



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

**(11) PI 0410232-0 B1**



**(22) Data do Depósito: 07/05/2004**

**(45) Data de Concessão: 05/10/2021**

**(54) Título:** MÉTODO PARA TRANSMITIR E MÉTODO PARA RECEBER UM PILOTO BANDA LARGA EM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO MULTIPORTADORA SEM FIO, EQUIPAMENTOS EM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO MULTIPORTADORA SEM FIO

**(51) Int.Cl.:** H04B 1/713; H04L 27/26; H04L 5/00.

**(52) CPC:** H04B 1/713; H04L 27/2613; H04L 5/0007; H04L 5/0051.

**(30) Prioridade Unionista:** 03/12/2003 US 10/726,944; 12/05/2003 US 60/470,107.

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

**(72) Inventor(es):** AVNEESH AGRAWAL; EDWARD HARRISON TEAGUE.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2004014453 de 07/05/2004

**(87) Publicação PCT:** WO 2004/102816 de 25/11/2004

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 11/11/2005

**(57) Resumo:** "SALTO EM FREQUÊNCIA RÁPIDO COM UM PILOTO MULTIPLEXADO POR DIVISÃO DE CÓDIGO EM UM SISTEMA OFDMA". São providas técnicas para suportar salto em frequência rápido com um piloto multiplexado por divisão de código (CDM) em um sistema de comunicação de multiportadora (por exemplo, um sistema OFDMA) . Cada transmissor (por exemplo, cada terminal), no sistema, transmite um piloto de banda larga em todas as subbandas para permitir que um receptor (por exemplo, uma estação base) estime a resposta de canal integral ao mesmo tempo. O piloto de banda larga para cada transmissor pode ser gerado utilizando processamento por espalhamento espectral de seqüência direta e baseado em um código de número pseudo-aleatório (PN) designado para aquele transmissor. Isso permite que o receptor individualmente identifique e recupere múltiplos pilotos de banda larga transmitidos simultaneamente por múltiplos transmissores. Para um esquema de transmissão de piloto multiplexado por divisão de tempo (TDM) /CDM, cada transmissor transmite o piloto de banda larga em rajadas. Para um esquema de transmissão contínua de piloto CDM, cada transmissor transmite continuamente o piloto de banda larga, embora em um baixo nível de potência de transmissão. Qualquer taxa de salto em frequência pode ser suportada sem afetar o custo indireto (...).

**“MÉTODO PARA TRANSMITIR E MÉTODO PARA RECEBER UM PILOTO  
BANDA LARGA EM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO MULTIPORTADORA SEM  
FIO, E EQUIPAMENTOS EM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO  
MULTIPORTADORA SEM FIO”**

5

**FUNDAMENTOS**

**Campo**

A presente invenção refere-se, geralmente, à comunicação, e mais especificamente, a técnicas para suportar salto em frequência rápido com um piloto multiplexado por divisão de código (CDM) em um sistema de comunicação de acesso múltiplo por divisão ortogonal de frequência (OFDMA).

**Fundamentos**

Em um sistema de comunicação por espalhamento espectral por salto em frequência (FHSS), os dados são transmitidos em diferentes sub-bandas de frequência ou subportadoras, em diferentes intervalos de tempo, os quais também são referidos como “períodos de salto”. Essas sub-bandas de frequência podem ser providas por multiplexação por divisão de frequência ortogonal (OFDM), outras técnicas de modulação multiportadora, ou algumas outras construções. Com o FHSS, a transmissão de dados salta de sub-banda a sub-banda de uma maneira pseudo-aleatória. Tal salto provê diversidade de frequência e permite que a transmissão de dados resista melhor aos efeitos prejudiciais de percurso tais como interferência de banda estreita, perturbação, desvanecimento, e assim por diante.

