
 15 espacial designado ou na sub-banda designada ou em uma sub-banda adjacente pode ser determinada. Para cada sub-banda não-designada, a diferença (por exemplo, ΔY_n) entre pelo menos um valor CQI diferencial (por exemplo, Y_n) para pelo menos um canal espacial não-designado nesta sub-banda não-
 20 designada e pelo menos um valor CQI diferencial (por exemplo, Y_n , Y_{n-1} ou Y_{n+1}) para pelo menos um canal espacial não-designado ou na sub-banda designada ou em uma sub-banda adjacente pode ser também determinada. Para cada sub-banda não-designada, o valor CQI diferencial (por exemplo, ΔX_n)
 25 para o canal espacial designado e pelo menos um valor CQI diferencial (por exemplo, ΔY_n) para pelo menos um canal espacial não-designado pode ser mapeado em um índice, que pode ser enviado como a informação CQI diferencial para esta sub-banda não-designada.

30 A Figura 7 mostra um projeto de um equipamento 700 para reportar informação de estado de canal com codificação diferencial através do espaço e frequência. O

equipamento 700 inclui mecanismos para determinar a
 informação de estado espacial para múltiplos canais
 espaciais em múltiplas sub-bandas (módulo 712), mecanismos
 para obter valores CQI para os múltiplos canais espaciais
 5 nas múltiplas sub-bandas (módulo 714), mecanismos para
 codificar de maneira diferencial os valores CQI através dos
 múltiplos canais espaciais e das múltiplas sub-bandas para
 obter informação CQI diferencial (módulo 716), e mecanismos
 para enviar a informação CQI diferencial e a informação de
 10 estado espacial como realimentação (módulo 718). Os módulos
 712 a 718 podem compreender processadores, dispositivos
 eletrônicos, dispositivos de hardware, componentes
 eletrônicos, circuitos lógicos, memórias, etc., ou qualquer
 combinação destes.

15 A Figura 8 mostra um projeto de um processo 800
 para reportar informação de estado de canal com codificação
 diferencial através do espaço, frequência e tempo. A
 informação de estado espacial pode ser determinada para
 múltiplos canais espaciais em múltiplas sub-bandas (bloco
 20 812). Valores CQI podem ser obtidos para os múltiplos
 canais espaciais nas múltiplas sub-bandas em múltiplos
 intervalos de tempo (bloco 814). Os valores CQI podem ser
 codificados de maneira diferencial através dos múltiplos
 canais espaciais, das múltiplas sub-bandas, e dos múltiplos
 25 intervalos de tempo para obter informação CQI diferencial
 (bloco 816). A informação CQI diferencial e a informação de
 estado espacial podem ser enviadas como realimentação
 (bloco 818).

30 Para o bloco 816, os valores CQI podem ser
 codificados de maneira diferencial através dos múltiplos
 canais espaciais e das múltiplas sub-bandas em cada
 intervalo de tempo para obter valores CQI diferenciais (por
 exemplo, Y , ΔX , e ΔY) para este intervalo de tempo. Os

valores CQI podem ser codificados de maneira diferencial primeiro através dos múltiplos canais espaciais e em seguida através das múltiplas sub-bandas. Os múltiplos 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, as diferenças (por exemplo, $\Delta\Delta X$ e $\Delta\Delta Y$) entre os valores CQI diferenciais para este intervalo de tempo não-designado e os valores CQI diferenciais para um intervalo de tempo precedente podem ser determinadas.

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

A Figura 9 mostra um projeto de um equipamento 900 para reportar informação de estado de canal com codificação diferencial através do espaço, frequência e tempo. O equipamento 900 inclui mecanismos para determinar informação de estado espacial para múltiplos canais espaciais em múltiplas sub-bandas (módulo 912), mecanismos para obter valores CQI para os múltiplos canais espaciais nas múltiplas sub-bandas em múltiplos intervalos de tempo (módulo 914), mecanismos para codificar de maneira diferencial os valores CQI através dos múltiplos canais espaciais, das múltiplas sub-bandas, e dos múltiplos intervalos de tempo para obter informação CQI diferencial (módulo 916), e mecanismos para enviar a informação CQI diferencial e a informação de estado espacial como

realimentação (módulo 918). Os módulos 912 a 918 podem compreender processadores, dispositivos eletrônicos, dispositivos de hardware, componentes eletrônicos, circuitos lógicos, memórias, etc. ou qualquer combinação
5 destes.

A Figura 10 mostra um projeto de um processo 1000 para reportar de maneira heterogênea informação de estado de canal. A informação CQI pode ser reportada de acordo com um primeiro modo de relatório enquanto no primeiro modo
10 operacional, como, por exemplo, um modo programado (bloco 1012). A informação CQI pode ser reportada de acordo com um segundo modo de relatório enquanto em um segundo modo operacional, como, por exemplo, um modo não-programado (bloco 1014). A informação CQI pode ser enviada a uma
15 primeira taxa no primeiro modo de relatório e pode ser enviada 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 CQI podem ser obtidos para múltiplos canais espaciais em pelo
20 menos uma sub-banda selecionada dentre múltiplas sub-bandas disponíveis para transmissão. Os valores CQI podem ser codificados de maneira diferencial através dos múltiplos canais espaciais e de pelo menos uma sub-banda selecionada para obter a informação CQI para o primeiro modo de
25 relatório. Os valores CQI podem ter a média calculada através da(s) sub-banda(s) selecionada(s), e os valores CQI médios para os múltiplos canais espaciais podem ser codificados de maneira diferencial.

Para o segundo modo de relatório, os valores CQI
30 podem ser obtidos para múltiplos canais espaciais em múltiplas sub-bandas disponíveis para transmissão. Os valores CQI podem ser codificados de maneira diferencial através dos múltiplos canais espaciais e das múltiplas sub-

bandas para obter a informação CQI para o segundo modo de relatório.

A Figura 11 mostra um projeto de um equipamento 1100 para reportar de maneira heterogênea a informação de estado de canal. O equipamento 1100 inclui mecanismos para reportar informação CQI de acordo com um primeiro modo de relatório enquanto em um primeiro modo operacional, como, por exemplo, um modo programado (módulo 1112), e mecanismos para reportar informação 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, dispositivos eletrônicos, dispositivos de hardware, componentes eletrônicos, circuitos lógicos, memórias, etc., ou qualquer combinação destes.

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 CQI diferencial de espaço-freqüência (por exemplo, o quarto esquema de relatório da Figura 4B) ou a codificação CQI diferencial de espaço-freqüência-tempo (por exemplo, o quinto esquema de relatório da Figura 4C) podem ser capazes de reduzir a sobrecarga de realimentação na operação MIMO-OFDMA. Os fluxos de dados podem ser enviados com diversidade espacial, como, por exemplo, utilizando permuta de antenas, pré-codificação, etc. A diversidade espacial pode resultar em variações SNR menores entre sub-bandas adjacentes do que para uma transmissão de entrada-única e saída-única (SISO). A variação SNR menor pode tornar a codificação diferencial bidimensional através do espaço e freqüência mais eficiente.

As técnicas aqui descritas podem ser implementadas por vários mecanismos. Por exemplo, estas

técnicas podem ser implementadas em hardware, firmware, software ou uma combinação destes. Para uma implementação em hardware, as unidades de processamento utilizadas para realizar as técnicas podem ser implementadas dentro de um
5 ou mais circuitos integrados de aplicação específica (ASICs), processadores de sinal digital (DSPs), dispositivos de processamento de sinal digital (DSPDs), dispositivos lógicos programáveis (PLDs), conjuntos de portas programáveis em campo (FPGAs), processadores,
10 controladores, microcontroladores, microprocessadores, dispositivos eletrônicos, outras unidades eletrônicas projetadas para desempenhar as funções aqui descritas, um computador, ou uma combinação destes.

