



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

**(11) PI 0607712-9 B1**



**(22) Data do Depósito: 09/03/2006**

**(45) Data de Concessão: 19/02/2019**

---

**(54) Título:** SISTEMAS E MÉTODOS PARA CONFORMAÇÃO DE FEIXE E CONTROLE DE TAXA EM SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO MULTI-ENTRADA E MULTI-SAÍDA

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

**(30) Prioridade Unionista:** 06/05/2005 US 60/678,610; 10/03/2005 US 60/660,719; 16/06/2005 US 60/691,467; 16/06/2005 US 60/691,432; 20/07/2005 US 11/186,697.

**(73) Titular(es):** QUALCOMM INCORPORATED.

**(72) Inventor(es):** HEMANTH SAMPATH; TAMER KADOUS; ALEXEI GOROKHOV; DHANANJAY ASHOK GORE.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2006008987 de 09/03/2006

**(87) Publicação PCT:** WO 2006/099349 de 21/09/2006

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 10/09/2007

**(57) Resumo:** SISTEMAS E MÉTODOS PARA FOPMATAÇÃO DE FEIXE E CONTROLE DE TAXA EM SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO MULTIENTRADA E MULTISSAÍDA. São revelados métodos e equipamentos que determinam um tipo de informação de canal com base em se um dispositivo sem fio está programado para receber símbolos. Além disso, uma determinação pode ser em relação a um número de períodos de salto para determinar o tipo de informação de canal. Além disso, uma distância entre regiões de salto pode ser utilizada para determinar um tipo de informação de canal.

**"SISTEMAS E MÉTODOS PARA CONFORMAÇÃO DE FEIXE E CONTROLE DE  
TAXA EM SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO MULTI-ENTRADA E  
MULTI-SAÍDA"  
FUNDAMENTOS**

5 I. CAMPO

O presente documento se refere geralmente à comunicação sem fio e, dentre outras coisas, à conformação de feixe (beamforming) para sistemas de comunicação sem fio.

10 II. FUNDAMENTOS

Um sistema de acesso múltiplo por divisão de frequência ortogonal (OFDMA) utiliza multiplexação por divisão de frequência ortogonal (OFDM). OFDM é uma técnica de modulação multiportadora que divide a largura de banda de sistema total em múltiplas (N) subportadoras de frequência ortogonal. Essas subportadoras também podem ser chamadas de tons, faixas e canais de frequência. Cada subportadora é associada a uma subportadora respectiva que pode ser modulada com dados. Até N símbolos de modulação podem ser enviados nas N subportadoras totais em cada período de símbolo OFDM. Esses símbolos de modulação são convertidos ao domínio do tempo com uma transformada inversa de Fourier rápida (IFFT) de N-pontos para gerar um símbolo transformado que contém N chips e amostras de domínio do tempo.

Em um sistema de comunicação com salto em frequência, os dados são transmitidos em diferentes subportadoras de frequência durante diferentes intervalos de tempo, os quais podem ser referidos como "períodos de salto". Essas subportadoras de frequência podem ser providas mediante multiplexação por divisão de frequência ortogonal, outras técnicas de modulação de multiportadora, ou algumas outras construções. Com salto em frequência,

a transmissão de dados salta de subportadora para subportadora de uma maneira pseudo-aleatória. Esse salto provê diversidade em frequência e permite que a transmissão de dados resista melhor aos efeitos deletérios de percurso, tal como interferência de banda estreita, perturbação (jamming), desvanecimento e assim por diante.

Um sistema OFDMA pode suportar múltiplos terminais de acesso simultaneamente. Para um sistema OFDMA com salto em frequência, uma transmissão de dados para um determinado terminal de acesso pode ser enviada em um canal de "tráfego" que é associado a uma seqüência de salto em frequência (FH) específica. Essa seqüência FH indica as subportadoras específicas a serem usadas para a transmissão de dados em cada período de salto. Múltiplas transmissões de dados para múltiplos terminais de acesso podem ser enviadas simultaneamente em múltiplos canais de tráfego que são associados a diferentes seqüências FH. Essas seqüências FH podem ser definidas como sendo ortogonais umas com as outras de modo que apenas um canal de tráfego, e assim apenas uma transmissão de dados, utilize cada subportadora em cada período de salto. Mediante uso de seqüências FH ortogonais, as múltiplas transmissões de dados geralmente não interferem umas com as outras enquanto desfrutando das vantagens da diversidade em frequência.

Um problema com o qual se deve lidar em todos os sistemas de comunicação é que o receptor está localizado em uma parte específica de uma área servida pelo ponto de acesso. Em tais casos, onde um transmissor tem múltiplas antenas transmissoras, os sinais providos a partir de cada antena não precisam ser combinados para prover potência máxima no receptor. Nesses casos, pode haver problemas com a decodificação dos sinais recebidos no receptor. Uma forma de lidar com esses problemas é através da utilização da

conformação de feixe.

5 A conformação de feixe é uma técnica de processamento espacial que melhora a relação sinal/ruído de um link sem fio com múltiplas antenas. Tipicamente, a conformação de feixe pode ser usada em um transmissor e/ou receptor em um sistema de múltiplas antenas. A conformação de feixe provê muitas vantagens no melhoramento das relações sinal/ruído que melhora a decodificação dos sinais pelo receptor.

10 Um problema com a conformação de feixe para sistemas de transmissão OFDM é a de obter informação adequada com relação ao(s) canal(is) entre um transmissor e receptor para gerar pesos de conformação de feixe em sistemas de comunicação sem fio, incluindo sistemas OFDM.  
15 Esse é um problema devido à complexidade exigida para se calcular os pesos de conformação de feixe e a necessidade de prover informação suficiente do receptor para o transmissor.

### SUMÁRIO

20 São providos métodos, equipamentos e sistemas para determinar um tipo de informação de canal para realimentação no sistema de comunicação sem fio.

25 Em uma modalidade, um processador é operável para gerar uma dentre uma informação de canal híbrido com classificação ótima, uma informação de canal de banda larga com classificação ótima, ou uma informação de canal com conformação de feixe com classificação ótima com base em se o equipamento está programado.

30 Em outra modalidade, um método compreende determinar se um dispositivo de comunicação sem fio está programado para receber símbolos. Caso o dispositivo de comunicação sem fio esteja programado para receber símbolos, então gerar informação de canal com conformação

de feixe e caso o dispositivo de comunicação sem fio não esteja programado para receber símbolos, então gerar informação de canal de banda larga.

5                   Adicionalmente, a determinação em relação ao tipo de informação de canal a ser gerado pode ser informada com base em uma distância entre uma região de salto atual e uma região de salto anterior. Adicionalmente, a determinação em relação ao tipo de informação de canal a ser gerada pode ser informada com base em um número de períodos de salto  
10 devido a um certo tipo de realimentação.

#### **DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS**

As características, natureza, e vantagens das presentes modalidades podem se tornar mais evidentes a partir da descrição detalhada apresentada abaixo quando  
15 considerada em conjunto com os desenhos nos quais caracteres de referência semelhantes identificam correspondentemente do princípio ao fim e em que:

A Figura 1 ilustra um sistema de comunicação sem fio de acesso múltiplo de acordo com uma modalidade;

20                   A Figura 2 ilustra um esquema de alocação de espectro para um sistema de comunicação sem fio de acesso múltiplo de acordo com uma modalidade;

A Figura 3 ilustra um diagrama de blocos de uma alocação tempo-frequência para um sistema de comunicação  
25 sem fio de acesso múltiplo de acordo com uma modalidade;

A Figura 4 ilustra um transmissor e receptor em um sistema de comunicação sem fio de acesso múltiplo de acordo com uma modalidade;

A Figura 5a ilustra um diagrama de blocos de um link direto em um sistema de comunicação sem fio de acesso  
30 múltiplo de acordo com uma modalidade;

A Figura 5b ilustra um diagrama de blocos de um link reverso em um sistema de comunicação sem fio de acesso

múltiplo de acordo com uma modalidade;

A Figura 6 ilustra um diagrama de blocos de um sistema de transmissor em um sistema de comunicação sem fio de acesso múltiplo de acordo com uma modalidade;

5 A Figura 7 ilustra um diagrama de blocos de um sistema de receptor em um sistema de comunicação sem fio de acesso múltiplo de acordo com uma modalidade;

A Figura 8 ilustra um fluxograma da geração de pesos de conformação de feixe de acordo com uma modalidade;

10 A Figura 9 ilustra um fluxograma da geração de pesos de conformação de feixe de acordo com outra modalidade;

A Figura 10 ilustra um fluxograma da geração de pesos de conformação de feixe de acordo com uma modalidade adicional;

15 A Figura 11 ilustra um fluxograma da determinação de um tipo de CQI e classificação para realimentação de acordo com uma modalidade; e

20 A Figura 12 ilustra um fluxograma da determinação de um tipo de CQI e classificação para realimentação de acordo com outra modalidade.

#### **DESCRIÇÃO DETALHADA**

Com referência à Figura 1, é ilustrado um sistema de comunicação sem fio de acesso múltiplo de acordo com uma modalidade. Um sistema de comunicação sem fio de acesso múltiplo 100 inclui múltiplas células, por exemplo, células 25 102, 104 e 106. Na modalidade da Figura 1, cada célula 102, 104 e 106 pode incluir um ponto de acesso 150 que inclui múltiplos setores. Os múltiplos setores são formados por grupos de antenas cada uma delas responsável pela 30 comunicação com os terminais de acesso em uma parte da célula. Na célula 102, os grupos de antena 112, 114 e 116 correspondem individualmente a um setor diferente. Na

célula 104, os grupos de antena 118, 120 e 122 correspondem individualmente a um setor diferente. Na célula 106, os grupos de antena 124, 126 e 128 correspondem individualmente a um setor diferente.

5 Cada célula inclui vários terminais de acesso os quais estão em comunicação com um ou mais setores de cada ponto de acesso. Por exemplo, os terminais de acesso 130 e 132 estão em comunicação com a estação base 142, terminais de acesso 134 e 136 estão em comunicação com o ponto de  
10 acesso 144, e os terminais de acesso 138 e 140 estão em comunicação com o ponto de acesso 146.

