



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

**(11) PI 0608228-9 B1**



**(22) Data do Depósito: 13/03/2006**

**(45) Data de Concessão: 22/01/2019**

---

**(54) Título:** SISTEMAS E MÉTODOS PARA REDUZIR RECURSOS DE UPLINK PARA PROVER REALIMENTAÇÃO DE DESEMPENHO DE CANAL PARA AJUSTE DE TAXAS DE DADOS DE CANAL MIMO DE DOWNLINK

**(51) Int.Cl.:** H04L 1/00; H04L 1/20.

**(30) Prioridade Unionista:** 11/03/2005 US 11/078,470.

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

**(72) Inventor(es):** BYOUNG-HOON KIM.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2006009468 de 13/03/2006

**(87) Publicação PCT:** WO 2006/099525 de 21/09/2006

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

**(57) Resumo:** SISTEMAS E MÉTODOS PARA SEDUZIR RECURSOS DE UPLINK PARA PROVER REALIMENTAÇÃO DE DESEMPENHO DE CANAL PARA AJUSTE DE TAXAS DE DADOS DE CANAL MIMO DE DOWNLINK. Sistemas e métodos para aperfeiçoar o desempenho de um sistema de comunicação sem fio MIMO mediante redução da quantidade de recursos de uplink que são necessários para prover realimentação de desempenho de canal para o ajuste de taxas de dados nos canais MIMO de downlink. Em uma modalidade, um método compreende encodificar cada um dentre um conjunto de fluxos de dados de acordo com taxas de dados correspondentes; permutar os fluxos de dados em um conjunto de canais MIMO de acordo com uma permutação completa de combinações; transmitir os fluxos de dados permutados; receber os fluxos de dados permutados; decodificar e determinar uma SNR para cada um dos fluxos de dados; computar uma métrica de SNR condensada para o conjunto de fluxos de dados; prover a métrica condensada como realimentação; determinar um conjunto de métricas de SNR individuais para os fluxos de dados com base na métrica de SNR condensada; e ajustar as taxas de dados nas quais os fluxos de dados são encodificados com base nas métricas de SNR individuais.



**"SISTEMAS E MÉTODOS PARA REDUZIR RECURSOS DE UPLINK PARA  
PROVER REALIMENTAÇÃO DE DESEMPENHO DE CANAL PARA AJUSTE DE  
TAXAS DE DADOS DE CANAL MIMO DE DOWNLINK"**

**FUNDAMENTOS**

5 CAMPO

A invenção se refere geralmente a sistemas de comunicação sem fio e, mais especificamente, a sistemas e métodos para reduzir a quantidade de realimentação que é necessária para selecionar taxas de dados apropriadas para encodificar (encoding) fluxos de dados para maximizar a vazão (throughput) de dados.

10

FUNDAMENTOS

Os sistemas de comunicação sem fio podem incluir múltiplas estações base e múltiplas estações móveis. Em qualquer dado momento, uma estação base específica pode estar em comunicação com uma ou mais estações móveis. A comunicação da estação base para as estações móveis freqüentemente são referidas como link direto ou downlink, enquanto a comunicação das estações móveis para a estação base é referida como link reverso ou uplink.

15

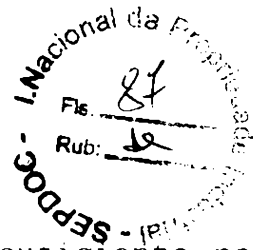
20

Os dados que devem ser comunicados entre a estação base e a estação móvel são tipicamente encodificados, transmitidos por um transmissor (seja na estação base ou na estação móvel), recebidos por um receptor (seja na estação móvel ou na estação base) e, então, decodificados. Os dados são encodificados em uma taxa de dados que é selecionada com base na qualidade do link de comunicação. Quanto melhor for o link, maior é a taxa de dados que pode ser usada.

25

30

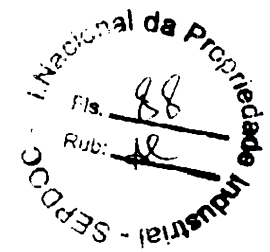
Embora a estação base tipicamente tenha a capacidade de poder aumentar a potência na qual os dados são transmitidos e desse modo aumentar a qualidade de canal, isso pode nem sempre ser desejável. Por exemplo, se



a qualidade do link de comunicação já for suficiente para suportar uma taxa de dados adequada, o aumento da potência pode simplesmente aumentar a interferência com outras comunicações. As estações base, portanto, implementam tipicamente algum tipo de mecanismo para controlar a potência e as taxas de dados nas quais os dados são transmitidos. Isso pode, por exemplo, envolver a medição de desempenho (por exemplo, relação sinal/ruído ou SNR) na estação móvel, provendo realimentação sobre o desempenho para a estação base, e alterando a taxa de dados na qual os dados são encodificados e transmitidos com base no desempenho medido.

Um dos avanços mais recentes em comunicação sem fio tem sido o desenvolvimento de sistemas MIMO (múltiplas-entradas e múltiplas-saídas). Um sistema MIMO utiliza múltiplas antenas de transmissão e múltiplas antenas de recepção para estabelecer múltiplos canais que podem ser espacialmente distinguidos entre si. Um dos problemas que tem sido encontrado no desenvolvimento das comunicações utilizando tecnologia MIMO é a maximização da vazão para cada um dentre os canais MIMO e a quantidade de realimentação que é necessária para maximizar a vazão.

Uma abordagem (referida como Controle de Taxa por Antena, ou PARC) requer que um valor SNR separado seja provido como realimentação para cada um dentre os canais MIMO. Essa abordagem não é ideal devido à grande quantidade de recursos de uplink que é exigida para prover SNRs para cada um dentre os canais. Outra abordagem (referida como Arquitetura Espaço-Tempo em Camadas Diagonais dos Laboratórios Bell, ou D-BLAST) somente requer um único valor SNR como realimentação, mas exige a transmissão de sinais nulos antes de transmitir a seqüência de blocos de dados encodificados para uma parte dos canais MIMO. Isso



5 resulta em uma utilização ineficiente dos canais. Uma terceira abordagem (referida como Arquitetura Espaço-Tempo em Camadas de Reuso de Código dos Laboratórios Bell, ou CR-BLAST) também requer apenas um único valor SNR como  
10 realimentação, mas utiliza um único codificador comum para encodificar todos os fluxos MIMO. Como resultado, ela não pode tirar proveito do cancelamento sucessivo de interferência (SIC) e do controle de taxa individualmente otimizado. A menos que ela seja incorporada com demodulação e decodificação iterativas e altamente complexas, o desempenho de CR-BLAST se torna muito mais pobre do que os sistemas empregando SIC e controle de taxa individualmente otimizado. Portanto, seria desejável prover sistemas e métodos nos quais uma quantidade reduzida de realimentação  
15 (por exemplo, menos do que as SNRs separadas para cada um dentre os canais) pode ser transmitida da estação móvel para a estação base no uplink, nos quais a utilização dos canais não é diminuída pela transmissão de sinais nulos, e nos quais o controle de taxa individual e SIC podem ser aplicados.  
20

#### SUMÁRIO

25 Modalidades da invenção que são reveladas aqui tratam de uma ou mais dentre as necessidades indicadas acima mediante provisão de sistemas e métodos para aperfeiçoar o desempenho de um sistema de comunicação sem fio MIMO mediante redução da quantidade de recursos de uplink que são necessários para prover realimentação de desempenho de canal para o ajuste de taxa de dados nos canais MIMO de downlink. Em uma modalidade, os fluxos de dados são convencionalmente encodificados, intercalados e  
30 mapeados em símbolos de modulação em uma estação base. Os símbolos de modulação são então misturados de acordo com um padrão pseudo-aleatório e transmitidos por um conjunto de



antenas de transmissão de modo que os dados de cada fluxo de dados sejam transmitidos através de todos os canais MIMO. Em uma modalidade, uma permutação completa das possíveis combinações é utilizada. Os dados são recebidos em uma estação móvel, é desfeita a mistura dos mesmos (inversamente permutados) e são decodificados. Uma SNR é determinada para cada fluxo de dados. Em uma modalidade, os fluxos de dados são decodificados utilizando-se cancelamento de interferência sucessivo. Uma métrica de SNR condensada (por exemplo, uma SNR de referência e  $\Delta$ SNR) é então computada e transmitida de volta para a estação base. A estação base determina as SNRs para cada um dos fluxos de dados com base na métrica de SNR condensada e utiliza essas SNRs para ajustar as taxas de dados nas quais os respectivos fluxos de dados são encodificados. Em outra modalidade os fluxos de dados são decodificados sem SIC. Nesse caso, a parte  $\Delta$ SNR da SNR condensada é definida como zero.

Uma modalidade compreende um método incluindo encodificar cada um dentro um conjunto de fluxo de dados de acordo com as taxas de dados correspondentes; misturar os fluxos de dados em um conjunto de canais MIMO de acordo com uma permutação completa de combinações; transmitir os fluxos de dados permutados; receber os fluxos de dados permutados; permutar inversamente os fluxos de dados; decodificar e determinar uma SNR para cada um dos fluxos de dados; computar uma métrica de SNR condensada para o conjunto de fluxos de dados; prover a métrica condensada como realimentação; determinar um conjunto de métricas de SNR individuais para os fluxos de dados com base na métrica de SNR condensada, e ajustar as taxas de dados nas quais os fluxos de dados são encodificados com base nas métricas de SNR individuais.



5 Outra modalidade compreende um sistema de comunicação sem fio MIMO. O sistema inclui uma estação base tendo uma pluralidade de antenas de transmissão MIMO e uma estação móvel tendo uma pluralidade de antenas de recepção MIMO. A estação base é configurada para encodificar cada uma dentre uma pluralidade de fluxos de dados de acordo com uma taxa de dados correspondentes; permutar os fluxos de dados e transmitir cada um dos fluxos de dados através de uma pluralidade de canais MIMO correspondendo às antenas de transmissão MIMO. A estação móvel é configurada para permutar inversamente os fluxos de dados para reproduzir os fluxos de dados encodificados; decodificar os fluxos de dados e determinar uma métrica de qualidade correspondendo a cada um dos fluxos de dados. A estação móvel então determina uma métrica de qualidade condensada com base nas métricas de qualidade correspondendo a cada um dos fluxos de dados e transmite a métrica de qualidade condensada de volta para a estação base. A estação base é configurada para determinar uma métrica de qualidade individual associada a cada um dos fluxos de dados com base na métrica de qualidade condensada e, então, ajustar as taxas de dados nas quais cada um dos fluxos de dados é encodificado com base nas métricas de qualidade individuais.

25 Diversas modalidades alternativas também são possíveis.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 é um diagrama de blocos funcional ilustrando a estrutura de um transmissor sem fio exemplar;

30 A Figura 2 é um diagrama de blocos funcional ilustrando a estrutura de um receptor sem fio exemplar;

A Figura 3 é um diagrama ilustrando a transmissão de cada um dentre um conjunto de fluxos de dados através de um conjunto correspondente de canais MIMO de acordo com a



técnica anterior;

As Figuras 4A e 4B são um par de diagramas ilustrando a transmissão de cada um dentre um conjunto de fluxos de dados através de cada um dentre um conjunto de canais MIMO de acordo com uma modalidade;

A Figura 5 é uma tabela ilustrando todas as permutações possíveis de quatro fluxos de dados transmitidos através de quatro canais MIMO;

A Figura 6 é um diagrama de blocos funcional ilustrando a estrutura de um sistema que utiliza permutação de antena pseudo-aleatória e cancelamento sucessivo de interferência de acordo com uma modalidade; e

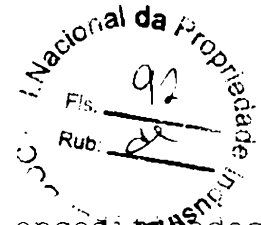
A Figura 7 é um fluxograma ilustrando o processamento e transmissão de múltiplos fluxos de dados em um sistema de comunicação MIMO, bem como a determinação de uma métrica condensada a ser provida como realimentação para controle das taxas de dados no processamento dos fluxos de dados de acordo com uma modalidade.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA

Uma ou mais modalidades da invenção são descritas abaixo. Deve ser observado que essas e quaisquer outras modalidades descritas abaixo são exemplares e têm o propósito de serem ilustrativas da invenção ao invés de serem limitadoras.

