



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

(21) **PI0614854-9 A2**



(22) Data de Depósito: 22/08/2006
(43) Data da Publicação: 19/04/2011
(RPI 2102)

(51) *Int.Cl.:*
H04B 7/06

(54) Título: **MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA SELEÇÃO DE ANTENAS VIRTUAIS**

(30) Prioridade Unionista: 27/10/2005 US 11/261,823, 15/03/2006 US 11/377,458, 22/08/2005 US 60/710,371, 24/08/2005 US 60/711,144, 27/10/2005 US 11/261,823, 15/03/2006 US 11/377,458

(73) Titular(es): QUALCOMM INCORPORATED

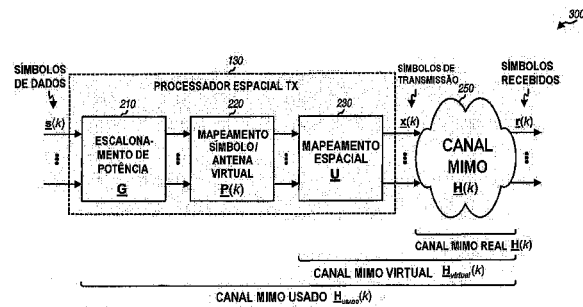
(72) Inventor(es): Byoung-Hoon Kim, Tamer Kadous

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

(86) Pedido Internacional: PCT US2006032860 de 22/08/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/024913 de 01/03/2007

(57) **Resumo:** MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA SELEÇÃO DE ANTENAS VIRTUAIS. São descritas técnicas para transmitir dados a partir de antenas virtuais em vez de antenas físicas. Cada antena virtual pode ser mapeada para algumas ou todas as antenas físicas por um mapeamento diferente. O desempenho de diferentes conjuntos de pelo menos uma antena virtual é avaliado com base em uma ou mais métricas tais como qualidade de sinal, capacidade de transmissão, taxa geral e assim por diante. O conjunto de antenas virtuais com o melhor desempenho é selecionado para uso. Se a seleção de antena virtual for realizada pelo receptor, então informações de estado de canal para o conjunto de antenas virtuais selecionado podem ser enviadas para o transmissor. As informações de estado de canal podem transportar a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s), a qualidade ou taxa(s) de sinal para a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s), uma ou mais matrizes de pré-codificação utilizadas para formar a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s) e assim por diante. O transmissor e/ou receptor utilizam a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s) para transmissão de dados.



"MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA SELEÇÃO DE ANTENAS VIRTUAIS"
FUNDAMENTOS

I. CAMPO

5 A presente invenção refere-se, de modo geral, à
comunicação, e mais especificamente a técnicas para
transmissão de dados em um sistema de comunicação sem fio.

II. FUNDAMENTOS

10 Em um sistema de comunicação sem fio, um
transmissor (por exemplo, uma estação base ou um terminal)
pode utilizar múltiplas antenas de transmissão (T) para
transmissão de dados para um receptor equipado com
múltiplas antenas de recepção (R). As múltiplas antenas de
transmissão e recepção podem ser utilizadas para aumentar
15 capacidade de transmissão e/ou aperfeiçoar a
confiabilidade. Por exemplo, o transmissor pode transmitir
T símbolos simultaneamente a partir das T antenas de
transmissão para melhorar a capacidade de transmissão.
Alternativamente, o transmissor pode transmitir o mesmo
símbolo de forma redundante a partir de todas as T antenas
20 de transmissão para melhorar a recepção pelo receptor.

A transmissão a partir de cada antena de
transmissão causa interferência nas transmissões a partir
de outras antenas de transmissão. Em alguns casos, o
desempenho aperfeiçoado pode ser obtido pela transmissão de
25 um número menor do que T símbolos simultaneamente a partir
das T antenas de transmissão. Isto pode ser obtido pela
seleção de um subconjunto das T antenas de transmissão e
transmissão de um número de símbolos menor que T a partir
do subconjunto selecionado de antena(s) de transmissão.
30 A(s) antena(s) de transmissão que não são utilizadas para a
transmissão não causa(m) interferência na(s) antena(s) de
transmissão que são utilizadas para transmissão.

Conseqüentemente, desempenho aperfeiçoado pode ser obtido no subconjunto selecionado de antena(s) de transmissão.

Cada antena de transmissão é tipicamente associada a certa potência de transmissão de pico que pode ser utilizada para aquela antena. A potência de transmissão de pico pode ser determinada por um amplificador de potência utilizado para a antena de transmissão, limitações de regulação, e/ou outros fatores. Para cada antena de transmissão que não é utilizada para transmissão, a potência de transmissão para aquela antena é essencialmente desperdiçada.

Há, portanto, necessidade na arte de técnicas que utilizem mais efetivamente a potência de transmissão disponível para as antenas de transmissão.

SUMÁRIO

São descritas aqui técnicas para transmissão de dados a partir de antenas virtuais em vez de antenas físicas. Uma antena física é uma antena utilizada para radiar um sinal. Uma antena física tem, tipicamente, uma potência de transmissão máxima limitada, que é freqüentemente determinada por um amplificador de potência associado. Uma antena virtual é uma antena a partir da qual dados podem ser enviados. Uma antena virtual pode corresponder a um feixe formado pela combinação de múltiplas antenas físicas através de um vetor de coeficientes ou pesos. Múltiplas antenas virtuais podem ser formadas com múltiplas antenas físicas de tal modo que cada antena virtual seja mapeada para algumas ou todas as antenas físicas por um mapeamento diferente, como descrito abaixo. As antenas virtuais habilitam uso eficiente da potência de transmissão disponível das antenas físicas.

Em um aspecto, o desempenho de diferentes conjuntos de pelo menos uma antena virtual é avaliado, e o

conjunto de antena(s) virtual(is) com o melhor desempenho é selecionado para uso. O desempenho pode ser quantificado por várias métricas como qualidade de sinal, capacidade de transmissão, taxa geral, e assim por diante. Em uma
5 modalidade, múltiplas hipóteses são avaliadas com base em pelo menos uma métrica. Cada hipótese corresponde a um conjunto diferente de pelo menos uma antena virtual. A hipótese com o melhor desempenho (por exemplo, a qualidade de sinal, capacidade de transmissão, ou taxa geral mais
10 alta) é selecionada entre todas as hipóteses avaliadas. Se a seleção de antena virtual for realizada pelo receptor, então as informações de estado de canal para a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s) podem ser enviadas para o transmissor. As informações de estado de canal podem
15 transferir vários tipos de informações como a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s), a qualidade de sinal ou taxa(s) para a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s), uma ou mais matrizes utilizadas para formar a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s), e assim por diante. O transmissor e/ou
20 receptor pode utilizar a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s) para transmissão de dados.

Vários aspectos e modalidades da invenção são descritos em detalhes adicionais abaixo.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

25 As características e natureza da presente invenção tornar-se-ão mais evidentes a partir da descrição detalhada exposta abaixo quando tomada em combinação com os desenhos, nos quais caracteres de referência similares identificam de forma correspondente do princípio ao fim.

30 A figura 1 mostra um diagrama de blocos de um transmissor e receptor.

A figura 2 mostra um diagrama de blocos de um processador espacial de transmissão (TX).

A figura 3 mostra um modelo de transmissão para antenas virtuais.

As figuras 4A e 4B mostram duas transmissões exemplares a partir de antenas virtuais.

5 A figura 5 mostra seleção de antena virtual para quatro antenas virtuais.

A figura 6 mostra um exemplo de distribuição de potência de enchimento de água (water-filling).

10 A figura 7 mostra um processo para selecionar e utilizar antenas virtuais.

A figura 8 mostra um equipamento para selecionar e utilizar antenas virtuais.

A figura 9 mostra um processo para transmissão de dados a partir de antenas virtuais.

15 A figura 10 mostra um equipamento para transmissão de dados a partir de antenas virtuais.

DESCRIÇÃO DETALHADA

20 A palavra "exemplar" é utilizada aqui para significar "servir como exemplo, ocorrência, ou ilustração". Qualquer projeto ou modalidade descrito aqui como "exemplar" não deve ser necessariamente interpretado como preferido ou vantajoso em relação a outras modalidades ou projetos.

25 A figura 1 mostra um diagrama de blocos de uma modalidade de um transmissor 110 e um receptor 150 em um sistema de comunicação 100. O transmissor 110 é equipado com múltiplas antenas (T), e o receptor 150 é equipado com múltiplas antenas (R). Cada antena de transmissão e cada antena de recepção pode ser uma antena física ou um arranjo
30 de antenas. Para transmissão em downlink (ou link direto), o transmissor 110 pode fazer parte de, e pode conter alguma ou toda a funcionalidade de, uma estação base, um ponto de acesso, um Nó B e/ou alguma outra entidade de rede. O

receptor 150 pode fazer parte de, e pode conter um pouco ou toda a funcionalidade de, uma estação móvel, um terminal de usuário, um equipamento de usuário, e/ou algum outro dispositivo. Para transmissão em uplink (ou link reverso), o transmissor 110 pode fazer parte de uma estação móvel, um terminal de usuário, um equipamento de usuário, e assim por diante, e o receptor 150 podem fazer parte de uma estação base, um ponto de acesso, um nó B, e assim por diante.

No transmissor 110, um processador de dados TX 120 recebe dados de tráfego a partir de uma fonte de dados 112 e processa (por exemplo, formata, codifica, intercala e mapeia em símbolos) os dados de tráfego para gerar símbolos de dados. Como utilizado aqui, um símbolo de dados é um símbolo de modulação para dados, um símbolo piloto é um símbolo de modulação para piloto, um símbolo de modulação é um valor complexo para um ponto em uma constelação de sinais (por exemplo, para M-PSK ou M-QAM), e um símbolo é tipicamente um valor complexo. Pilotos são dados que são conhecidos *a priori* tanto pelo transmissor como pelo receptor e também podem ser mencionados como treinamento, referência, preâmbulo, e assim por diante. Um processador espacial TX 130 multiplexa os símbolos de dados com símbolos piloto, realiza processamento espacial nos símbolos piloto e de dados multiplexados, e provê T fluxos de símbolos de transmissão para T unidades transmissoras (TMTR) 132a até 132t. Cada unidade transmissora 132 processa (por exemplo, modula, converte para analógico, filtra, amplifica e converte ascendentemente) seu fluxo de símbolos de transmissão e gera um sinal modulado. T sinais modulados a partir de unidades transmissoras 132a até 132t são transmitidos a partir de antenas 134a até 134t, respectivamente.

No receptor 150, R antenas 152a até 152r recebem os T sinais modulados, e cada antena 152 provê um sinal recebido para uma unidade receptora respectiva (RCVR) 154. Cada unidade receptora 154 processa seu sinal recebido de uma maneira complementar ao processamento realizado pelas unidades transmissoras 132 para obter símbolos recebidos, provê símbolos recebidos para dados de tráfego para um processador espacial de recepção (RX) 160, e provê símbolos recebidos para piloto para um processador de canais 194. O processador de canais 194 estima a resposta do canal de múltiplas entradas e múltiplas saídas (MIMO) a partir do transmissor 110 para o receptor 150 com base nos símbolos recebidos para piloto (e possivelmente os símbolos recebidos para dados de tráfego) e provê estimativas de canal para o processador espacial RX 160. O processador espacial RX 160 realiza detecção nos símbolos recebidos por dados de tráfego com as estimativas de canal e provê estimativas de símbolos de dados. Um processador de dados RX 170 processa adicionalmente (por exemplo, deintercala e decodifica) as estimativas de símbolos de dados e provê dados decodificados para um depósito de dados 172.

O receptor 150 pode avaliar as condições de canal e pode enviar informações de estado de canal para o transmissor 110. As informações de estado de canal podem indicar, por exemplo, um conjunto específico de pelo menos uma antena virtual a utilizar para transmissão, uma ou mais matrizes utilizadas para formar a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s), uma ou mais taxas ou formatos de pacote a utilizar para transmissão, qualidade de sinal para a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s), confirmações (ACKs) e/ou confirmações negativas (NAKs) para pacotes decodificados pelo receptor 150, outros tipos de informações, ou qualquer combinação dos mesmos. As

informações de estado de canal são processadas (por exemplo, codificadas, intercaladas, e mapeadas em símbolos) por um processador de sinalização TX 180, processado espacialmente por um processador espacial TX 182, e adicionalmente processador por unidades transmissoras 154a até 154r para gerar R sinais modulados, que são transmitidos através de antenas 152a até 152r.

No transmissor 110, os R sinais modulados são recebidos por antenas 134a até 134t, processados pelas unidades receptoras 132a até 132t, espacialmente processados por um processador espacial RX 136, e adicionalmente processados (por exemplo, deintercalados e decodificados) por um processador de sinalização RX 138 para recuperar as informações de estado de canal. Um controlador/processador 140 controla a transmissão de dados para o receptor 150 com base nas informações de estado de canal. Um processador de canal 144 pode estimar a resposta do canal MIMO a partir do receptor 150 para o transmissor 110 e pode fornecer informações pertinentes utilizadas para transmissão de dados pelo receptor 150.

Controladores/processadores 140 e 190 controlam a operação no transmissor 110 e no receptor 150, respectivamente. Memórias 142 e 192 armazenam dados e códigos de programa para transmissor 110 e receptor 150, respectivamente.

As técnicas descritas aqui podem ser utilizadas para vários sistemas de comunicação sem fio como sistema de Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência (FDMA), sistema de Acesso Múltiplo por Divisão de Código (CDMA), um sistema de Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo (TDMA), um sistema de Acesso Múltiplo por Divisão Espacial (SDMA), um sistema FDMA Ortogonal (OFDMA), um sistema FDMA de Portadora Única (SC-FDMA), e assim por diante. Um sistema OFDMA utiliza

Multiplexação por Divisão de Freqüência Ortogonal (OFDM). OFDM e SC-FDMA dividem a largura de banda do sistema geral em múltiplas (K) subportadoras ortogonais, que são também denominadas tons, faixas e assim por diante. Cada subportadora pode ser modulada com dados. Em geral, símbolos de modulação são enviados no domínio de freqüência com OFDM e no domínio de tempo com SC-FDMA.