Pode ser visto a partir da Figura 1 que cada terminal de acesso 130, 132, 134, 136, 138 e 140 está localizado em uma parte diferente de sua respectiva célula  
15 do que cada outro terminal de acesso na mesma célula. Além disso, cada terminal de acesso pode estar a uma distância diferente dos grupos de antenas correspondentes com os quais está se comunicando. Esses dois fatores, junto com condições de ambiente na célula, fazem com que diferentes  
20 condições de canal estejam presentes entre cada terminal de acesso e seu grupo de antenas correspondentes com o qual ele está se comunicando.

Como usado aqui, um ponto de acesso pode ser uma estação fixa usada para comunicação com os terminais e  
25 também pode ser referida como, e incluir algumas ou todas as funcionalidades de, uma estação base, um Nó B, ou alguma outra terminologia. Um terminal de acesso também pode ser referido como, e incluir algumas ou todas as funcionalidades de, um equipamento de usuário (UE), um  
30 dispositivo de comunicação sem fio, um terminal, uma estação móvel ou alguma outra terminologia.

Com referência à Figura 2, é ilustrado um esquema de alocação de espectro para um sistema de comunicação sem

fio de acesso múltiplo. Uma pluralidade de símbolos OFDM 200 é alocada através de T períodos de símbolo e S subportadoras de frequência. Cada símbolo OFDM 200 compreende um período de símbolo dos T períodos de símbolo e uma subportadora de frequência ou tom das S subportadoras.

Em um sistema de salto em frequência OFDM, um ou mais símbolos 200 podem ser designados a um determinado terminal de acesso. Como mostrado na Figura 2, em uma modalidade de um esquema de alocação, uma ou mais regiões de salto, por exemplo a região de salto 202, os símbolos são designadas a um grupo de terminais de acesso para comunicação através de um link reverso. Dentro de cada região de salto, a designação de símbolos pode ser aleatorizada para reduzir interferência potencial e prover diversidade em frequência contra efeitos deletérios de percurso.

Cada região de salto 202 inclui símbolos 204 que são designados a um ou mais terminais de acesso que estão em comunicação com o setor do ponto de acesso e designados à região de salto. Durante cada período de salto, ou quadro, a localização da região de salto 202 dentro dos T períodos de símbolo e S subportadoras varia de acordo com uma seqüência de salto. Além disso, a designação de símbolos 204 para os terminais de acesso individuais dentro da região de salto 202 pode variar para cada período de salto.

A seqüência de salto pode ser pseudo-aleatória, aleatória, ou de acordo com uma seqüência predeterminada, selecionando a localização da região de salto 202 para cada período de salto. As seqüências de salto para diferentes setores do mesmo ponto de acesso são designadas para serem ortogonais entre si para evitar interferência "intra-



célula" entre o terminal de acesso se comunicando com o mesmo ponto de acesso. Além disso, seqüências de salto para cada ponto de acesso podem ser pseudo-aleatórias com relação às seqüências de salto para pontos de acesso próximos. Isso pode ajudar a aleatorizar a interferência "entre células" entre os terminais de acesso em comunicação com diferentes pontos de acesso.

No caso de uma comunicação de link reverso, alguns dos símbolos 204 de uma região de salto 202 são designados aos símbolos pilotos que são transmitidos dos terminais de acesso para o ponto de acesso. A designação de símbolos piloto para os símbolos 204 deve preferivelmente suportar acesso múltiplo por divisão de espaço (SDMA), onde sinais de diferentes terminais de acesso se sobrepondo na mesma região de salto podem ser separados devido a múltiplas antenas receptoras em um setor ou ponto de acesso, provida diferença suficiente de assinaturas espaciais correspondendo a diferentes terminais de acesso.

Deve ser observado que embora a Figura 2 ilustre a região de salto 202 tendo um comprimento de sete períodos de símbolo, a extensão da região de salto 202 pode ser qualquer valor desejado, pode variar em tamanho entre períodos de salto, ou entre diferentes regiões de salto em um determinado período de salto.

Deve ser observado que embora a modalidade da Figura 2 seja descrita com relação à utilização de salto de bloco, a localização do bloco não precisa ser alterada entre períodos de saltos consecutivos.

Com referência à Figura 3, é ilustrado um diagrama de blocos de uma alocação tempo-freqüência para um sistema de comunicação sem fio de acesso múltiplo de acordo com uma modalidade. A alocação tempo-freqüência inclui períodos de tempo 300 que incluem símbolos piloto de banda

larga 310, transmitidos a partir de um ponto de acesso para todos os terminais de acesso em comunicação com o mesmo. Alocação tempo-freqüência inclui também períodos de tempo 302 que incluem uma ou mais regiões de salto 320 cada uma das quais inclui um ou mais símbolos piloto dedicados 322, os quais são transmitidos para um ou mais terminais de acesso desejados. Os símbolos piloto dedicados 322 podem incluir os mesmos pesos de conformação de feixe que são aplicados aos símbolos de dados transmitidos aos terminais de acesso.

Os símbolos piloto de banda larga 310 e símbolos piloto dedicados 322 podem ser utilizados pelos terminais de acesso para gerar informação de qualidade de canal (CQI) com relação aos canais entre o terminal de acesso e o ponto de acesso para o canal entre cada antena transmissora que transmite símbolos e antena receptora que recebe esses símbolos. Em uma modalidade, a estimativa de canal pode constituir ruído, relações sinal/ruído, potência de sinal piloto, desvanecimento, retardos, perda de percurso, sombreamento, correlação, ou qualquer outra característica mensurável de um canal de comunicação sem fio.

Em uma modalidade, a CQI, a qual pode ser as relações de sinal/ruído (SNR) efetivas, pode ser gerada e provida ao ponto de acesso separadamente para símbolos piloto de banda larga 310 (referida como CQI de banda larga). A CQI também pode ser as relações sinal/ruído (SNR) efetivas que são geradas e providas ao ponto de acesso, separadamente, para símbolos piloto dedicados 322 (referida como CQI-dedicada ou CQI com conformação de feixe). A CQI pode incorporar ruído térmico e/ou matriz de co-variância de interferência ou níveis de interferência por antena receptora. A interferência pode ser estimada a partir de pilotos de banda larga 310 ou símbolos piloto dedicados

322. Desse modo, o ponto de acesso pode conhecer a CQI para a largura de banda inteira disponível para comunicação, assim como para as regiões de salto específicas que foram usadas para transmissão para o terminal de acesso. A CQI a partir tanto dos símbolos piloto de banda larga 310 como símbolos piloto dedicados 322, independentemente, pode prover predição de taxa mais exata para o próximo pacote a ser transmitido, para grandes designações com seqüências de salto aleatórias e designações de região de salto consistentes para cada usuário. Independente de qual tipo de CQI é realimentada, em algumas modalidades a CQI de banda larga provida a partir do terminal de acesso para o ponto de acesso periodicamente pode ser utilizada para uma alocação de potência em um ou mais canais de link direto, tal como canais de controle de link direto.

Além disso, naquelas situações onde o terminal de acesso não é programado para transmissão de link direto ou está programado irregularmente, isto é, o terminal de acesso não está programado para transmissão de link direto durante cada período de salto, a CQI de banda larga pode ser provida ao ponto de acesso para a próxima transmissão de link direto em um canal de link reverso, tal como canal de controle ou de sinalização de link reverso. Essa CQI de banda larga não inclui ganhos de conformação de feixe uma vez que os símbolos piloto de banda larga 310 geralmente não são formados em feixe.

Em uma modalidade (sistemas TDD), o ponto de acesso pode derivar os pesos de conformação de feixe com base em suas estimativas de canal utilizando transmissões de link reverso a partir do terminal de acesso. O ponto de acesso pode derivar estimativas de canal com base nos símbolos incluindo a CQI transmitida do terminal de acesso através de um canal dedicado, tal como um canal de

sinalização ou controle dedicado para realimentação a partir do terminal de acesso. As estimativas de canal podem ser utilizadas para geração de peso de conformação de feixe.

5                   Em outra modalidade (sistemas FDD), o ponto de acesso pode derivar os pesos de conformação de feixe com base em estimativas de canal determinadas no terminal de acesso e providas através de transmissões de link reverso para o ponto de acesso. Caso o terminal de acesso também  
10                   tenha uma designação de link reverso em cada período de salto ou quadro, seja em um período de salto separado ou no mesmo período de salto ou quadro que a transmissão de link direto, a informação de estimativa de canal pode ser provida nas transmissões de link reverso programadas para o  
15                   ponto de acesso. As estimativas de canal transmitidas podem ser utilizadas para a geração de peso de conformação de feixe.

                  Em outra modalidade (sistemas FDD), o ponto de acesso pode receber os pesos de conformação de feixe a  
20                   partir do terminal de acesso através de uma transmissão de link reverso. Caso o terminal de acesso também tenha uma atribuição de link reverso em cada período de salto ou quadro, seja em um período de salto separado ou no mesmo período de salto ou quadro que a transmissão de link  
25                   direto, os pesos de conformação de feixe podem ser providos nas transmissões de link reverso programadas para o ponto de acesso.

                  Como usado aqui, a CQI (TDD), estimativas de canal (FDD), realimentação de autofeixe (FDD), ou  
30                   combinações dos mesmos podem ser denominadas como informação de canal utilizada por um ponto de acesso para gerar pesos de conformação de feixe.

                  Com referência à Figura 4, são ilustrados um

transmissor e receptor em um sistema de comunicação sem fio de acesso múltiplo de acordo com uma modalidade. No sistema de transmissor 410, dados de tráfego para um número de fluxo de dados são providos a partir de uma fonte de dados 442 para um processador de dados de transmissão (TX) 444. Em uma modalidade, cada fluxo de dados é transmitido através de uma antena transmissora respectiva. O processador de dados TX 444 formata, codifica e intercala os dados de tráfego para cada fluxo de dados com base em um esquema de codificação específico selecionado para tal fluxo de dados para prover dados codificados. Em algumas modalidades, o processador de dados TX 444 aplica pesos de conformação de feixe aos símbolos dos fluxos de dados com base no usuário para o qual os símbolos estão sendo transmitidos e na antena a partir da qual os símbolos estão sendo transmitidos. Em algumas modalidades, os pesos de conformação de feixe podem ser gerados com base na informação de resposta de canal que é indicativa da condição dos percursos de transmissão entre o ponto de acesso e o terminal de acesso. A informação de resposta de canal pode ser gerada utilizando-se informação CQI ou estimativas de canal providas pelo usuário. Além disso, naqueles casos de transmissões programadas, o processador de dados TX 444 pode selecionar o formato de pacote com base em informação de classificação que é transmitida a partir do usuário.