Como descrito aqui, as diversas modalidades da invenção compreendem sistemas e métodos para aperfeiçoar o desempenho de um sistema de comunicação sem fio MIMO mediante redução da quantidade de recursos de uplink (link reverso) que são necessários para prover SNR/realimentação de desempenho de canal para o ajuste de taxa de dados nos canais MIMO de downlink (link direto).

Em uma modalidade, um conjunto de fluxo de dados em uma estação base é encodificado utilizando taxas de

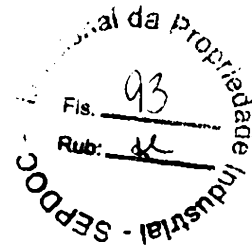


dados correspondentes. Os fluxos de dados encodificados estão então prontos para serem transmitidos. Entretanto, ao invés de transmitir cada um dos fluxos de dados encodificados através de um único canal dentre os canais MIMO, blocos sucessivos em um quadro de cada fluxo de dados encodificado são misturados e transmitidos pelos canais diferentes dos canais MIMO. Isto é, os fluxos de dados são permutados através de canais diferentes.

Nessa modalidade, um primeiro bloco de cada um dos fluxos de dados é transmitido por uma primeira combinação dos canais MIMO. Por exemplo, se existem quatro fluxos de dados numerados 1-4 e quatro canais MIMO numerados 1-4, os primeiros blocos de fluxos de dados 1-4 podem ser transmitidos pelos canais MIMO 1-4, respectivamente. Então, os segundos blocos de fluxos de dados 1-4 poderiam ser transmitidos pelos canais MIMO 2, 3, 4 e 1, respectivamente, e os terceiros blocos poderiam ser transmitidos pelos canais 3, 4, 1 e 2, respectivamente. Nessa modalidade, os blocos sucessivos de fluxos de dados 1-4 são transmitidos por cada uma das 24 possíveis permutações de canais MIMO 1-4.

Os canais MIMO transmitidos pela estação base são espacialmente distinguíveis pelo receptor MIMO de uma estação móvel. A estação móvel, portanto, pode tomar os blocos de dados encodificados a partir de cada um dentre os canais MIMO e reconstruir os fluxos de dados encodificados (supõe-se que a estação móvel conhece o esquema de permutação usado pela estação base para misturar (permutar) os blocos dos fluxos de dados através dos canais MIMO). O receptor então decodifica os fluxos de dados e determina uma SNR para cada um dos fluxos de dados.

Devido ao fato dos blocos de cada fluxo de dados terem sido transmitidos através de todos os quatro canais



MIMO, cada um dos quatro fluxos de dados terá experimentado as mesmas condições de canal, na média, se o canal permanece quase estático durante a transmissão de todo quadro encodificado. Como resultado, quando as SNRs (com  
5 média calculada sobre um quadro) são determinadas para cada um dos fluxos de dados, os valores SNR devem variar apenas devido ao cancelamento de interferência que pode ser obtido quando cada fluxo de dados é decodificado e então usado como realimentação para remover a interferência associada a partir dos fluxos de dados restantes que serão  
10 subsequenteemente decodificados. Isso é conhecido como cancelamento sucessivo de interferência.

Devido ao fato da SNR dos quatro fluxos de dados variar apenas como um resultado do cancelamento sucessivo  
15 de interferência, os valores SNR não variarão desordenadamente, mas em vez disso terão relativamente um bom comportamento. Isso é verdadeiro embora as condições de canal MIMO possam ser amplamente diferentes (e poderiam, portanto, fazer com que as SNRs de fluxos de dados transmitidos separadamente através de canais MIMO  
20 individuais correspondentes variassem em um grau muito superior).

O fato de que as SNRs dos diferentes fluxos de dados são relativamente bem comportadas permite que os  
25 valores SNR sejam representados, com razoável exatidão, em uma forma condensada (isto é, uma forma que é mais compacta do que prover separadamente cada um dos quatro valores SNR diferentes). Por exemplo, as SNRs podem ser representadas por um valor SNR de referência e um valor  $\Delta$ SNR, onde o  
30 valor SNR de referência corresponde a SNR do primeiro fluxo de dados encodificado, e os valores  $\Delta$ SNR correspondem à diferença entre os valores SNR de fluxos de dados sucessivos.



A estação móvel transmite a representação de SNR condensada para a estação base via o uplink. Devido ao fato da representação SNR condensada ser menor do que a representação de quatro valores SNR individuais, menos recursos de uplink são exigidos para prover essa realimentação à estação base. A estação base então utiliza a representação condensada das SNRs para os diferentes fluxos de dados como a base para ajustar as taxas de dados com as quais os diferentes fluxos de dados são subsequente-mente encodificados. Em outras palavras, para um fluxo de dados, a estação base presumirá que a SNR medida pela estação móvel era igual ao valor SNR de referência e ajustará a taxa de dados para esse fluxo de dados como indicado pela SNR de referência. Para o próximo fluxo de dados, a estação base presumirá um valor SNR medido igual ao valor SNR de referência acrescido do valor  $\Delta$ SNR. Para o próximo fluxo de dados, um valor igual a SNR de referência acrescido de duas vezes o valor  $\Delta$ SNR será usado, e assim por diante, com a taxa de dados de cada fluxo de dados sendo ajustada consequentemente.

Antes de discutir modalidades exemplares em detalhe, será útil descrever a operação básica de um único canal físico em um sistema de comunicação sem fio típico. Com referência à Figura 1, é mostrado um diagrama de blocos funcional ilustrando a estrutura de um transmissor sem fio exemplar.

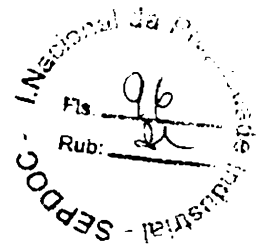
Como ilustrado na Figura 1, um fluxo de dados é recebido e processado por um encodificador 110. O fluxo de dados é encodificado em uma taxa de dados selecionada, como será discutido adicionalmente abaixo. O fluxo de dados encodificado é enviado a um intercalador 120, e então a um mapeador/modulador 130. O sinal modulado é então enviado a uma antena 140, a qual transmite o sinal modulado.



Com referência à Figura 2, é mostrado um diagrama de blocos funcional ilustrando a estrutura de um receptor sem fio exemplar. Nessa figura, o sinal transmitido pela antena 140 é recebido pela antena 250, e é então enviado ao demodulador/demapeador 260. O sinal é demodulado e passado pelo deintercalador 270. Após o sinal ser deintercalado, ele é decodificado pelo decodificador 280 para reproduzir o fluxo de dados original. Deve ser observado que alguns erros podem surgir durante o processamento do sinal pelo transmissor e receptor, assim "fluxo de dados original", como usado aqui, se refere ao sinal decodificado, seja ele uma reprodução completamente exata do sinal original ou contenha alguns erros.

As Figuras, 1 e 2, representam um mecanismo para comunicar informação em uma única direção. Por exemplo, a informação pode ser comunicada de uma estação base para uma estação móvel em um sistema de telefonia celular. Tipicamente, as comunicações são bidirecionais, ao invés de unidirecionais, de modo que um conjunto similar de estruturas pode ser usado para comunicar informações da estação móvel para a estação base, assim como da estação base para a estação móvel. Nesse tipo de sistema, a comunicação da estação base para estação móvel é tipicamente referida como link direto, enquanto que a comunicação da estação móvel para estação base é referida como link reverso.

Como observado acima, a encodificação do fluxo de dados no transmissor se baseia em uma taxa de dados que é selecionada para a transmissão dos dados. A taxa de dados é, por sua vez, selecionada com base na qualidade do sinal recebido. Se a qualidade do sinal recebido for superior, uma taxa de dados superior pode ser decodificada pelo receptor. Portanto, é desejável aumentar a taxa de dados de

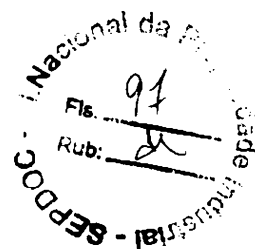


modo que uma vazão superior possa ser obtida. Se a  
qualidade do sinal recebido for inferior, apenas uma taxa  
de dados inferior pode ser decodificada pelo receptor.  
Nesse caso, é desejável diminuir a taxa de dados de modo  
5 que existam menos erros nos dados decodificados.

Para determinar a taxa de dados que deve ser  
selecionada para encodificar o fluxo de dados, é  
primeiramente necessário determinar a qualidade do sinal  
recebido. Em alguns sistemas, a qualidade do sinal é  
10 determinada mediante medição da relação sinal/ruído (SNR)  
do sinal. Em certos níveis de SNR, taxas de dados  
correspondentes podem ser suportadas. Por exemplo, SNR1  
pode suportar até taxa\_de\_dados1 com uma taxa de erro  
aceitável, SNR2 pode suportar até taxa\_de\_dados2, e assim  
15 por diante. Esses sistemas, portanto, medem a SNR do sinal  
recebido e transmitem essa informação de volta ao  
transmissor, o qual então determina se a taxa de dados  
sendo usada atualmente para encodificar dados para  
transmissão é aceitável, muito alta ou muito baixa. Se a  
20 taxa de dados for muito alta ou muito baixa, uma taxa de  
dados mais apropriada pode ser selecionada para  
encodificação subsequente.

É uma questão relativamente direta nesse cenário  
de canal único prover a SNR do sinal recebido como  
25 realimentação para uso no ajuste da taxa de dados na qual  
os dados são encodificados. A informação de SNR é  
suficiente para a finalidade de selecionar uma taxa de  
dados, e essa informação não constitui um custo de overhead  
especialmente grande. Mesmo se o custo de overhead for  
30 considerado muito grande, seria difícil reduzir esse fardo,  
uma vez que uma SNR é um valor único e essa informação é  
necessária para se determinar uma taxa de dados apropriada.

Alguns sistemas, contudo, não têm apenas um único

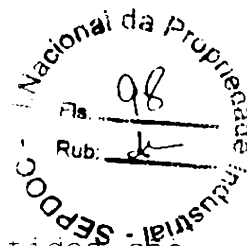


canal. Por exemplo, um sistema MIMO (múltiplas-entradas e múltiplas-saídas) tem múltiplos canais físicos. Um transmissor MIMO tem múltiplas antenas, cada uma das quais pode ser usada para transmitir um canal diferente dentre os múltiplos canais MIMO. Similarmente, um receptor MIMO tem múltiplas antenas que são usadas para distinguir entre diferentes canais físicos transmitidos pelas antenas do transmissor e receber esses canais físicos separados.

Em um típico sistema MIMO cada canal é processado essencialmente da mesma maneira que em um sistema de único canal. Em outras palavras, para cada canal, o fluxo de dados é encodificado em uma taxa de dados selecionada, intercalado, mapeado/modulado, transmitido via uma antena correspondente dentre as antenas MIMO, recebido no receptor, demapeado/demodulado, deintercalado e decodificado para uma construção do fluxo de dados original. Esse processo prossegue em paralelo para cada um dentre os canais MIMO.

O sistema MIMO é configurado de modo que os canais físicos sejam independentes entre si. Múltiplos fluxos de dados, portanto, podem ser transmitidos separadamente através de diferentes canais. Em outras palavras, cada um dentre os fluxos de dados pode ser transmitido por uma antena de transmissão diferente, e pode ser distinguido pelo receptor MIMO de múltiplas antenas. Isso é ilustrado na Figura 3.