Para uma implementação em firmware e/ou software,
15 as técnicas podem ser implementadas com módulos (como, por exemplo, procedimentos, funções, e etc.) que executam as funções aqui descritas. As instruções de firmware e/ou software podem ser armazenadas em uma memória (por exemplo, a memória 192 da Figura 1) e executadas por um processador
20 (por exemplo, o processador 190). A memória pode ser implementada dentro do processador ou externa ao processador. As instruções de firmware e/ou software podem ser também armazenadas em outro meio legível por processador, tal como uma memória de acesso aleatório
25 (RAM), uma memória de leitura (ROM), uma memória de acesso aleatório não-volátil (NVRAM), uma memória de leitura programável (PROM), uma PROM eletricamente apagável (EEPROM), uma memória FLASH, um disco compacto, dispositivo de armazenamento de dados magnético ou óptico, etc.

30 A descrição anterior da invenção é apresentada para permitir que qualquer pessoa versada na técnica realize 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 conceito inventivo ou escopo da invenção. Assim, a presente invenção não pretende ser limitada às
5 modalidades aqui mostradas, mas deve receber o escopo mais amplo compatível com os princípios e os novos aspectos aqui descritos.

REIVINDICAÇÕES

1. Equipamento para enviar informação de estado de canal em um sistema de comunicação sem fio, compreendendo:

- 5 - mecanismos para obter valores de indicador de qualidade de canal, CQI, para múltiplos canais espaciais;
- mecanismos para codificar diferencialmente os valores CQI através de múltiplos canais espaciais para obter informação CQI diferencial; e
- 10 - mecanismos para enviar a informação CQI diferencial como realimentação;

CARACTERIZADO pelo fato de que um dos múltiplos canais espaciais é um canal espacial designado e os canais espaciais restantes são canais espaciais não-designados e os mecanismos para enviar a informação CQI diferencial como realimentação compreendem mecanismos para enviar um valor CQI total para o canal espacial designado e um valor CQI diferencial para os canais espaciais não-designados.

2. Equipamento de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

- 20 - os mecanismos para obter os valores CQI compreendem mecanismos para obter valores CQI para os múltiplos canais espaciais em múltiplas sub-bandas; e
- os mecanismos para codificar diferencialmente os valores CQI compreendem mecanismos para codificar diferencialmente os valores CQI através dos múltiplos canais espaciais e das múltiplas sub-bandas para obter informação CQI diferencial.

3. Equipamento de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

- 30 - um processador configurado para obter os valores CQI para os múltiplos canais espaciais nas múltiplas sub-bandas, para codificar diferencialmente os

valores CQI através dos múltiplos canais espaciais e das múltiplas sub-bandas para obter a informação CQI diferencial, e para enviar a informação CQI diferencial como realimentação; e

- 5 - uma memória acoplada ao processador.

4. Equipamento de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o processador é configurado para codificar diferencialmente os valores CQI através dos múltiplos canais espaciais e das múltiplas sub-bandas com relação a um valor CQI de referência, e para enviar o valor CQI de referência com a informação CQI diferencial.

5. Equipamento de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o valor CQI de referência é:

- 15 - um valor CQI para um canal espacial designado em uma sub-banda designada; ou
- um valor CQI médio para os múltiplos canais espaciais e as múltiplas sub-bandas;
- um valor CQI médio para os múltiplos canais espaciais em uma sub-banda designada; ou
- 20 - um valor CQI médio para um canal espacial designado nas múltiplas sub-bandas.

6. Equipamento de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o processador é configurado para:

- 25 - primeiramente codificar diferencialmente os valores CQI através dos múltiplos canais espaciais e a seguir codificar diferencialmente os valores CQI através de múltiplas sub-bandas; ou
- primeiramente codificar diferencialmente os
- 30 valores CQI através das múltiplas sub-bandas e a seguir codificar diferencialmente os valores CQI através dos múltiplos canais espaciais.

7. Equipamento de acordo com a reivindicação 3,
CARACTERIZADO pelo fato de que os múltiplos canais
espaciais compreendem um canal espacial designado e pelo
menos um canal espacial não-designado, em que as múltiplas
5 sub-bandas compreendem uma sub-banda designada e pelo menos
uma sub-banda não-designada e em que o processador é
configurado para enviar informação CQI diferencial para
cada sub-banda não-designada.

8. Equipamento de acordo com a reivindicação 7,
10 **CARACTERIZADO** pelo fato de que o processador é configurado
para determinar pelo menos um valor CQI diferencial para o
pelo menos um canal espacial não-designado em cada sub-
banda com base nos valores CQI para os múltiplos canais
espaciais na sub-banda.

15 9. Equipamento de acordo com a reivindicação 8,
CARACTERIZADO pelo fato de que para cada sub-banda não-
designada o processador é configurado para determinar
diferença entre um valor CQI para o canal espacial
designado na sub-banda não-designada e um valor CQI para o
20 canal espacial designado na sub-banda designada, e para
determinar diferença entre pelo menos um valor CQI
diferencial para o pelo menos um canal espacial não-
designado na sub-banda não-designada e pelo menos um valor
CQI diferencial para o pelo menos um canal espacial não-
25 designado na sub-banda designada.

10. Equipamento de acordo com a reivindicação 8,
CARACTERIZADO pelo fato de que para cada sub-banda não-
designada o processador é configurado para determinar
diferença entre um valor CQI para o canal espacial
designado na sub-banda não-designada e um valor CQI para o
30 canal espacial designado em uma sub-banda adjacente, e para
determinar diferença entre pelo menos um valor CQI
diferencial para o pelo menos um canal espacial não-

designado na sub-banda não-designada e pelo menos um valor CQI diferencial para o pelo menos um canal espacial não-designado na sub-banda adjacente.

11. Equipamento de acordo com a reivindicação 7,
5 **CARACTERIZADO** pelo fato de que para cada sub-banda não-designada o processador é configurado para obter um valor CQI diferencial para o canal espacial designado, para obter pelo menos um valor CQI diferencial para o pelo menos um canal espacial não-designado, para mapear o valor CQI
10 diferencial para o canal espacial designado e o pelo menos um valor CQI diferencial para o pelo menos um canal espacial não-designado para um índice, e para enviar o índice como informação CQI diferencial para a sub-banda não-designada.

12. Equipamento de acordo com a reivindicação 3,
15 **CARACTERIZADO** pelo fato de que o processador é configurado para determinar informação de estado espacial para pelo menos uma das múltiplas sub-bandas e para enviar a informação de estado espacial como realimentação.

13. Equipamento de acordo com a reivindicação 12,
20 **CARACTERIZADO** pelo fato de que os múltiplos canais espaciais correspondem a múltiplas antenas selecionadas dentre uma pluralidade de antenas disponíveis para transmissão, e em que a informação de estado espacial
25 transporta as antenas selecionadas.

14. Equipamento de acordo com a reivindicação 12,
30 **CARACTERIZADO** pelo fato de que os múltiplos canais espaciais correspondem á múltiplos vetores de pré-codificação selecionados dentre uma pluralidade de vetores de pré-codificação disponíveis para transmissão, e em que a informação de estado espacial transporta os vetores de pré-codificação selecionados.