Os dados codificados para cada fluxo de dados podem ser multiplexados com dados piloto utilizando-se técnicas OFDM. Os dados pilotos constituem tipicamente um padrão de dados conhecido que é processado de uma maneira conhecida e podem ser usados no sistema de receptor para estimar a resposta de canal. Os dados codificados e piloto multiplexados para cada fluxo de dados são então modulados

(isto é, mapeados em símbolos) com base em um esquema de modulação específico (por exemplo, BPSK, QSPK, M-PSK, ou M-QAM) selecionado para tal fluxo de dados para prover símbolos de modulação. A taxa de dados, codificação, e modulação para cada fluxo de dados pode ser determinada por instruções realizadas ou providas pelo processador 430. Em algumas modalidades, o número de fluxos espaciais paralelos pode ser variado de acordo com a informação de classificação que é transmitida do usuário.

Os símbolos de modulação para todos os fluxos de dados são então providos a um processador MIMO TX 446, o qual pode processar adicionalmente os símbolos de modulação (por exemplo, para OFDM). O processador MIMO TX 446 então provê NT fluxos de símbolos a NT transmissores (TMTR) 422a a 422t. Em certas modalidades, o processador MIMO TX 446 aplica pesos de conformação de feixe aos símbolos dos fluxos de dados com base no usuário para o qual os símbolos estão sendo transmitidos e na antena a partir da qual o símbolo está sendo transmitido a partir da informação de resposta de canal daqueles usuários.

Cada transmissor 422 recebe e processa um fluxo de símbolo respectivo para prover um ou mais sinais analógicos, e condições adicionais (por exemplo, amplifica, filtra, e converte ascendentemente) os sinais analógicos para prover um sinal modulado adequado para transmissão através do canal MIMO. Os NT sinais modulados a partir dos transmissores 422a a 422t são então transmitidos a partir das NT antenas 424a a 424t, respectivamente.

No sistema de receptor 420, os sinais modulados transmitidos são recebidos por NR antenas 452a a 452r e o sinal recebido proveniente de cada antena 452 é provido a um respectivo receptor (RCVR) 454a a 454r. Cada receptor 454 condiciona (por exemplo, filtra, amplifica e converte

descendentemente) um respectivo sinal recebido, digitaliza o sinal condicionado para prover amostras, e processa adicionalmente amostras para prover um fluxo de símbolos "recebidos" correspondente.

5 Um processador de dados RX 460 então recebe e processa os NR fluxos de símbolos recebidos provenientes dos NR receptores 454a a 454r com base em uma técnica de processamento de receptor particular para prover o número de classificação de fluxos de símbolos "detectados". O  
10 processamento pelo processador de dados RX 460 é descrito em maiores detalhes abaixo. Cada fluxo de símbolos detectados inclui símbolos que são estimativas dos símbolos de modulação transmitidos para o fluxo de dados correspondente. O processador de dados RX 460 então  
15 demodula, deintercala e decodifica cada fluxo de símbolos detectados para recuperar os dados de tráfego para o fluxo de dados que é provido ao depósito de dados 464 para armazenamento e/ou processamento posterior. O processamento pelo processador de dados RX 460 é complementar àquele  
20 realizado pelo processador MIMO TX 446 e o processador de dados TX 444 no sistema de transmissor 410.

A estimativa de resposta de canal gerada pelo processador RX 460 pode ser usada para realizar processamento espacial, espaço-tempo no receptor, ajustar  
25 níveis de potência, mudar taxas ou esquemas de modulação, ou outras ações. O processador RX 460 pode adicionalmente estimar as relações sinal/ruído-e-interferência (SNRs) dos fluxos de símbolos detectados, e possivelmente outras características de canal, e prover essas quantidades a um  
30 processador 470. O processador de dados RX 460 ou processador 470 pode adicionalmente derivar uma estimativa da SNR "efetiva" para o sistema. O processador 470 então provê informação de canal estimado (CSI), a qual pode

compreender vários tipos de informação com relação ao link de comunicação e/ou ao fluxo de dados recebidos. Por exemplo, a CSI pode compreender somente a SNR de operação. Em algumas modalidades, a informação de canal pode compreender relação sinal ruído interferência (SINR). A CSI é então processada por um processador de dados TX 478, o qual também recebe dados de tráfego para um número de fluxos de dados a partir de uma fonte de dados 476, modulada por um modulador 480, condicionada por transmissores 454a a 454r, e transmitida de volta para o sistema de transmissor 410.

No sistema de transmissor 410, os sinais modulados a partir do sistema de receptor 420 são recebidos pelas antenas 424, condicionados pelos receptores 422, demodulados por um demodulador 490, e processados por um processador de dados RX 492 para recuperar a CSI reportada pelo sistema de receptor e para prover dados ao depósito de dados 494 para armazenamento e/ou processamento posterior. A CSI reportada é então provida ao processador 430 e usada para (1) determinar as taxas de dados e esquemas de codificação e modulação a serem usados para os fluxos de dados e (2) gerar vários controles para o processador de dados TX 444 e processador MIMO TX 446.

Deve ser observado que o transmissor 410 transmite múltiplos fluxos de símbolos para múltiplos receptores, por exemplo, terminais de acesso, enquanto o receptor 420 transmite um único fluxo de dados para uma única estrutura, por exemplo, um ponto de acesso, desse modo considerando as diferentes cadeias de recepção e transmissão ilustradas. Contudo, ambos podem ser transmissores MIMO desse modo tornando a recepção e a transmissão idênticas.

No receptor, várias técnicas de processamento



podem ser usadas para processar os sinais NR recebidos para detectar os NT fluxos de símbolos transmitidos. Essas técnicas de processamento de receptor podem ser agrupadas em duas categorias principais (i) técnicas de processamento de receptor espacial e espaço-tempo (as quais também são referidas como técnicas de equalização); e (ii) técnica de processamento de receptor de "anulação/equalização sucessiva e cancelamento de interferência" (a qual também é referida como técnica de processamento de receptor de "cancelamento de interferência sucessivo" ou "cancelamento sucessivo").

Um canal MIMO formado pelas NT antenas transmissoras e NR receptoras, pode ser decomposto em NS canais independentes, com  $N_s \leq \min \{N_T, N_R\}$ . Cada um dos NS canais independentes também pode ser referido como um subcanal espacial (ou um canal de transmissão) do canal MIMO e corresponde a uma dimensão.

Para um canal MIMO de classificação total, onde  $N_s = N_T \leq N_R$ , um fluxo de dados independente pode ser transmitido a partir de cada uma das NT antenas transmissoras. Os fluxos de dados transmitidos podem experimentar diferentes condições de canal (por exemplo, diferentes efeitos de multipercurso e desvanecimento) e podem obter diferentes relações sinal/ruído e interferência (SNRs) para uma determinada quantidade de potência de transmissão. Além disso, naqueles casos em que o processamento de cancelamento de interferência sucessivo é usado no receptor para recuperar os fluxos de dados transmitidos, e então diferentes SNRs podem ser obtidas para os fluxos de dados dependendo da ordem específica na qual os fluxos de dados são recuperados. Conseqüentemente, diferentes taxas de dados podem ser suportadas por diferentes fluxos de dados, dependendo de suas SNRs

obtidas. Uma vez que as condições de canal variam tipicamente com o tempo, a taxa de dados suportada por cada fluxo de dados também varia com o tempo.

5 O modelo MIMO pode ter dois modos de operação, única palavra-código (SCW) e múltiplas palavras-código (MCW). No modo MCW, o transmissor pode encodificar os dados transmitidos em cada camada espacial independentemente, possivelmente com diferentes taxas. O receptor emprega um algoritmo de cancelamento de interferência sucessivo (SIC) 10 que funciona como a seguir: decodifica a primeira camada, e então subtrai sua contribuição do sinal recebido após re-encodificar e multiplicar a primeira camada encodificada com um "canal estimado", então decodifica a segunda camada e assim por diante. Essa abordagem do tipo "onion peeling" 15 significa que cada camada decodificada sucessivamente enxerga o aumento da SNR e, portanto, pode suportar taxas mais altas. Na ausência de propagação de erro, o modelo MCW com SIC obtém capacidade de transmissão de sistema máxima com base nas condições canal. A desvantagem desse modelo 20 surge da obrigação de "gerenciar" as taxas de cada camada espacial: (a) aumento na realimentação CQI (precisa ser provida uma CQI para cada camada); (b) aumento na troca de mensagens de confirmação (ACK) ou confirmação negativa (NACK) (uma para cada camada); (c) complicações em ARQ 25 híbrida (HARQ) uma vez que cada camada pode terminar em diferentes transmissões; (d) sensibilidade de desempenho de SIC para erros de estimativa de canal com aumento de Doppler, e/ou SNR baixa; (e) aumento de exigências de latência de decodificação uma vez que cada camada sucessiva 30 não pode ser decodificada até que camadas anteriores sejam decodificadas.

Em um modelo de modo SCW, o transmissor encodifica os dados transmitidos em cada camada espacial

com "taxas de dados idênticas". O receptor pode empregar um receptor linear de baixa complexidade tal como um receptor de Solução Mínimo Erro Médio Quadrático (MMSE) ou, de Freqüência Zero (ZF), ou receptores não-lineares tal como QRM, para cada tom. Isso permite que o relato da CQI pelo receptor seja para apenas a "melhor" classificação e, portanto, resulta em overhead de transmissão reduzido para prover essa informação.

Com referência à Figura 5A, é ilustrado um diagrama de blocos de um link direto em um sistema de comunicação sem fio de acesso múltiplo de acordo com uma modalidade. Um canal de link direto pode ser modelado como uma transmissão a partir de múltiplas antenas transmissoras 500a a 500t em um ponto de acesso (AP) para múltiplas antenas receptoras 502a a 502r em um terminal de acesso (AT). O canal de link direto, HFL, pode ser definido como uma coleção dos percursos de transmissão a partir de cada uma dentre as antenas transmissoras 500a a 500t para cada uma dentre as antenas receptoras 502a a 502r.