Um sistema OFDMA utiliza OFDM e pode suportar múltiplos usuários simultaneamente. Para um sistema OFDMA com salto em frequência, dados para cada usuário são transmitidos utilizando uma seqüência de salto em frequência (FH) específica designada para o usuário. A seqüência FH indica a sub-banda específica a ser usada para

30

transmissão de dados em cada período de salto. Múltiplas transmissões de dados para múltiplos usuários podem ser enviadas simultaneamente utilizando diferentes seqüências FH. Essas seqüências FH são definidas como sendo mutuamente ortogonais de modo que apenas uma transmissão de dados utiliza cada sub-banda em cada período de salto. Pelo uso de seqüências FH ortogonais, evita-se interferência intra-células, e as múltiplas transmissões de dados não interferem umas com as outras enquanto se desfruta dos benefícios da diversidade de freqüência.

Um sistema OFDMA pode ser desenvolvido com múltiplas células, onde uma célula se refere tipicamente a uma estação base e/ou sua área de cobertura. Uma transmissão de dados em uma determinada sub-banda, em uma célula, atua como interferência para uma outra transmissão de dados na mesma sub-banda em uma célula vizinha. Para tornar aleatória interferência inter-células, as seqüências FH para cada célula são definidas tipicamente para serem pseudo-aleatórias com relação às seqüências FH para as células vizinhas. Pelo uso de seqüências FH pseudo-aleatórias, a diversidade de interferência é alcançada, e a transmissão de dados para um usuário em uma determinada célula observaria, durante um período de tempo suficientemente longo, a interferência média a partir das transmissões de dados para outros usuários em outras células.

A interferência entre células pode variar significativamente de sub-banda para sub-banda em qualquer momento determinado. Para considerar a variação em interferência através das sub-bandas, uma margem é usada tipicamente na seleção de uma taxa de dados para uma transmissão de dados. Uma margem grande normalmente é necessária para se alcançar uma baixa taxa de erro de

pacote (PER) para a transmissão de dados se a variabilidade em interferência for grande. A margem grande resulta em uma maior redução na taxa de dados para a transmissão de dados, o que limita a capacidade do sistema.

5 Salto em frequência pode calcular a média de interferência entre células e reduzir a margem requerida. Aumentar a taxa de salto em frequência resulta em um melhor cálculo de média de interferência e diminui a margem requerida. Taxa de salto em frequência rápido é  
10 especialmente benéfica para certos tipos de transmissões que encodificam dados através de múltiplos saltos em frequência e que não utilizam outras técnicas, tal como solicitação de retransmissão automática (ARQ), para aliviar os efeitos prejudiciais da interferência.

15 Taxas de salto em frequência são geralmente limitadas pelas exigências de estimação de canal. Para um sistema OFDMA, a resposta de canal para cada sub-banda usada para a transmissão de dados é tipicamente estimada por um receptor, e a estimativa de resposta de canal para a  
20 sub-banda é então usada para demodular coerentemente os símbolos de dados recebidos naquela sub-banda. Estimação de canal para cada sub-banda é normalmente alcançada com base em símbolos piloto recebidos na sub-banda. Em um canal de comunicação de desvanecimento rápido, a taxa de  
25 desvanecimento normalmente impede o receptor de combinar símbolos piloto recebidos na mesma sub-banda a partir de saltos anteriores. Dessa forma, para estimar independentemente a resposta de canal para cada período de salto, um número suficiente de símbolos piloto precisa ser  
30 transmitido no período de salto de modo que o receptor possa obter uma estimativa de resposta de canal suficientemente exata.

Esses símbolos piloto representam um overhead

fixo para cada período de salto. Neste caso, aumentar a taxa de salto em frequência também aumenta o overhead do piloto.

5 Há, portanto, uma necessidade na arte para técnicas que suportem salto em frequência rápido sem aumentar o overhead do piloto em um sistema OFDMA.