15. Equipamento de acordo com a reivindicação 1,
CARACTERIZADO pelo fato de que compreende:

- um processador configurado para obter os valores CQI para os múltiplos canais espaciais, para
5 codificar diferencialmente os valores CQI através dos múltiplos canais espaciais para obter informação CQI diferencial, e para enviar a informação CQI diferencial como realimentação, e
- uma memória acoplada ao processador.

10 16. Equipamento de acordo com a reivindicação 3,
CARACTERIZADO pelo fato de que o processador é configurado para obter valores CQI para múltiplos canais espaciais em múltiplas sub-bandas em múltiplos intervalos de tempo, para
15 codificar diferencialmente os valores CQI através dos múltiplos canais espaciais, das múltiplas sub-bandas, e dos múltiplos intervalos de tempo para obter informação CQI diferencial, e para enviar a informação CQI diferencial como realimentação.

20 17. Método para enviar informação de estado de canal em um sistema de comunicação sem fio, compreendendo:

- obter valores de indicador de qualidade de canal, CQI, para múltiplos canais espaciais;
- codificar diferencialmente os valores CQI através de múltiplos canais espaciais para obter informação
25 CQI diferencial; e
- enviar a informação CQI diferencial como realimentação;

CARACTERIZADO pelo fato de que um dos múltiplos canais espaciais é um canal espacial designado e os canais
30 espaciais restantes são canais espaciais não-designados e enviar a informação CQI diferencial como realimentação compreende enviar um valor CQI total para o canal espacial

designado e um valor CQI diferencial para os canais espaciais não-designados.

18. Método de acordo com a reivindicação 17, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

- 5 - obter os valores CQI compreende obter valores CQI para os múltiplos canais espaciais em múltiplas sub-bandas; e
- codificar diferencialmente os valores CQI compreende codificar diferencialmente os valores CQI
- 10 através dos múltiplos canais espaciais e das múltiplas sub-bandas para obter informação CQI diferencial.

19. Método de acordo com a reivindicação 17, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

- obter os valores CQI compreende obter valores
- 15 CQI para múltiplos canais espaciais em múltiplas sub-bandas em múltiplos intervalos de tempo; e
- codificar diferencialmente os valores CQI compreende codificar diferencialmente os valores CQI
- 20 através dos múltiplos canais espaciais, das múltiplas sub-bandas, e dos múltiplos intervalos de tempo para obter informação CQI diferencial.

20. Meio legível por computador incluindo instruções armazenadas neste, compreendendo:

- um primeiro conjunto de instruções para obter
- 25 valores de indicador de qualidade de canal, CQI, para múltiplos canais espaciais;
- um segundo conjunto de instruções para codificar diferencialmente os valores CQI através de múltiplos canais espaciais para obter informação CQI
- 30 diferencial; e
- um terceiro conjunto de instruções para enviar a informação CQI diferencial como realimentação;

CARACTERIZADO pelo fato de que um dos múltiplos canais espaciais é um canal espacial designado e os canais espaciais restantes são canais espaciais não-designados e pelo fato de que enviar a informação CQI diferencial como
5 realimentação compreende enviar um valor CQI total para o canal espacial designado e um valor CQI diferencial para os canais espaciais não-designados.

21. Meio legível por processador de acordo com a reivindicação 20, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

10 - o primeiro conjunto de instruções é para obter valores CQI para os múltiplos canais espaciais em múltiplas sub-bandas; e

- o segundo conjunto de instruções é para
codificar diferencialmente os valores CQI através dos
15 múltiplos canais espaciais e das múltiplas sub-bandas para obter informação CQI diferencial.