Com referência à Figura 5B, é ilustrado um diagrama de blocos de um link reverso em um sistema de comunicação sem fio de acesso múltiplo de acordo com uma modalidade. Um canal de link reverso pode ser modelado como uma transmissão a partir de uma ou mais antenas transmissoras, por exemplo, antena 512t em um terminal de acesso (AT), estação de usuário, terminal de acesso, ou semelhante para múltiplas antenas receptoras 510a a 510r em um ponto de acesso (AP), nó B, ou semelhante. O canal de link reverso, HRL, pode ser definido como a coleção dos percursos de transmissão a partir da antena transmissora 512t para cada uma dentre as antenas receptoras 510a a 510r.

Como pode ser visto nas Figuras 5A e 5B, cada

terminal de acesso (AT) pode ter uma ou mais antenas. Em algumas modalidades, o número de antenas usadas para transmissão é menor do que o número de antenas usadas para recepção 502a a 502r no terminal de acesso (AT). Além disso, em muitas modalidades o número de antenas transmissoras 500a a 500t em cada ponto de acesso (AP) é maior do que qualquer um ou ambos dentre o número de antenas transmissoras ou de antenas receptoras no terminal de acesso.

Em comunicação duplexada por divisão de tempo, reciprocidade de canal total não existe se o número de antenas usadas para transmissão no terminal de acesso for menor do que o número de antenas usadas para recepção no terminal de acesso. Portanto, o canal de link direto para todas as antenas receptoras no terminal de acesso é difícil de obter.

Em comunicação duplexada por divisão de frequência, informação de estado de canal de realimentação para todos os autofeixes da matriz de canal de link direto pode ser ineficiente ou quase impossível devido aos recursos limitados de link reverso. Portanto, o canal de link direto para todas dentre as antenas receptoras no terminal de acesso é difícil de se obter.

Em uma modalidade, a realimentação de canal é provida a partir do terminal de acesso para o ponto de acesso, para um subconjunto de possíveis percursos de transmissão entre as antenas transmissoras no ponto de acesso e as antenas receptoras do terminal de acesso.

Em uma modalidade, a realimentação pode compreender a CQI gerada pelo ponto de acesso com base em um ou mais símbolos transmitidos do terminal de acesso para o ponto de acesso, por exemplo, através de um canal piloto ou de controle. Nessas modalidades, as estimativas de canal

para o número de percursos de transmissão igual ao número de antenas transmissoras utilizadas no terminal de acesso para cada antena receptora do ponto de acesso, podem ser derivadas da CQI, ao se tratar a mesma como um piloto. Isso

5 permite que os pesos de conformação de feixe sejam re-computados em uma base regular e, portanto, sejam mais exatamente responsivos às condições do canal entre o terminal de acesso e o ponto de acesso. Essa abordagem reduz a complexidade do processamento requerido no terminal

10 de acesso, uma vez que não há processamento relacionado a geração de pesos de conformação de feixe no terminal de acesso. Uma matriz de construção de feixe pode ser gerada no Ponto de Acesso utilizando-se estimativas de canal obtidas a partir da CQI,  $B(k) = [h^{FL}(k) * b_2 \dots b_M]$ , onde

15  $b_2, b_3, \dots, b_M$  são vetores aleatórios e  $h^{FL}(k)$  é o canal derivado mediante uso da CQI como um piloto. A informação para  $h^{FL}(k)$  pode ser obtida mediante determinação de  $h^{RL}(k)$  no ponto de acesso (AP). Observa-se que  $h^{RL}(k)$  é as estimativas de canal dos símbolos piloto responsivos

20 transmitidos a partir da(s) antena(s) transmissora(s) do terminal de acesso (AT) no link reverso. Deve ser observado que  $h^{RL}$  é provido apenas para um número de antenas transmissoras no terminal de acesso, ilustradas como sendo uma na Figura 5B, que é menor do que o número de antenas receptoras no terminal de acesso, ilustradas como sendo  $r$

25 na Figura 5A. A matriz de canal  $h^{FL}(k)$  é obtida mediante calibragem de  $h^{RL}(k)$  através da utilização da matriz  $\Lambda$ , que é uma função das diferenças entre o canal de link reverso e a informação de link direto calculada recebida do

30 terminal de acesso. Em uma modalidade, a matriz  $\Lambda$  pode ser definida como mostrada abaixo, onde  $\lambda_1$  representa os erros de calibragem para cada canal:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \lambda_{M_T} \end{bmatrix}$$

Para calcular os erros de calibragem, tanto a informação de canal de link direto quanto de link reverso podem ser utilizadas. Em algumas modalidades, os coeficientes  $\lambda_1$  podem ser determinados com base nas condições generalizadas do canal em intervalos regulares e não são específicos para qualquer terminal de acesso específico que está em comunicação com o ponto de acesso. Em outras modalidades, os coeficientes  $\lambda_1$  podem ser determinados mediante utilização de uma média a partir de cada um dos terminais de acesso em comunicação com o ponto de acesso.

Em outra modalidade, a realimentação pode compreender os autoveixes calculados no terminal de acesso, com base nos símbolos pilotos transmitidos a partir do ponto de acesso. Os autoveixes podem ter a média calculada através de vários quadros de link direto ou se referir a um único quadro. Adicionalmente, em algumas modalidades, os autoveixes podem ter a média calculada através de múltiplos tons no domínio da frequência. Em outras modalidades, somente os autoveixes dominantes da matriz de canal de link direto são providos. Em outras modalidades, os autoveixes dominantes podem ter a média calculada para dois ou mais quadros no domínio do tempo, ou podem ter a média calculada através de múltiplos tons no domínio da frequência. Isso pode ser feito para reduzir tanto a complexidade computacional no terminal de acesso quanto os recursos de transmissão requeridos para prover os autoveixes a partir do terminal de acesso para o ponto de acesso. Uma matriz de

construção de feixe exemplar gerada no ponto de acesso, quando dois autofeixes quantizados são providos é dada como:  $B(k) = [q_1(k) \ q_2(k) \ b_3 \ \dots \ b_M]$ , onde  $q_i(k)$  são os autofeixes quantizados que são providos e  $b_3 \ \dots \ b_M$  são vetores simulados ou de outro modo gerados pelo terminal de acesso.

Em outra modalidade, a realimentação pode compreender as estimativas de canal quantizadas calculadas no terminal de acesso com base nos símbolos piloto transmitidos a partir do ponto de acesso. As estimativas de canal podem ter a média calculada através de vários quadros de link direto ou se referir a um único quadro. Além disso, em algumas modalidades, as estimativas de canal podem ter a média calculada através de múltiplos tons no domínio da frequência. Uma matriz de construção de feixe exemplar gerada no ponto de acesso quando duas fileiras da matriz de canal MIMO FL são providas é dada como:  $B(k) = [\langle H^{FL} \rangle_1 \ \langle H^{FL} \rangle_2 \ b_3 \ \dots \ b_M]$  onde  $\langle H^{FL} \rangle_i$  é a  $i$ -ésima fileira da matriz de canal MIMO FL.

Em outra modalidade, a realimentação pode compreender estatísticas de segunda ordem do canal, isto é, a matriz de correlação de transmissão, calculada no terminal de acesso, com base nos símbolos pilotos transmitidos a partir do ponto de acesso. As estatísticas de segunda ordem podem ter a média calculada através de vários quadros de link direto ou se referir a um único quadro. Em algumas modalidades, as estatísticas de canal podem ter a média calculada através de múltiplos tons no domínio da frequência. Em tal caso, os autofeixes podem ser derivados da matriz de correlação de transmissão no AP, e uma matriz de construção de feixe pode ser criada como:  $B(k) = [q_1(k) \ q_2(k) \ q_3(k) \ \dots \ q_M(k)]$  onde  $q_i(k)$  são os autofeixes.

Em outra modalidade, a realimentação pode

compreender os autoveixes da estatística de segunda ordem do canal, isto é, a matriz de correlação de transmissão, calculada no terminal de acesso, com base nos símbolos piloto transmitidos do ponto de acesso. Os autoveixes podem ter a média calculada através de vários quadros de link direto ou se referir a um único quadro. Adicionalmente, em algumas modalidades, os autoveixes podem ter a média calculada em relação a múltiplos tons no domínio da frequência. Em outras modalidades, somente os autoveixes dominantes da matriz de correlação de transmissão são providos. Os autoveixes dominantes podem ter a média calculada através de vários quadros de link direto ou se referir a um único quadro. Além disso, em algumas modalidades, os autoveixes dominantes podem ter a média calculada através de múltiplos tons no domínio da frequência. Uma matriz de construção de feixe exemplar quando dois autoveixes quantizados são realimentados é dada como:  $B(k) = [q_1(k) \ q_2(k) \ b_3 \ \dots \ b_M]$  onde  $q_i(k)$  são os autoveixes quantizados por salto da matriz de correlação de transmissão.

Em modalidades adicionais, a matriz de construção de feixe pode ser gerada por uma combinação de estimativa de canal obtida da CQI e realimentação de autoveixe dominante. Uma matriz de construção de feixe exemplar é dada como:

$$B = \begin{bmatrix} h_{FL}^* & x_1 & \dots & b_M \end{bmatrix} \quad \text{Eq. 5}$$

onde  $x_1$  é um autoveixe dominante para um hFL específico e  $h_{FL}^*$  é baseado na CQI.

Em outras modalidades, a realimentação pode compreender a CQI e autoveixes estimados, estimativas de canal, matriz de correlação de transmissão, autoveixes da matriz de correlação de transmissão ou qualquer combinação



dos mesmos.

Uma matriz de construção de feixe pode ser gerada no Ponto de Acesso utilizando estimativas de canal obtidas a partir da CQI, autofeixes estimados, estimativas de canal, matriz de correlação de transmissão, autofeixes da matriz de correlação de transmissão ou qualquer combinação dos mesmos.