### SUMÁRIO

10 São providas aqui técnicas para suportar salto em frequência rápido com um piloto CDM em um sistema de comunicação multiportadora (por exemplo, um sistema OFDMA). Cada transmissor (por exemplo, cada terminal) no sistema transmite um piloto banda larga em todas as sub-bandas para permitir que um receptor (por exemplo, uma estação base) estime a resposta de canal total ao mesmo tempo. O piloto  
15 banda larga para cada transmissor pode ser gerado utilizando processamento por espalhamento espectral por seqüência direta e com base em código de número pseudo-aleatório (PN) designado para aquele transmissor. Isso permite que o receptor identifique individualmente e recupere múltiplos pilotos banda larga transmitidos  
20 simultaneamente por múltiplos transmissores. Para um esquema de transmissão de piloto multiplexado por divisão de tempo (TDM)/CDM, cada transmissor transmite o piloto banda larga em rajadas. Para um esquema de transmissão contínua de piloto CDM, cada transmissor transmite  
25 continuamente o piloto banda larga, embora em um baixo nível de potência de transmissão.

30 Em um transmissor, pelo menos um símbolo piloto é processado com o código PN designado ao transmissor para obter uma seqüência de chips piloto para um piloto banda larga. Símbolos de dados são processados de acordo com um esquema de modulação multiportadora (por exemplo, OFDM) para obter uma seqüência de chips de dados. Se os símbolos

de dados devem ser transmitidos com salto em frequência, então a sub-banda específica a ser usada para os símbolos de dados em cada período de salto é determinada por uma seqüência FH designada ao transmissor. Para o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM, a seqüência de chips piloto é multiplexada por divisão de tempo com a seqüência de chips de dados para obter uma seqüência TDM de chips piloto e de dados, a qual é processada adicionalmente e transmitida. Para o esquema de transmissão contínua de piloto CDM, a seqüência de chips piloto é somada à seqüência de chips de dados para obter uma seqüência de chips piloto e de dados combinados, a qual é processada adicionalmente e transmitida.

Em um receptor, uma seqüência de chips recebidos é inicialmente obtida. Para o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM, a seqüência de chips recebidos é demultiplexada para se obter uma seqüência de chips piloto recebidos e uma seqüência de chips de dados recebidos. A seqüência de chips piloto recebidos (para o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM) ou a seqüência de chips recebidos (para o esquema de transmissão contínua de piloto CDM) é processada com o código PN designado ao transmissor para se obter estimativas de ganho de canal no domínio do tempo para múltiplos percursos de propagação do transmissor para o receptor. Um receptor rake pode ser usado para o processamento de piloto no receptor. As estimativas de ganho de canal são processadas adicionalmente (por exemplo, interpoladas) e transformadas para se obter estimativas de resposta de canal no domínio da frequência para múltiplas sub-bandas.

Para o esquema de transmissão contínua de piloto CDM, cancelamento de interferência de piloto pode ser realizado na seqüência de chips recebidos (com base nas

estimativas de ganho de canal) para obter a seqüência de chips de dados recebidos. Para ambos os esquemas de transmissão de piloto, a seqüência de chips de dados recebidos (se disponível) ou a seqüência de chips recebidos  
5 é processada de acordo com um esquema de demodulação multiportadora (por exemplo, para OFDM) e com as estimativas de resposta de canal para obter símbolos de dados recuperados, os quais são estimativas dos símbolos de dados transmitidos pelo transmissor. Se os símbolos de  
10 dados foram transmitidos com salto em freqüência, então a sub-banda particular a partir da qual se obtém os símbolos de dados recuperados em cada período de salto é determinada pela mesma seqüência FH usada no transmissor.

As técnicas aqui descritas podem prover várias  
15 vantagens, incluindo a capacidade de suportar qualquer taxa de salto em freqüência sem afetar o overhead do piloto. Na realidade, a taxa de salto em freqüência pode ser tão rápida quanto um símbolo OFDM por período de salto. Uma taxa de salto em freqüência rápido pode melhorar o cálculo da média de interferência e reduzir a margem requerida, o  
20 que pode aperfeiçoar a utilização da capacidade do sistema.