1. PROCESSAMENTO DE TRANSMISSOR

O transmissor pode transmitir um ou mais símbolos de saída simultaneamente a partir das antenas de transmissão T em cada subportadora em cada período de símbolos. Cada símbolo de saída pode ser um símbolo de modulação para OFDM, um símbolo de domínio de freqüência para SC-FDMA, ou algum outro valor complexo. O transmissor pode transmitir os símbolos de saída utilizando vários esquemas de transmissão.

Em uma modalidade, o transmissor processa os símbolos de saída para transmissão, como a seguir:

$$\underline{x}(k) = \underline{U} \cdot \underline{P}(k) \cdot \underline{G} \cdot \underline{s}(k), \quad \text{Eq(1)}$$

Onde: $\underline{s}(k) = [s_1(k) s_2(k) \dots s_v(k)]^T$ é um vetor $V \times 1$ contendo V símbolos de saída a serem enviados na subportadora k em um período de símbolos,

\underline{G} é uma matriz diagonal $V \times V$ contendo os ganhos para os V símbolos de saída,

$\underline{P}(k)$ é uma matriz de permutação $T \times V$ para subportadora k,

$\underline{U} = [\underline{u}_1 \underline{u}_2 \dots \underline{u}_T]$ é uma matriz ortonormal $T \times T$,

$\underline{x}(k) = [x_1(k) x_2(k) \dots x_T(k)]^T$ é um vetor $T \times 1$ contendo T símbolos de transmissão a serem enviados a partir das T antenas de transmissão na subportadora k em um período de símbolos, e

" T " indica uma transposta.

Para simplicidade, a descrição aqui assume que a potência média de cada elemento $s_i(k)$ no vetor $\underline{s}(k)$ é unitária. A equação (1) é para uma subportadora k . O transmissor pode realizar o mesmo processamento para cada subportadora utilizada para transmissão.

T é o número de antenas de transmissão. T também é o número de antenas virtuais disponíveis para uso e formadas com T colunas \underline{u}_1 até \underline{u}_T da matriz ortonormal \underline{U} . As antenas virtuais podem ser chamadas também antenas efetivas ou por alguma outra terminologia. V é o número de símbolos de saída sendo enviadas simultaneamente em uma subportadora em um período de símbolos. V também é o número de antenas virtuais utilizadas para transmissão. Em geral, $1 \leq V \leq \min\{T, R\}$. V pode ser um parâmetro configurável que pode ser selecionado como descrito abaixo.

Embora não mostrado na equação (1), o transmissor pode empregar diversidade de retardo cíclico para melhorar a seletividade de frequência das antenas virtuais. Diversidade de retardo cíclico pode ser implementada (1) no domínio de frequência pela aplicação de uma inclinação de fase diferente através das K subportadoras de cada antena de transmissão ou (2) no domínio de tempo pela aplicação de T retardos cíclicos diferentes para as T antenas de transmissão. Para simplicidade, a descrição abaixo é para a modalidade mostrada na equação (1) sem diversidade de retardo cíclico.

Na equação (1), a matriz ganho \underline{G} determina a quantidade de potência de transmissão a utilizar para cada um dos V símbolos de saída sendo enviados simultaneamente. Em uma modalidade, a matriz ganho é definida de tal modo que a potência de transmissão total P_{total} para as T antenas

de transmissão é utilizada para transmissão independente do número de símbolos de saída sendo enviados, isto é, independente do valor de V . Em uma modalidade, a potência de transmissão total é distribuída de forma uniforme através dos V símbolos de saída, e a matriz ganho pode ser definida como:

$$\underline{G} = \sqrt{\frac{T \cdot P_{\alpha}}{V \cdot K}} \cdot \underline{I}, \quad \text{Eq(2)}$$

onde \underline{I} é a matriz identidade e P_{α} é a potência de transmissão máxima para cada antena de transmissão. A equação (2) assume que todas as K subportadoras são utilizadas para transmissão. Nessa modalidade, uma maior potência de transmissão pode ser utilizada para cada símbolo de saída se um número menor de símbolos de saída estiver sendo enviado. Em outras modalidades, a potência de transmissão total pode ser distribuída de forma não uniforme ou irregular através dos V símbolos de saída.

A matriz de permutação $\underline{P}(k)$ seleciona V antenas virtuais específicas (ou V colunas específicas de \underline{U}) a utilizar para a subportadora k dentre as antenas T virtuais disponíveis. A matriz de permutação pode ser definida de várias maneiras, como descrito abaixo. As matrizes de permutação iguais ou diferentes podem ser utilizadas para as K subportadoras.

A matriz ortonormal \underline{U} é caracterizada pela propriedade $\underline{U}^H \cdot \underline{U} = \underline{I}$, onde \underline{U}^H é a transposta conjugada de \underline{U} . As T colunas de \underline{U} são ortogonais entre si, e cada coluna tem potência unitária. Em uma modalidade, \underline{U} é definido de tal modo que a soma da magnitude ao quadrado das T entradas em cada linha é igual a um valor constante. Essa propriedade resulta em potência de transmissão igual

sendo utilizada para todas as antenas de transmissão T . \underline{U} pode ser também uma matriz unitária que é caracterizada pela propriedade $\underline{U}^H \cdot \underline{U} = \underline{U} \cdot \underline{U}^H = \underline{I}$.

Várias matrizes ortonormais e unitárias podem ser utilizadas para formar as antenas virtuais. Em uma modalidade, uma matriz de Walsh/Hadamard $T \times T$ \underline{W} é utilizada para \underline{U} . Em outra modalidade, uma matriz de Fourier $T \times T$ \underline{F} é utilizada para \underline{U} . Ainda em outra modalidade, \underline{U} é formado como $\underline{U} = \underline{\Lambda} \cdot \underline{F}$, onde $\underline{\Lambda}$ é uma matriz diagonal contendo T valores de escalonamento para as T linhas de \underline{F} . Por exemplo, $\underline{\Lambda}$ pode ser definido como $\underline{\Lambda} = \text{diag}\{1 e^{j\theta_1} \dots e^{j\theta_{T-1}}\}$ onde θ_t para $t = 1, \dots, T-1$ podem ser fases aleatórias que mudam as direções espaciais representadas pelas colunas de \underline{F} . Ainda em outra modalidade, \underline{U} é uma matriz ortonormal com elementos pseudo-aleatórios. Várias outras matrizes também podem ser utilizadas para \underline{U} .

Em uma modalidade, uma única matriz ortonormal \underline{U} é utilizada para todas as K subportadoras em todos os períodos de símbolos. Nessa modalidade \underline{U} não é uma função de índice de subportadora k ou índice de símbolos n . Em outra modalidade, diferentes matrizes ortonormais são utilizadas para diferentes subportadoras. Ainda em outra modalidade, diferentes matrizes ortonormais são utilizadas para diferentes conjuntos de subportadoras que podem ser atribuídas a diferentes usuários. Ainda em outra modalidade, diferentes matrizes ortonormais são utilizadas para diferentes intervalos de tempo, onde cada intervalo de tempo pode abranger um ou múltiplos períodos de símbolos. Ainda em outra modalidade, uma ou mais matrizes ortonormais

são selecionadas para uso a partir de um conjunto de matrizes ortonormais disponíveis para uso. Em geral, dados e piloto podem ser transmitidos utilizando uma ou mais matrizes ortonormais de tal modo que o receptor é capaz de

5 estimar a resposta de canal com base no piloto e utilizar a estimativa de canal para recuperar os dados enviados para o receptor.

Uma matriz ortonormal (por exemplo, uma matriz de Walsh/Hadamard ou uma matriz de Fourier) pode ser

10 selecionada para uso sem conhecimento da resposta de canal MIMO. Uma matriz ortonormal também pode ser selecionada com base em conhecimento da resposta de canal MIMO e pode ser então mencionada como uma matriz de pré-codificação. A matriz de pré-codificação pode ser selecionada pelo

15 receptor e indicada para o transmissor ou pode ser selecionada pelo transmissor em um sistema de comunicação TDD.

A figura 2 mostra uma modalidade do processador espacial TX 130, que realiza o processamento mostrado na

20 equação (1). O processador espacial TX 130 inclui uma unidade de escalonamento de potência 210, uma unidade de mapeamento símbolo/antena virtual 220, e uma unidade de mapeamento espacial 230. Dentro da unidade 210, V multiplicadores 212a até 212v recebem V símbolos de saída

25 $s_1(k)$ até $s_v(k)$, respectivamente, no vetor $\underline{s}(k)$, multiplicam esses símbolos de saída com ganhos g_1 até g_v , respectivamente, na matriz ganho \underline{G} , e fornecem V símbolos escalonados. Multiplicadores 212a até 212v realizam a multiplicação de matriz $\underline{G} \cdot \underline{s}(k)$.

30 Na modalidade mostrada na figura 2, cada símbolo escalonado é mapeado para uma antena virtual pela unidade 220. V antenas virtuais a_1 até a_v são selecionadas para uso

dentre T antenas virtuais disponíveis 1 até T, onde $a_1, a_2, \dots, a_v \in \{1, \dots, T\}$. A unidade 220 inclui V multiplexadores (Mux) 222a até 222v. Cada multiplexador 222 recebe os V símbolos escalonados a partir de multiplicadores 212a até 212v e fornece um dos símbolos escalonados V em sua saída. Multiplexadores 222a até 222v realizam a multiplicação de matriz com a matriz de permutação $T \times V$ $\underline{P}(k)$ e fornecem V símbolos mapeados $s_{a_1}(k)$ até $s_{a_v}(k)$ para as V antenas virtuais selecionadas e T-V símbolos nulos que são descartados. Em outras modalidades, um símbolo de saída escalonado pode ser mapeado para múltiplas antenas virtuais.

A unidade 230 multiplica cada símbolo mapeado com uma coluna respectiva da matriz \underline{U} e gera um vetor para aquele símbolo. A unidade 230 inclui V conjuntos de multiplicadores 232a até 232v para as V antenas virtuais e T somadores 236a até 236t para as T antenas de transmissão. Cada conjunto de multiplicadores 232 inclui T multiplicadores 234 para as T antenas de transmissão. O símbolo mapeado $s_{a_1}(k)$ para a antena virtual a_1 é multiplicado com T elementos da coluna \underline{u}_{a_1} na matriz \underline{U} por T multiplicadores 234aa até 234at para gerar um vetor com T elementos. Esses T elementos indicam esses componentes dos símbolos mapeados para as T antenas de transmissão. O símbolo mapeado para cada antena virtual restante é multiplicado com uma coluna respectiva de \underline{U} para gerar um vetor para aquele símbolo mapeado. O somador 236a soma as saídas de V multiplicadores 234aa até 234va e gera o símbolo de transmissão $x_1(k)$ para a antena de transmissão 1. Cada somador restante 236 soma a saída de um conjunto respectivo de V multiplicadores 234 e gera um símbolo de

transmissão para sua antena de transmissão. Os somadores 236a até 236t fornecem T símbolos de transmissão $x_1(k)$ até $x_T(k)$ no vetor $\underline{x}(k)$ para as T antenas de transmissão. Multiplicadores 234 e somadores 236 realizam a

5 multiplicação de matriz com a matriz \underline{U} .

Como mostrado na figura 2, cada símbolo mapeado é enviado a partir de uma antena virtual, porém a partir de todas as T antenas de transmissão. V vetores são obtidos para a transmissão dos V símbolos mapeados nas V antenas

10 virtuais selecionadas. Esses V vetores são adicionados para gerar o vetor de símbolos de transmissão $\underline{x}(k)$.

A figura 3 mostra um modelo 300 para o esquema de transmissão dado pela equação (1). O processador espacial TX 130 no transmissor recebe o vetor de símbolo de saída

15 $\underline{g}(k)$ para cada subportadora e período de símbolos. Dentro do processador espacial TX 130, a unidade de escalonamento de potência 210 multiplica o vetor de símbolo de saída $\underline{g}(k)$ com a matriz ganho \underline{G} . A unidade de mapeamento de símbolo/antena virtual 220 multiplica o vetor de símbolo escalonado com a matriz de permutação $\underline{P}(k)$ e gera um vetor

20 $T \times 1$ contendo V símbolos mapeados a serem enviados através das V antenas virtuais selecionadas e T-V símbolos nulos a serem descartados. A unidade de mapeamento espacial 230 multiplica o vetor de símbolos permutados com a matriz

25 ortonormal \underline{U} e gera o vetor de símbolos de transmissão $\underline{x}(k)$. O vetor de símbolos de transmissão $\underline{x}(k)$ é transmitido a partir das T antenas de transmissão e via um canal MIMO 250 para as R antenas de recepção no receptor.

Os símbolos recebidos no receptor podem ser

30 expressos como:

$$\begin{aligned}
\underline{r}(k) &= \underline{H}(k) \cdot \underline{x}(k) + \underline{n}(k), \\
&= \underline{H}(k) \cdot \underline{U} \cdot \underline{P}(K) \cdot \underline{G} \cdot \underline{s}(k) + \underline{n}(k), \\
&= \underline{H}_{virtual}(k) \cdot \underline{P}(k) \cdot \underline{G} \cdot \underline{s}(k) + \underline{n}(k), \\
&= \underline{H}_{usado}(k) \cdot \underline{s}(k) + \underline{n}(k),
\end{aligned}
\tag{Eq (3)}$$

Onde: $\underline{H}(k)$ é uma matriz de resposta de canal MIMO real $R \times T$ para a subportadora k ,

$\underline{H}_{virtual}(k)$ é uma matriz de resposta de canal MIMO virtual $R \times T$ para a subportadora k ,

5 $\underline{H}_{usado}(k)$ é uma matriz de resposta de canal MIMO usado $R \times V$ para a subportadora k ,

$\underline{r}(k)$ é um vetor $R \times 1$ contendo R símbolos recebidos a partir das R antenas de recepção na subportadora k em um período de símbolos, e

10 $\underline{n}(k)$ é um vetor de ruído $R \times 1$ para a subportadora k . Para simplicidade, o ruído pode ser assumido como sendo ruído aditivo Gaussiano branco (AWGN) com um vetor médio zero e uma matriz de co-variância de $\underline{n}(k) = \sigma_n^2 \cdot \underline{I}$, onde σ_n^2 é a variância do ruído.