Com referência à Figura 3, é mostrado um diagrama ilustrando a transmissão de cada um dentre um conjunto de fluxos de dados através de um correspondente conjunto de canais MIMO de acordo com um sistema da técnica anterior. O sistema da Figura 3 é representativo, por exemplo, de um sistema PARC. Nesse sistema, um conjunto de fluxos de dados encodificados 311-314 é transmitido por um conjunto de

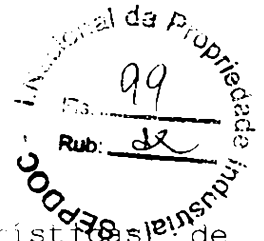


antenas de transmissão 321-324. Os sinais transmitidos são recebidos pelas antenas de recepção 331-334. O processador de sinal em espaço-tempo 335 processa os sinais recebidos (todos os quais são recebidos por cada uma dentre as antenas 331-334) para distinguir fluxos de dados 341-344 (os quais são essencialmente os mesmos que os fluxos de dados 311-314).

Devido ao fato dos canais MIMO serem independentes entre si, os diferentes canais podem ter diferentes características de desvanecimento. Em outras palavras, cada um dentre os canais do sistema MIMO poderia ter uma SNR diferente. Como resultado, os diferentes canais podem precisar encodificar os respectivos fluxos de dados em diferentes taxas de dados para maximizar a vazão de cada um dentre os canais.

A forma direta de prover essa informação de SNR seria medir separadamente as SNRs para cada um dentre os canais MIMO, e então transmitir cada um desses valores SNR de volta ao transmissor, de modo que as taxas de dados para cada um dentre os canais possam ser selecionadas com base nos respectivos valores SNR medidos. Essa é a abordagem usada nos sistemas PARC. Embora essa abordagem seja direta, ela exige uma quantidade relativamente grande de recursos de link reverso. Se existirem  $n$  canais MIMO, essa abordagem requer  $n$  vezes mais recursos do que o caso de único canal. Devido ao elevado custo dos recursos associados a essa abordagem, os presentes sistemas e métodos utilizam uma abordagem alternativa que permite que uma métrica de SNR condensada seja retornada ao transmissor como realimentação e, desse modo, conserve os recursos de link reverso, enquanto permite a seleção de taxas de dados que maximizam mais aproximadamente a vazão do sistema.

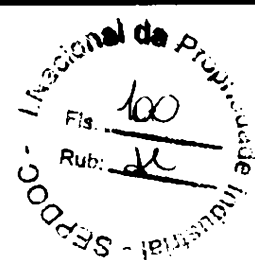
Devido ao fato dos canais MIMO diferentes serem



independentes entre si, eles têm características de desvanecimento e qualidade de canal, independentes. As SNRs de cada um desses canais, portanto, são também independentes. Devido ao fato das SNRs serem independentes, elas podem variar substancialmente umas das outras. Por exemplo, se há quatro canais, o primeiro canal pode ter uma SNR de  $[+15]$ dB, o segundo canal pode ter uma SNR de  $[-15]$ dB, o terceiro canal pode ter uma SNR de 0 dB, e o quarto canal pode ter uma SNR de  $[+15]$ dB. É evidente que, nessa situação, seria muito difícil particularizar as SNRs de todos os canais de uma forma condensada. As modalidades atuais, portanto, empregam uma metodologia que garante que as SNRs serão suficientemente bem comportadas para permitir que elas sejam representadas com exatidão razoável em uma forma condensada.

A metodologia usada nas presentes modalidades envolve a transmissão de dados para cada fluxo de dados através de todos os canais MIMO. Em outras palavras, para cada fluxo de dados, os dados são processados dentro do transmissor essencialmente da mesma maneira como em um típico sistema MIMO, mas ao invés de transmitir os dados via uma única antena dentre as antenas MIMO, um bloco é transmitido via uma primeira antena, o próximo bloco é transmitido via uma segunda antena, e assim por diante. Os blocos de cada fluxo de dados são desse modo espalhados através de todos os canais MIMO (cada canal MIMO sendo associado a uma antena correspondente dentre as antenas MIMO). Isso é ilustrado nas Figuras 4A e 4B.

Com referência à Figura 4A, é mostrado um diagrama ilustrando a transmissão de cada um dentre um conjunto de fluxos de dados através de cada um dentre um conjunto de canais MIMO de acordo com uma modalidade. No lado direito da Figura 4A, quatro fluxos de dados 411-414



são ilustrados. Os fluxos de dados 411-414 correspondem aos dados encodificados, intercalados, mapeados/modulados que foram processados por um transmissor e estão prontos para serem transmitidos através de um link sem fio para um receptor. Especificamente, os múltiplos fluxos de dados representam os dados que seriam convencionalmente transmitidos através dos canais separados do sistema MIMO (as antenas do transmissor MIMO). Dentro de cada um dos fluxos de dados, há uma série de blocos de dados. Os blocos de dados são identificados por uma letra correspondendo ao fluxo de dados e um número correspondendo à posição do bloco de dados dentro do fluxo de dados. Os blocos de dados podem ser de qualquer tamanho que seja conveniente para uma implementação específica, mas eles não devem ser tão grandes de modo que seja perdido o benefício da permutação dos fluxos de dados através de canais diferentes.

Após os fluxos de dados terem se submetidos ao processamento de pré-transmissão convencional, os blocos de cada fluxo de dados são mapeados para antenas diferentes do transmissor MIMO. Como mostrado na Figura 4A, o primeiro conjunto de blocos A1, B1, C1 e D1 é mapeado para antenas 431, 432, 433 e 434, respectivamente. O próximo conjunto de blocos A2, B2, C2 e D2 é mapeado para uma combinação diferente das quatro antenas. Especificamente, eles são mapeados para as antenas 432, 433, 434 e 431, respectivamente. Dito de outra forma, os blocos dos diferentes fluxos de dados foram girados em um com relação às antenas. O terceiro conjunto de blocos de dados é girado outra vez em um, de modo que os blocos de dados A3, B3, C3 e D3 sejam mapeados para as antenas 433, 434, 431 e 432, respectivamente. Blocos subsequentes são similarmente mapeados para combinações diferentes das antenas, para extensão possível. Em uma modalidade, a série de



mapeamentos de blocos de dados para canais MIMO compreende um padrão pseudo-aleatório (como mostrado e descrito em conexão com a Figura 5).

5 Com referência à Figura 4B, é mostrado um diagrama ilustrando o recebimento de cada um dos fluxos de dados transmitidos e misturados no receptor. Pode ser visto que cada uma das antenas de recepção 441-444 recebe os sinais combinados transmitidos pelas antenas de transmissão 431-434. O processador de sinais em espaço-tempo 445 processa os sinais recebidos para distinguir fluxos de dados permutados 451-454. O receptor tem conhecimento do algoritmo e/ou padrão para mapear os fluxos de dados originais 411-414 em fluxos de dados misturados 421-424. O receptor, portanto, pode demapear ou desfazer a mistura, os blocos de dados recebidos (451-454) para reconstruir os fluxos de dados originais (461-464). Os fluxos de dados reconstruídos 461-464 podem ser então demapeados/demodulados, deintercalados e decodificados utilizando-se métodos convencionais.

20 Pode ser visto a partir das Figuras 4A e 4B que os fluxos de dados reconstruídos consistem em blocos de dados que foram transmitidos através de todos dentro os canais MIMO, preferivelmente em um padrão pseudo-aleatório. Por exemplo, o fluxo de dados reconstruídos 411 inclui blocos de dados A1, A2, A3. Esses blocos de dados foram transmitidos através do primeiro, segundo, terceiro, etc. canais MIMO. Os outros fluxos de dados reconstruídos foram transmitidos similarmente através dos canais MIMO. Mediante transmissão de cada fluxo de dados através de todos os canais MIMO, cada fluxo de dados experimenta, na média, as mesmas condições de canal. Em outras palavras, cada um dos fluxos de dados tem aproximadamente um quarto de seus blocos de dados transmitidos através de cada um dentro os



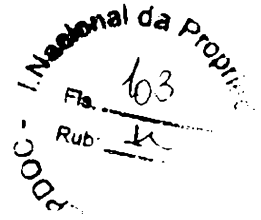
canais MIMO e, portanto, experimenta as condições de cada um dentre os canais MIMO por um quarto do tempo.

5 Considerando o exemplo acima no qual as SNRs dos diferentes canais variaram de  $[+15]$  dB a  $[-15]$  dB, transmitir cada fluxo de dados através de todos os quatro desses canais resultaria em uma SNR média de algo entre  $[+15]$  dB a  $[-15]$  dB. Por exemplo, a SNR poderia ser  $[+5]$  dB. Embora as SNRs dos diferentes fluxos de dados mais provavelmente não serão exatamente idênticas, elas devem ser aproximadamente equivalentes, e certamente serão muito bem comportadas em comparação com as variações de SNR em um típico sistema MIMO.

10 Deve ser observado que, além de prover o benefício de equalizar as SNRs associadas com os diferentes fluxos de dados, transmitir cada um dos fluxos de dados através de todos os canais físicos MIMO pode ter benefícios adicionais. Por exemplo, há um benefício em utilizar diferentes percursos de sinal para a transmissão de um fluxo de dados, em que a diversidade provê um canal mais robusto.

15 Se cada um dos fluxos de dados vai ser transmitido através de múltiplos canais físicos, é necessário determinar como os diferentes fluxos de dados serão misturados nos canais. Em outras palavras, é necessário determinar qual fluxo de dados será transmitido por qual antena em qualquer tempo específico. Em algumas modalidades, pode ser possível simplesmente girar os fluxos de dados através de diferentes antenas. Por exemplo, se há quatro canais, blocos sucessivos de um fluxo de dados podem ser transmitidos pelas antenas 1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4 e assim por diante.

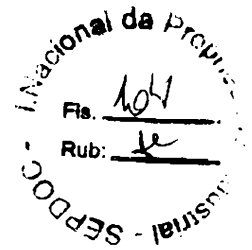
20 Embora possam existir vantagens em utilizar uma rotação simples tal como essa, é contemplado que um melhor



desempenho, em termos tanto de equalização das SNRS associadas aos fluxos de dados como os benefícios de diversidade, será provavelmente obtido caso seja utilizado um padrão pseudo-aleatório incluindo uma permutação completa das possíveis combinações de fluxos de dados e canais físicos. Uma permutação "completa" das combinações, como aqui usado, se refere a todas as ordens possíveis de combinações dos fluxos de dados e canais físicos. Um exemplo é mostrado na Figura 5.

Com referência à Figura 5, é mostrada uma tabela ilustrando todas as permutações possíveis de quatro fluxos de dados transmitidos através de quatro canais MIMO. Os blocos de dados correspondendo a um fluxo de dados específico são identificados pela mesma letra. Por exemplo, todos os blocos de dados de um primeiro dentre os fluxos de dados são identificados pela letra "A". Os blocos de dados do segundo, terceiro e quarto fluxos de dados são identificados pelas letras "B", "C", e "D", respectivamente. Cada linha da tabela corresponde a um canal MIMO específico. Cada coluna da tabela corresponde a um bloco de dados sucessivo que é transmitido no canal MIMO.

Pode ser visto, em cada ponto no tempo (isto é, em cada coluna da tabela), que um bloco de dados é transmitido a partir de cada um dos quatro fluxos de dados. Na primeira coluna (extrema esquerda), os blocos de dados dos fluxos de dados A, B, C e D são transmitidos em canais MIMO 1, 2, 3, e 4, respectivamente. Na próxima coluna, os fluxos de dados (ou canais MIMO) são girados, de modo que os blocos de dados dos fluxos de dados A, B, C e D são transmitidos em canais MIMO 2, 3, 4 e 1, respectivamente. Os fluxos de dados são girados mais vezes com os blocos de dados nessa ordem.