Vários aspectos e modalidades da invenção são descritos em detalhe adicional abaixo.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

25 As características, natureza, e vantagens da presente invenção se tornarão mais evidentes a partir da descrição detalhada apresentada abaixo quando considerada em conjunto com os desenhos nos quais caracteres de referência semelhantes identificam correspondentemente do  
30 princípio ao fim, e em que:

A Figura 1 mostra um esquema de transmissão de piloto convencional para um sistema OFDMA com salto em freqüência;

A Figura 2 mostra o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM;

A Figura 3 mostra o esquema de transmissão contínua de piloto CDM;

5 A Figura 4 mostra um sistema OFDMA exemplar;

As Figuras 5A e 5B mostram diagramas de blocos de um terminal e de uma estação base, respectivamente;

10 As Figuras 6A e 6B mostram respectivamente um diagrama de blocos de um processador de piloto de transmissão (TX) e um diagrama de temporização para o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM;

15 As Figuras 6C e 6D mostram respectivamente um diagrama de blocos de um processador de piloto TX e um diagrama de temporização para o esquema de transmissão contínua de piloto CDM;

A Figura 7A mostra um diagrama de blocos de um processador de piloto de recepção (RX) para o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM;

20 As Figuras 7B e 7C mostram diagramas de blocos de um processador de piloto RX e de um cancelador de interferência de piloto, respectivamente, para o esquema de transmissão contínua de piloto CDM;

25 A Figura 8A mostra um processo para transmitir um piloto banda larga com o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM;

A Figura 8B mostra um processo para transmitir um piloto banda larga com o esquema de transmissão contínua de piloto CDM;

30 A Figura 8C mostra um processo para receber um piloto banda larga com o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM; e

A Figura 8D mostra um processo para receber um piloto banda larga com o esquema de transmissão contínua de

piloto CDM.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA

5 O termo "exemplar" é usado aqui para significar "servindo como um exemplo, caso, ou ilustração". Qualquer modalidade ou modelo aqui descrito como "exemplar" não deve ser necessariamente considerado como preferido ou vantajoso em relação a outras modalidades ou projetos.

10 Na descrição a seguir, uma "estimativa de ganho de canal" é uma estimativa de domínio do tempo do ganho de canal complexo para o percurso de propagação a partir de um transmissor para um receptor. Uma "estimativa de resposta de frequência de canal" (ou simplesmente uma "estimativa de resposta de canal") é uma estimativa de domínio da  
15 frequência da resposta de canal para uma sub-banda particular de um canal de comunicação entre o transmissor e o receptor. (O canal de comunicação pode incluir um número de percursos de propagação). As estimativas de ganho de canal podem ser processadas e transformadas para se obter  
20 estimativas de resposta de canal, como descrito abaixo. Uma "estimativa de canal" pode se referir geralmente a uma estimativa de ganho de canal, a uma estimativa de resposta de canal, ou algum outro tipo de estimativa para o canal de comunicação.

25 Um sistema OFDMA utiliza OFDM, a qual é uma técnica de modulação multiportadora que divide efetivamente a largura de banda de sistema total em um número de (N) sub-bandas ortogonais. Essas sub-bandas também são comumente referidas como tons (tones), subportadoras,  
30 faixas, e subcanais de frequência. Com OFDM, cada sub-banda é associada a uma respectiva subportadora que pode ser modulada com dados. Em alguns sistemas OFDM, apenas as  $N_{\text{dados}}$  sub-bandas são usadas para transmissão de dados, as

$N_{\text{piloto}}$  sub-bandas são usadas para transmissão de piloto, e as  $N_{\text{guarda}}$  sub-bandas não são usadas e servem como sub-bandas de guarda para permitir que os sistemas satisfaçam às exigências de máscara espectral, onde  $N = N_{\text{dados}} + N_{\text{piloto}} +$   
5  $N_{\text{guarda}}$ . Para simplicidade, a descrição a seguir supõe que todas as  $N$  sub-bandas podem ser usadas para transmissão de dados.

A Figura 1 mostra um esquema 100 de transmissão de piloto convencional para um sistema OFDMA com salto em  
10 frequência. A Figura 1 mostra transmissão de dados e de piloto em um plano de tempo-frequência onde o eixo vertical representa frequência e o eixo horizontal representa tempo. Para esse exemplo,  $N = 8$ , e para as oito sub-bandas são designados índices de 1 a 8. Até oito canais de tráfego  
15 podem ser definidos, em que cada canal de tráfego utiliza uma das oito sub-bandas em cada período de salto. Um período de salto é a duração de tempo decorrido em uma determinada sub-banda e pode ser definido como igual à duração de um ou múltiplos símbolos OFDM.