15 As matrizes de resposta de canal MIMO usado e virtual podem ser dadas como:

$$\begin{aligned}
\underline{H}_{virtual}(k) &= \underline{H}(k) \cdot \underline{U}, \\
&= [\underline{H}(k) \cdot \underline{u}_1 \quad \underline{H}(k) \cdot \underline{u}_2 \dots \underline{H}(k) \cdot \underline{u}_T]
\end{aligned}
\tag{Eq(4)}$$

$$\begin{aligned}
\underline{H}_{usado}(k) &= \underline{H}_{virtual}(k) \cdot \underline{P}(k) \cdot \underline{G}, \\
&= [\underline{H}(k) \cdot \underline{u}_{a_1} \cdot g_1 \quad \underline{H}(k) \cdot \underline{u}_{a_2} \cdot g_2 \dots \underline{H}(k) \cdot \underline{u}_{a_v} \cdot g_v] ,
\end{aligned}
\tag{Eq(5)}$$

Onde: \underline{u}_t , para $t = 1, \dots, T$, é a t -ésima coluna de \underline{U} para a t -ésima antena virtual disponível,

20 \underline{u}_{a_v} , para $v = 1, \dots, V$, é a coluna de \underline{U} para a v -ésima antena virtual utilizada,

$diag\{\underline{G}\} = \{g_1 \ g_2 \ \dots \ g_v\}$ são os ganhos de V fluxos de dados enviados a partir das V antenas virtuais utilizadas, e

$$\{\underline{u}_{a_1} \underline{u}_{a_2} \dots \underline{u}_{a_r}\} \subset \{\underline{u}_1 \underline{u}_2 \dots \underline{u}_T\}.$$

As T antenas de transmissão são associadas a T vetores de resposta de canal atual $\underline{h}_1(k)$ até $\underline{h}_T(k)$. As T antenas virtuais disponíveis são associadas a T vetores de resposta de canal virtual $\underline{h}_{\text{virtual},1}(k) = \underline{H}(k) \cdot \underline{u}_1$ até $\underline{h}_{\text{virtual},T}(k) = \underline{H}(k) \cdot \underline{u}_T$. Cada vetor $\underline{h}_{\text{virtual},t}(k)$ é formado com a matriz de resposta de canal MIMO real inteira $\underline{H}(k)$.

Como mostrado na equação (4) e ilustrado na figura 3, um canal MIMO virtual com T antenas virtuais é formado com a matriz ortonormal \underline{U} . Um canal MIMO utilizado é formado pelas V antenas virtuais que são utilizadas para transmissão. A multiplicação de $\underline{H}(k)$ com \underline{U} não muda as propriedades estatísticas de $\underline{H}(k)$. Conseqüentemente, o canal MIMO real $\underline{H}(k)$ e o canal MIMO virtual $\underline{H}_{\text{virtual}}(k)$ têm desempenho similar. Entretanto, a multiplicação com \underline{U} permite a utilização total da potência de transmissão total para todas as T antenas de transmissão. A potência de transmissão pico para cada antena de transmissão pode ser denotada como P_x , e a potência de transmissão total para as T antenas de transmissão pode ser denotada como $P_{\text{total}} = T \cdot P_x$. Se V símbolos de saída forem transmitidos a partir de V antenas de transmissão sem multiplicação com \underline{U} , então cada antena de transmissão que é desligada resulta na potência de transmissão P_x para aquela antena de transmissão sendo desperdiçada. Entretanto, se V símbolos de saída forem transmitidas a partir de V antenas virtuais com multiplicação com \underline{U} , então cada símbolo de saída é enviado a partir de todas as T antenas de transmissão, a potência de transmissão total P_x para cada antena de transmissão pode ser utilizada independente do

número de antenas virtuais selecionadas para uso, e a potência de transmissão total P_{total} para todas as T antenas de transmissão pode ser distribuída através das V antenas virtuais.

5 Para o esquema de transmissão mostrado na equação (1), um sistema MIMO $R \times T$ é efetivamente reduzido para um sistema MIMO $R \times V$. O transmissor parece como se tivesse V antenas virtuais em vez de T antenas de transmissão, onde $1 \leq V \leq T$.

10 O transmissor pode transmitir V fluxos de dados em V antenas virtuais selecionadas. As V antenas virtuais selecionadas podem ser associadas com diferentes qualidades de sinais e podem ter diferentes capacidades de transmissão. Em uma modalidade, cada fluxo de dados é
15 enviado a partir de uma antena virtual respectiva. Uma taxa apropriada pode ser selecionada para cada fluxo de dados com base na capacidade de transmissão da antena virtual utilizada para aquele fluxo de dados. Em outra modalidade, cada fluxo de dados é enviado através de todas as V antenas
20 virtuais selecionadas para obter desempenho similar para todos os V fluxos de dados. Se uma única subportadora estiver disponível para transmissão, então cada fluxo de dados pode ser enviado a partir das V antenas virtuais selecionadas em diferentes períodos de símbolos. Se
25 múltiplas subportadoras estiverem disponíveis para transmissão, então cada fluxo de dados pode ser enviado a partir das V antenas virtuais selecionadas em diferentes subportadoras. Se cada fluxo de dados for enviado a partir de todas as V antenas virtuais selecionadas, então uma
30 única taxa pode ser selecionada para todos os V fluxos de dados com base na capacidade de transmissão média para as V antenas virtuais selecionadas.

A figura 4A mostra uma modalidade de transmitir dois fluxos de dados a partir de duas antenas virtuais. Nessa modalidade, quatro antenas virtuais estão disponíveis, antenas virtuais 2 e 4 são selecionadas para uso, e antenas virtuais 1 e 3 não são utilizadas. Os símbolos de saída para o fluxo de dados 1 são enviados a partir da antena virtual 2 em todas as K subportadoras. Os símbolos de saída para o fluxo de dados 2 são enviados a partir da antena virtual 4 em todas as K subportadoras.

Na modalidade mostrada na figura 4A, uma única matriz de permutação pode ser utilizada para todas as K subportadoras e pode ser definida como a seguir:

$$\underline{P} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \text{para } k=1, \dots, K. \quad \text{Eq(6)}$$

Cada linha da matriz de permutação $\underline{P}(k)$ corresponde a uma antena virtual disponível, e cada coluna de $\underline{P}(k)$ corresponde a um fluxo de dados. Para cada antena virtual que não é utilizada para transmissão, a linha correspondente de $\underline{P}(k)$ contém zeros. Para cada fluxo de dados, a coluna correspondente de $\underline{P}(k)$ contém uma entrada de '1' para a antena virtual utilizada para aquele fluxo de dados.

A figura 4B mostra uma modalidade de transmitir três fluxos de dados ciclicamente através das K subportadoras de três antenas virtuais. Nessa modalidade, quatro antenas virtuais são disponíveis, antenas virtuais 1, 3 e 4 são selecionadas para uso, e antena virtual 2 não é utilizada. Os símbolos de saída para o fluxo de dados 1 são enviados a partir da antena virtual 1 nas subportadoras 1, 4, 7, ..., a partir da antena virtual 3 nas subportadoras

2, 5, 8, ..., e a partir da antena virtual 4 nas subportadoras 3, 6, 9, Os símbolos de saída para cada um dos outros dois fluxos de dados são também enviados através das K subportadoras de todas as três antenas virtuais selecionadas, como mostrado na figura 4B.

Na modalidade mostrada na figura 4B, as matrizes de permutação podem ser definidas como a seguir:

$$\underline{P}(1) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \underline{P}(2) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \underline{P}(3) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \text{ e assim por diante. Eq(7)}$$

Os fluxos de dados 1, 2 e 3 são associados a colunas 1, 2 e 3, respectivamente, de cada matriz de permutação. Para cada fluxo de dados, a antena virtual utilizada para o fluxo de dados é indicada por uma entrada de '1' na linha que corresponde à antena virtual. Como mostrado na figura 4B e indicado pela equação (7), cada fluxo de dados salta de uma antena virtual selecionada para a antena virtual selecionada seguinte, através das K subportadoras e reinicia ciclicamente a primeira antena virtual selecionada após atingir a última antena virtual selecionada.

As figuras 4A e 4B mostram modalidades específicas de mapear fluxos de dados para antenas virtuais. Em geral, qualquer número de fluxos de dados pode ser enviado a partir de qualquer número de antenas virtuais. Os fluxos de dados podem ser mapeados para as antenas virtuais selecionadas em um modo determinístico (por exemplo, cíclica ou seqüencialmente utilizando possíveis permutações completas) ou um modo pseudo-aleatório com base em uma seqüência de números pseudo-aleatórios (PN) que é conhecida tanto pelo transmissor como pelo receptor. Um determinado fluxo de dados pode ser mapeado para todas as antenas virtuais selecionadas

utilizando qualquer permutação de fluxo ou esquema de mapeamento, cujo exemplo é mostrado na figura 4B.

2. PROCESSAMENTO DE RECEPTOR

O receptor pode utilizar várias técnicas de detecção para recuperar os símbolos de saída enviados pelo transmissor. Essas técnicas de detecção incluem uma técnica de mínimo erro quadrático médio (MMSE), uma técnica de forçar a zero (ZF), uma técnica de combinação de razão máxima (MRC), e uma técnica de cancelamento sucessivo de interferência (SIC). O receptor pode derivar uma matriz de filtro espacial com base na técnica MMSE, ZF e MRC, como a seguir:

$$\underline{M}_{mmse}(k) = \underline{D}_{mmse}(k) \cdot [\underline{H}_{usado}^H(k) \cdot \underline{H}_{usado}(k) + \sigma_n^2 \cdot \underline{I}]^{-1} \cdot \underline{H}_{usado}^H(k), \quad \text{Eq(8)}$$

$$\underline{M}_{zf}(k) = [\underline{H}_{usado}^H(k) \cdot \underline{H}_{usado}(k)]^{-1} \cdot \underline{H}_{usado}^H(k), \quad \text{e} \quad \text{Eq(9)}$$

$$\underline{M}_{mrc}(k) = \underline{D}_{mrc}(k) \cdot \underline{H}_{usado}^H(k), \quad \text{Eq(10)}$$

$$\text{onde } \underline{Q}(k) = [\underline{H}_{usado}^H(k) \cdot \underline{H}_{usado}(k) + \sigma_n^2 \cdot \underline{I}]^{-1} \cdot \underline{H}_{usado}^H(k) \cdot \underline{H}_{usado}(k),$$

$$\underline{D}_{mmse}(k) = [\text{diag}\{\underline{Q}(k)\}]^{-1}, \quad \text{e}$$

$$\underline{D}_{mrc}(k) = [\text{diag}\{\underline{H}_{usado}^H(k) \cdot \underline{H}_{usado}(k)\}]^{-1}.$$

Nas equações (8) e (10), $\underline{D}_{mmse}(k)$ e $\underline{D}_{mrc}(k)$ são matrizes diagonais $V \times V$ de valores de escalonamento utilizadas para obter estimativas normalizadas dos símbolos de saída.

O receptor pode realizar detecção como a seguir:

$$\underline{\hat{s}}(k) = \underline{M}(k) \cdot \underline{r}(k) = \underline{s}(k) + \underline{\tilde{n}}(k), \quad \text{Eq(11)}$$

Onde: $\underline{M}(k)$ é uma matriz de filtro espacial $V \times R$ que pode ser \underline{M}_{mmse} , $\underline{M}_{zf}(k)$ ou $\underline{M}_{mrc}(k)$,

$\underline{\hat{s}}(k)$ é um vetor $V \times 1$ com V estimativas de símbolos, e

$\underline{\tilde{n}}(k)$ é um vetor de ruído após a detecção.

O receptor pode obter uma estimativa de $\underline{H}(k)$, $\underline{H}_{virtual}(k)$, e/ou $\underline{H}_{usado}(k)$, com base em um piloto recebido a

partir do transmissor. Para simplicidade, a descrição aqui assume que não há erro de estimação de canal. O receptor pode derivar $\underline{H}_{usado}(k)$ com base em $\underline{H}(k)$ ou $\underline{H}_{virtual}(k)$ e o \underline{U} , $\underline{P}(k)$ e \underline{G} conhecido. O receptor pode então derivar $\underline{M}(k)$ com base em $\underline{H}_{usado}(k)$ para as V antenas virtuais selecionadas. A dimensão de $\underline{M}(k)$ é dependente do número de antenas virtuais utilizadas para transmissão. As estimativas de símbolos $\hat{s}(k)$ são estimativas dos símbolos de saída em $\underline{g}(k)$.

O receptor pode realizar detecção, como mostrado na equação (11) para cada subportadora k em cada período de símbolos n para obter estimativas de símbolos para aquela subportadora e período de símbolos. O receptor pode desmapear as estimativas de símbolos para todas as subportadoras e períodos de símbolos em fluxos em um modo complementar ao mapeamento símbolo/antena virtual pelo transmissor. O receptor pode processar então (por exemplo, demodular, deintercalar, e decodificar) os fluxos de estimativas de símbolos para obter fluxos de dados decodificados.