Na quinta coluna, os fluxos de dados na ordem original seriam girados de volta para a combinação original de fluxo de dados e canais MIMO (isto é, fluxos de dados A, B, C e D nos canais MIMO 1, 2, 3 e 4, respectivamente). Ao invés de repetir essa combinação, os fluxos de dados são permutados de modo que os fluxos de dados A, B, C e D sejam transmitidos em canais MIMO 1, 2, 4 e 3, respectivamente. Os fluxos de dados são então girados nessa ordem até que um bloco de cada fluxo de dados tenha sido outra vez transmitido em cada um dentre os canais MIMO.

Esse processo é repetido para cada permutação das combinações de fluxos de dados e canais MIMO. Os quatro fluxos de dados podem ser ordenados em seis permutações diferentes: A-B-C-D; A-B-D-C; A-C-B-D; A-C-D-B; A-D-B-C; e A-D-C-B. Cada uma dessas ordens dos fluxos de dados pode então ser girada através de quatro canais MIMO diferentes. Por exemplo, A-B-C-D pode ser transmitido nos canais 1-2-3-4, 4-1-2-3, 3-4-1-2, ou 2-3-4-1. Conseqüentemente, existem 24 (4 fatorial, ou 4!) diferentes combinações dos quatro fluxos de dados e dos quatro canais MIMO. A transmissão dos fluxos de dados através dos canais MIMO utilizando todas essas combinações diferentes é referida para registrar os propósitos da revelação como uma permutação completa das combinações.

Deve ser observado que o sistema aqui descrito tem a finalidade de ser ilustrativo, e que modalidades alternativas podem ter diferentes números de fluxos de dados e/ou canais MIMO. Para as modalidades nas quais o número de fluxo de dados é igual ao número de canais MIMO, o número de diferentes combinações dos fluxos de dados e canais MIMO é dado por  $n!$  ( $n$  fatorial) onde  $n$  é um número de fluxos de dados/canais MIMO. Desse modo, por exemplo, um sistema tendo três fluxos de dados e três canais MIMO teria



3! ou 6 diferentes combinações em uma permutação completa. Um sistema tendo cinco fluxos de dados e cinco canais MIMO teria 5! ou 120 diferentes combinações em uma permutação completa.

5                    Devido ao fato dos blocos de cada um dos fluxos de dados terem sido transmitidos através de todos os canais MIMO e experimentarem essencialmente as mesmas condições de canal, as SNRs dos diferentes fluxos de dados são bem comportadas. Idealmente, as SNRs dos fluxos de dados são equivalentes. Portanto, pode ser possível prover realimentação para o transmissor na forma de uma única SNR que representa todos os fluxos de dados. Isso pode não prover, contudo, a vazão mais alta para os fluxos de dados.

10

Em uma modalidade, o receptor MIMO é um receptor linear sem cancelamento de interferência não linear.

15

Caso não exista operação de cancelamento sucessivo de interferência no receptor, a taxa de dados mais alta pode ser obtida apenas com uma única realimentação de SNR mediante aplicação da permutação de antena pseudo-aleatória descrita acima. Quando o vetor recebido do sistema MIMO  $N \times N$  no tempo de símbolo  $k$  é denotado por  $y(k)$  de tal modo que:

20

$$y_{N \times 1}(k) = H_{N \times N}(k)x_{N \times 1}(k) + n_{N \times 1}(k) \\ = x^{(1)}(k)h_{N \times 1}^{(1)}(k) + x^{(2)}(k)h_{N \times 1}^{(2)}(k) + \dots + x^{(N)}(k)h_{N \times 1}^{(N)}(k) + n_{N \times 1}(k) \quad (1)$$

a SNR do  $i$ -ésimo fluxo no receptor de mínimo erro quadrático médio linear (MMSE) se torna:

$$SNR^{(i)}(k) = \frac{P}{N} h_{1 \times N}^{(i)H}(k) [N_{N \times N}^{(i)}(k)]^{-1} h_{N \times 1}^{(i)}(k), \quad (2)$$

25

onde a  $i$ -ésima matriz de covariância de ruído é representada por:

$$N_{N \times N}^{(i)}(k) = \sigma^2 I_{N \times N} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \frac{P}{N} h_{N \times 1}^{(j)}(k) h_{1 \times N}^{(j)H}(k), \quad (3)$$



Em (1)-(3),  $H_{N \times N}(k) = [h_{N,1}^{(1)}(k), h_{N,1}^{(2)}(k), \dots, h_{N,1}^{(N)}(k)]^T$  denota a matriz de canal,  $x_{N \times 1}(k) = [x^{(1)}(k), x^{(2)}(k), \dots, x^{(N)}(k)]^T$  denota o vetor de sinal normalizado, e  $n_{N \times 1}(k)$  denota o vetor de ruído de fundo por intermédio das N antenas de recepção cuja variância é  $\sigma^2$  por dimensão. Embora o sistema MIMO considerado aqui tenha N fluxos de dados, N antenas de transmissão, e N antenas de recepção, o número de fluxos de transmissão MIMO não precisa ser igual ao número de antenas de transmissão nem ao número de antenas de recepção. O número de antenas de transmissão e aquele das antenas de recepção também não precisa ser igual.

Em geral, diferentes fluxos verão diferentes valores SNR uma vez que existem diferentes vetores de canais de recepção para diferentes antenas de transmissão. Quando o número de símbolos no bloco de encodificação e a largura de banda de sistema são denotados por  $K$  e  $W$ , a taxa de dados alcançável (bits por segundo) para o  $i$ -ésimo fluxo do sistema PARC pode ser calculada em um canal quase estático mediante uso do mapeamento (ou mediante qualquer outra fórmula de mapeamento de taxa-SNR adequadamente designada) de

$$R^{(i)} = \frac{W}{K} \sum_{k=1}^K \log(1 + SNR^{(i)}) = W \log(1 + SNR^{(i)}). \quad i=1,2,\dots,N \quad (4)$$

Deve ser observado que o índice de tempo  $k$  foi deliberadamente omitido ao se representar a SNR, uma vez que um canal quase-estático é presumido. Essas N taxas de dados solicitadas são retornadas e usadas para encodificar o próximo quadro de dados de N-fluxos. A taxa de dados total que pode ser obtida pela encodificação independente com relação ao fluxo é dada por:



$$R = \sum_{i=1}^N R^{(i)} = W \sum_{i=1}^N \log(1 + \text{SNR}^{(i)}).$$

5 Nessas circunstâncias, se a permutação de antena pseudo-aleatória for aplicada como nas Figuras 3-4, pode ser visto que as tais taxas dos  $N$  fluxos têm o mesmo valor. Mais especificamente, quando o índice de antena permutado do  $i$ -ésimo fluxo no tempo  $k$  é denotado por  $\pi(i,k)$  a taxa de dados que alcançável do  $i$ -ésimo fluxo é:

$$R^{(i)} = \frac{W}{K} \sum_{k=1}^K \log(1 + \text{SNR}^{\pi(i,k)}(k)) = \frac{W}{K} \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^N \log(1 + \text{SNR}^{(j)}) = \frac{W}{N} \sum_{j=1}^N \log(1 + \text{SNR}^{(j)}),$$

$i = 1, 2, \dots, N$  (6)

10 e todos os  $R^{(i)}$ 's têm o mesmo valor. A taxa de dados total alcançável é dada ainda por (5) caso o tamanho de quadro encodificado seja grande e uma codificação semelhante a aleatória tal como codificação turbo seja utilizada. As relações entre permutação de antena PARC e pseudo-aleatória são similares, mesmo quando um receptor de filtro casado (MF) ou de forçar zero (ZF) linear, ao invés de um receptor MMSE é presumido. Deve ser observado que apenas as

15 operações de circular antena e uma realimentação de SNR única são necessárias para se obter taxa de dados máxima no caso de receptor linear em vez de se considerar todas as permutações.

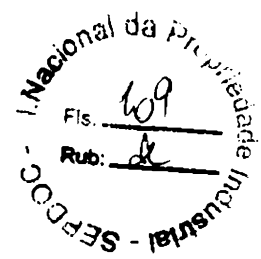
20 Em uma modalidade, o receptor MIMO emprega uma metodologia de cancelamento sucessivo de interferência (SIC) na decodificação dos fluxos de dados. O receptor SIC obtém valores SNR aperfeiçoados para alguns dos fluxos de dados mediante primeiramente decodificação de um dos fluxos de dados, então utilizando essa informação para cancelar

25 parte da interferência nos fluxos de dados restantes. Mais especificamente, o fluxo de dados primeiramente decodificado é usado para regenerar a interferência que foi



criada durante a transmissão. Essa interferência não pode ser cancelada da sobreposição recebida de fluxos de dados. Um segundo dentre os fluxos de dados então seria decodificado. Devido ao fato da interferência nesse fluxo de dados ser reduzida como um resultado do cancelamento de interferência a partir do primeiro fluxo de dados, a SNR do fluxo de dados decodificada em segundo lugar é maior do que a SNR do fluxo de dados decodificado em primeiro lugar. O fluxo de dados decodificado em segundo lugar é então usado da mesma maneira que o primeiro fluxo de dados para cancelar parte da interferência nos fluxos de dados restantes. Esse processo é repetido para cada um dos fluxos de dados restantes.

Quando essa metodologia SIC é usada, a SNR associada a um fluxo de dados específico corresponde à ordem na qual o fluxo de dados foi decodificado, com o primeiro fluxo de dados a ser decodificado tendo a SNR mais baixa e o último fluxo de dados a ser decodificado tendo a SNR mais alta. Devido ao fato das SNRs dos diferentes fluxos de dados não serem idênticas, os fluxos de dados podem suportar (isto é, ser encodificados em) diferentes taxas de dados. O fluxo de dados tendo a SNR mais baixa suporta a taxa de dados mais baixa, enquanto que o fluxo de dados tendo a SNR mais alta suporta taxa de dados mais alta. Caso um único valor SNR seja provido pelo receptor como realimentação e seja usado pelo transmissor como a base para selecionar uma taxa de dados para encodificar cada fluxo de dados, a vazão máxima possível nos fluxos de dados tendo as SNRs superiores não será obtida. Portanto, é útil nessa modalidade prover alguma indicação da diferença entre as SNRs dos diferentes fluxos de dados de modo que taxas de dados apropriadas possam ser selecionadas para cada um dentre os fluxos de dados.



Quando um decodificador MMSE-SIC ou ZF-SIC é usado no receptor, a taxa de dados máxima não pode ser obtida em um sentido estrito a menos que  $N$  valores SNR sejam providos como realimentação. A maior parte da taxa de dados máxima, contudo, pode ser obtida em um sentido prático com a SNR condensada (ou, realimentação reduzida) mediante aplicação de uma fórmula de aproximação adequada, como aqui descrito.