Cada canal de tráfego é associado a uma seqüência  
20 FH diferente. As seqüências FH para todos os canais de tráfego podem ser geradas com uma função FH,  $f(k,T)$ , onde  $k$  denota o número de canal de tráfego e  $T$  denota tempo de sistema, o qual é determinado em unidades de períodos de salto.  $N$  diferentes seqüências FH podem ser geradas com  $N$   
25 valores diferentes de  $k$  na função FH,  $f(k,T)$ . A seqüência FH para cada canal de tráfego indica a sub-banda particular a ser usada para aquele canal de tráfego em cada período de salto. Para clareza, a Figura 1 mostra as sub-bandas usadas  
30 para um canal de tráfego. Pode ser visto na Figura 1 que esse canal de tráfego salta de sub-banda a sub-banda de uma maneira pseudo-aleatória determinada por sua seqüência FH.

Para o esquema 100 de transmissão de piloto

convencional, um grupo de  $P$  símbolos piloto (ilustrados como caixas sólidas) é transmitido de uma forma TDM com um grupo de símbolos de dados (ilustrados como caixas de traços diagonais) em cada período de salto, onde  $P \geq 1$ .  
5 Tipicamente,  $P$  é o número de símbolos piloto necessários para permitir que um receptor estime de forma independente a resposta de canal em cada período de salto. Os  $P$  símbolos piloto representam um overhead fixo que é necessário para cada período de salto. Esse overhead fixo se torna uma  
10 percentagem maior de uma transmissão à medida que o período de salto diminui. A taxa de salto em frequência desse modo é limitada pelo overhead do piloto.

Esquemas de transmissão de piloto adequados para uso com salto em frequência rápido em um sistema de  
15 comunicação multiportadora são providos pela presente. Esses esquemas de transmissão de piloto são adequados para uso no link reverso, mas também podem ser usados no link direto. Para clareza, esses esquemas de transmissão de piloto são descritos especificamente abaixo para o link  
20 reverso de um sistema OFDMA.

A Figura 2 mostra um esquema 200 de transmissão de piloto TDM/CDM para um sistema OFDMA com salto em frequência. Para esse esquema de transmissão de piloto, cada usuário transmite um piloto banda larga que é  
25 multiplexado por divisão de tempo com a transmissão de dados do usuário. O piloto banda larga é transmitido em todas as  $N$  sub-bandas e permite que um receptor (por exemplo, uma estação base) estime a resposta de canal inteira ao mesmo tempo. O piloto banda larga pode ser  
30 gerado no domínio do tempo utilizando processamento por espalhamento espectral por seqüência direta, como descrito abaixo.

O piloto banda larga tem uma duração de  $T_p$

segundos, ou  $T_P = N_P \cdot T_S$ , onde  $N_P$  é o número de períodos de símbolo OFDM em que o piloto banda larga é transmitido e  $T_S$  é a duração de um símbolo OFDM. Para o exemplo mostrado na Figura 2,  $T_P = 2 \cdot T_S$ , onde um período de salto corresponde a um período de símbolo OFDM. Em geral, a duração  $T_P$  do piloto é selecionada para ser suficientemente longa para permitir que o receptor obtenha uma estimativa de resposta de canal suficientemente exata para cada um dos usuários. A duração  $T_P$  do piloto pode ser dependente de vários fatores tais como a quantidade da potência de transmissão disponível para cada usuário, as condições de canal na pior das hipóteses para todos os usuários, e assim por diante.