A qualidade das estimativas de símbolos depende da técnica de detecção utilizada pelo receptor. Em geral, a qualidade de sinal pode ser quantificada pela relação sinal/ruído (SNR), relação sinal/ruído e interferência (SINR), relação de energia por símbolo/ruído (E_s/N_0), e assim por diante. Para clareza, SNR é utilizado para representar qualidade de sinal na descrição abaixo.

A SNR para a técnica MMSE pode ser expressa como:

$$\gamma_{mmse,v}(k) = \frac{q_v(k)}{1 - q_v(k)}, \quad \text{para } v = 1, \dots, T, \quad \text{Eq (12)}$$

Onde: $q_v(k)$ é o v -ésimo elemento diagonal de $\underline{Q}(k)$ para a subportadora k , e

$\gamma_{mmse,v}(k)$ é a SNR da subportadora k da antena virtual v com detecção MMSE.

A SNR para a técnica ZF pode ser expressa como:

$$\gamma_{zf,v}(k) = \frac{1}{r_v(k) \cdot \sigma_n^2} \text{ para } v = 1, \dots, T, \quad \text{Eq (13)}$$

Onde: $r_v(k)$ é o v -ésimo elemento diagonal de
 5 $\text{diag}\{[H_{usado}^H(k) \cdot H_{usado}(k)]^{-1}\}$ para a subportadora k , e

$\gamma_{zf,v}(k)$ é a SNR da subportadora k de antena virtual v com detecção ZF.

As equações (12) e (13) assumem que a potência média de cada elemento do vetor de símbolos de transmissão $\underline{s}(k)$ é
 10 unitária. As SNRs para outras técnicas de detecção são conhecidas na arte e não são descritas aqui.

As equações (12) e (13) fornecem SNRs em unidades lineares. SNR também pode ser dado em decibéis (dB), como a seguir:

$$SNR_v(k) = 10 \log_{10}\{\gamma_v(k)\}, \quad \text{Eq(14)}$$

15 onde $\gamma_v(k)$ é a SNR em unidades lineares e $SNR_v(k)$ é a SNR correspondente em dB.

Para a técnica SIC, o receptor recupera os V fluxos de dados em V estágios ou camadas, um fluxo de dados em cada estágio, e cancela a interferência a partir de cada
 20 fluxo de dados decodificado antes de recuperar o fluxo de dados seguinte. Para o primeiro estágio, o receptor realiza detecção nos símbolos recebidos (por exemplo, utilizando a técnica MMSE, ZF ou MRC como mostrado na equação (11)) e obtém estimativas de símbolos para um fluxo de dados. O
 25 receptor então processa (por exemplo, demodula, deintercala e decodifica) as estimativas de símbolos para obter um fluxo de dados decodificado. O receptor então estima a interferência devido a esse fluxo de dados por (1) re-

codificar, intercalar e mapear em símbolos o fluxo de dados decodificados do mesmo modo realizado pelo transmissor para esse fluxo e (2) multiplicar os símbolos de saída reconstruídos com os vetores de resposta de canal MIMO utilizados para obter componentes de interferência devido a esse fluxo. O receptor então subtrai os componentes de interferência a partir dos símbolos recebidos para obter símbolos recebidos modificados. Para cada estágio subsequente, o receptor processa os símbolos recebidos modificados a partir do estágio anterior do mesmo modo que o primeiro estágio para recuperar um fluxo de dados.

Para a técnica SIC, a SNR de cada fluxo de dados decodificado depende de (1) técnica de detecção (por exemplo, MMSE, ZF ou MRC) utilizada para o fluxo, (2) o estágio específico no qual o fluxo de dados é recuperado, e (3) a quantidade de interferência devido a fluxos de dados recuperados em estágios posteriores. Em geral, a SNR melhora para fluxos de dados recuperados em estágios posteriores porque a interferência a partir de fluxos de dados recuperados em estágios anteriores é cancelada. Isso pode permitir que taxas mais elevadas sejam utilizadas para os fluxos de dados recuperados em estágios posteriores.

Em um aspecto, o desempenho de conjuntos diferentes ou combinações de antena(s) virtual(is) é avaliado e o conjunto de antena(s) virtual(is) com o melhor desempenho é selecionado para uso. O desempenho pode ser quantificado por várias métricas como qualidade de sinal (por exemplo, SNR), capacidade de transmissão, taxa geral, e assim por diante. A seleção de antena virtual pode ser realizada de várias maneiras.

Em uma modalidade, todos os conjuntos possíveis de uma ou mais antenas virtuais são avaliados. Cada conjunto de antenas virtuais possível também é mencionado

como uma hipótese. Há $2^T - 1$ hipóteses totais para T antenas virtuais disponíveis - uma hipótese para T antenas virtuais, T hipóteses para $T-1$ antenas virtuais, e assim por diante, e T hipóteses para uma antena virtual. M hipóteses podem ser avaliadas, onde $M = 2^T - 1$ se todas as hipóteses possíveis forem avaliadas. A hipótese m , para $m = 1, \dots, M$, é para um conjunto específico de antena(s) virtual(is) que é indicado como A_m . As M hipóteses são para M conjuntos de antenas virtuais diferentes.

Em uma modalidade, o desempenho é determinado com distribuição uniforme da potência de transmissão total através das antenas virtuais selecionadas. Para uma hipótese com V antenas virtuais, onde $1 \leq V \leq T$, a potência de transmissão total pode ser distribuída como a seguir:

$$P_{m,v}(k) = \frac{T \cdot P_x}{V \cdot K}, \text{ para } v \in A_m, \quad \text{Eq(15)}$$

onde $P_{m,v}(k)$ é a potência de transmissão para a subportadora k da antena virtual v na hipótese m . Na equação (15), a potência de transmissão de dados total $P_{total} = T \cdot P_x$ é distribuída uniformemente através das V antenas virtuais, e para cada antena virtual é alocada $P_{av} = T \cdot P_x / V$. A potência de transmissão alocada P_{av} para cada antena virtual é então distribuída uniformemente através das K subportadoras daquela antena virtual. P_{av} e $P_{m,v}(k)$ são maiores para hipóteses com um número menor de antenas virtuais. A equação (15) também indica que somente para a(s) antena(s) virtual(is) no conjunto A_m são alocadas potência de transmissão, e para todas as outras antenas virtuais são alocadas potências de transmissão zero (exceto por alocação possível para transmissões piloto).

Para cada hipótese m , a SNR de cada subportadora de cada antena virtual na hipótese pode ser computada, por exemplo, como mostrado nas equações (12) até (14). Deve ser observado que $q_v(k)$ e $r_v(k)$ são dependentes da potência $P_{m,v}(k)$ utilizada para computar $\underline{H}_{usado}(k)$. Portanto, a SNR depende do número de antenas virtuais na hipótese e é maior se a hipótese tiver um número menor de antenas virtuais devido ao $P_{m,v}(k)$ maior.

Em uma modalidade, o desempenho é quantificado pela SNR média, que pode ser computada como a seguir:

$$SNR_{m\u00e9dia,m} = \frac{1}{V \cdot K} \cdot \sum_{v \in A_m} \sum_{k=1}^K SNR_{m,v}(k), \quad \text{Eq (16)}$$

Onde: $SNR_{m,v}(k)$ é a SNR da subportadora k da antena virtual v na hipótese m , e

$SNR_{m\u00e9dia,m}$ é a SNR média para hipótese m .

$SNR_{m,v}(k)$ e $SNR_{m\u00e9dia,m}$ são em unidades de dB.

Em outra modalidade, o desempenho é quantificado por capacidade de transmissão, que também é mencionado como eficiência espectral, capacidade e assim por diante. A capacidade de transmissão para hipótese m pode ser determinada com base em uma função de capacidade ilimitada, como a seguir:

$$TP_m = \sum_{v=A_m} \sum_{k=1}^K \log_2[1 + \gamma_{m,v}(k)], \quad \text{Eq (17)}$$

Onde: $\gamma_{m,v}(k)$ é a SNR da subportadora k da antena virtual v na hipótese m , e

TP_m é a capacidade de transmissão para a hipótese m .

Na equação (17), $\gamma_{m,v}(k)$ é em unidades lineares, e a capacidade de transmissão de cada subportadora de cada

antena virtual é dada por $\log_2[1+\gamma_{m,v}(k)]$. A capacidade de transmissão para todas as subportadoras de todas as antenas virtuais na hipótese m é acumulada para obter a capacidade de transmissão geral para a hipótese. A função de capacidade ilimitada na equação (17) assume que dados podem ser transmitidos de forma segura na capacidade do canal MIMO.

A capacidade de transmissão para a hipótese m também pode ser determinada com base em uma função de capacidade limitada, como a seguir:

$$TP_m = \sum_{v=A_m} \sum_{k=1}^K \log_2[1+Q \cdot \gamma_{m,v}(k)], \quad \text{Eq (18)}$$

onde Q é um fator de penalidade utilizado para responder por vários fatores como esquema de modulação, esquema de codificação, taxa de código, tamanho de pacote, erros de estimação de canal, e assim por diante. A capacidade de transmissão também pode ser computada com base em outras funções de capacidade.

Em ainda outra modalidade, o desempenho é quantificado por uma taxa geral. O sistema pode suportar um conjunto de taxas. Cada taxa pode ser associada a um esquema de codificação e modulação específico, uma taxa de código específica, uma eficiência espectral específica, e uma SNR mínima específica necessária para obter um nível alvo de desempenho, por exemplo, 1% de taxa de erro de pacote (PER). Para cada hipótese m , uma taxa pode ser selecionada para cada antena virtual na hipótese baseada nas SNRs para aquela antena virtual. A seleção de taxa pode ser realizada de várias maneiras.

Para a hipótese m , uma SNR média pode ser computada para cada antena virtual como a seguir:

$$SNR_{m\u00e9dia,m,v} = \frac{1}{K} \cdot \sum_{k=1}^K SNR_{m,v}(k), \text{ para } v \in A_m, \quad \text{Eq (19)}$$

Onde $SNR_{m\u00e9dia,m,v}$ \u00e9 a SNR m\u00e9dia para antena virtual v na hip\u00f3tese m .

Uma SNR efetiva para cada antena virtual tamb\u00e9m pode ser computada como a seguir:

$$SNR_{efetiva,m,v} = SNR_{m\u00e9dia,m,v} - SNR_{recuo,m,v}, \text{ para } v \in A_m, \quad \text{Eq (20)}$$

5 Onde: $SNR_{recuo,m,v}$ \u00e9 um fator de recuo para a antena virtual v na hip\u00f3tese m , e

$SNR_{efetiva,m,v}$ \u00e9 a SNR efetiva para a antena virtual v na hip\u00f3tese m .

O fator de recuo pode ser utilizado para responder por
10 varia\u00e7\u00e3o em SNRs atrav\u00e9s das K subportadoras da antena virtual v e pode ser definido como $SNR_{recuo,m,v} = K_{snr} \cdot \sigma_{snr,m,v}^2$ onde $\sigma_{snr,m,v}^2$ \u00e9 a vari\u00e2ncia das SNRs para antena virtual v e K_{snr} \u00e9 uma constante. O fator de recuo tamb\u00e9m pode ser utilizado para responder por outros fatores como, por exemplo, a
15 codifica\u00e7\u00e3o e modula\u00e7\u00e3o utilizadas para a antena virtual v , a PER atual, e assim por diante.

Uma SNR equivalente para cada antena virtual tamb\u00e9m pode ser computada como a seguir:

$$TP_{m,v} = \frac{1}{K} \cdot \sum_{k=1}^K \log_2[1 + Q \cdot \gamma_{m,v}(k)], \text{ e} \quad \text{Eq(21a)}$$

$$SNR_{eq,m,v} = 10 \log_{10} \left(\frac{2^{CT_{m,v}} - 1}{Q} \right), \text{ para } v \in A_m, \quad \text{Eq(21b)}$$

Onde: $TP_{m,v}$ \u00e9 a capacidade de transmiss\u00e3o m\u00e9dia para cada
20 subportadora da antena virtual v na hip\u00f3tese m , e

$SNR_{eq,m,v}$ \u00e9 a SNR equivalente para antena virtual v na hip\u00f3tese m .

A equação (21a) computa a capacidade de transmissão média para cada subportadora com base nas SNRs para todas as K subportadoras. A equação (21b) provê uma SNR que fornece capacidade de transmissão média a partir da equação (21a).

5 $SNR_{m\u00e9dia,m,v}$, $SNR_{efetiva,m,v}$, ou $SNR_{eq,m,v}$ para cada antena virtual pode ser fornecida para uma tabela de consulta de taxas por SNRs exigidas. A tabela de consulta pode então fornecer a taxa mais elevada que pode ser utilizada para cada antena virtual. As taxas selecionadas para todas as
10 antenas virtuais na hipótese m podem ser acumuladas para obter a taxa geral para a hipótese m .

O desempenho também pode ser também quantificado por outras métricas, e isso está compreendido no escopo da presente invenção. M valores métricos são obtidos para m
15 hipóteses que são avaliadas. Esses valores métricos podem ser para SNR média, capacidade de transmissão, taxa geral, e assim por diante. A hipótese com o melhor valor métrico (por exemplo, a SNR média mais elevada, a capacidade de transmissão mais elevada, ou a taxa geral mais elevada)
20 dentre as M hipóteses pode ser identificada. O conjunto de antena(s) virtual(is) para a hipótese com o melhor valor métrico pode ser selecionado para uso.

A figura 5 mostra seleção de antenas virtuais para um caso com quatro antenas virtuais disponíveis. Com
25 $T = 4$, há $2^T - 1 = 15$ hipóteses totais que são indicadas como hipótese 1 até 15. Quatro hipóteses 1 até 4 são para uma antena virtual, seis hipóteses 5 até 10 são para duas antenas virtuais, quatro hipóteses 11 até 14 são para três antenas virtuais, e uma hipótese 15 é para quatro antenas
30 virtuais. O conjunto de antena(s) virtual(is) para cada hipótese é mostrado na figura 5. Por exemplo, a hipótese 2 é para uma antena virtual 2 ($a_1 = 2$), a hipótese 6 é para

duas antenas virtuais 1 e 3 ($a_1 = 1$ e $a_2 = 3$), a hipótese 12 é para três antenas virtuais 1, 2 e 4 ($a_1 = 1$, $a_2 = 2$ e $a_3 = 4$), e a hipótese 15 é para todas as quatro antenas virtuais 1 até 4 ($a_1 = 1$, $a_2 = 2$ e $a_3 = 3$ e $a_4 = 4$).