Por outro lado, quando um decodificador MF-SIC incorporado com a permutação de antena pseudo-aleatória é usado, os valores SNR dos outros fluxos de dados podem ser calculados de forma mais exata no transmissor mediante uso da SNR do primeiro fluxo de dados e um fator de correlação de canal médio entre os fluxos. A SNR instantânea do primeiro fluxo na saída do MF (ou combinador piloto-ponderado) é representado por:

$$SNR^{(i)}(k) = \frac{\|h_{N \times 1}^{\pi(1,k)}\|^4 P/N}{\sum_{i=2}^N |h_{1 \times N}^{\pi(1,k)H} \cdot h_{N \times 1}^{\pi(1,k)}|^2 P/N + \|h_{N \times 1}^{\pi(1,k)}\|^2 \sigma^2} \quad (7)$$

onde  $P$ ,  $N$ , e  $\sigma^2$  denotam respectivamente a energia de sinal, o número de fluxos de dados e a variância do ruído de fundo. Uma forma simples (embora não seja ótima em termos de taxa de dados que alcançável) para calcular a SNR média de um quadro de encodificação é a de se tomar a relação da potência de sinal média (ou mais especificamente, a média aritmética) pela interferência média (média aritmética) e potência de ruído de tal modo que:

$$\begin{aligned}
 SNR_{\text{quadro, média}}^{(1)} &= \frac{\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \|h_{N \times 1}^{(1,k)}\|^4 P/N}{\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \left\{ \sum_{i=2}^N |h_{1 \times N}^{(1,k)H} \cdot h_{N \times 1}^{(1,k)}|^2 P/N + \|h_{N \times 1}^{(1,k)}\|^2 \sigma^2 \right\}} \\
 &= \frac{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^4 P/N}{(N-1) \frac{2}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N |h_{1 \times N}^{(i)H} \cdot h_{N \times 1}^{(j)}|^2 P/N + \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^2 \sigma^2} \\
 &= \frac{P \sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^4}{N \sigma^2 \sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^2} \\
 &\equiv \frac{(N-1) \cdot \rho_{\text{média}} \cdot P \sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^4}{N \sigma^2 \sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^2} + 1 \tag{8}
 \end{aligned}$$

onde o fator de correlação de canal médio é calculado por:

$$\rho_{\text{média}} = \frac{\frac{2}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N |h_{1 \times N}^{(i)H} \cdot h_{N \times 1}^{(j)}|^2}{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^4} \xrightarrow{N \sim \text{grande}} \frac{1}{N} \tag{9}$$

Da mesma forma, a SNR média de um quadro de encodificação do  $i$ -ésimo fluxo, que é decodificado após cancelamento dos primeiros  $i-1$  fluxos, pode ser calculada. Devido à estrutura simétrica da Permutação de Antena Pseudo-aleatória, um resultado de SNR similar àquele do primeiro fluxo é obtido com uma discrepância do número efetivo de sinais de interferência, que é representado por:

$$SNR_{quadro, média}^{(i)} = \frac{\frac{P}{N\sigma^2} \cdot \frac{\sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^4}{\sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^2}}{(N-i) \cdot \rho_{média} \cdot \frac{P}{N\sigma^2} \cdot \frac{\sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^4}{\sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^2} + 1} \quad (10)$$

A partir de (8) e (10), uma relação da SNR entre o primeiro fluxo e o  $i$ -ésimo fluxo pode ser derivada de modo que ela seja:

$$SNR_{quadro, média}^{(i)} = \frac{SNR_{quadro, média}^{(1)}}{1 - (i-1) \cdot \rho_{média} \cdot SNR_{quadro, média}^{(1)}} \quad (11)$$

ou, equivalentemente, a relação SNR pode ser re-escrita para ser

$$SNR_{quadro, média}^{(i)} = \frac{SNR_{quadro, média}^{(N)}}{1 + (N-1) \cdot \rho_{média} \cdot SNR_{quadro, média}^{(N)}} \quad (12)$$

através da SNR do último fluxo. Portanto, se a SNR do primeiro fluxo decodificado (ou o último ou qualquer outro fluxo decodificado) e o fator de correlação de canal médio estiverem disponíveis, os valores SNR dos outros fluxos do sistema de Permutação de Antena Pseudo-aleatória incorporados com o receptor MF-SIC podem ser preditos precisamente. As fórmulas (11)-(12), contudo, apresentam apenas um exemplo de como o conjunto completo de valores SNR de todos os fluxos de dados pode ser restaurado quando apenas um valor SNR e um parâmetro de correlação estão disponíveis. Deve ser observado que a SNR efetiva mais sofisticada com base em (6) deve ser provida como realimentação ao invés da SNR média baseada na média aritmética em (10) para fazer uma seleção de taxa otimizada e mais pertinente. Desse modo, na implementação efetiva, quaisquer outras fórmulas que efetivamente considerem as



relações de SNR dos fluxos em um determinado sistema MIMO, podem ser usadas com a SNR de referência e um ou uma série de parâmetros auxiliares. O parâmetro auxiliar pode ser o fator de correlação de canal médio,  $\Delta$ SNR, ou quaisquer outros.

5 A fórmula de predição de SNR em (11) ou (12), que é um calculador exato dos valores SNR no caso de receptor MF-SIC, pode ser usada como um limite inferior de SNR de um receptor MMSE-SIC. Na realidade, a SNR do fluxo decodificado por último será a mesma entre o MF-SIC e o MMSE-SIC caso o ruído de fundo seja branco, e o intervalo de SNR (isto é, SNR MMSE-SNR MF) entre os outros fluxos dependerá amplamente do fator de correlação de canal médio. Quando o fator de correlação de canal médio for pequeno (ou, a maioria das assinaturas forem quase ortogonais entre si), o intervalo será quase zero mesmo para os outros fluxos (e os valores SNR através de diferentes fluxos serão quase idênticos); caso contrário ele pode se tornar grande. Supondo-se que a MS retorne a SNR do fluxo decodificado por último e o fator de correlação de canal médio de (9), a estação base pode escolher as taxas de forma conservadora com base em (12) de modo que os últimos fluxos possam ser quase que certamente decodificados quando da decodificação do primeiro fluxo. Por outro lado, a estação base pode descontar o fator de correlação de canal médio reportado para um valor menor em consideração da capacidade do receptor avançado (isto é, MMSE-SIC). O fator de correlação de canal médio reportado em (9) pode ser diminuído de forma mais agressiva caso ele seja grande, enquanto que ele é mantido quase intacto se for pequeno.

10  
15  
20  
25  
30 Como uma alternativa, a estação móvel pode gerar efetivamente todos os valores SNR médios dos N fluxos no estágio de decodificação e estimar o fator de correlação de



canal médio efetivo ótimo de modo que a curva em (12) (ou  
 outra curva adequadamente desenhada para o MMSE-SIC ou ZF-  
 SIC) seja tão próxima quanto possível dos valores SNR  
 gerados. Então a SNR do último fluxo e o fator de  
 5 correlação de canal médio efetivo são realimentados de modo  
 que a estação base possa escolher as taxas de acordo com  
 (12).

Na prática, pode ser possível derivar uma relação  
 SNR aproximada melhor do que (12) no caso de receptor MMSE-  
 10 SIC ou ZF-SIC em termos de simplicidade, descrição efetiva  
 de relações SNR, etc. Por exemplo, pode ser possível tomar  
 uma relação de SNR aditiva:

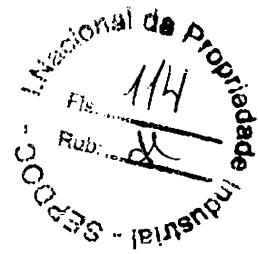
$$SNR_{quadro,média}^{(i-1)} = SNR_{quadro,média}^{(i)} - f^{(i)}(SNR_{quadro,média}^{(N)}, \rho) \quad (13)$$

ou uma relação de SNR multiplicativa:

$$SNR_{quadro,média}^{(i-1)} = \frac{SNR_{quadro,média}^{(i)}}{f^{(i)}(SNR_{quadro,média}^{(N)}, \rho)} \quad (14)$$

para um parâmetro auxiliar adequadamente selecionado  $\rho$  e  
 15 uma função recursiva  $f^{(i)}(\cdot, \cdot)$ . A função recursiva pode  
 assumir um valor constante, por exemplo,  
 $f^{(i)}(SNR_{quadro,média}^{(N)}, \rho) = K$ , para uma implementação simples.

Em uma modalidade, a realimentação provida pelo  
 receptor consiste em um valor SNR de referência e um valor  
 20  $\Delta$ SNR. Devido ao fato da qualidade de canal experimentada  
 por cada um dos fluxos de dados ser essencialmente a mesma,  
 a diferença em SNRs para cada um dentre os fluxos de dados  
 resulta no cancelamento da interferência quando se  
 decodificam fluxos sucessivos dentre os fluxos de dados.  
 25 Devido ao fato do efeito de SIC sobre a SNR de fluxos de  
 dados sucessivos ser bem comportado e bem entendido, as  
 SNRs dos fluxos de dados podem ser razoavelmente  
 aproximadas em um valor SNR de referência e em um valor



$\Delta$ SNR, onde o valor SNR de referência é a SNR real para o canal decodificado em primeiro lugar (ou o canal decodificado por último ou qualquer outro canal pré-especificado dependendo do modelo de sistema), e o valor  $\Delta$ SNR é o aperfeiçoamento (ou degradação dependendo do modelo de sistema) na SNR para cada canal sucessivamente decodificado. Por exemplo, a SNR do canal primeiramente decodificado é igual à SNR de referência, a SNR do canal decodificado em segundo lugar é igual à SNR de referência mais  $\Delta$ SNR, a SNR do canal decodificado em terceiro lugar é igual à SNR de referência mais duas vezes  $\Delta$ SNR, e assim por diante. Deve ser observado que presume-se que a estação base conhece a ordem na qual a estação móvel decodifica os fluxos de dados e é portanto capaz de aplicar as SNRs (SNR de referência acrescida de múltiplos de  $\Delta$ SNR) aos fluxos de dados apropriados. O cálculo e a operação de soma de  $\Delta$ SNR podem ser feitos ou na escala linear ou na escala de decibéis (dB). Como a operação de soma na escala dB corresponde à operação de multiplicação na escala linear, as operações de soma de escalas dB e linear são respectivamente equivalentes ao uso de (13) e (14) com
 
$$f^{(i)}(SNR_{quadro, média}^{(N)}, \rho) = \Delta SNR(\text{valor -escalado -linear}).$$

Com referência à Figura 6, é mostrado um diagrama de blocos funcional ilustrando a estrutura de um sistema que utiliza permutação de antena pseudo-aleatória e cancelamento sucessivo de interferência de acordo com uma modalidade. Nessa modalidade, o sistema consiste em um transmissor 610 e um receptor 620. Em uma modalidade, o transmissor 610 é implementado em uma estação base sem fio e o receptor 620 é implementado em uma estação móvel sem fio para formar um downlink de comunicação. A estação móvel também inclui um transmissor e a estação base inclui um

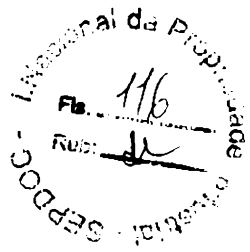


receptor para formar um uplink de comunicação correspondente.

5 O transmissor 610 e o receptor 620 são dispositivos MIMO que são configurados para transmitir e receber quatro canais. O transmissor 610 é configurado para processar quatro fluxos de dados e transmitir fluxos de dados encodificados correspondentes através de combinações pseudo-aleatórias dos quatro canais físicos MIMO. O receptor 620 é configurado para receber os dados nos quatro  
10 canais MIMO, reconstruir os fluxos de dados encodificados e processar esses dados para regenerar os fluxos de dados originais.

Com referência ao transmissor 610, os quatro fluxos de dados originais são recebidos pelos encodificadores 630. Cada um dos encodificadores encodifica  
15 o fluxo de dados correspondente em uma taxa de dados que é selecionada para tal fluxo de dados específico. Os símbolos de dados encodificados são então intercalados pelos intercaladores 635 e mapeados em símbolos de modulação pelos mapeadores 640. Os símbolos de modulação são então  
20 mapeados pela unidade de permutação 645 para as antenas 650. Os símbolos de modulação são então transmitidos pelas antenas 650 de acordo com o esquema de permutação implementado pela unidade de permutação 645.