Para formar os vetores de conformação de feixe para cada transmissão uma decomposição QR da matriz de construção de feixe B é realizada para formar pseudo-autovetores que correspondem, cada um, a um grupo de símbolos de transmissão transmitidos a partir das MT antenas para um terminal de acesso específico.

$$V=QR(B)$$

15  $V=[v_1 \ v_2 \ \dots \ v_M]$  são pseudo-autovetores. Eq.6

Os escalares individuais dos vetores de conformação de feixe representam os pesos de conformação de feixe que são aplicados aos símbolos transmitidos a partir das MT antenas para cada terminal de acesso. Esses vetores são então formados pelo seguinte:

$$F_M = \frac{1}{M} [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_M] \quad \text{Eq.7}$$

onde M é o número de camadas utilizadas para transmissão.

Para se decidir quantos autofeixes devem ser usados (predição de classificação) e qual modo de transmissão deve ser usado para se obter ganhos máximos de conformação de autofeixe, várias abordagens podem ser utilizadas. Se o terminal de acesso não está programado, uma estimativa, por exemplo, uma estimativa de canal de 7-bits que pode incluir informação de classificação, pode ser computada com base nos pilotos de banda larga e relatadas junto com a CQI. A informação de canal de sinalização ou

controle transmitida do terminal de acesso, após ser decodificada, atua como um piloto de banda larga para o link reverso. Mediante uso desse canal, os pesos de conformação de feixe podem ser computados como mostrado  
5 acima. A CQI computada também provê informação para o algoritmo de predição de taxa no transmissor.

Alternativamente, se o terminal de acesso estiver programado para receber dados no link direto, a CQI, por exemplo, a CQI incluindo classificação ótima e a CQI para  
10 tal classificação, podem ser computadas com base nos símbolos pilotos com conformação de feixe, por exemplo, símbolos piloto 322 da Figura 3, e realimentados através do canal de sinalização ou de controle de link reverso. Nesses casos, a estimativa de canal inclui ganhos de conformação  
15 de autofeixe e provê taxa e predição de classificação mais exatas para o próximo pacote. Além disso, em algumas modalidades, a CQI de conformação de feixe pode ser periodicamente puncionada com a CQI de banda larga e, portanto, pode nem sempre estar disponível, em tais  
20 modalidades.

Caso o terminal de acesso esteja programado para receber dados no link direto e no link reverso, a CQI, por exemplo, CQI, pode se basear nos símbolos piloto com conformação de feixe e também pode ser reportada em-banda,  
25 isto é, durante a transmissão de link reverso para o ponto de acesso.

Em outra modalidade, o terminal de acesso pode calcular a CQI baseada em piloto de banda larga e a CQI de canal piloto baseada em salto para todas as classificações.  
30 Após isso, ela pode computar o ganho de conformação de feixe que é provido devido à conformação de feixe no ponto de acesso. O ganho de conformação de feixe pode ser calculado pela diferença entre a CQI dos pilotos de banda

larga e os pilotos baseados em salto. Após um ganho de conformação de feixe ser calculado, ele pode ser fatorado nos cálculos de CQI dos pilotos de banda larga para formar uma estimativa de canal mais exata dos pilotos de banda larga para todas as classificações. Finalmente, a CQI, a qual inclui a classificação ótima e a estimativa de canal para tal classificação, é obtida a partir dessa estimativa de canal piloto de banda larga efetiva e realimentada para o ponto de acesso, via um canal de controle ou de sinalização.

Com referência à Figura 6, é ilustrado um diagrama de blocos de um sistema de transmissor em um sistema de comunicação sem fio de acesso múltiplo de acordo com uma modalidade. O transmissor 600, com base na informação de canal, utiliza o bloco de predição de taxa 602 o qual controla um encodificador de única-entrada e única-saída (SISO) 604 para gerar um fluxo de informações.

Os bits são turbo-encodificados pelo bloco encodificador 606 e mapeados em símbolos de modulação mediante mapeamento do bloco 608 dependendo do formato de pacote (PF) 624, especificado por um bloco de predição de taxa 602. Os símbolos codificados são então demultiplexados por um demultiplexador 610 em  $M_T$  camadas 612, que são providas a um módulo de conformação de feixe 614.

O módulo de conformação de feixe 614 gera pesos de conformação de feixe usados para alterar uma potência de transmissão de cada um dos símbolos das  $M_T$  camadas 612 dependendo dos terminais de acesso para os quais eles devem ser transmitidos. Os pesos de autofeixe podem ser gerados a partir da informação de canal de controle ou de sinalização transmitida pelo terminal de acesso para o ponto de acesso. Os pesos de conformação de feixe podem ser gerados de acordo com quaisquer das modalidades conforme descritas

acima com relação às Figuras 5A e 5B.

5 As  $M_T$  camadas 612 após conformação de feixes são providas aos moduladores OFDM 620a a 620t que intercalam os fluxos de símbolos de saída com os símbolos piloto. O processamento OFDM para cada antena transmissora prossegue 620a para 620t então de uma forma idêntica, após a qual os sinais são transmitidos via um esquema MIMO.

10 No encodificador SISO 604, o encodificador turbo 606 encodifica o fluxo de dados, e em uma modalidade utiliza taxa de encodificação de 1/5. Deve ser observado que outros tipos de encodificadores e de taxas de encodificação podem ser utilizados. O encodificador de símbolos 608 mapeia os dados encodificados nos símbolos de constelação para transmissão. Em uma modalidade, as 15 constelações podem ser constelações de amplitude quadratura. Embora um encodificador SISO seja aqui descrito, outros tipos de encodificadores incluindo encodificadores MIMO podem ser utilizados.

20 O bloco de predição de taxa 602 processa a informação CQI, incluindo informação de classificação, que é recebida no ponto de acesso para cada terminal de acesso. A informação de classificação pode ser provida com base nos símbolos piloto de banda larga, símbolos piloto baseados em salto, ou ambos. A informação de classificação é utilizada 25 para determinar o número de camadas espaciais a serem transmitidas pelo bloco de predição de taxa 602. Em uma modalidade, o algoritmo de predição de taxa pode usar uma realimentação 5-bitCQI 622 aproximadamente a cada 5 milissegundos. O formato de pacote, por exemplo, taxa de 30 modulação, é determinado utilizando-se várias técnicas. Técnicas exemplares são ilustradas e reveladas no Pedido de Patente US co-pendente 11/021.791, intitulado "Performance Based Rank Prediction for MIMO Design", e Pedido de Patente

US 11/022.347, intitulado "Capacity Based Rank Prediction for MIMO Design", ambos os quais são aqui incorporados como referência como se apresentados em suas totalidades.

5 Com referência à Figura 7, é ilustrado um diagrama de blocos de um sistema de receptor em um sistema de comunicação sem fio de acesso múltiplo de acordo com uma modalidade. Na Figura 7, cada antena 702a a 702t recebe um ou mais símbolos destinados ao receptor 700. As antenas 702a a 702t são individualmente acopladas aos demoduladores OFDM 704a a 704t, cada um dos quais é acoplado ao buffer de salto 706. Os demoduladores OFDM 704a a 704t demodulam individualmente os símbolos OFDM recebidos em fluxos de símbolos recebidos. O buffer de salto 706 armazena os símbolos recebidos para a região de salto na qual eles foram transmitidos.

10

15

A saída do buffer de salto 706 é provida a um codificador 708, o qual pode ser um decodificador que processa independentemente cada frequência de portadora da banda OFDM. Tanto o buffer de salto 706 quanto o decodificador 708 são acoplados a um estimador de canal baseado em salto 710 que utiliza as estimativas do canal de link direto, com os pesos de autofeixe para demodular os fluxos de informações. A informação demodulada provida pelos fluxos do demodulador 712 é então provida ao bloco de Razão de Log-Verossimilhança (LLR) 714 e decodificador 716, o qual pode ser um decodificador turbo ou outro decodificador para combinar com o codificador usado no ponto de acesso, que provê um fluxo de dados decodificados para processamento.

20

25

30 Com referência à Figura 8, é ilustrado um fluxograma de geração de pesos de conformação de feixe de acordo com uma modalidade. A informação CQI é lida a partir de uma memória ou buffer, bloco 800. Além disso, a

informação CQI pode ser substituída por uma realimentação de autofeixe provida a partir do terminal de acesso. A informação pode ser armazenada em um buffer ou pode ser processada em tempo real. A informação CQI é utilizada como um piloto para construir uma matriz de canal para o link direto, bloco 802. A construção de feixe pode ser construída como discutido com relação às Figuras 5A e 5B. A matriz de construção de feixe é então decomposta, bloco 804. A decomposição pode ser uma decomposição QR. Os autovetores representando os pesos de conformação de feixe podem ser então gerados para os símbolos da próxima região de salto a serem transmitidos ao terminal de acesso, bloco 806.

Com referência à Figura 9, é ilustrado um fluxograma de geração de pesos de conformação de feixe de acordo com outra modalidade. Informação de estimativa de canal provida do terminal de acesso é lida a partir de uma memória ou buffer, bloco 900. A informação de estimativa de canal pode ser armazenada em um buffer ou pode ser processada em tempo real. A informação de estimativa de canal é utilizada para construir uma matriz de construção de feixe para o link direto, bloco 902. A matriz de construção de feixe pode ser construída como discutido com relação às Figuras 5A e 5B. A matriz de construção de feixe é então decomposta, bloco 904. A decomposição pode ser uma decomposição QR. Os autovetores representando os pesos de conformação de feixe podem ser então gerados para os símbolos da próxima região de salto a serem transmitidos para o terminal de acesso, bloco 906.

Com referência à Figura 10, é ilustrado um fluxograma de geração dos pesos de conformação de feixe de acordo com uma modalidade adicional. A informação de autofeixe provida a partir do terminal de acesso é lida a

partir de uma memória ou buffer, bloco 1000. Além disso, a informação de canal também é lida, bloco 1002. A informação de canal pode compreender CQI, estimativas de canal, SINR, SNR, e/ou estatísticas de canal de segunda ordem, sempre que geradas originalmente. A informação de autofeixe e informação de canal podem ser armazenadas em um buffer ou podem ser processadas em tempo real. A informação de autofeixe e a informação de canal são utilizadas para construir uma matriz de construção de feixe para o link direto, bloco 1004. A matriz de construção de feixe pode ser construída como discutido com relação às Figuras 5A e 5B. A matriz de construção de feixe é então decomposta, bloco 1006. A decomposição pode ser uma decomposição QR. Os autovetores representando os pesos de conformação de feixe podem ser então gerados para os símbolos da próxima região de salto a serem transmitidos para o terminal de acesso, bloco 1008.