5 A potência de transmissão total $4P_x$ pode ser distribuída uniformemente através de todas as antenas virtuais em cada hipótese. Para cada hipótese com uma antena virtual, $4P_x$ é alocado para a antena virtual única. Para cada hipótese com duas antenas virtuais, $2P_x$ é
10 alocado para cada antena virtual. Para cada hipótese com três antenas virtuais, $4P_x/3$ é alocado para cada antena virtual. Para a hipótese com quatro antenas virtuais, P_x é alocado para cada antena virtual. O desempenho de cada hipótese pode ser determinado com base em qualquer uma das
15 métricas descritas acima. A hipótese com o valor métrico mais elevado pode ser identificada, e o conjunto de antena(s) virtual(is) para essa hipótese pode ser selecionado para uso.

Em outra modalidade, a potência de transmissão
20 total P_{total} é distribuída não uniformemente através das antenas virtuais com base em enchimento de água, que também é mencionado como derramamento de água. Para cada hipótese m , a SNR de cada subportadora de cada antena virtual pode ser determinada inicialmente com base em uma assunção de
25 P_x sendo alocada para a antena virtual. A SNR média para cada antena virtual pode ser então determinada, por exemplo, como mostrado na equação (19). A potência de transmissão total P_{total} pode ser distribuída então através das antenas virtuais na hipótese de que para a antena
30 virtual com a SNR média mais elevada seja alocada a

quantidade de potência de transmissão máxima, e para a
 antena virtual com a SNR média mais baixa seja alocada a
 quantidade de potência de transmissão mínima. Em geral, a
 alocação de potência não uniforme é mais prática em um
 5 sistema de comunicação TDD no qual um transmissor pode
 obter prontamente conhecimento total do canal sem fio
 através da reciprocidade de canal. Em um sistema de
 comunicação FDD, alocação de potência não uniforme requer
 tipicamente uma grande quantidade de informações de
 10 realimentação como, por exemplo, a melhor matriz de pré-
 codificação para decomposição de automodo do canal sem fio.
 Alternativamente, para cada hipótese, um receptor pode
 avaliar múltiplas distribuições de potência desiguais
 predeterminadas através das antenas virtuais e pode enviar
 15 a melhor distribuição de potência e o melhor subconjunto de
 antenas virtuais para o transmissor.

A figura 6 mostra um exemplo de distribuição de
 potência através de três antenas virtuais a_1 , a_2 e a_3 com
 enchimento de água. A SNR média para cada antena virtual
 20 a_v , SNR_{a_v} para $v = 1, 2, 3$, é determinada com uma assunção
 de P_x sendo alocado para a antena virtual. O inverso da
 SNR média, $1/SNR_{a_v}$, para cada antena virtual é computado e
 traçado na figura 6. A potência de transmissão total P_{total} é
 distribuída através de três antenas virtuais de tal modo
 25 que o nível de potência final P_{topo} é constante através de
 três antenas virtuais. A potência de transmissão total é
 representada pela área sombreada na figura 6. A potência de
 transmissão, P_{a_v} alocada a cada antena virtual é igual ao
 nível de potência final menos a SNR inversa para a antena
 30 virtual, ou $P_{topo} - 1/SNR_{a_v}$. Enchimento de água é descrito
 por Robert G. Gallager em "Information Theory and reliable

communication", John Wiley and Sons, 1968, que está disponível publicamente.

5 Para cada hipótese, a potência de transmissão total pode ser distribuída através das antenas virtuais na hipótese com enchimento de água. O desempenho da hipótese pode ser então avaliado com base na potência de transmissão alocada a cada antena virtual. As SNRs de cada subportadora de cada antena virtual na hipótese podem ser determinadas. Um valor métrico pode ser então computado para a hipótese
10 com base nas SNRs para todas as subportadoras e antenas virtuais na hipótese. A hipótese com o melhor valor métrico pode ser selecionada para uso.

Em ainda outra modalidade, a potência de transmissão total P_{total} é distribuída não uniformemente
15 através das antenas virtuais com base em inversão de canais. Para cada hipótese m , a SNR média para cada antena virtual na hipótese pode ser determinada com base em uma assunção de P_x sendo alocada para a antena virtual. A potência de transmissão total P_{total} pode ser então
20 distribuída através das antenas virtuais na hipótese de tal modo que essas antenas virtuais obtenham SNR média similar. Técnicas para realizar inversão de canal são descritas no pedido de patente US comumente cedido n°. de série 10/179.442, intitulado "SIGNAL PROCESSING WITH CHANNEL
25 EIGENMODE DECOMPOSITION AND CHANNEL INVERSION FOR MIMO SYSTEMS," depositado em 24 de junho de 2002. A inversão de canais pode permitir que a mesma taxa seja utilizada para todas as antenas virtuais e pode simplificar o processamento tanto em transmissor como em receptor.

30 O desempenho também pode ser determinado com base em outros esquemas para distribuir a potência de

transmissão total P_{total} não uniformemente através das antenas virtuais.

3. REALIMENTAÇÃO

Em uma modalidade, o receptor realiza seleção de antena virtual, avalia conjuntos diferentes de antena(s) virtual(is) e seleciona o conjunto de antena(s) virtual(is) com o melhor desempenho. O receptor então envia informações de estado de canal para o conjunto selecionado de antena(s) virtual(is) para o transmissor. As informações de estado de canal podem transportar vários tipos de informações.

Em uma modalidade, as informações de estado de canal indicam o conjunto selecionado de V antenas virtuais, onde $V \geq 1$. Uma vez que há $2^T - 1$ hipóteses possíveis para T antenas virtuais, a melhor hipótese e conseqüentemente o conjunto selecionado de V antenas virtuais pode ser transportado com T bits. O transmissor pode realizar enchimento de água simplificado e quantizado e pode distribuir a potência de transmissão total P_{total} uniformemente através das V antenas virtuais selecionadas.

Em uma modalidade, as informações de estado de canal indicam a SNR para cada antena virtual selecionada, que pode ser computada como mostrado nas equações (19) até (21). O transmissor pode selecionar uma taxa para cada antena virtual com base em sua SNR. O transmissor pode distribuir a potência de transmissão total P_{total} (1) uniformemente através das V antenas virtuais selecionadas ou (2) não uniformemente através das V antenas virtuais selecionadas (por exemplo, utilizando enchimento de água ou inversão de canal) com base nas SNRs para essas V antenas virtuais. Distribuição de potência não uniforme baseada em SNR pode ser especialmente válida quando informações para a melhor matriz de pré-codificação são disponíveis no

transmissor. Essa modalidade pode ser utilizada, por exemplo, para o esquema de transmissão mostrado na figura 4A com um fluxo de dados sendo enviado a partir de cada antena virtual selecionada.

5 Em outra modalidade, as informações de estado de canal indicam uma SNR média para todas as V antenas virtuais selecionadas, que podem ser computadas como mostrado na equação (16). O transmissor pode selecionar uma taxa para todas as V antenas virtuais com base na SNR
10 média. Essa modalidade pode ser utilizada, por exemplo, para o esquema de transmissão mostrado na figura 4B com cada fluxo de dados sendo enviado a partir de todas as V antenas virtuais selecionadas e os V fluxos de dados obtendo SNRs similares.

15 Em ainda outra modalidade, as informações de estado de canal indicam uma SNR base e um número suficiente de SNRs delta para as V antenas virtuais selecionadas. Essa modalidade é especialmente efetiva para o esquema de transmissão mostrado na figura 4B com cada fluxo de dados
20 sendo enviado através de todas as V antenas virtuais selecionadas e com um receptor SIC sendo utilizado para recuperar os fluxos de dados. A SNR base pode ser a SNR mais baixa para as V antenas virtuais selecionadas, a SNR mais baixa para os V fluxos de dados, a SNR para o fluxo de dados que é detectado primeiramente com a técnica SIC, e
25 assim por diante. Cada SNR delta pode indicar a diferença em SNRs para duas antenas virtuais, para dois fluxos de dados, e assim por diante.

30 Em uma modalidade, as SNRs para as V antenas virtuais podem ser classificadas a partir da mais baixa para a mais alta, a SNR base pode ser a SNR mais baixa, a primeira SNR delta pode ser a diferença entre a SNR mais baixa e a segunda SNR mais baixa, a segunda SNR delta pode

ser a diferença entre a segunda SNR mais baixa e a terceira
 SNR mais baixa, e assim por diante. Em outra modalidade, as
 SNRs para os V fluxos de dados podem ser classificadas a
 partir da mais baixa para a mais alta, e a SNR base e as
 5 SNRs delta podem ser definidas como descrito acima. Se V
 fluxos de dados forem transmitidos de tal modo que observem
 SNRs similares com detecção linear (por exemplo, como
 mostrado na figura 4B) então a SNR base pode indicar a SNR
 média para os V fluxos de dados, e as SNRs delta podem ser
 10 iguais a zero. Esse também pode ser o caso quando o
 transmissor realiza pré-codificação e permuta os fluxos de
 dados através dos vetores de coluna da matriz de pré-
 codificação. De forma ideal, se os múltiplos fluxos de
 dados forem separados pela pré-codificação no transmissor,
 15 que é o caso com decomposição de valor singular, então o
 receptor não necessita realizar SIC para obter a eficiência
 espectral máxima. Entretanto, na prática, a matriz de pré-
 codificação tipicamente não casa perfeitamente com a matriz
 de decomposição singular, e o receptor pode realizar SIC
 20 para maximizar capacidade de transmissão. Se os fluxos de
 dados que observam SNRs similares com detecção linear forem
 recuperados com a técnica SIC, então a SNR base pode
 indicar a SNR do fluxo de dados que é recuperado
 primeiramente, e a SNR delta para cada fluxo de dados
 25 subsequente recuperado pode indicar o aperfeiçoamento
 em SNR em relação ao fluxo de dados recuperado anterior.

Em uma modalidade, somente uma SNR delta pode ser
 utilizada, e a SNR para cada antena virtual ou fluxo de
 dados pode ser dada como:

$$SNR_v = SNR_{base} + (v-1) \cdot SNR_{delta}, \text{ para } v = 1, \dots, V, \quad \text{Eq (22)}$$

30 onde SNR_v é a SNR para antena virtual a_v ou fluxo de dados
 v . A modalidade mostrada na equação (22) assume que a SNR

melhora na mesma proporção através das V antenas virtuais selecionadas ou V fluxos de dados e que o ganho SIC entre estágios ou camadas consecutivos é quase constante.

5 Em outra modalidade, as informações de estado de canal indicam uma taxa para cada antena virtual selecionada. O sistema pode suportar um conjunto de taxas, como descrito acima, e a taxa para cada antena virtual pode ser selecionada com base na SNR para aquela antena virtual. Em ainda outra modalidade, as informações de estado de canal indicam uma única taxa para todas as V antenas virtuais selecionadas, que pode ser selecionada com base na SNR média para essas antenas virtuais. Ainda em outra modalidade, as informações de estado de canal indicam uma taxa base e uma ou mais taxas delta para as antenas virtuais selecionadas. Essa modalidade pode ser útil para o esquema de transmissão mostrado na figura 4B com um receptor SIC. Ainda em outra modalidade, as informações de estado de canal indicam uma combinação de taxa para as V antenas virtuais selecionadas. O sistema pode suportar um conjunto de taxas quantizadas de vetor que contém um número de combinações de taxas permitidas, que são também denominados esquemas de codificação de modulação (MCS). Cada combinação de taxa permitida é associada a um número específico de fluxos de dados para transmitir e uma taxa específica para cada fluxo de dados. Uma combinação de 10 15 20 25 taxas pode ser selecionada para as V antenas virtuais selecionadas com base nas SNRs para as antenas virtuais.

30 Em ainda outra modalidade, as informações de estado de canal indicam uma ou mais matrizes ortonormais (ou matrizes de pré-codificação) selecionadas para uso dentre um conjunto de matrizes ortonormais disponíveis para uso. O transmissor realiza pré-codificação com uma ou mais matrizes ortonormais selecionadas. O desempenho para todas

as hipóteses de cada matriz ortonormal pode ser avaliado como descrito acima. A matriz ortonormal e o conjunto de antena(s) virtual(is) com o melhor desempenho podem ser fornecidos pelas informações de estado de canal.

5 Em geral, as informações de estado de canal podem transportar vários tipos de informações como o conjunto selecionado de V antenas virtuais, qualidade de sinal (por exemplo, SNRs), taxas, potência de transmissão, matrizes, piloto, outras informações, ou uma combinação das mesmas.

10 Em outra modalidade, o transmissor realiza a seleção de antena virtual, por exemplo, utilizando informações de estado de canal a partir do receptor.

15 Em uma modalidade, o transmissor transmite um piloto em um modo para permitir que o receptor estime as SNRs para todas as T antenas virtuais disponíveis mesmo se dados forem enviados somente em V antenas virtuais selecionadas. O transmissor pode transmitir o piloto por ciclagem através das T antenas virtuais em diferentes períodos de símbolos, por exemplo, antena virtual 1 no período de símbolos n , a seguir antena virtual 2 no período de símbolos $n+1$, e assim por diante. O transmissor também pode transmitir o piloto a partir das T antenas virtuais em diferentes subportadoras, por exemplo, na subportadora k_1 da antena virtual 1, subportadora k_2 da antena virtual 2, e assim por diante. Em outra modalidade, o transmissor transmite um piloto principal nas V antenas virtuais selecionadas e transmite um piloto auxiliar nas antenas virtuais não selecionadas. O piloto principal pode ser transmitido mais frequentemente e/ou em mais subportadoras do que o piloto auxiliar. O transmissor pode transmitir também o piloto em vários outros modos.