25 Com referência ao receptor 620, os símbolos transmitidos são recebidos por antenas 655 e são enviados para um primeiro dentre os equalizadores 660. Esse primeiro equalizador computa a SNR para o primeiro dos fluxos de dados e envia o sinal para um primeiro dentre os demapeadores 665. Os símbolos encodificados são então  
30 deintercalados pelo primeiro dentre os deintercaladores 670 e decodificados pelo primeiro dentre os decodificadores 675. Os dados decodificados são providos a um primeiro

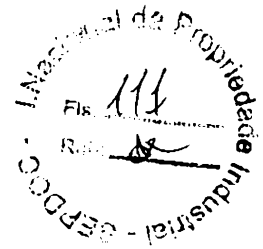


dentre os canceladores de interferência 680, o qual regenera a interferência correspondendo ao primeiro fluxo de dados e cancela essa interferência do sinal recebido. Um percurso de processamento similar é provido para sinais correspondendo a cada um dos fluxos de dados restantes.

Após todos os quatro dentre os fluxos de dados terem sido decodificados, SNRs foram determinadas para cada um dos fluxos de dados. Como descrito acima, as SNRs dos fluxos de dados são equalizadas mediante transmissão das mesmas através de todos os canais MIMO, de modo que diferenças nas SNRs determinadas para cada um dos fluxos de dados surgem a partir dos cancelamentos sucessivos de interferência. O receptor, portanto, pode computar uma métrica de SNR condensada para o conjunto de SNRs bem comportado correspondendo aos quatro fluxos de dados. Em uma modalidade, essa métrica condensada consiste em um valor SNR de referência e em um valor  $\Delta$ SNR, onde o valor  $\Delta$ SNR é a diferença entre as SNRs de fluxos sucessivos dentre os fluxos de dados ou em escala linear ou em escala dB. Essa métrica condensada é então provida como realimentação ao transmissor, a qual pode ajustar as taxas de dados nas quais os diferentes fluxos de dados são encodificados com base nas SNRs correspondentes, como determinado a partir da métrica de SNR condensada.

A operação desse sistema pode ser resumida como mostrado na Figura 7. A Figura 7 é um fluxograma ilustrando o processamento e a transmissão de múltiplos fluxos de dados em um sistema de comunicação MIMO, assim como a determinação de uma métrica condensada a ser provida como realimentação para controle das taxas de dados no processamento dos fluxos de dados de acordo com uma modalidade.

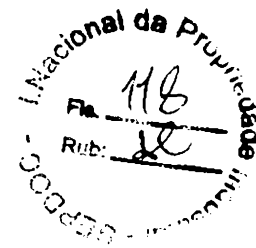
Como mostrado na Figura 7, um conjunto de  $n$



fluxos de dados iniciais e primeiramente processado para produzir um conjunto correspondente de fluxos de dados encodificados (700). Esse processamento corresponde à encodificação, intercalação e mapeamento/modulação de um quadro de dados inteiro realizado pelos componentes 630, 635 e 640 do transmissor 610. Porções sucessivas (por exemplo, blocos) em um quadro de cada um dos fluxos de dados encodificados são então transmitidas em canais alternados dentre uma pluralidade de canais MIMO (705). Como observado acima, a transmissão em canais alternados dentre os canais MIMO pode, por exemplo, seguir um padrão pseudo-aleatório. Em uma modalidade, o padrão pseudo-aleatório inclui todas as possíveis permutações das combinações de fluxos de dados e canais MIMO. A mistura e transmissão dos fluxos de dados encodificados correspondem aos componentes 645 e 650 do transmissor 610.

Os dados transmitidos são então recebidos pelo receptor (710). O receptor é um receptor MIMO que pode distinguir espacialmente os diferentes canais MIMO. É desfeita a mistura das porções misturadas dos fluxos de dados e os fluxos de dados encodificados são reconstruídos (715). Após os fluxos de dados encodificados serem reconstruídos, uma SNR é determinada para cada um dos fluxos de dados encodificados, e os fluxos de dados encodificados são decodificados para os fluxos de dados iniciais (720, 725). Como descrito acima, na modalidade da Figura 6, os fluxos de dados são decodificados seqüencialmente e são usados para regenerar e então cancelar a interferência correspondendo aos fluxos de dados decodificados.

Quando as SNRs para cada um dentre os fluxos de dados forem determinadas, uma métrica de SNR condensada é computada a partir desses valores (730). Como discutido

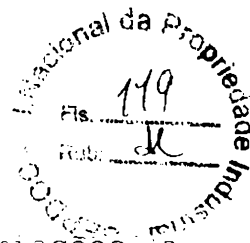


acima, a métrica condensada em uma modalidade compreende um valor SNR de referência e um valor  $\Delta$ SNR. A métrica de SNR condensada é então enviada de volta ao transmissor (735). Como previamente observado, o transmissor 610 e o receptor 620 formam o downlink de um sistema de comunicação sem fio o qual inclui também um transmissor e receptor de uplink (não mostrado na Figura 6) os quais são usados para transmitir a métrica de SNR condensada como realimentação. Quando a métrica de SNR condensada é recebida, as SNRs para cada um dos fluxos de dados são reconstruídas (740), e as taxas de dados nas quais cada um dentre os fluxos de dados é encodificado são ajustadas com base nesses valores SNR (745). Se o receptor não utiliza cancelamento sucessivo de interferência, a  $\Delta$ SNR é ajustada em 0 no caso de escala linear e 0dB no caso de escala dB.

Em uma modalidade, o receptor pode adicionalmente realimentar a informação que solicita desligamento de algumas das antenas de transmissão. Então, a permutação de antena pseudo-aleatória apresentada e a realimentação de SNR condensada serão aplicadas apenas às antenas de transmissão ativas as quais estão realmente transmitindo fluxos de dados.

Em outra modalidade, o número de fluxos de dados ativos ( $N_s$ ) pode ser menor do que o número de antenas de transmissão ( $N_t$ ). Então,  $N_t - N_s$  antenas de transmissão poderiam não transmitir qualquer sinal em um determinado momento. Mesmo nesse caso, a permutação de antena pseudo-aleatória e a realimentação de SNR condensada podem ser aplicadas mediante consideração de que existem  $N_t - N_s$  mais fluxos de dados, todos os quais tendo potência de transmissão zero.

Como observado acima, as modalidades anteriores são ilustrativas da invenção ao invés de limitadoras.



Modalidades alternativas podem ter diversas variações a partir dos sistemas e métodos descritos acima. Por exemplo, modalidades alternativas podem usar uma métrica de realimentação condensada que compreende um valor diferente de um valor SNR de referência e um valor  $\Delta$ SNR. Na realidade, a métrica pode compreender valores diferentes das SNRs, tal como taxas de erro nos fluxos de dados recebidos decodificados. Modalidades alternativas também podem ter tipos diferentes de receptores (por exemplo, não-SIC), diferentes números de canais e outras variações.

Embora não seja discutido em detalhe acima, deve ser observado que a funcionalidade descrita acima pode ser implementada em estações móveis e estações base de um sistema de comunicação sem fio mediante provisão de programas adequados que são executados nos respectivos subsistemas de processamento desses dispositivos. Os subsistemas de processamento então controlam o processamento dos dados e transmissão/recepção dos dados pelos respectivos subsistemas de transceptor das estações móveis e das estações base.

As instruções de programa são tipicamente incorporadas em um meio de armazenamento que é legível pelos respectivos subsistemas de processamento. Meios de armazenamento exemplares podem incluir memória RAM, memória flash, memória ROM, memória EPROM, memória EEPROM, registradores, disco rígido, disco removível, um CD-ROM, ou qualquer outra forma de meios de armazenamento conhecida na técnica. Tal meio de armazenamento incorporando instruções de programa para implementar a funcionalidade descrita acima compreende uma modalidade alternativa da invenção.

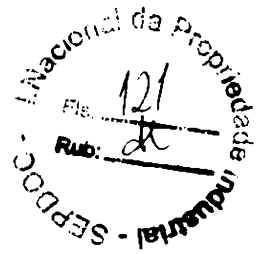
Aqueles versados na técnica entenderão que informação e sinais podem ser representados utilizando-se qualquer uma de uma variedade de diferentes tecnologias e



técnicas. Por exemplo, dados, instruções, comandos, informações, sinais, bits, símbolos e chips que podem ser referidos ao longo da descrição acima podem ser representados por tensões, correntes, ondas eletromagnéticas, campos ou partículas magnéticas, campos ou partículas óticas, ou qualquer combinação dos mesmos.

Aqueles versados na técnica considerariam ainda que diversos blocos lógicos ilustrativos, módulos, circuitos e etapas de método descritos em conexão com as modalidades aqui reveladas podem ser implementados como hardware eletrônico, software de computador, ou combinações de ambos. Para claramente ilustrar essa permutabilidade de hardware e software, diversos componentes ilustrativos, blocos, módulos, circuitos, e etapas foram descritos acima geralmente em termos de suas funcionalidades. Se tal funcionalidade é implementada como hardware ou software depende da aplicação específica e de limitações de projeto impostas ao sistema como um todo. Também deve ser observado que os componentes ilustrativos, blocos, módulos, circuitos e etapas podem ser reordenados ou, de outro modo, reconfigurados em modalidades alternativas. Aqueles versados na técnica podem implementar a funcionalidade descrita de formas variadas para cada aplicação específica, mas tais decisões de implementação não devem ser interpretadas como causando um afastamento do escopo da presente invenção.

Os vários blocos lógicos ilustrativos, módulos e circuitos descritos em conexão com as modalidades aqui reveladas podem ser implementados ou realizados com um processador de propósito geral, um processador de sinal digital (DSP), um circuito integrado de aplicação específica (ASIC), um arranjo de porta programável em campo (FPGA) ou outro dispositivo lógico programável, lógica de



transistor ou porta discreta, componentes discretos de hardware, ou quaisquer combinações dos mesmos, projetadas para realizar as funções aqui descritas. Um processador de propósito geral pode ser um microprocessador, mas como alternativa, o processador pode ser qualquer processador convencional, controlador, microcontrolador, ou máquina de estado. Um processador também pode ser implementado como uma combinação de dispositivos de computação, por exemplo, uma combinação de um DSP e um microprocessador, uma pluralidade de microprocessadores, um ou mais microprocessadores em conjunto com um núcleo DSP, ou qualquer outra tal configuração.

A descrição anterior das modalidades reveladas é provida para permitir que aqueles versados na técnica realizem ou utilizem a presente invenção. Diversas modificações nessas modalidades serão facilmente evidentes para aqueles versados na técnica, e os princípios genéricos aqui definidos podem ser aplicados a outras modalidades sem se afastar do espírito ou escopo da invenção. Desse modo, a presente invenção não pretende ser limitada pelas modalidades aqui mostradas, mas a ela deve ser concedido o mais amplo escopo consistente com os princípios e características inovadoras aqui revelados.

**REIVINDICAÇÕES**

1. Método implementado em um sistema de comunicação sem fio por múltiplas-entradas e múltiplas-saídas (MIMO), caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

transmitir cada um dentre uma pluralidade de fluxos de dados de uma primeira estação para uma segunda estação de uma forma permutada através de uma pluralidade de canais MIMO;

permutar inversamente os fluxos de dados na segunda estação;

determinar (725) uma métrica de qualidade para cada um dentre os fluxos de dados na segunda estação;

determinar (730) uma métrica de qualidade condensada na segunda estação com base nas métricas de qualidade para cada um dentre os fluxos de dados; e

transmitir (735) a métrica de qualidade condensada da segunda estação para a primeira estação.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

encodificar na primeira estação cada um dentre a pluralidade de fluxos de dados de acordo com as taxas de dados correspondentes; e

ajustar as taxas de dados nas quais os fluxos de dados são encodificados na primeira estação com base na métrica de qualidade condensada.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a métrica de qualidade compreende uma relação sinal/ruído (SNR), no qual a métrica de qualidade condensada compreende um valor SNR de referência e um valor  $\Delta$ SNR, e no qual ajustar as taxas de dados nas quais os fluxos de dados são encodificados com base na métrica de qualidade condensada compreende ajustar

a taxa de dados para cada canal com base no valor SNR de referência acrescido de um múltiplo do valor  $\Delta$ SNR.