O piloto banda larga é transmitido a cada  $T_W$  segundos e tem uma periodicidade de  $T_W$  segundos. Para o exemplo mostrado na Figura 2,  $T_W = 14 \cdot T_S$ . Em geral, a periodicidade  $T_W$  do piloto pode ser selecionada para ser mais curta do que o tempo de coerência  $\tau$  do canal de comunicação, isto é,  $T_W < \tau$ . O tempo de coerência é o intervalo de tempo através do qual o canal de comunicação está essencialmente constante. Por seleção de  $T_W < \tau$ , as estimativas de resposta de canal podem ser asseguradas como sendo válidas para os  $T_W$  segundos inteiros entre rajadas de piloto banda larga.

Para o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM, o overhead do piloto é determinado pela duração  $T_P$  do piloto e pela periodicidade  $T_W$  do piloto, as quais são, por sua vez, dependentes de certas características do canal de comunicação (por exemplo, o tempo de coerência). Esse esquema de transmissão de piloto pode suportar qualquer taxa de salto em frequência sem afetar o overhead do piloto. Na realidade, a taxa de salto em frequência pode ser tão rápida quanto um símbolo OFDM por período de salto

(isto é, salto por taxa de símbolos (symbol-rate hopping)), o que é muito desejável pelas razões observadas acima.

5 Como mostrado na Figura 2, o piloto banda larga para cada usuário é transmitido em rajadas e não interfere com a transmissão de dados para aquele usuário. Para evitar interferência de piloto/dados para todos os usuários em uma célula, os usuários podem transmitir seus pilotos banda larga no mesmo intervalo de tempo. Nesse caso, os pilotos banda larga para todos os usuários em cada célula não interfeririam com suas transmissões de dados. Além disso, as transmissões de dados para todos os usuários em cada célula não interfeririam umas com as outras porque esses usuários usam seqüências FH ortogonais.

15 A transmissão dos pilotos banda larga por todos os usuários ao mesmo tempo implica em que esses pilotos banda larga interferirão uns com os outros. Para aliviar interferência de piloto/piloto, os pilotos banda larga para todos os usuários podem ser "ortogonalizados". A ortogonalização dos pilotos banda larga pode ser realizada de várias formas, algumas das quais são descritas abaixo.

20 Em uma modalidade, o símbolo piloto para cada usuário é "coberto" com um código ortogonal que é exclusivo para aquele usuário. Cobertura é um processo pelo qual um símbolo piloto a ser transmitido é multiplicado por todos os  $W$  chips de um código ortogonal de  $W$  chip para obter  $W$  chips cobertos, os quais são processados adicionalmente e transmitidos. O código ortogonal pode ser um código Walsh, um código de fator de espalhamento variável ortogonal (OVSF), uma função quase-ortogonal (QOF), e assim por

25

30 diante. O piloto coberto para cada usuário é, então, espalhado de modo espectral através de todas as  $N$  sub-bandas com um código PN que é comum a todos os usuários. Em geral, qualquer código PN possuindo características

normalmente associadas a um código PN adequado (por exemplo, uma resposta espectral plana, relação cruzada baixa ou zero em diferentes offsets de tempo, e assim por diante) pode ser usado para o espalhamento espectral. O código PN também pode ser referido como um código de embaralhamento ou alguma outra terminologia.

Em uma outra modalidade, o símbolo piloto para cada usuário é espalhado por espalhamento espectral através de todas as N sub-bandas com um código PN que é exclusivo para aquele usuário. Para essa modalidade, o código PN é usado para ortogonalização assim como para espalhamento espectral. Os códigos PN específicos do usuário podem ser definidos para ser de diferentes deslocamentos de tempo de um código PN comum, similar ao uso de diferentes deslocamentos de tempo de códigos PN curtos para diferentes estações base nos sistemas IS-95 e IS-2000. Nesse caso, a cada usuário é designado um deslocamento de tempo singular e o código PN para esse usuário pode ser identificado pelo deslocamento de tempo designado. O código PN comum pode ser denotado como PN(n), o deslocamento de tempo designado ao usuário x pode ser denotado como  $\Delta T_x$ , e o código PN para o usuário x pode ser denotado como PN(n+ $\Delta T_x$ ).