20

25

30

A figura 7 mostra uma modalidade de um processo 700 para selecionar e utilizar antenas virtuais. Múltiplas

hipóteses para múltiplas antenas virtuais formadas com múltiplas antenas físicas são avaliadas com base pelo menos em uma métrica, por exemplo, qualidade de sinal, capacidade de transmissão, taxa geral, e assim por diante (bloco 712).

5 Cada hipótese corresponde a um conjunto diferente de pelo menos uma antena virtual. As múltiplas antenas virtuais são formadas com uma ou mais matrizes que mapeiam cada antena virtual para algumas ou todas as antenas físicas. A hipótese com o melhor desempenho é selecionada dentre as
10 múltiplas hipóteses avaliadas (bloco 714).

Em uma modalidade, a qualidade de sinal para cada hipótese é determinada, e a hipótese com a qualidade de sinal mais elevada é selecionada. Em outra modalidade, a capacidade de transmissão para cada hipótese é determinada,
15 e a hipótese com a capacidade de transmissão mais elevada é selecionada. Em ainda outra modalidade, a taxa geral para cada hipótese é determinada, e a hipótese com a taxa geral mais alta é selecionada. Para todas as modalidades, cada hipótese pode ser avaliada com a potência de transmissão
20 total sendo distribuída uniformemente ou não uniformemente através da(s) antena(s) virtual(is) na hipótese. As hipóteses podem ser avaliadas de outras maneiras.

O bloco 714 essencialmente seleciona pelo menos uma antena virtual dentre as múltiplas antenas virtuais. Se
25 a seleção de antena virtual for realizada pelo receptor, então as informações de estado de canal para a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s) são enviadas para o transmissor (bloco 716). As informações de estado de canal podem transportar vários tipos de informações como a(s) antena(s)
30 virtual(is) selecionada(s), a qualidade de sinal ou taxa(s) para a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s) e assim por diante. O transmissor e/ou receptor pode selecionar pelo menos uma taxa para a(s) antena(s) virtual(is)

selecionada(s) com base na qualidade de sinal. A(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s) é(são) utilizada(s) para transmissão de dados (bloco 718).

5 A figura 8 mostra uma modalidade de um equipamento 800 para selecionar e utilizar antenas virtuais. O equipamento 800 inclui mecanismos para avaliar múltiplas hipóteses para múltiplas antenas virtuais formadas com múltiplas antenas físicas (bloco 812), mecanismos para selecionar uma hipótese dentre as múltiplas
10 hipóteses (bloco 814), mecanismos para enviar informações de estado de canal para pelo menos uma antena virtual selecionada para o transmissor (bloco 816), e mecanismos para utilizar a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s) para transmissão de dados (bloco 818).

15 A figura 9 mostra uma modalidade de um processo 900 para transmitir dados a partir de antenas virtuais. Informações de estado de canal são recebidas para pelo menos uma antena virtual selecionada dentre múltiplas antenas virtuais formadas com múltiplas antenas físicas
20 (bloco 912). As informações de estado de canal podem transportar quaisquer das informações descritas acima. A potência de transmissão total pode ser distribuída (1) uniformemente através da(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s) ou (2) não uniformemente através da(s)
25 antena(s) virtual(is) selecionada(s) com base nas informações de estado de canal (bloco 914). Pelo menos uma taxa é selecionada para a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s) com base nas informações de estado de canal e a distribuição de potência (bloco 916). Uma transmissão
30 de dados é enviada a partir da(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s) na(s) taxa(s) selecionada(s) (bloco 918). A transmissão de dados pode compreender um ou mais fluxos de dados. Cada fluxo de dados pode ser mapeado para uma antena

virtual selecionada respectiva (por exemplo, como mostrado na figura 4A) ou pode ser mapeado para todas as antena(s) virtual(is) selecionada(s) (por exemplo, como mostrado na figura 4B).

5 A figura 10 mostra uma modalidade de um equipamento 1000 para transmitir dados a partir de antenas virtuais. O equipamento 1000 inclui mecanismos para receber informações de estado de canal para pelo menos uma antena virtual selecionada dentre múltiplas antenas virtuais
10 formadas com múltiplas antenas físicas (bloco 1012), mecanismos para distribuir potência de transmissão total uniformemente ou não uniformemente através da(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s) (bloco 1014), mecanismos para selecionar pelo menos uma taxa para a(s) antena(s)
15 virtual(is) selecionada(s) com base nas informações de estado de canal e distribuição de potência (bloco 1016), e mecanismos para enviar uma transmissão de dados a partir da(s) antena(s) virtual(s) selecionada(s) na(s) taxa(s) selecionada(s) (bloco 1018).

20 As técnicas descritas aqui podem ser implementadas por vários meios. Por exemplo, essas técnicas podem ser implementadas em hardware, firmware, software ou uma combinação dos mesmos. Para uma implementação de hardware, as unidades de processamento utilizadas para
25 selecionar antenas virtuais, transmitir dados a partir da(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s), e/ou receber dados a partir da(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s) podem ser implementadas em um ou mais circuitos integrados de aplicação específica (ASICs), processadores de sinais digitais (DSPs), dispositivos de processamento de sinais digitais (DSPDs), dispositivos de lógica programável (PLDs), arranjos de portas programáveis em campo (FPGAs),
30 processadores, controladores, microcontroladores,

microprocessadores, dispositivos eletrônicos, outras unidades eletrônicas projetadas para realizar as funções descritas aqui, ou uma combinação das mesmas.

5 Para uma implementação em firmware e/ou software, as técnicas podem ser implementadas com módulos (por exemplo, procedimentos, funções, e etc.) que realizam as funções descritas aqui. Os códigos de firmware e/ou software podem ser armazenados em uma memória (por exemplo, memória 142 ou 192 na figura 1) e executados por um
10 processador (por exemplo, processador 140 ou 190). A memória pode ser implementada no processador ou externa ao processador.

Cabeçalhos são incluídos aqui para referência e para auxiliar a localizar certas seções. Estes cabeçalhos
15 não pretendem limitar o escopo dos conceitos descritos sob os mesmos, e esses conceitos podem ter aplicabilidade em outras seções por todo o relatório descritivo.

A descrição anterior das modalidades reveladas é fornecida para permitir que qualquer pessoa versada na
20 técnica faça ou utilize a presente invenção. Várias modificações nessas modalidades serão prontamente evidentes para aqueles versados na técnica, e os princípios genéricos definidos aqui podem ser aplicados em outras modalidades sem se afastar do espírito ou escopo da invenção. Desse
25 modo, a presente invenção não pretende ser limitada às modalidades mostradas aqui, porém deve ser acordado o escopo mais amplo compatível com os princípios e características novas aqui descritas.

REIVINDICAÇÕES

1. Equipamento compreendendo:

5 pelo menos um processador configurado para selecionar pelo menos uma antena virtual dentre múltiplas antenas virtuais formadas com múltiplas antenas físicas e para prover uma indicação de uso da pelo menos uma antena virtual selecionada para transmissão de dados; e

uma memória acoplada ao pelo menos um processador.

10 2. Equipamento, de acordo com a reivindicação 1, em que o pelo menos um processador é configurado para avaliar múltiplas hipóteses, cada hipótese correspondendo a um conjunto diferente de pelo menos uma antena virtual, e para selecionar uma hipótese dentre as múltiplas hipóteses,
15 em que a pelo menos uma antena virtual selecionada serve para a hipótese selecionada.

3. Equipamento, de acordo com a reivindicação 2, em que o pelo menos um processador é configurado para determinar desempenho de cada uma dentre as múltiplas
20 hipóteses com base em pelo menos uma métrica, e para selecionar uma hipótese com melhor desempenho.

4. Equipamento, de acordo com a reivindicação 2, em que o pelo menos um processador é configurado para determinar qualidade de sinal para cada uma dentre as
25 múltiplas hipóteses, e para selecionar uma hipótese com qualidade de sinal mais alta.

5. Equipamento, de acordo com a reivindicação 2, em que o pelo menos um processador é configurado para determinar capacidade de transmissão para cada uma dentre
30 as múltiplas hipóteses, e para selecionar uma hipótese com capacidade de transmissão mais alta.

6. Equipamento, de acordo com a reivindicação 2, em que pelo menos um processador é configurado para

determinar uma taxa geral para cada uma dentre as múltiplas hipóteses, e para selecionar uma hipótese com taxa geral mais alta.

5 7. Equipamento, de acordo com a reivindicação 2, em que o pelo menos um processador é configurado para distribuir potência de transmissão total uniformemente através da pelo menos uma antena virtual para cada uma dentre as múltiplas hipóteses.

10 8. Equipamento, de acordo com a reivindicação 2, em que o pelo menos um processador é configurado para distribuir potência de transmissão total não uniformemente através da pelo menos uma antena virtual para cada uma dentre as múltiplas hipóteses.

15 9. Equipamento, de acordo com a reivindicação 1, em que o pelo menos um processador é configurado para selecionar pelo menos uma taxa para pelo menos uma antena virtual selecionada com base em qualidade de sinal para a pelo menos uma antena virtual selecionada.

20 10. Equipamento, de acordo com a reivindicação 1, em que o pelo menos um processador é configurado para instruir envio da transmissão de dados via a pelo menos uma antena virtual selecionada acoplada ao processador para um receptor.

25 11. Equipamento, de acordo com a reivindicação 1, em que o pelo menos um processador é configurado para enviar informações de estado de canal para a pelo menos uma antena virtual selecionada para um transmissor e para receber a transmissão de dados proveniente do transmissor via a pelo menos uma antena virtual selecionada.

30 12. Equipamento, de acordo com a reivindicação 11, em que as informações de estado de canal identificam a pelo menos uma antena virtual selecionada.

13. Equipamento, de acordo com a reivindicação 11, em que as informações de estado de canal indicam qualidade de sinal ou pelo menos uma taxa para a pelo menos uma antena virtual selecionada.

5 14. Equipamento, de acordo com a reivindicação 11, em que as informações de estado de canal indicam uma qualidade de sinal base e pelo menos uma qualidade de sinal delta, em que a qualidade de sinal base serve para uma antena virtual selecionada ou um fluxo de dados, e em que a
10 pelo menos uma qualidade de sinal delta serve para antenas virtuais selecionadas restantes ou fluxos de dados restantes.

15 15. Equipamento, de acordo com a reivindicação 11, em que as informações de estado de canal indicam pelo menos uma matriz utilizada para formar a pelo menos uma antena virtual selecionada.

20 16. Equipamento, de acordo com a reivindicação 1, em que as múltiplas antenas virtuais são formadas com pelo menos uma matriz que mapeia cada antena virtual para as múltiplas antenas físicas.

17. Método compreendendo:

selecionar pelo menos uma antena virtual dentre múltiplas antenas virtuais formadas com múltiplas antenas físicas; e

25 prover uma indicação da pelo menos uma antena virtual selecionada para uso em transmissão de dados.

18. Método, de acordo com a reivindicação 17, em que selecionar a pelo menos uma antena virtual compreende:

30 avaliar múltiplas hipóteses, cada hipótese correspondendo a um conjunto diferente de pelo menos uma antena virtual, e

selecionar uma hipótese dentre as múltiplas hipóteses, em que a pelo menos uma antena virtual selecionada serve para a hipótese selecionada.

5 19. Método, de acordo com a reivindicação 18, em que avaliar as múltiplas hipóteses compreende determinar desempenho de cada uma dentre as múltiplas hipóteses com base em pelo menos em uma métrica, e em que selecionar a hipótese compreende selecionar a hipótese com o melhor desempenho.

10 20. Método, de acordo com a reivindicação 19, em que avaliar as múltiplas hipóteses compreende distribuir potência de transmissão total uniformemente através da pelo menos uma antena virtual para cada uma dentre as múltiplas hipóteses.

15 21. Método, de acordo com a reivindicação 17, compreendendo adicionalmente:

enviar informações de estado de canal para a pelo menos uma antena virtual selecionada para um transmissor; e

20 receber a transmissão de dados proveniente do transmissor via a pelo menos uma antena virtual selecionada.

22. Equipamento, compreendendo:

25 mecanismos para selecionar pelo menos uma antena virtual dentre múltiplas antenas virtuais formadas com múltiplas antenas físicas; e

mecanismos para prover uma indicação da pelo menos uma antena virtual selecionada para uso para transmissão de dados.

30 23. Equipamento, de acordo com a reivindicação 22, em que os mecanismos para selecionar a pelo menos uma antena virtual compreendem:

mecanismos para avaliar múltiplas hipóteses, cada hipótese correspondendo a um conjunto diferente de pelo menos uma antena virtual, e

5 mecanismos para selecionar uma hipótese dentre as múltiplas hipóteses, em que a pelo menos uma antena virtual selecionada serve para a hipótese selecionada.

10 24. Equipamento, de acordo com a reivindicação 23, em que os mecanismos para avaliar as múltiplas hipóteses compreendem mecanismos para determinar desempenho de cada uma dentre as múltiplas hipóteses com base em pelo menos em uma métrica, e em que os mecanismos para selecionar a hipótese compreendem mecanismos para selecionar a hipótese com o melhor desempenho.

15 25. Equipamento, de acordo com a reivindicação 22, compreendendo adicionalmente:

mecanismos para enviar informações de estado de canal para a pelo menos uma antena virtual selecionada para um transmissor; e

20 mecanismos para receber a transmissão de dados proveniente do transmissor via a pelo menos uma antena virtual selecionada.

26. Mídia legível por processador para armazenar instruções operáveis para:

25 selecionar pelo menos uma antena virtual dentre múltiplas antenas virtuais formadas com múltiplas antenas físicas; e

utilizar a pelo menos uma antena virtual selecionada para transmissão de dados.