5 4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a primeira estação é uma estação base e a segunda estação é uma estação móvel.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que transmitir os fluxos de dados de forma permutada compreende misturar os fluxos de dados nos canais MIMO em um padrão pseudo-aleatório.

10 6. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o padrão pseudo-aleatório compreende uma permutação completa de possíveis combinações dos fluxos de dados e dos canais MIMO.

15 7. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a métrica de qualidade compreende uma relação sinal/ruído (SNR).

20 8. Método, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a métrica de qualidade condensada compreende um valor SNR de referência e um valor  $\Delta$ SNR.

9. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente decodificar os fluxos de dados encodificados na segunda estação.

25 10. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que os fluxos de dados encodificados são decodificados na segunda estação utilizando cancelamento sucessivo de interferência.

30 11. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

receber uma pluralidade de fluxos de dados permutados através de uma pluralidade de canais MIMO.

12. Estação base para um sistema de comunicação sem fio MIMO, caracterizada pelo fato de que compreende:

um subsistema de processamento; e

5 um subsistema transceptor tendo uma pluralidade de antenas transmissoras (321 a 324) e sendo acoplado ao subsistema de processamento; e

na qual o subsistema de processamento é configurado para:

10 encodificar cada um dentre uma pluralidade de fluxos de dados de acordo com uma taxa de dados correspondente;

permutar os fluxos de dados e controlar o subsistema transceptor para transmitir cada um dentre os fluxos de dados através de uma pluralidade de canais MIMO correspondendo às antenas transmissoras (321 a 324);

15 receber uma métrica de qualidade condensada associada a todos dentre os fluxos de dados;

determinar uma métrica de qualidade individual associada a cada um dentre os fluxos de dados com base na métrica de qualidade condensada; e

20 ajustar as taxas de dados nas quais cada um dentre os fluxos de dados é encodificado com base na métrica de qualidade individual associada a cada um dentre os fluxos de dados.

25 13. Estação base, de acordo com a reivindicação 12, caracterizada pelo fato de que o subsistema de processamento é configurado para misturar os fluxos de dados nos canais MIMO em um padrão pseudo-aleatório.

30 14. Estação base, de acordo com a reivindicação 13, caracterizada pelo fato de que o padrão pseudo-aleatório compreende uma permutação completa de possíveis combinações dos fluxos de dados e dos canais MIMO.

15. Estação base, de acordo com a reivindicação

12, caracterizada pelo fato de que a métrica de qualidade compreende uma relação sinal/ruído (SNR).

5 16. Estação base, de acordo com a reivindicação 15, caracterizada pelo fato de que a métrica de qualidade condensada compreende um valor SNR de referência e um valor  $\Delta$ SNR.

10 17. Estação base, de acordo com a reivindicação 16, caracterizada pelo fato de que o subsistema de processamento é configurado para ajustar a taxa de dados na qual cada fluxo de dados é encodificado mediante computação de uma SNR correspondente igual ao valor SNR de referência acrescido de um múltiplo do valor  $\Delta$ SNR, no qual fluxos sucessivos dos fluxos de dados têm sucessivamente SNRs mais altas.

15 18. Estação móvel para um sistema de comunicação sem fio MIMO, caracterizada pelo fato de que compreende:

um subsistema de processamento; e

20 um subsistema transceptor tendo uma pluralidade de antenas receptoras (331 a 334) e sendo acoplado ao subsistema de processamento;

na qual o subsistema de processamento é configurado para:

receber fluxos de dados permutados via as antenas receptoras (331 a 334),

25 permutar inversamente os fluxos de dados;

decodificar os fluxos de dados;

determinar uma métrica de qualidade individual correspondendo a cada um dentre os fluxos de dados;

30 determinar uma métrica de qualidade condensada com base nas métricas de qualidade individuais correspondendo a cada um dentre os fluxos de dados; e

controlar o subsistema transceptor para

transmitir a métrica de qualidade condensada para uma estação base.

5 19. Estação móvel, de acordo com a reivindicação 18, caracterizada pelo fato de que o subsistema de processamento é configurado para permutar inversamente os fluxos de dados de acordo com um padrão pseudo-aleatório.

10 20. Estação móvel, de acordo com a reivindicação 19, caracterizada pelo fato de que o padrão pseudo-aleatório compreende uma permutação completa de possíveis combinações dos fluxos de dados e dos canais MIMO.

21. Estação móvel, de acordo com a reivindicação 18, caracterizada pelo fato de que a métrica de qualidade compreende uma relação sinal/ruído (SNR).

15 22. Estação móvel, de acordo com a reivindicação 21, caracterizada pelo fato de que a métrica de qualidade condensada compreende um valor SNR de referência e um valor  $\Delta$ SNR.

20 23. Estação móvel, de acordo com a reivindicação 18, caracterizada pelo fato de que compreende adicionalmente o subsistema de processamento decodificando fluxos de dados encodificados.

25 24. Estação móvel, de acordo com a reivindicação 23, caracterizada pelo fato de que o subsistema de processamento decodifica os fluxos de dados encodificados utilizando cancelamento sucessivo de interferência.

25 25. Sistema de comunicação sem fio por múltiplas-entradas e múltiplas-saídas (MIMO), caracterizado pelo fato de que compreende:

30 mecanismos para transmitir cada um dentre uma pluralidade de fluxos de dados de uma primeira estação para uma segunda estação de uma forma permutada através de uma pluralidade de canais MIMO;

mecanismos para permutar inversamente os fluxos

de dados na segunda estação;

mecanismos para determinar uma métrica de qualidade para cada um dentre os fluxos de dados na segunda estação;

5 mecanismos para determinar uma métrica de qualidade condensada na segunda estação com base nas métricas de qualidade para cada um dentre os fluxos de dados; e

10 mecanismos para transmitir a métrica de qualidade condensada da segunda estação para a primeira estação.

26. Sistema, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

15 mecanismos para encodificar na primeira estação cada um dentre a pluralidade de fluxos de dados de acordo com as taxas de dados correspondentes; e

mecanismos para ajustar as taxas de dados nas quais os fluxos de dados são encodificados na primeira estação com base na métrica de qualidade condensada.

20 27. Sistema, de acordo com a reivindicação 26, caracterizado pelo fato de que a métrica de qualidade compreende uma relação sinal/ruído (SNR), no qual a métrica de qualidade condensada compreende um valor SNR de referência e um valor  $\Delta$ SNR, e no qual os mecanismos para ajustar as taxas de dados são configurados para ajustar a taxa de dados para cada canal com base no valor SNR de referência acrescido de um múltiplo do valor  $\Delta$ SNR.

25 28. Sistema, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que a primeira estação é uma estação base e a segunda estação é uma estação móvel.

30 29. Sistema, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que os mecanismos para transmitir os fluxos de dados em forma permutada são configurados para misturar os fluxos de dados nos canais

MIMO em um padrão pseudo-aleatório.

5 30. Sistema, de acordo com a reivindicação 29, caracterizado pelo fato de que o padrão pseudo-aleatório compreende uma permutação completa de possíveis combinações dos fluxos de dados e dos canais MIMO.

31. Sistema, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que a métrica de qualidade compreende uma relação sinal/ruído (SNR).

10 32. Sistema, de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de que a métrica de qualidade condensada compreende um valor SNR de referência e um valor  $\Delta$ SNR.

15 33. Sistema, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente mecanismos para decodificar os fluxos de dados encodificados na segunda estação.

20 34. Sistema, de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que os mecanismos para decodificar os fluxos de dados encodificados são configurados para decodificar os fluxos de dados encodificados utilizando cancelamento sucessivo de interferência.

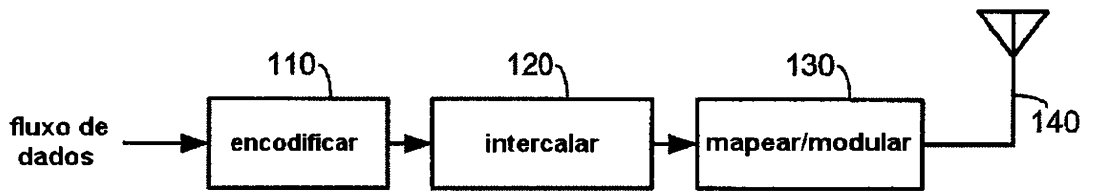


Fig. 1

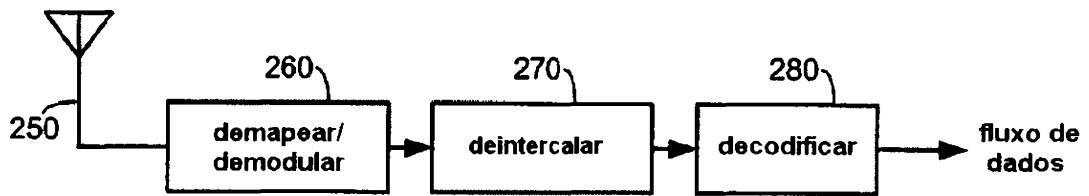
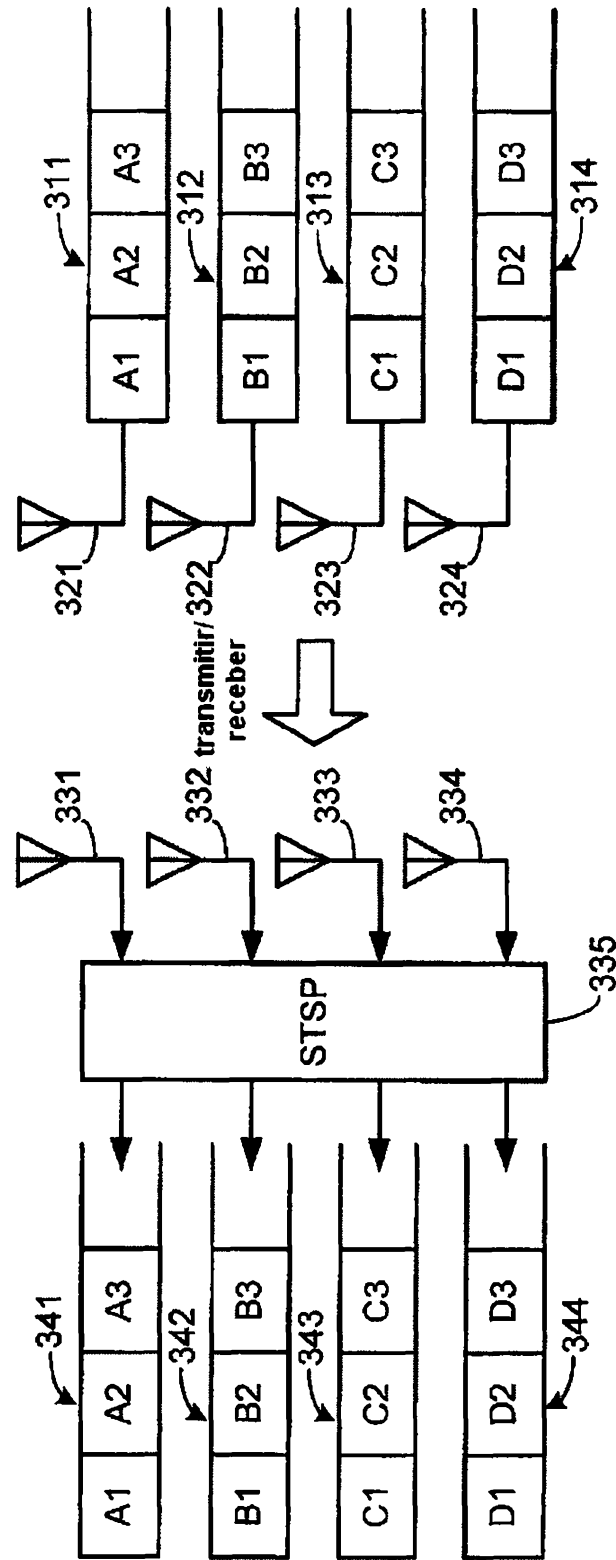