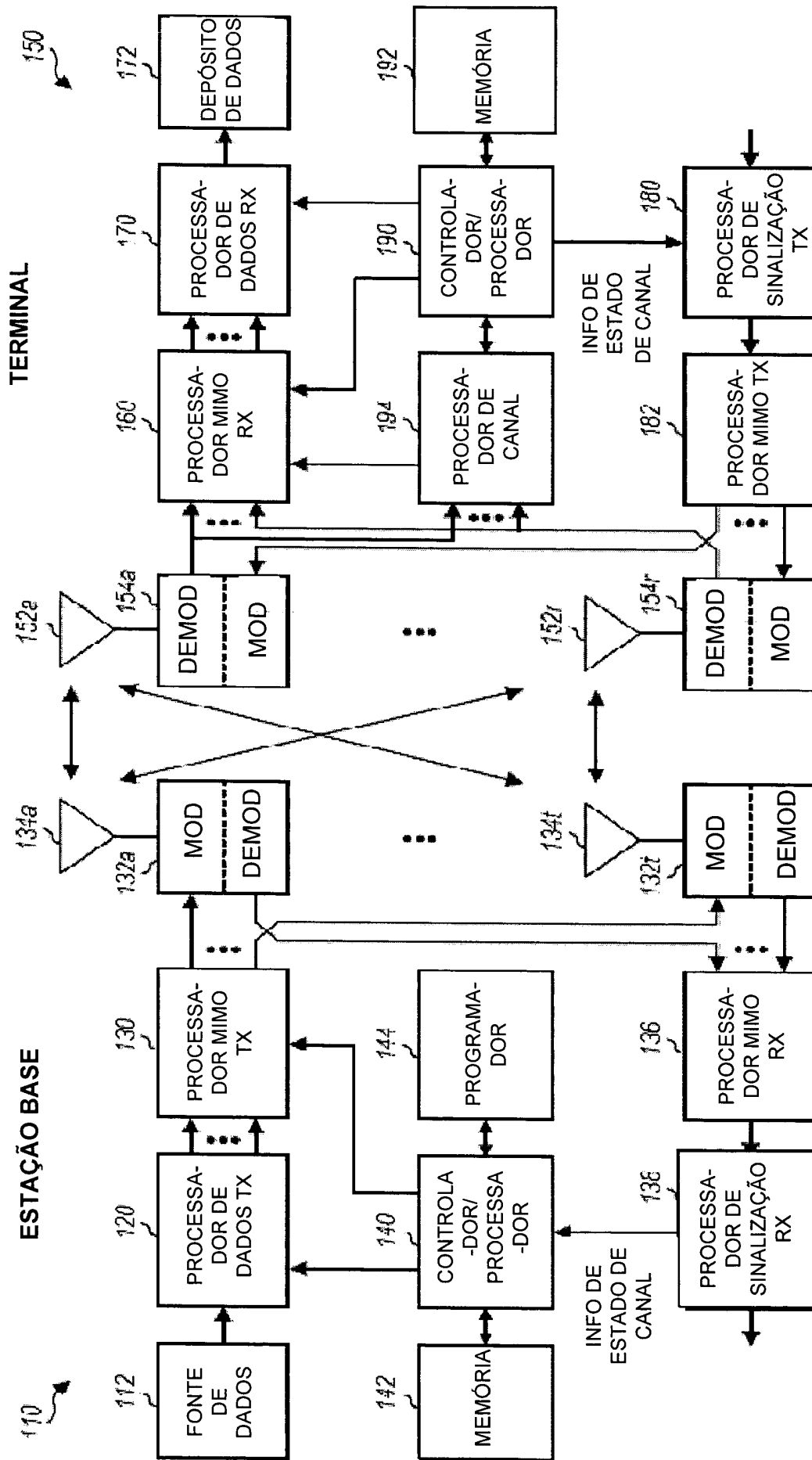


FIG. 1

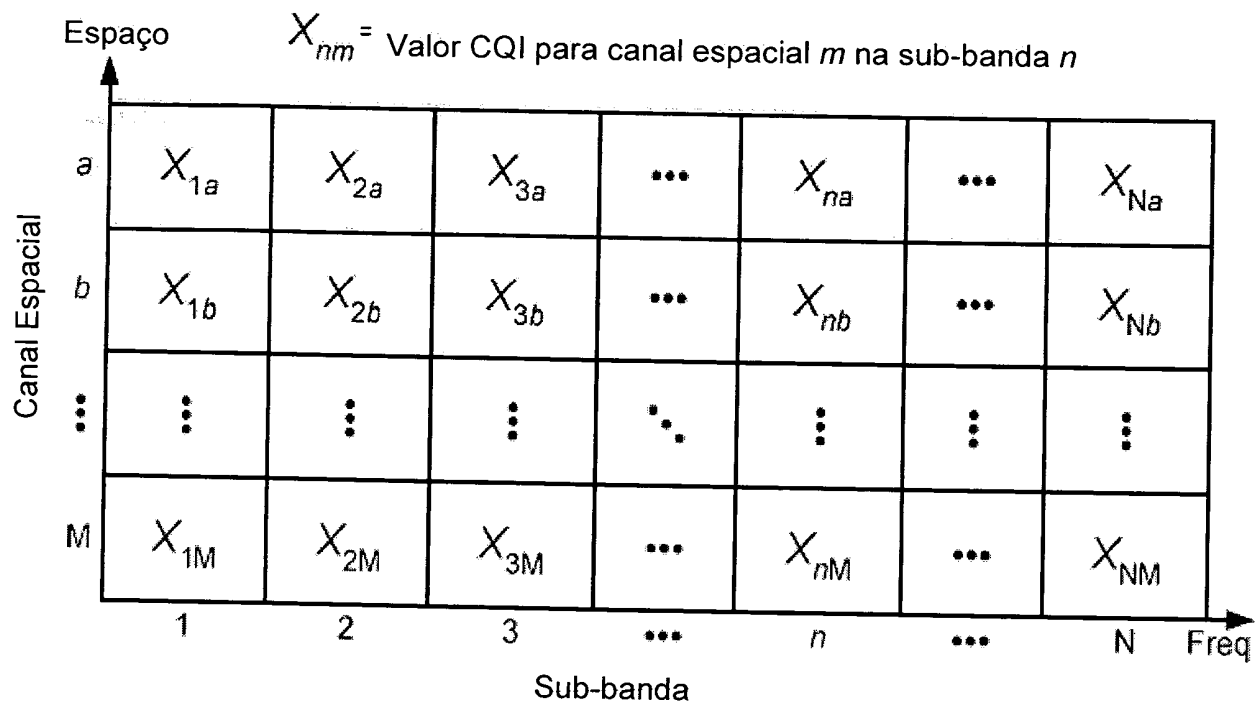


FIG. 2

Codificação CQI Diferencial Através do Espaço

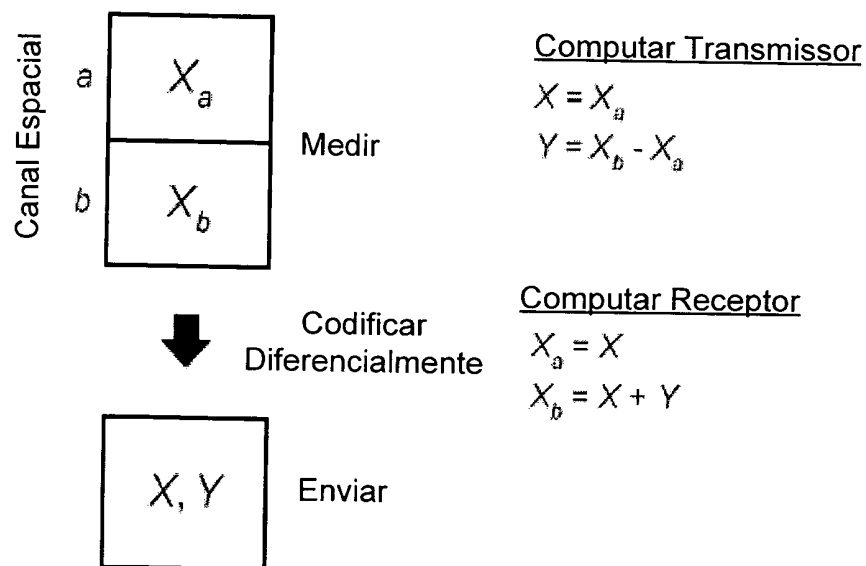


FIG. 3A

Codificação CQI Diferencial Através da Frequência