27. Equipamento compreendendo:

30 pelo menos um processador configurado para receber informações de estado de canal para pelo menos uma antena virtual selecionada dentre múltiplas antenas virtuais formadas com múltiplas antenas físicas, e para

enviar uma transmissão de dados via a pelo menos uma antena virtual selecionada; e

uma memória acoplada ao pelo menos um processador.

5 28. Equipamento, de acordo com a reivindicação 27, em que o pelo menos um processador é configurado para distribuir potência de transmissão total uniformemente através da pelo menos uma antena virtual selecionada.

10 29. Equipamento, de acordo com a reivindicação 27, em que o pelo menos um processador é configurado para selecionar pelo menos uma taxa para a pelo menos uma antena virtual selecionada com base nas informações de estado de canal, e para enviar a transmissão de dados na pelo menos uma taxa selecionada.

15 30. Equipamento, de acordo com a reivindicação 27, em que o pelo menos um processador é configurado para enviar pelo menos um fluxo de dados para a transmissão de dados, e para mapear cada fluxo de dados para todas dentre a pelo menos uma antena virtual selecionada.

20 31. Equipamento, de acordo com a reivindicação 30, em que o pelo menos um processador é configurado para mapear cada fluxo de dados para todas dentre a pelo menos uma antena virtual selecionada com base em uma permutação de fluxo predeterminada.

25 32. Equipamento, de acordo com a reivindicação 30, em que o pelo menos um processador é configurado para mapear cada fluxo de dados para todas dentre a pelo menos uma antena virtual selecionada circulando-se através da pelo menos uma antena virtual selecionada através de
30 múltiplas subportadoras.

33. Equipamento, de acordo com a reivindicação 27, em que o pelo menos um processador é configurado para enviar pelo menos um fluxo de dados para a transmissão de

dados, e para mapear cada fluxo de dados para uma respectiva antena virtual selecionada respectiva.

5 34. Equipamento, de acordo com a reivindicação 27, em que o pelo menos um processador é configurado para receber informações de estado de canal indicativas de pelo menos uma matriz a utilizar para formar a pelo menos uma antena virtual selecionada, e para processar a transmissão de dados com pelo menos uma matriz.

10 35. Equipamento, de acordo com a reivindicação 34, em que o pelo menos um processador é configurado para enviar pelo menos um fluxo de dados para a transmissão de dados, e para mapear cada fluxo de dados para todas dentro a pelo menos uma antena virtual selecionada.

15 36. Método compreendendo:
receber informações de estado de canal para pelo menos uma antena virtual selecionada dentre múltiplas antenas virtuais formadas com múltiplas antenas físicas; e
enviar uma transmissão de dados via a pelo menos uma antena virtual selecionada.

20 37. Método, de acordo com a reivindicação 36, compreendendo adicionalmente:

distribuir potência de transmissão total através da pelo menos uma antena virtual selecionada.

25 38. Método, de acordo com a reivindicação 36, em que enviar a transmissão de dados compreende:

selecionar pelo menos uma taxa para a pelo menos uma antena virtual selecionada com base nas informações de estado de canal, e

30 enviar a transmissão de dados na pelo menos uma taxa selecionada.

39. Equipamento compreendendo:

mecanismos para receber informações de estado de canal para pelo menos uma antena virtual selecionada dentre

múltiplas antenas virtuais formadas com múltiplas antenas físicas; e

mecanismos para enviar uma transmissão de dados via a pelo menos uma antena virtual selecionada.

5 40. Equipamento, de acordo com a reivindicação 39, compreendendo adicionalmente:

mecanismos para distribuir potência de transmissão total através da pelo menos uma antena virtual selecionada.

10 41. Equipamento, de acordo com a reivindicação 39, em que os mecanismos para enviar a transmissão de dados compreendem:

mecanismos para selecionar pelo menos uma taxa para a pelo menos uma antena virtual selecionada com base nas informações de estado de canal, e

15 mecanismos para enviar a transmissão de dados na pelo menos uma taxa selecionada.

42. Mídia legível por processador para armazenar instruções operáveis para:

20 receber informações de estado de canal para pelo menos uma antena virtual selecionada dentre múltiplas antenas virtuais formadas com múltiplas antenas físicas; e

enviar uma transmissão de dados via a pelo menos uma antena virtual selecionada.

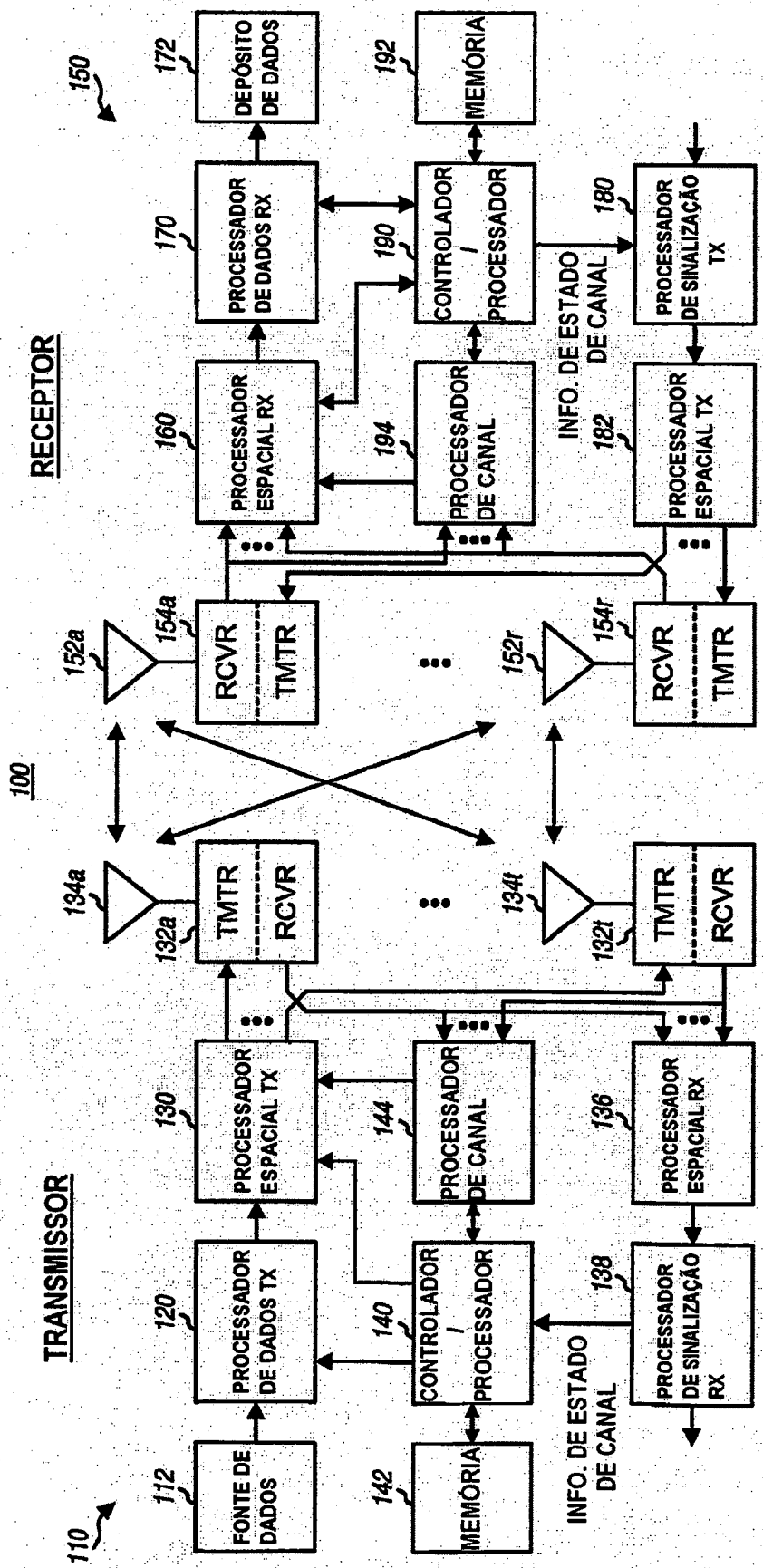
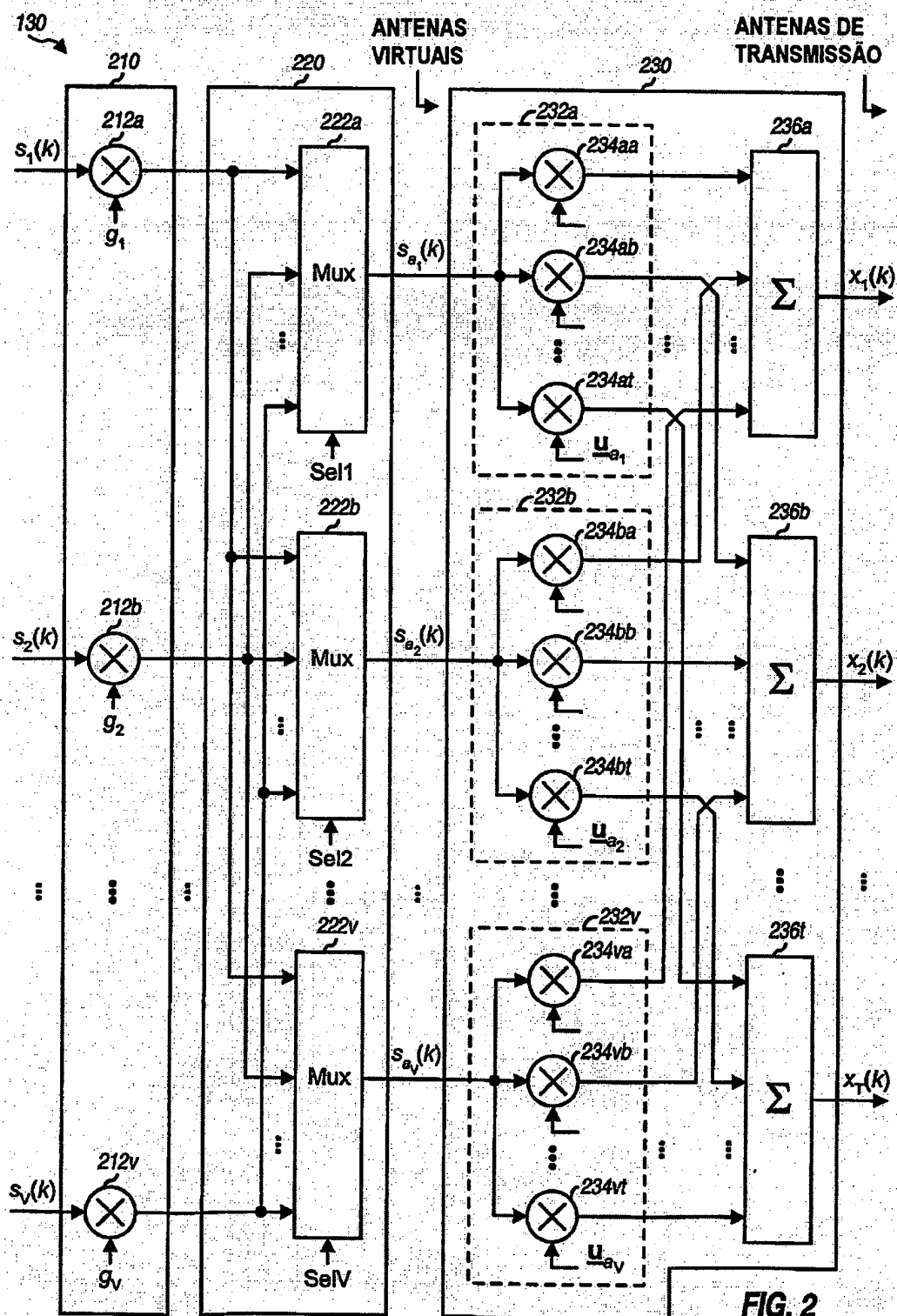