Fig. 2



(Técnica anterior)

Fig. 3

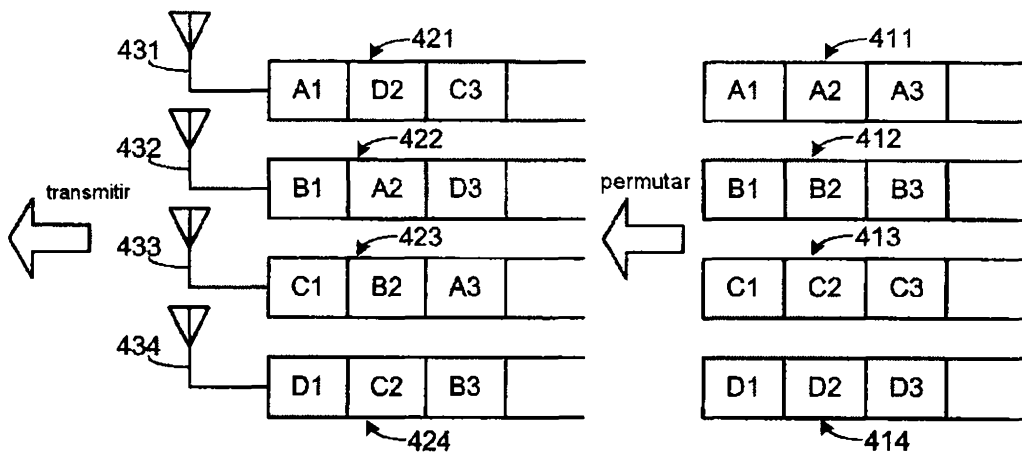


Fig. 4A

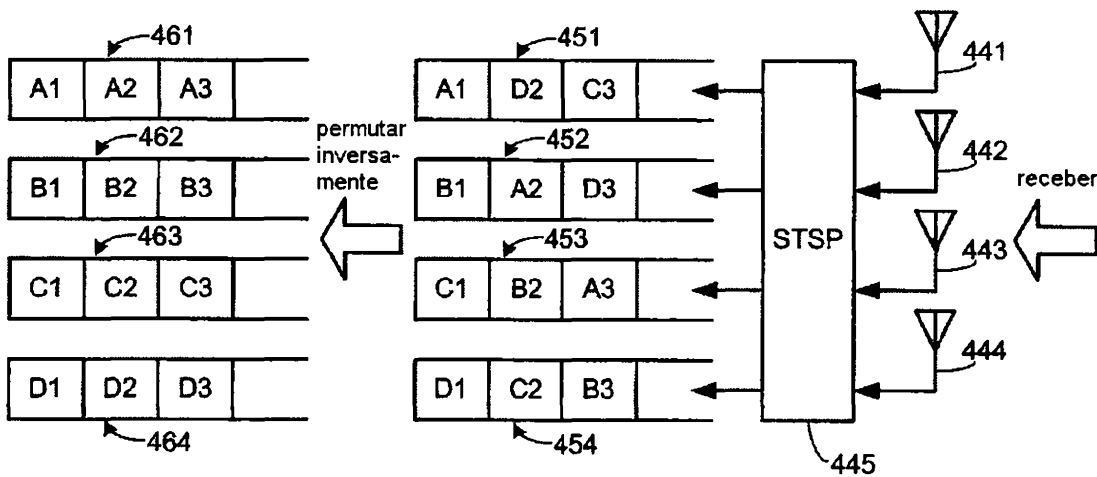
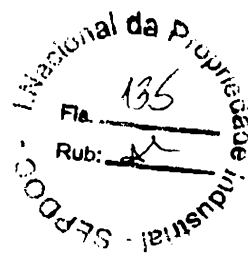


Fig. 4B



A	D	C	B	A	C	D	B	A	D	B	C	A	B	D	C	A	C	B	D	A	B	C	D
B	A	D	C	B	A	C	D	C	A	D	B	C	A	B	D	D	A	C	B	D	A	B	C
C	B	A	D	D	B	A	C	B	C	A	D	D	C	A	B	B	D	A	C	C	D	A	B
D	C	B	A	C	D	B	A	D	B	C	A	B	D	C	A	C	B	D	A	B	C	D	A

Fig. 5

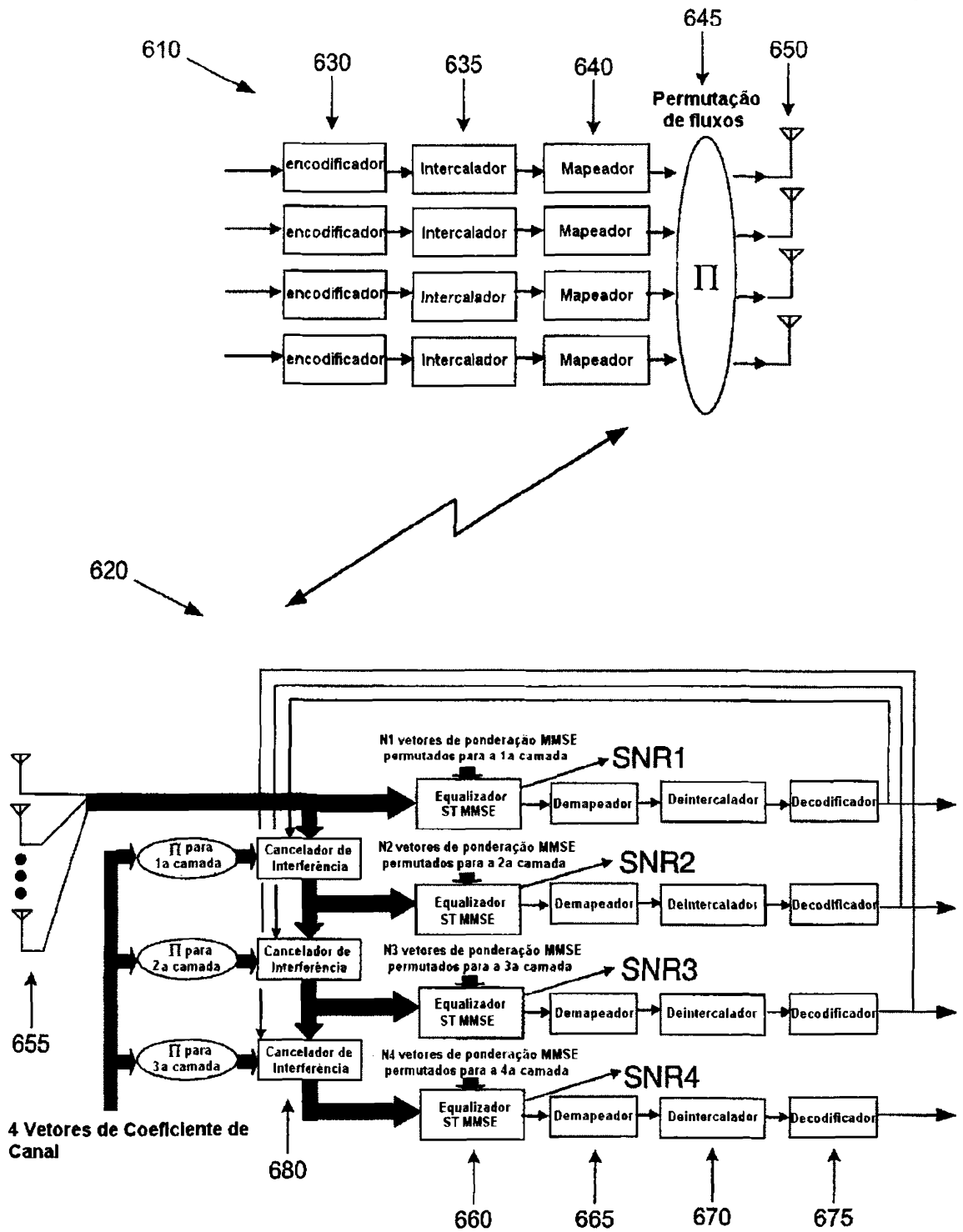


Fig. 6

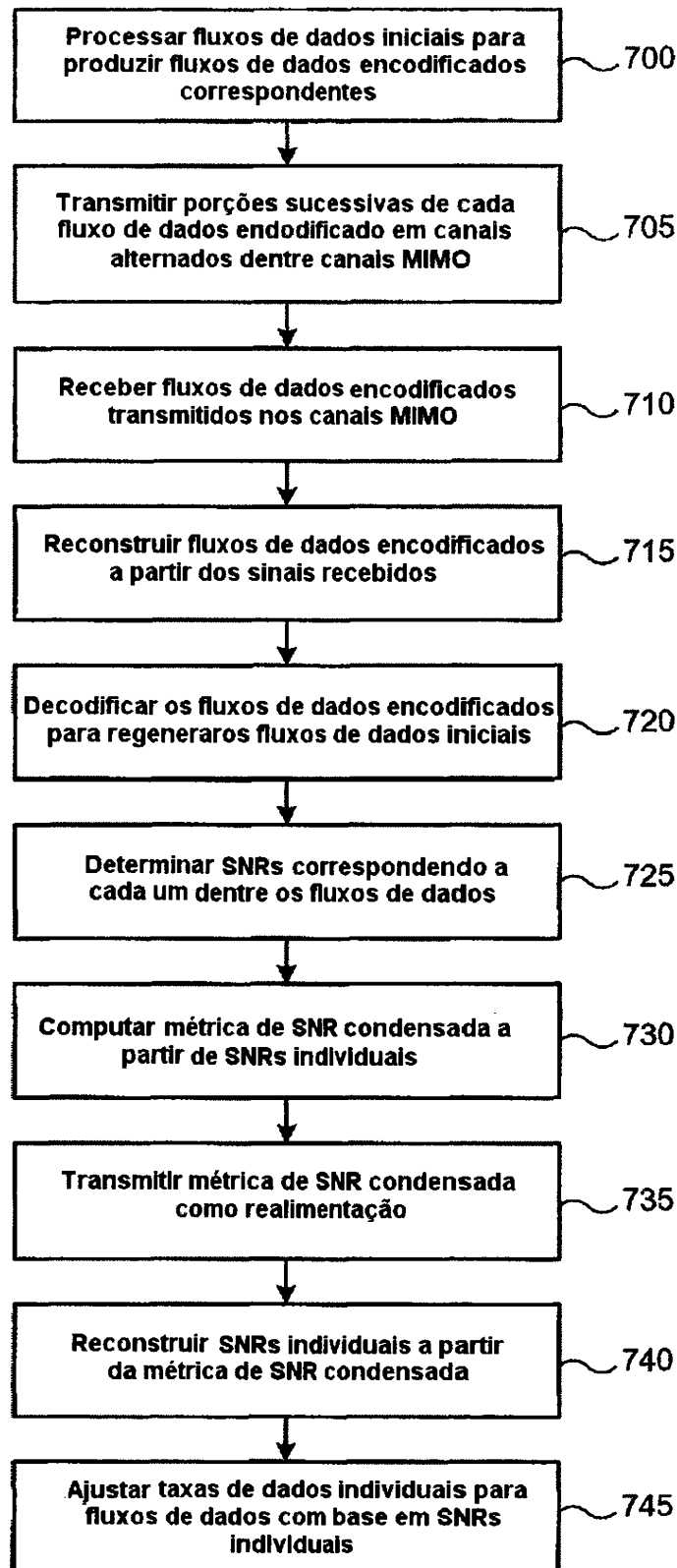


Fig. 7