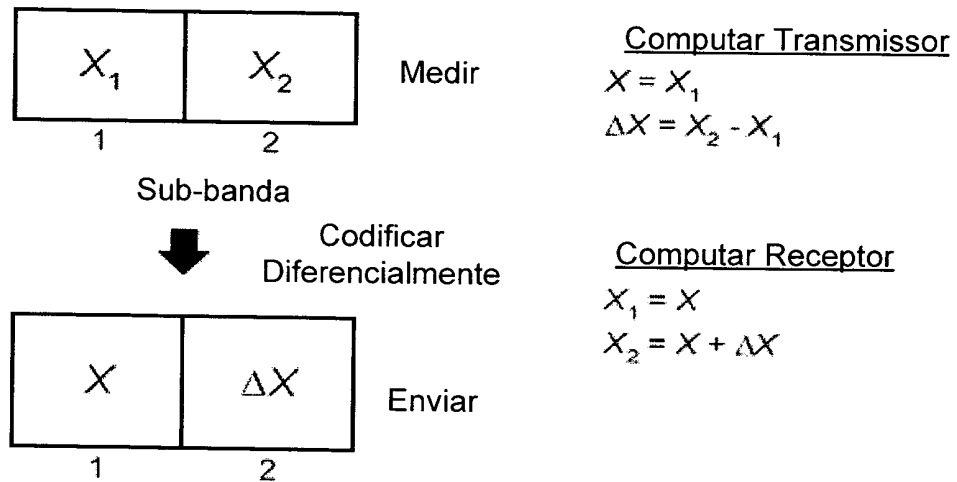


FIG. 3B

Codificação CQI Diferencial Através do Espaço e Frequência

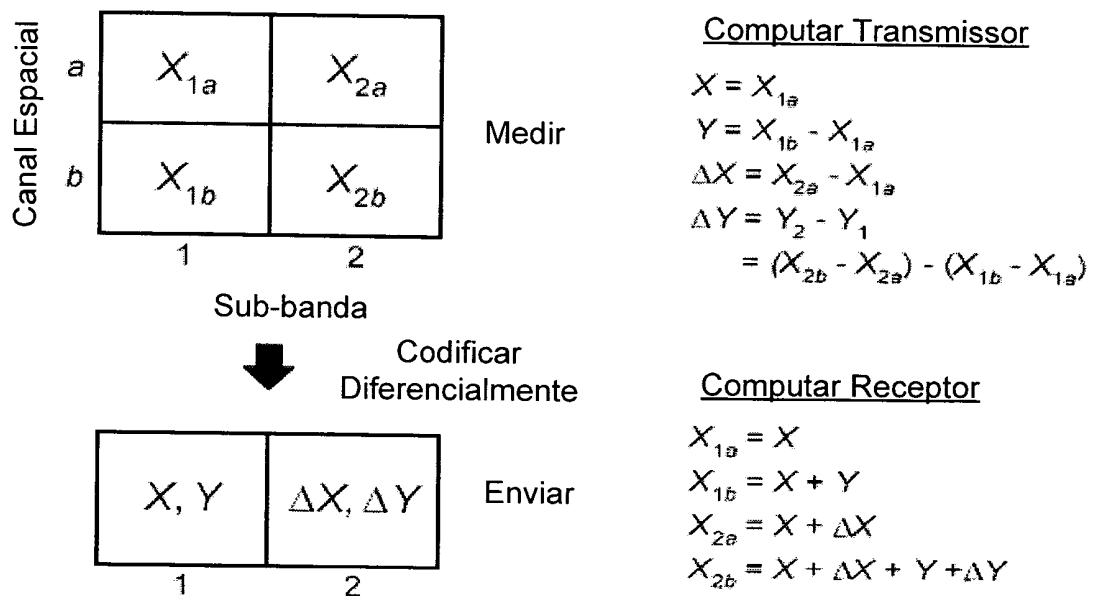


FIG. 3C

Codificação CQI Diferencial Através do Espaço, Frequência e Tempo