Para ambas as modalidades, o piloto banda larga para cada usuário é multiplexado por divisão de código assim como multiplexado por divisão de tempo. Para clareza, a descrição a seguir é para a modalidade pela qual o piloto banda larga para cada usuário é espalhado espectralmente com um código PN específico do usuário para suprimir interferência de piloto a partir de outros usuários.

Com referência à Figura 2, o piloto banda larga é transmitido utilizando CDM e a transmissão de dados é transmitida utilizando OFDM. O processamento no transmissor e no receptor para o esquema de transmissão de piloto

TDM/CDM é descrito abaixo.

A Figura 3 mostra um esquema 300 de transmissão contínua de piloto CDM para um sistema OFDMA com salto em frequência. Para esse esquema de transmissão de piloto, cada usuário transmite continuamente um piloto banda larga que é superposto (isto é, adicionado) à transmissão de dados. Outra vez, o piloto banda larga é transmitido em todas as N sub-bandas e permite que um receptor (por exemplo, uma estação base) estime a resposta de canal integral.

O piloto banda larga contínuo pode ser transmitido em um baixo nível de potência enquanto permite ainda que o receptor obtenha uma estimativa de alta qualidade da resposta de canal. Isso porque o receptor pode integrar/acumular muitos chips piloto recebidos para realizar um ganho de processamento de sinal significativo a partir da integração CDM, similar ao ganho alcançado em um sistema CDMA. A integração através de muitos chips piloto recebidos é possível uma vez que o canal de comunicação é coerente através de múltiplos períodos de símbolo OFDM.

Os pilotos banda larga contínuos para cada usuário interferem uns com os outros. Similar ao esquema de transmissão de piloto TDM/CDM, os pilotos banda larga para todos os usuários podem ser ortogonalizados para aliviar interferência de piloto/piloto. A ortogonalização e o espalhamento espectral dos pilotos banda larga para todos os usuários podem ser alcançados com (1) diferentes códigos ortogonais e um código PN comum ou (2) diferentes códigos PN específicos do usuário, como descrito acima. Para clareza, a descrição a seguir supõe que o piloto banda larga para cada usuário seja ortogonalizado e espalhado espectralmente com um código PN específico do usuário para suprimir interferência de piloto a partir de outros

usuários.

O piloto banda larga contínuo para cada usuário também interfere com a transmissão de dados para esse usuário assim como as transmissões de dados para outros usuários. Essa interferência de piloto/dados é mostrada na Figura 3, uma vez que as caixas para os símbolos de dados também devem ser obscurecidas para mostrar que o piloto banda larga está superposto a esses símbolos de dados. Contudo, como observado acima, apenas uma pequena quantidade de potência de transmissão é necessária para o piloto banda larga contínuo para cada usuário. Dessa forma, a interferência total de piloto observada pela transmissão de dados para cada usuário devido ao fato dos pilotos banda larga para todos os usuários serem de pequena magnitude. Além disso, o receptor pode ser capaz de estimar e cancelar a interferência devido aos pilotos banda larga, como descrito abaixo.

Para o esquema de transmissão contínua de piloto CDM (e também para o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM), o overhead do piloto é determinado pela quantidade da potência de transmissão usada para o piloto banda larga versus a quantidade de potência de transmissão usada para a transmissão de dados. O overhead do piloto desse modo é fixo e não depende da taxa de salto em frequência. O esquema de transmissão contínua de piloto CDM pode suportar qualquer taxa de salto em frequência (incluindo salto por taxa de símbolos) sem afetar o overhead do piloto.

Para o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM assim como para o esquema de transmissão contínua de piloto CDM, o piloto banda larga a partir de cada usuário é transmitido tipicamente em um nível de potência predeterminado. Contudo, o piloto banda larga também pode

ser transmitido em um nível de potência que pode ser controlado por uma malha fechada (closed loop) de controle de potência.