Com referência à Figura 11, é ilustrado um fluxograma de determinação de um tipo de CQI e classificação para realimentação de acordo com uma modalidade. É feita uma determinação no sentido de se o terminal de acesso está programado para receber uma transmissão ou transmissões, bloco 1100. Em uma modalidade, isso pode se basear em se o terminal de acesso está programado para receber símbolos em um próximo período de salto. Em outras modalidades, isso pode se basear em se o terminal de acesso está programado para receber símbolos em um ou mais dos próximos N períodos de salto, onde N se baseia nos parâmetros de sistema.

Caso o terminal de acesso não esteja programado, a informação de canal, por exemplo, CQI, e a classificação ótima são determinadas com base nos símbolos piloto de banda larga, bloco 1102. Caso o terminal de acesso esteja

programado, então outra determinação é feita no sentido de se o número de períodos de salto é maior do que N períodos de salto uma vez que a informação de canal com conformação de feixe foi provida, bloco 1104.

5                   Se o número for menor do que N, então ou a informação de canal de banda larga junto com a classificação ótima baseada naquela informação de canal é provida, bloco 1106, ou informação de canal híbrido junto com a classificação ótima baseada naquela informação de canal é provida, bloco 1108. Se a informação de canal de banda larga ou a informação de canal híbrido for provida, pode-se basear no modelo do sistema. Alternativamente, a informação de canal de banda larga e a informação de canal híbrido podem ser providas em sinais alternativos ou com base em um padrão predeterminado.

10                   Se o número for maior do que N, então ou a informação de canal com conformação de feixe junto com a classificação ótima baseada naquela informação de canal é provida, bloco 1110, ou a informação de canal híbrido junto com a classificação ótima baseada naquela informação de canal é provida, bloco 1108. Se a informação de canal com conformação de feixe ou informação de canal híbrido for provida, pode-se basear no modelo de sistema. Alternativamente, a informação de canal com conformação de feixe e a informação de canal híbrido podem ser providas em sinais alternativos ou com base em um padrão predeterminado.

25                   Com referência à Figura 12, é ilustrado um fluxograma de determinação de um tipo de CQI e classificação para realimentação de acordo com outra modalidade. É feita uma determinação no sentido de se o terminal de acesso é programado para receber uma transmissão ou transmissões, bloco 1200. Em uma modalidade,

30



isso pode se basear em se o terminal de acesso é programado para receber símbolos em um próximo período de salto. Em outras modalidades, isso pode se basear em se o terminal de acesso é programado para receber símbolos em um ou mais 5 dentre os próximos N períodos de salto, onde N se baseia nos parâmetros de sistema.

Caso o terminal de acesso não esteja programado, uma informação de canal, por exemplo, CQI, e classificação ótima são determinadas com base nos símbolos piloto de 10 banda larga, bloco 1202. Caso o terminal de acesso esteja programado, então outra determinação é feita no sentido de se a distância entre a localização da região de salto atual e a região de salto anterior é maior do que o limite, bloco 1204. A região de salto anterior pode ser a região de salto 15 para o período de salto imediatamente anterior ou para um período de salto que é anterior ao período de salto atual. O limite pode ser uma função de parâmetros do sistema.

Se a distância for maior do que o limite, então ou a informação de canal de banda larga junto com a 20 classificação ótima com base naquela informação de canal é provida, bloco 1206, ou a informação de canal híbrido junto com a classificação ótima com base naquela informação de canal é provida, bloco 1208. Se a informação de canal de banda larga ou a informação de canal híbrido é provida, 25 pode-se basear no modelo de sistema. Alternativamente, a informação de canal de banda larga e a informação de canal híbrido podem ser providas em sinais alternativos ou com base em um padrão predeterminado.

Caso o número seja menor do que o limite, então 30 ou a informação de canal com conformação de feixe junto com a classificação ótima baseada naquela informação de canal é provida, bloco 1210, ou a informação de canal híbrido junto com a classificação ótima com base naquela informação de

canal é provida, bloco 1208. Se a informação de canal com conformação de feixe ou informação de canal híbrido é provida, pode-se basear no modelo de sistema. Alternativamente, a informação de canal com conformação de feixe e a informação de canal híbrido podem ser providas em 5 sinais alternativos ou com base em um padrão predeterminado.

Deve ser observado que o bloco 1104 ou bloco 1204 pode ser pulado caso o terminal de acesso seja programado e a informação de canal com conformação de feixe ou 10 informação de canal híbrido possa ser provida de acordo com o modelo de sistema ou padrão predeterminado.

Os processos acima podem ser realizados utilizando-se processador TX 444 ou 478, processador MIMO TX 446, processadores RX 460 ou 492, processador 430 ou 15 470, memória 432 ou 472, e combinações dos mesmos. Adicionais processos, operações e características descritos com relação às Figuras 5A, 5B, e 6-10 podem ser realizados em qualquer processador, controlador, ou outro dispositivo de processamento e podem ser armazenados como instruções 20 legíveis por computador em um meio legível por computador como código de fonte, código de objeto, ou de outro modo.

As técnicas aqui descritas podem ser implementadas por diversos meios. Por exemplo, essas técnicas podem ser implementadas em hardware, software, ou 25 uma combinação dos mesmos. Para uma implementação em hardware, as unidades de processamento dentro de um ponto de acesso ou de um terminal de acesso podem ser implementadas dentro de um ou mais circuitos integrados de aplicação específica (ASICs), processadores de sinal 30 digital (DSPs), dispositivos de processamento de sinal digital (DSPDs), dispositivos lógicos programáveis (PLDs), arranjos de portas programáveis em campo (FPGAs),

processadores, controladores, microcontroladores, microprocessadores, outras unidades eletrônicas projetadas para realizar as funções aqui descritas, ou uma combinação dos mesmos.

5                    Para uma implementação de software, as técnicas aqui descritas podem ser implementadas com módulos (por exemplo, procedimentos, funções, e assim por diante) que realizam as funções aqui descritas. Os códigos de software podem ser armazenados em unidades de memória e executados  
10                    por processadores. A unidade de memória pode ser implementada dentro do processador ou externa ao processador, em cujo caso ela pode ser acoplada comunicativamente ao processador via diversos meios como sabido na técnica.

15                    A descrição anterior das modalidades reveladas é provida para permitir que aqueles versados na técnica realizem ou utilizem as características, funções, operações, e modalidades aqui reveladas. Diversas modificações para essas modalidades podem ser facilmente  
20                    evidentes àqueles versados na técnica, e os princípios genéricos aqui definidos podem ser aplicados a outras modalidades sem se afastar de seu espírito ou escopo. Desse modo, a presente revelação não pretende ser limitada às modalidades aqui mostradas, mas deve ser concedido o mais  
25                    amplo escopo compatível com as características inovadoras e os princípios aqui revelados.

**REIVINDICAÇÕES**

1. Método, **caracterizado** pelo fato de que compreende:

determinar (1100; 1200) se um terminal de acesso está programado para receber símbolos;

caso o terminal de acesso esteja programado para receber símbolos, então gerar, no terminal de acesso, informação de canal com base em símbolos piloto dedicados recebidos (322), onde os símbolos piloto dedicados (322) são transmitidos por um ponto de acesso para um ou mais terminais de acesso; e

caso o terminal de acesso não esteja programado para receber símbolos, então gerar, no terminal de acesso, informação de canal com base em símbolos piloto de banda larga recebidos (310), onde os símbolos piloto de banda larga (310) são transmitidos pelo ponto de acesso para todos os terminais de acesso em comunicação com este ponto de acesso.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que determinar (1100) se o terminal de acesso está programado compreende determinar se o terminal de acesso recebeu uma instrução de que ele receberá símbolos em um próximo período de salto.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que determinar (1100) se o terminal de acesso está programado compreende determinar (1104) se o terminal de acesso recebeu uma instrução de que ele receberá símbolos em pelo menos um dentre N próximos períodos de salto.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que cada um dentre os símbolos piloto de canal de banda larga (310) e os símbolos piloto dedicados (322) consiste em 5 bits.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente quantizar a informação de canal gerada com base em símbolos piloto de banda larga (310) ou informação de canal com base em símbolos piloto dedicados (322).

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a informação de canal com base nos símbolos piloto dedicados (322) é gerada com base somente em autofeixes dominantes.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a informação de canal compreende informação de qualidade de canal.

8. Equipamento, **caracterizado** pelo fato de que compreende:

mecanismos para determinar se um terminal de acesso está programado para receber símbolos;

mecanismos para gerar, no terminal de acesso, informação de canal com base em símbolos piloto dedicados recebidos (322), onde os símbolos piloto dedicados (322) são transmitidos por um ponto de acesso para um ou mais terminais de acesso, se o terminal de acesso estiver programado para receber símbolos; e

mecanismos para gerar, no terminal de acesso, informação de canal com base em símbolos piloto de banda larga recebidos (310), onde os símbolos piloto de banda larga (310) são transmitidos pelo ponto de acesso para todos os terminais de acesso em comunicação com este ponto de acesso, se o terminal de acesso não estiver programado para receber símbolos.

9. Equipamento, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que os mecanismos para determinar se o terminal de acesso está programado compreendem mecanismos para determinar se o terminal de

acesso recebeu uma instrução de que ele receberá símbolos em um próximo período de salto.

5 10. Equipamento, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que os mecanismos para determinar se o terminal de acesso está programado compreendem mecanismos para determinar se o terminal de acesso recebeu uma instrução de que ele receberá símbolos em pelo menos um dentre N próximos períodos de salto.

10 11. Equipamento, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que cada um dentre os símbolos piloto de canal de banda larga (310) e os símbolos piloto dedicados (322) consiste em 5 bits.

15 12. Equipamento, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente quantizar a informação de canal gerada com base em símbolos piloto de banda larga (310) ou informação de canal com base em símbolos piloto dedicados (322).