FIG. 1



300

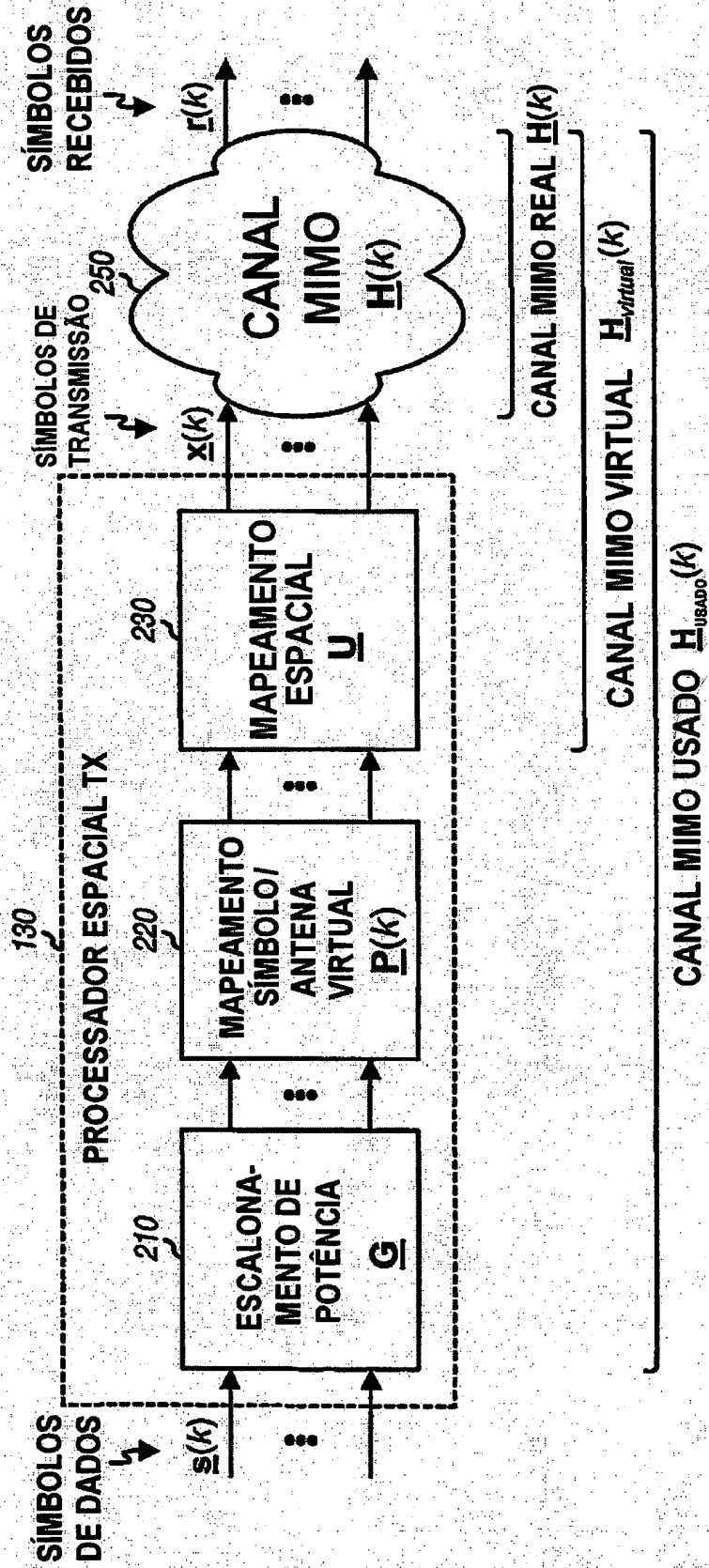


FIG. 3

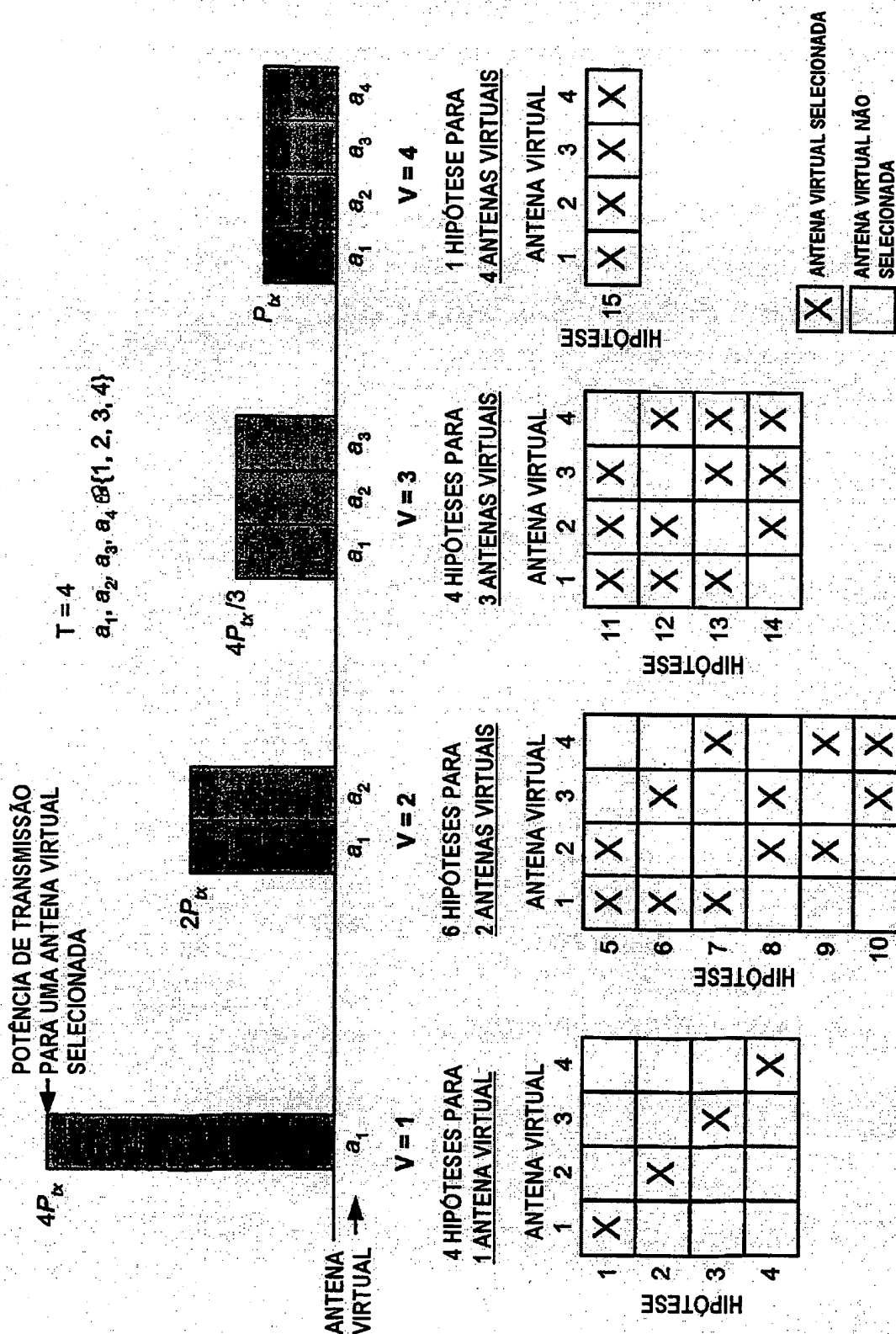
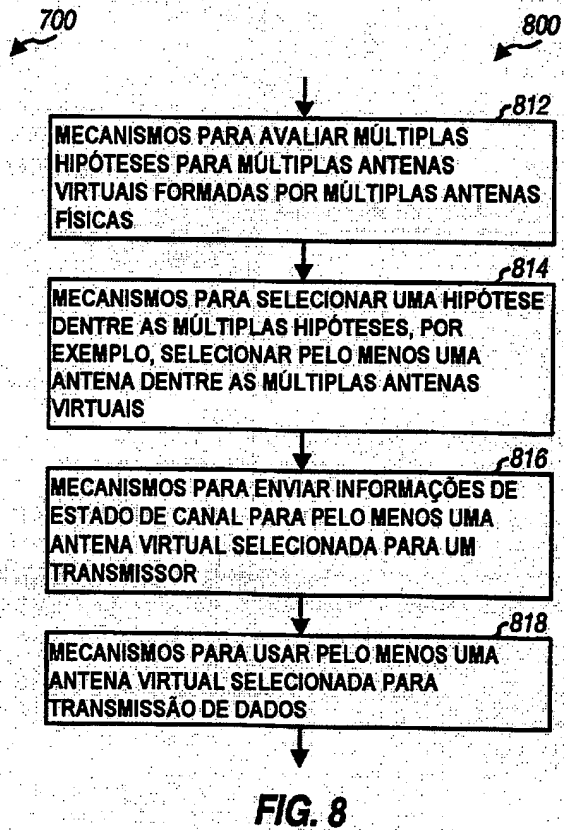
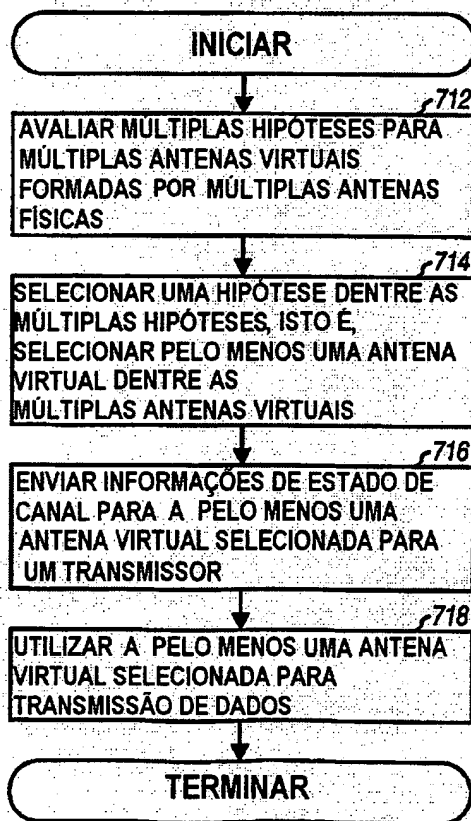
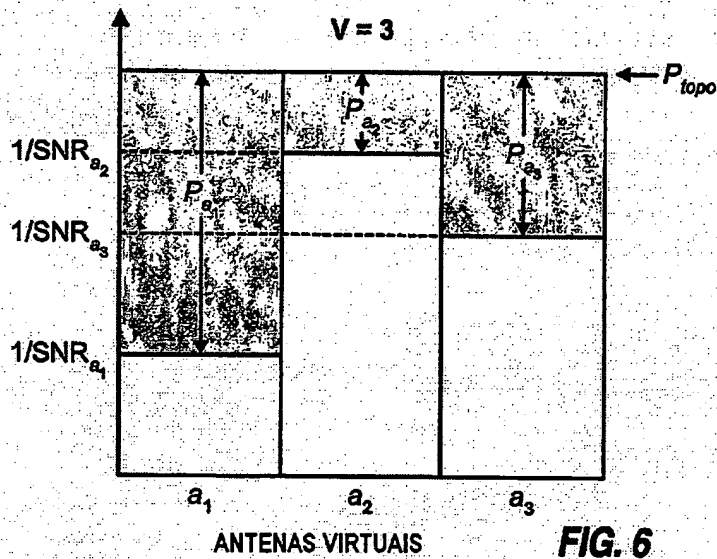


FIG. 5



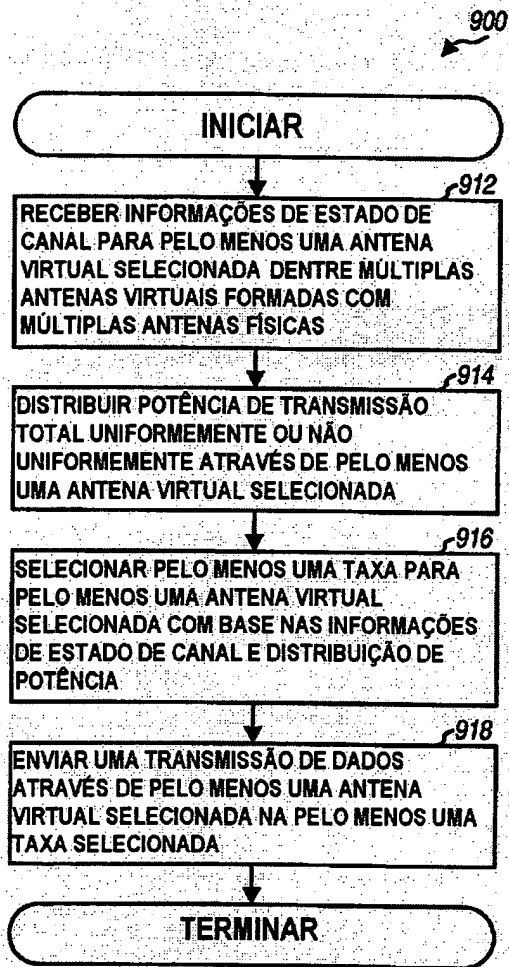


FIG. 9

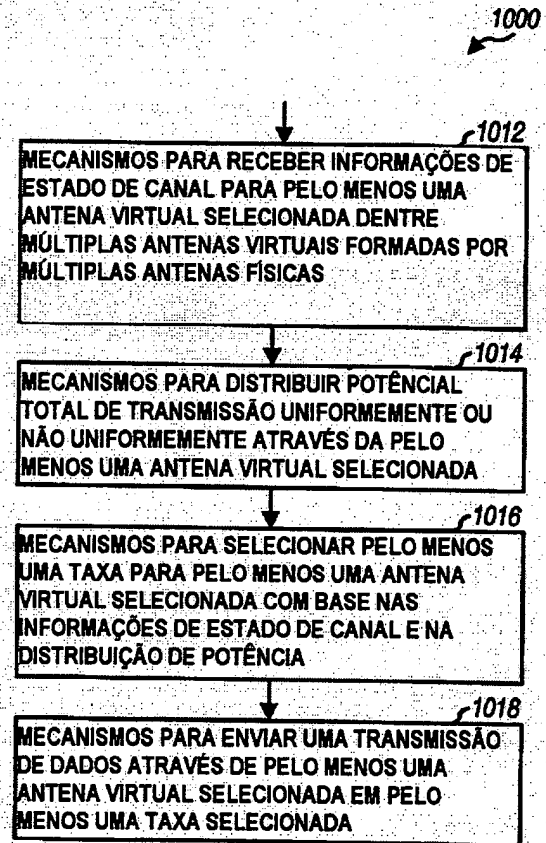


FIG. 10

RESUMO**"MÉTODO E EQUIPAMENTO PARA SELEÇÃO DE ANTENAS VIRTUAIS"**

São descritas técnicas para transmitir dados a partir de antenas virtuais em vez de antenas físicas. Cada antena virtual pode ser mapeada para algumas ou todas as antenas físicas por um mapeamento diferente. O desempenho de diferentes conjuntos de pelo menos uma antena virtual é avaliado com base em uma ou mais métricas tais como qualidade de sinal, capacidade de transmissão, taxa geral e assim por diante. O conjunto de antenas virtuais com o melhor desempenho é selecionado para uso. Se a seleção de antena virtual for realizada pelo receptor, então informações de estado de canal para o conjunto de antenas virtuais selecionado podem ser enviadas para o transmissor. As informações de estado de canal podem transportar a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s), a qualidade ou taxa(s) de sinal para a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s), uma ou mais matrizes de pré-codificação utilizadas para formar a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s) e assim por diante. O transmissor e/ou receptor utilizam a(s) antena(s) virtual(is) selecionada(s) para transmissão de dados.