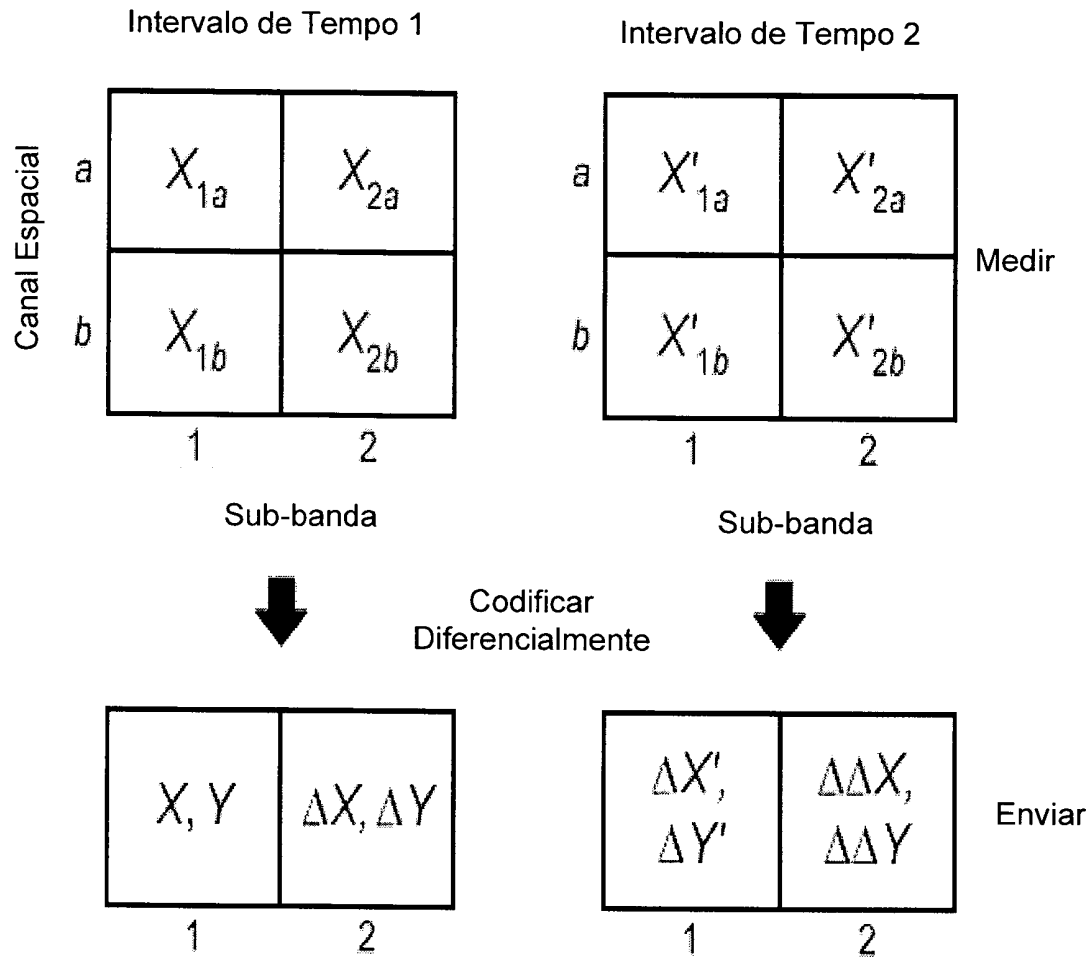


FIG. 3D

Codificação CQI Diferencial Através do Espaço por Sub-banda

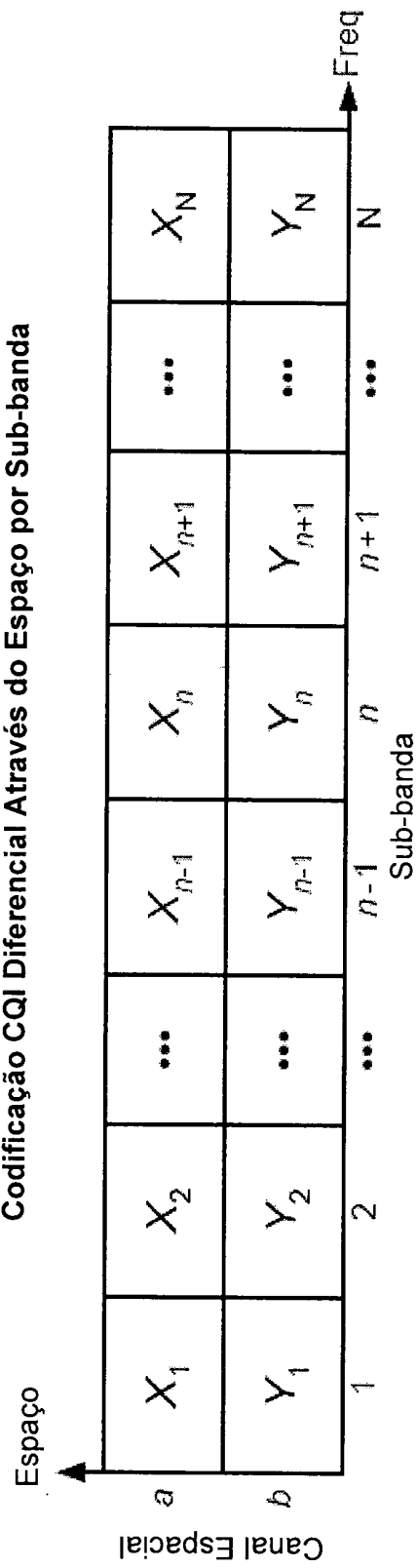


FIG. 4A

Codificação CQI Diferencial Através do Espaço e Freqüência

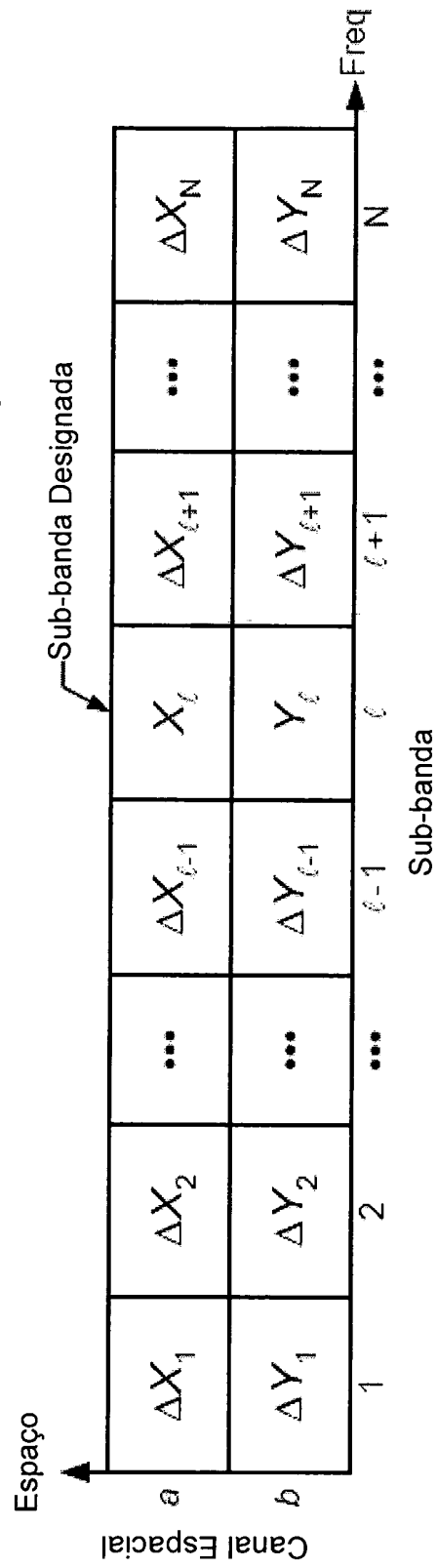