20 13. Equipamento, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que a informação de canal com base nos símbolos piloto dedicados (322) é gerada com base somente em autofeixes dominantes.

14. Equipamento, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que a informação de canal compreende informação de qualidade de canal.

25 15. Equipamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 14, **caracterizado** pelo fato de que compreende uma memória e em que os mecanismos para determinar, os mecanismos para gerar informação de canal com conformação de feixe e os mecanismos para gerar  
30 informação de canal de banda larga compreendem um processador.

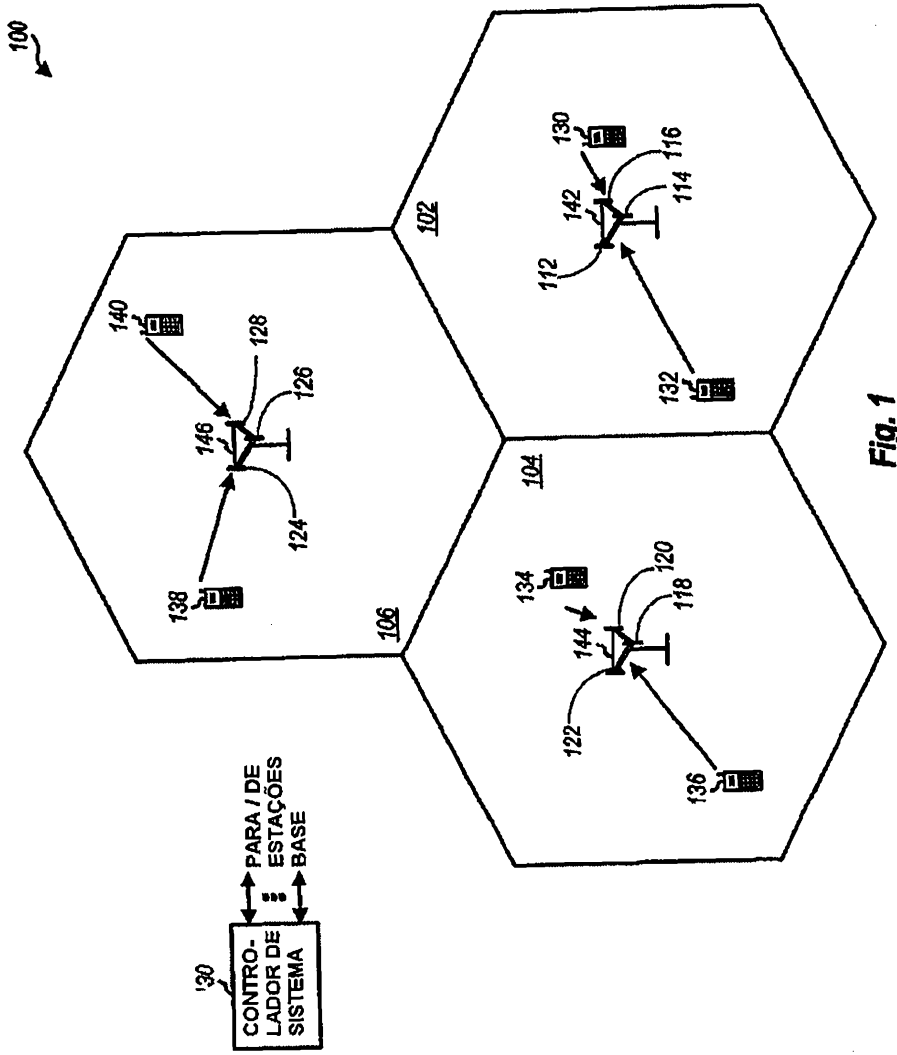


Fig. 1

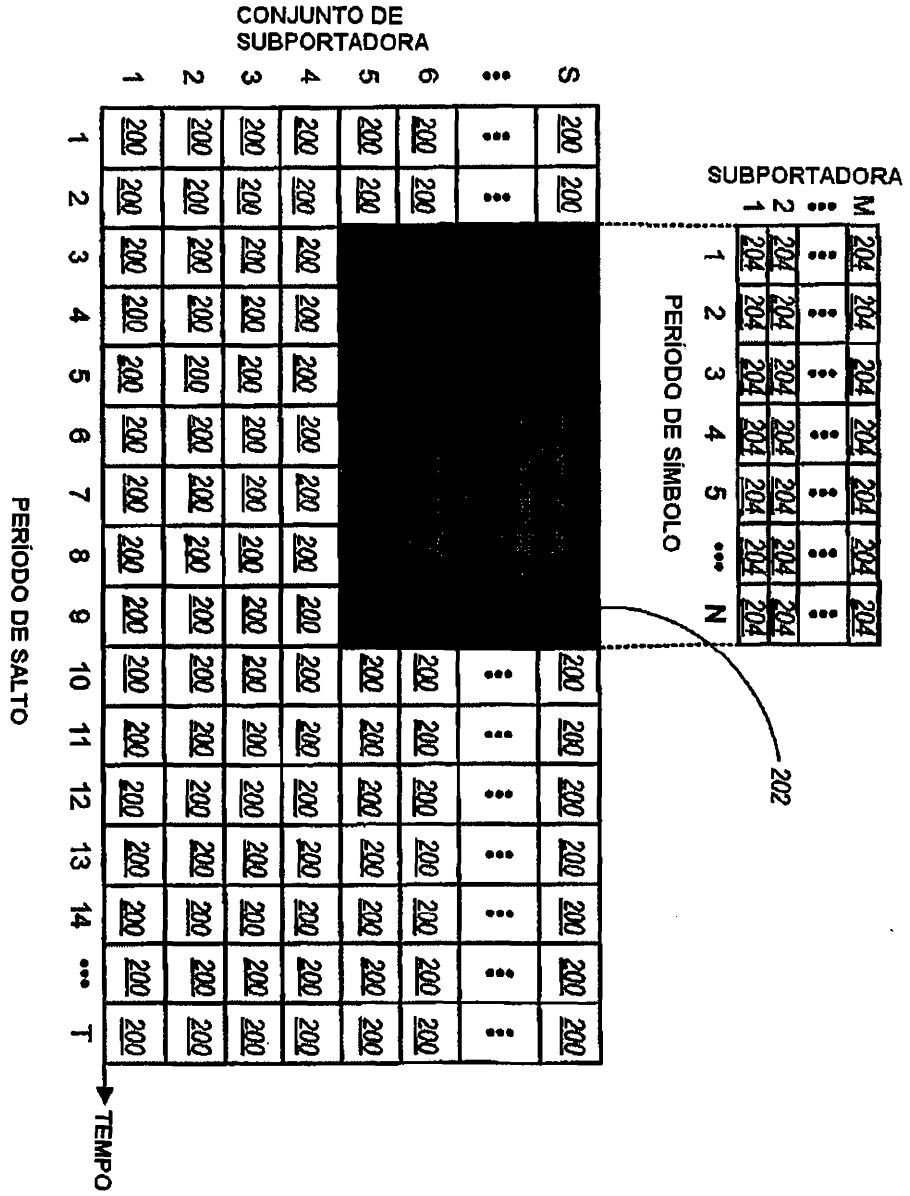


Fig. 2



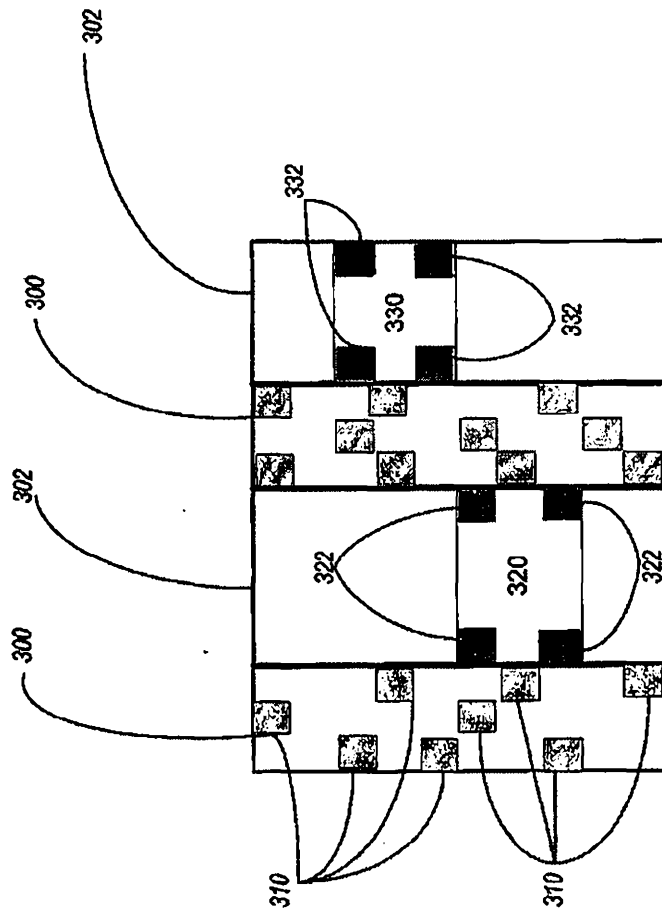


Fig. 3

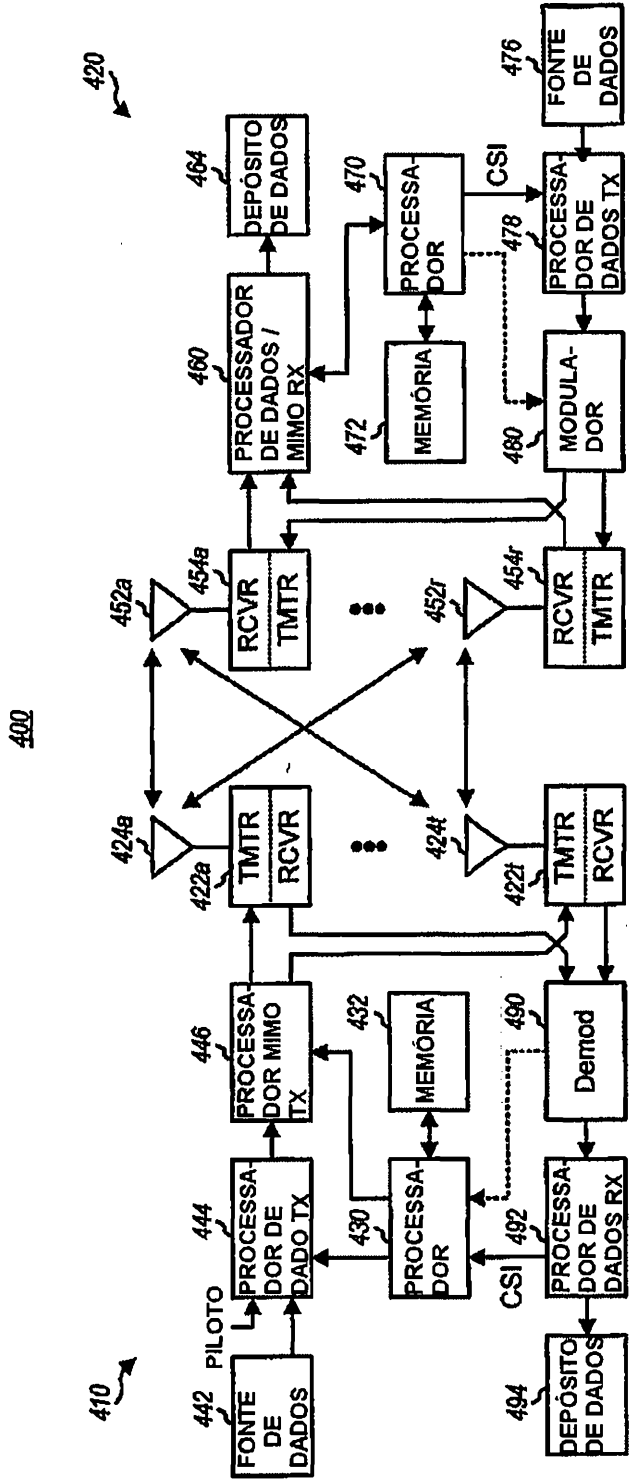


Fig. 4

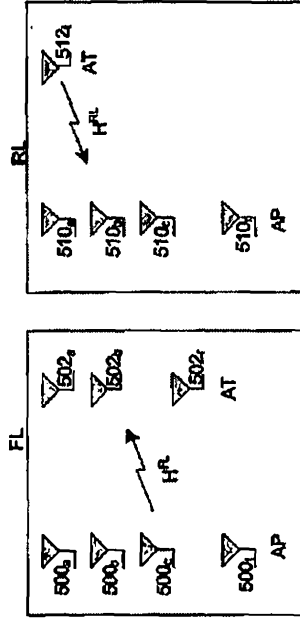


Fig. 5A

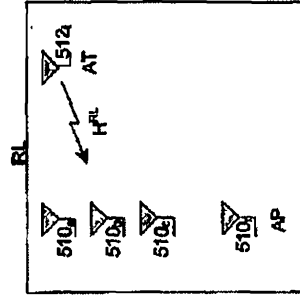


Fig. 5B

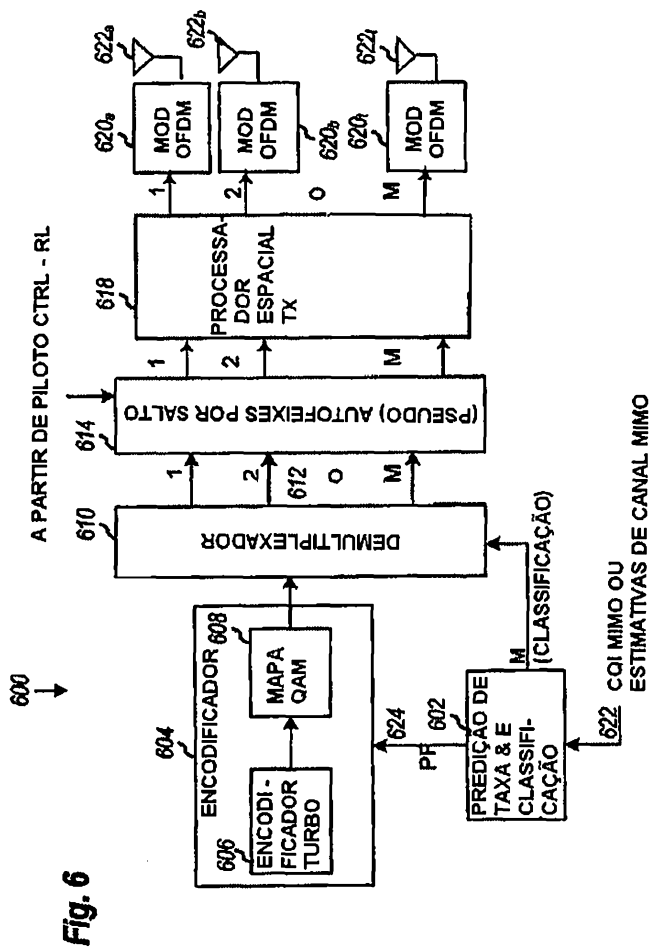
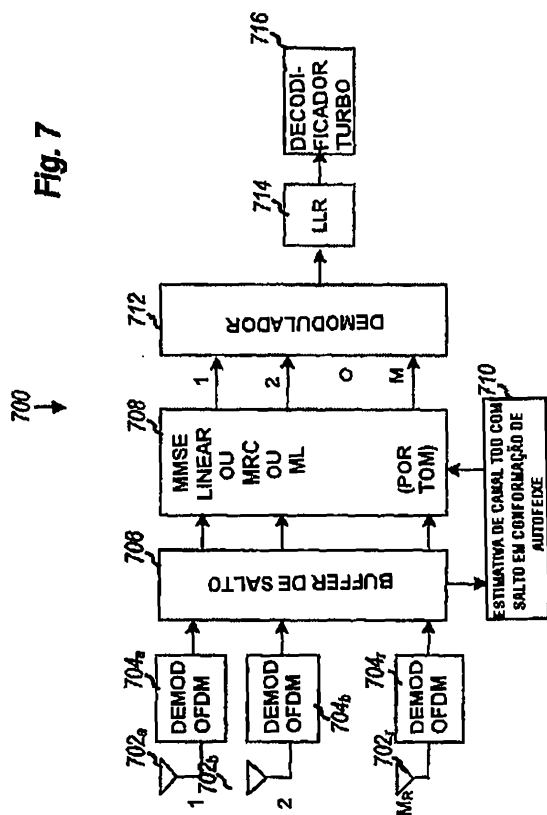
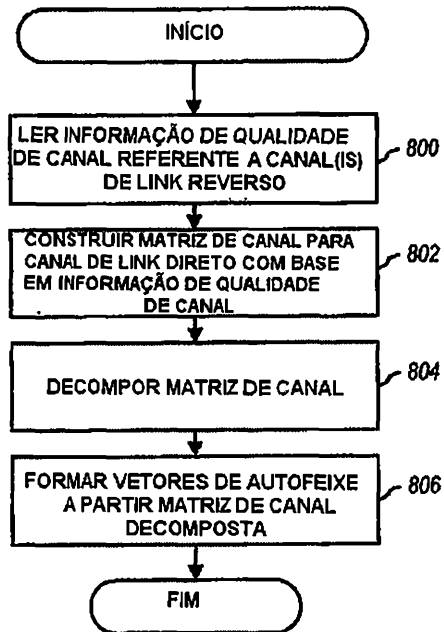
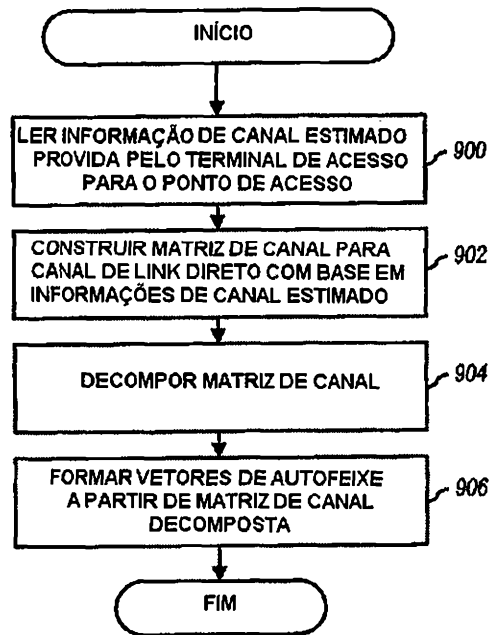


Fig. 6

Fig. 7



**Fig. 8**

**Fig. 9**

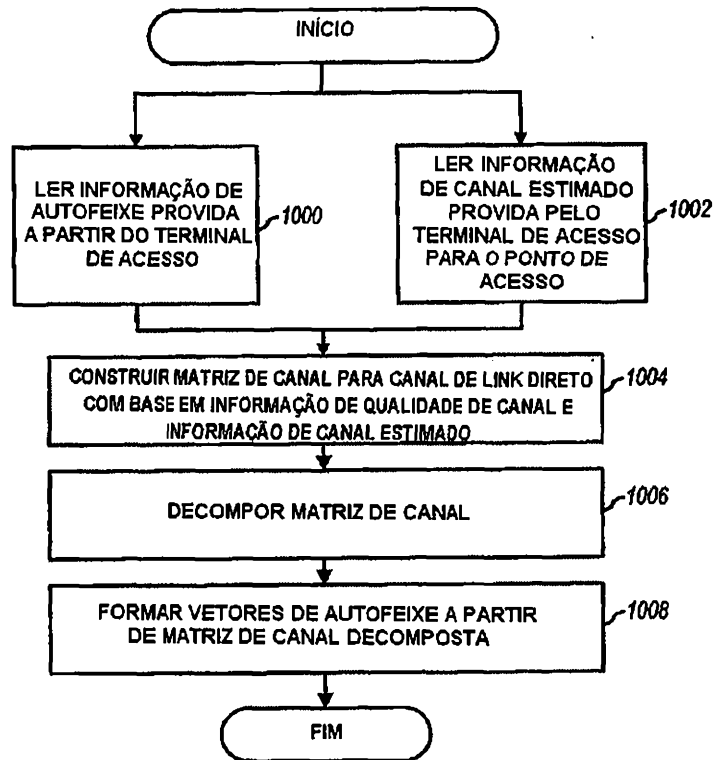


Fig. 10



Fig. 11