FIG. 4B

Codificação CQI Diferencial Através do Espaço, Frequência e Tempo

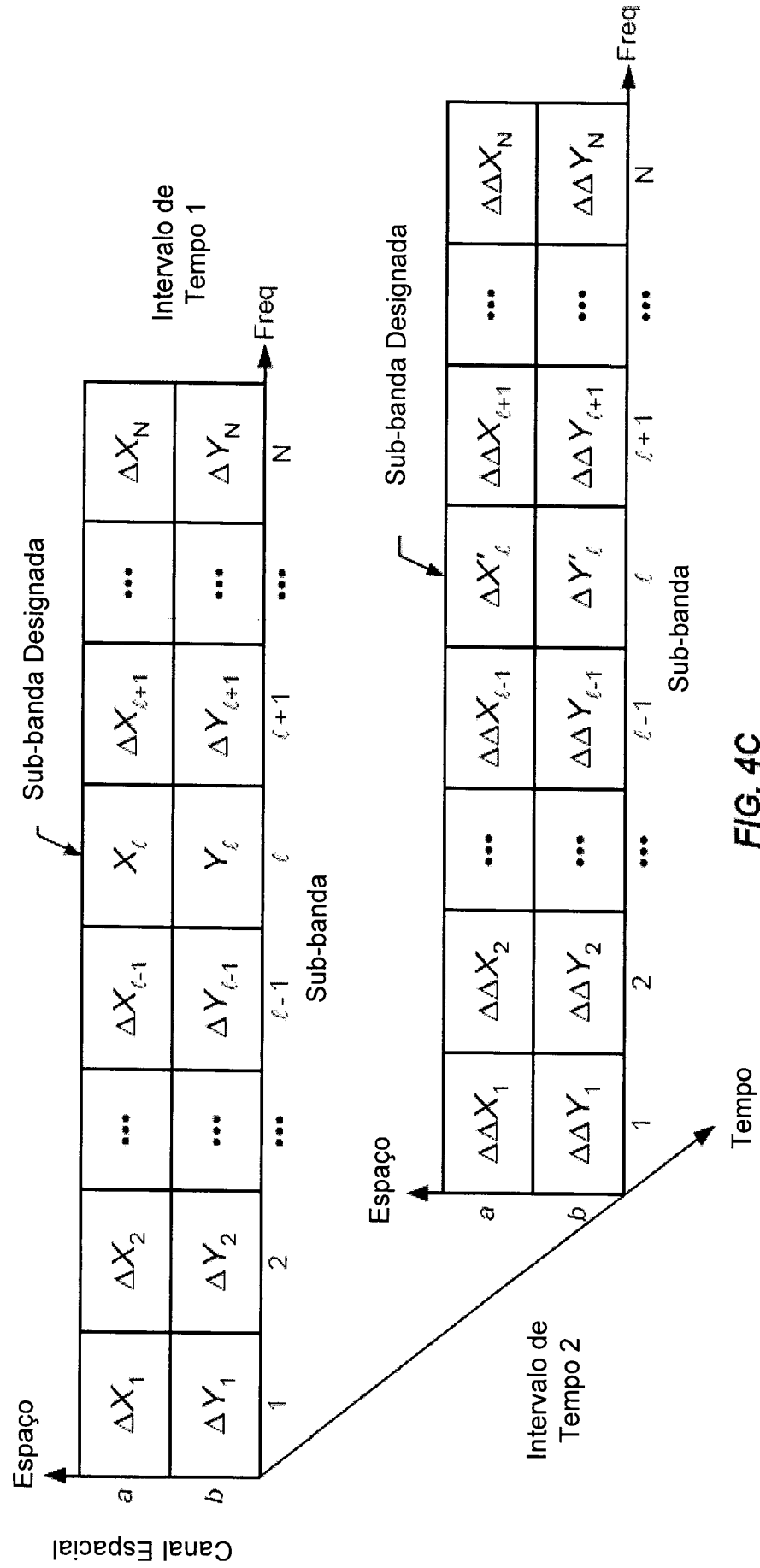


FIG. 4C

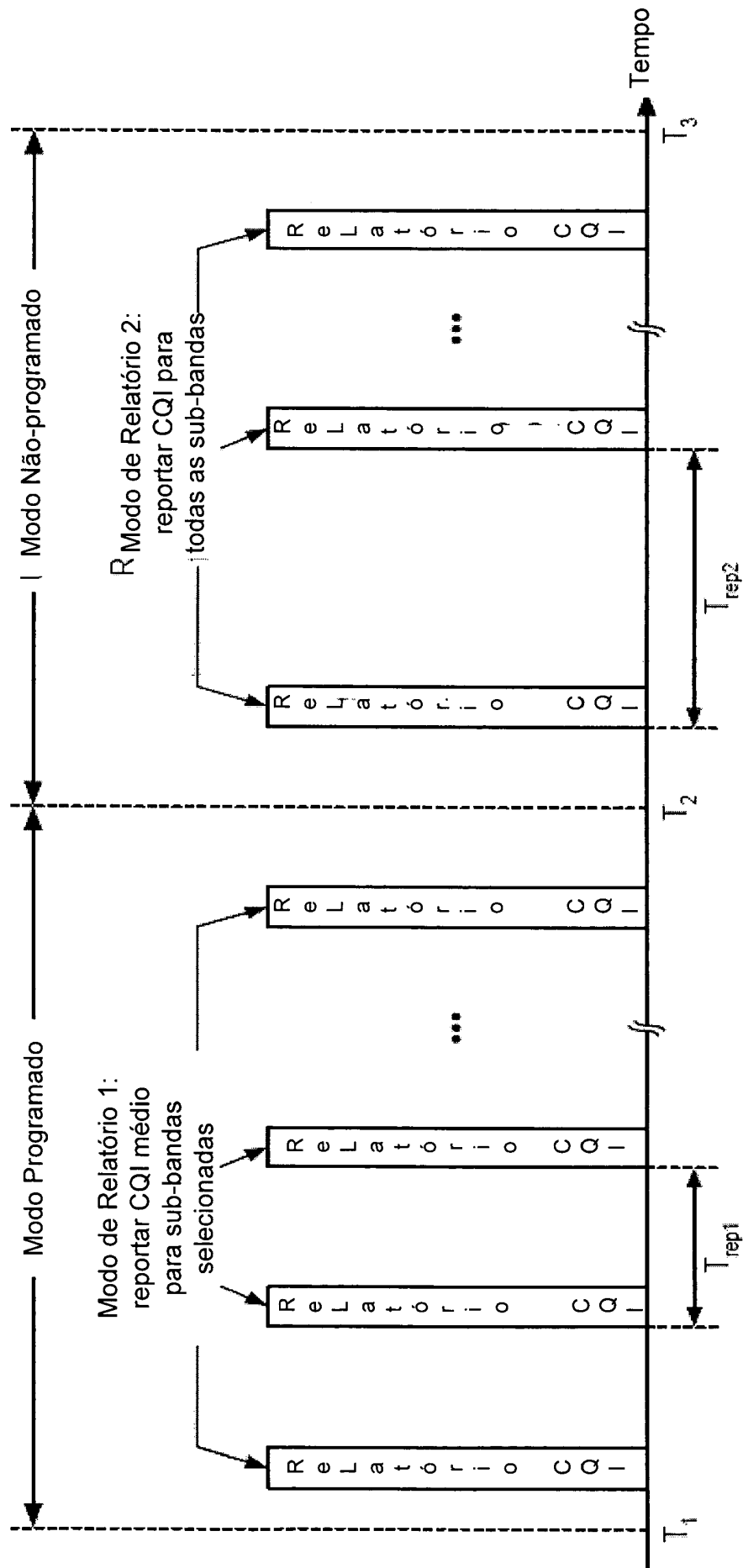
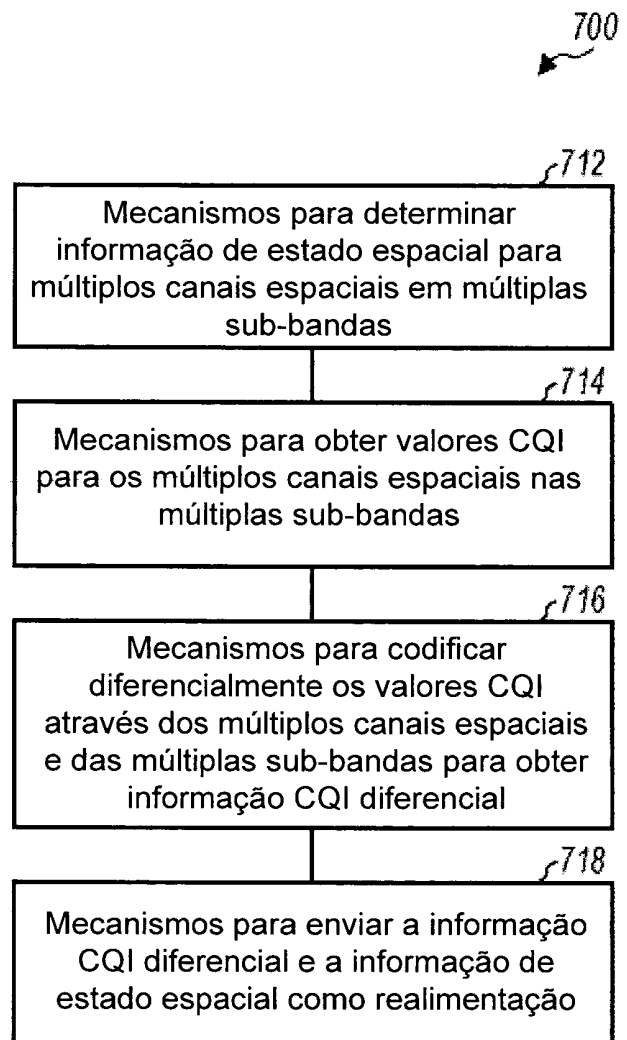
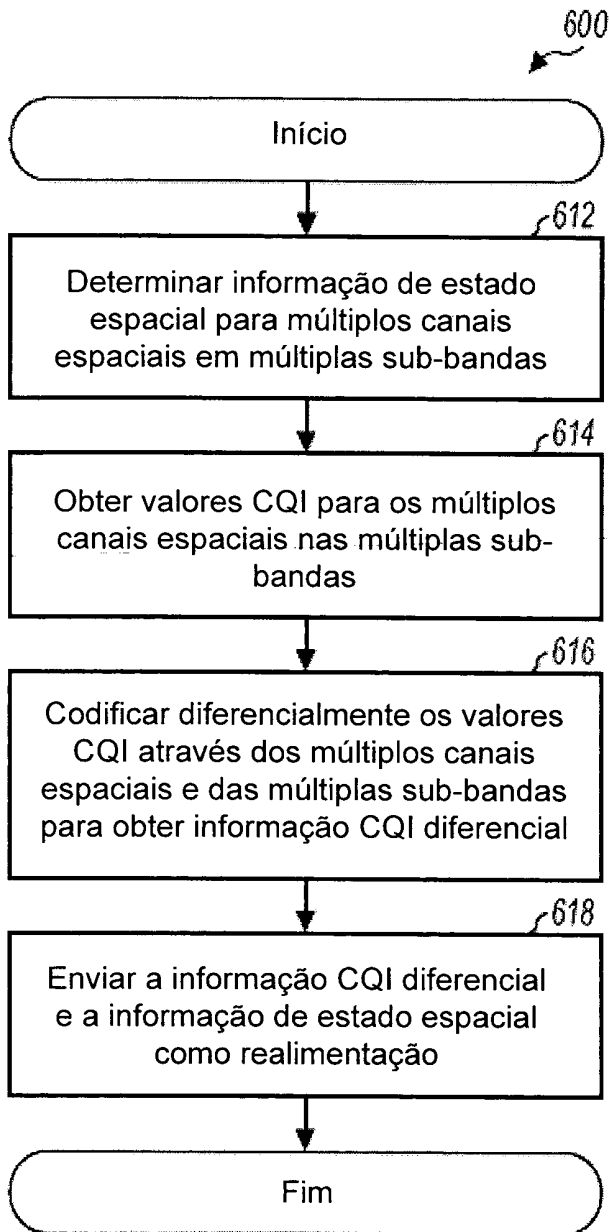


FIG. 5



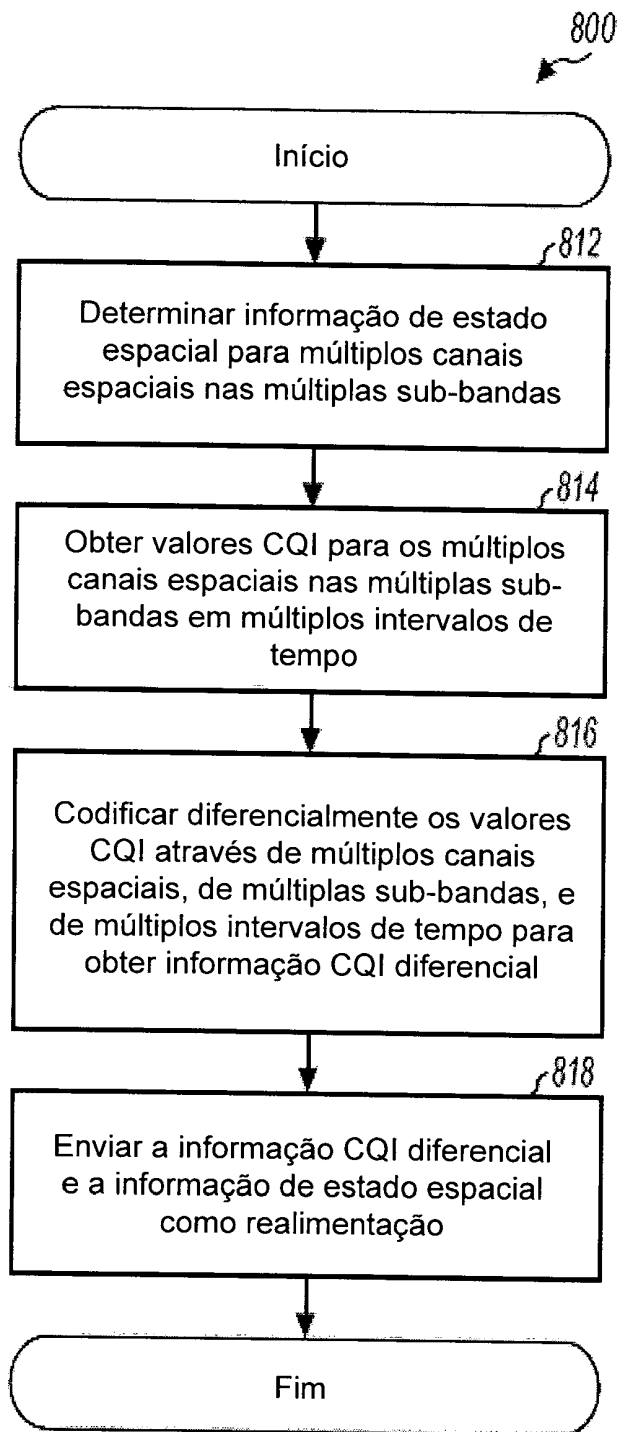


FIG. 8

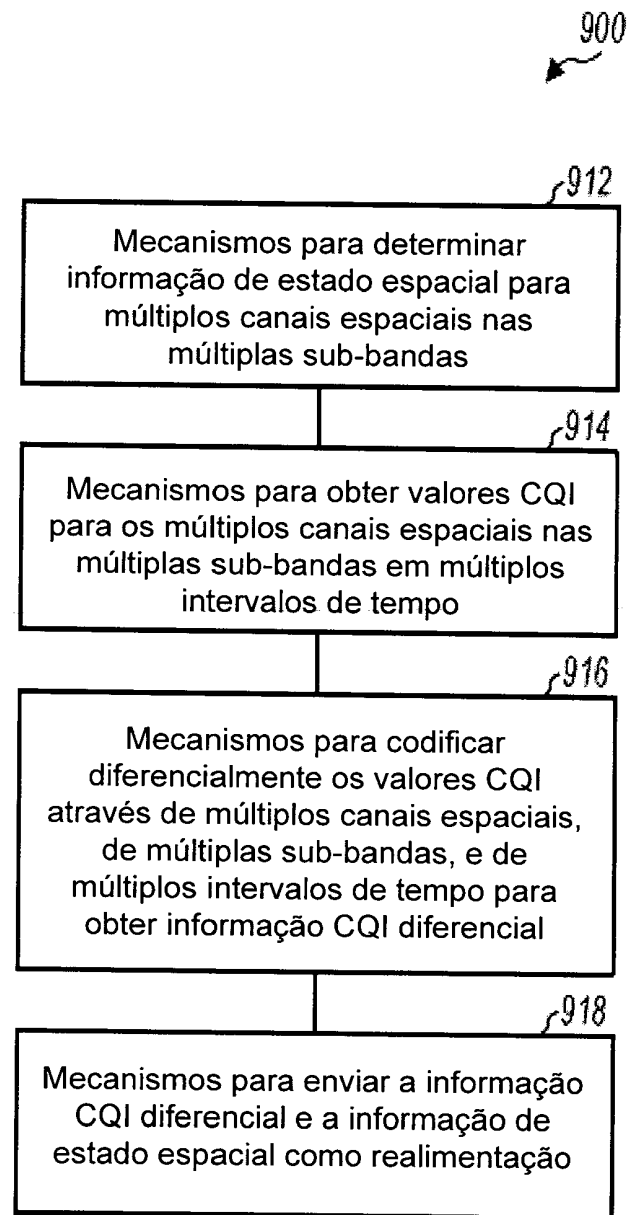


FIG. 9

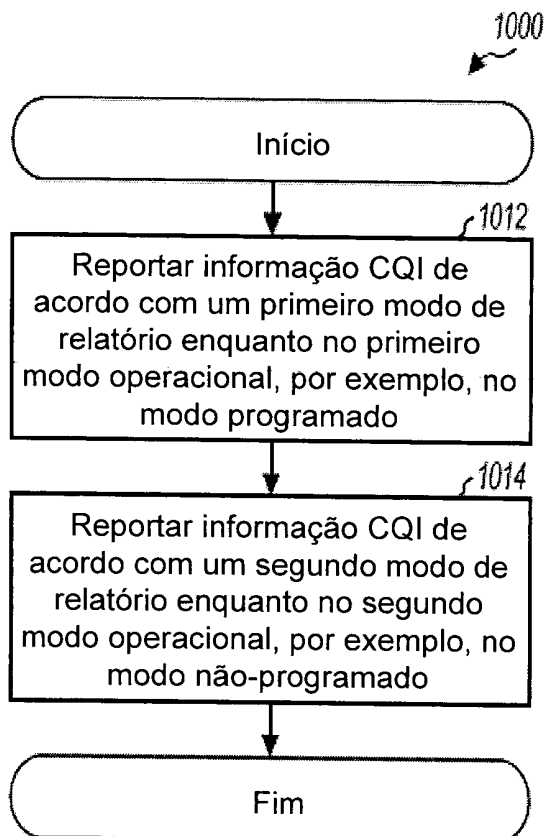


FIG. 10

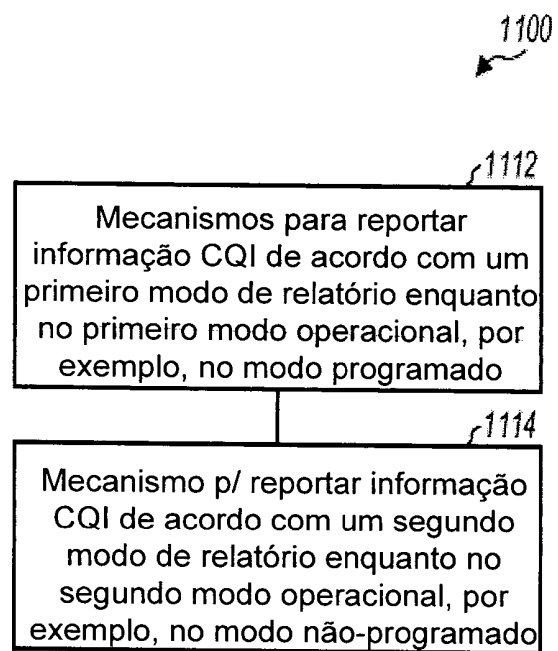


FIG. 11