5 A Figura 4 mostra um sistema 400 OFDMA exemplar que suporta um número de usuários. O sistema 400 inclui um número de estações base 410 que provêem comunicação a um número de terminais 420. Uma estação base é uma estação fixa usada para comunicação com os terminais e também pode ser referida como um subsistema transceptor base (BTS), um  
10 ponto de acesso, um Nó B, ou alguma outra terminologia. Os terminais 420 são tipicamente dispersos por todo o sistema, e cada terminal pode ser fixo ou móvel. Um terminal também pode ser referido como uma estação móvel, um equipamento de usuário (UE), um dispositivo de comunicação sem fio, ou  
15 alguma outra terminologia. Cada terminal pode se comunicar com uma ou mais estações base no link direto e/ou uma ou mais estações base no link reverso em qualquer momento determinado. Isso depende de se o terminal está ou não ativo, se o soft handoff é ou não suportado, e se o  
20 terminal está ou não em soft handoff. O link direto (isto é, downlink) refere-se ao link de comunicação a partir da estação base para o terminal, e o link reverso (isto é, uplink) refere-se ao link de comunicação a partir do terminal para estação base. Para simplicidade, apenas  
25 transmissões no link reverso são mostradas na Figura 4.

Um controlador de sistema 430 se acopla às estações base 410 e pode realizar um número de funções tais como (1) coordenação e controle para essas estações base, (2) roteamento de dados entre essas estações base, e (3)  
30 acesso e controle dos terminais servidos por essas estações base.

A Figura 5A mostra um diagrama de blocos de uma modalidade de um terminal 420x, o qual é um dos terminais

no sistema OFDMA 400. Para simplicidade, apenas a parte transmissora do terminal 420x é mostrada na Figura 5A.

5                   Dentro do terminal 420x, um encodificador/intercalador 512 recebe dados de tráfego a partir de uma fonte de dados 510 e possivelmente dados de controle e outros dados a partir de um controlador 540. O encodificador/intercalador 512 formata, encodifica, e intercala os dados recebidos para prover dados codificados. Um modulador 514 então modula os dados codificados de acordo com um ou mais esquemas de modulação (por exemplo, QPSK, M-PSK, M-QAM, e assim por diante) para prover símbolos de modulação (ou simplesmente "símbolos de dados"). Cada símbolo de modulação é um valor complexo para um ponto específico em uma constelação de sinais para o esquema de modulação usado para aquele símbolo de modulação.

10

15

Um modulador OFDM 520 realiza salto em frequência e processamento OFDM para os símbolos de dados. Dentro do modulador OFDM 520, um processador FH TX 522 recebe os símbolos de dados e provê esses símbolos de dados nas sub-bandas adequadas determinadas por uma seqüência FH para um canal de tráfego designado ao terminal 420x. Essa seqüência FH indica a sub-banda específica a ser usada em cada período de salto e é provida pelo controlador 540. Para o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM, o processador FH TX 522 provê símbolos de dados apenas durante períodos de transmissão de dados, como mostrado na Figura 2. Para o esquema de transmissão contínua de piloto CDM, o processador FH TX 522 provê símbolos de dados continuamente para cada período de salto, como mostrado na Figura 3. Em todo caso, os símbolos de dados dinamicamente saltam de sub-banda para sub-banda de uma maneira pseudo-aleatória determinada pela seqüência FH. Para cada período de símbolo

20

25

30

OFDM, o processador FH TX 522 provê N símbolos de "transmissão" para as N sub-bandas. Esses N símbolos de "transmissão" são compostos de um símbolo de dados para a sub-banda usada para a transmissão de dados (se dados  
5 estiverem sendo transmitidos) e um valor de sinal zero para cada sub-banda não usada para transmissão de dados.

Uma unidade de transformada rápida inversa de Fourier (IFFT) 524 recebe os N símbolos de transmissão para cada período de símbolo OFDM. A unidade IFFT 524 transforma  
10 então os N símbolos de transmissão para o domínio do tempo utilizando uma FFT inversa de ponto-N para obter um símbolo "transformado" que contém N chips de "dados" de domínio do tempo. Cada chip de dados é um valor complexo a ser transmitido em um período de chip. (A taxa de chip é  
15 relacionada à largura de banda total do sistema). Um gerador de prefixo cíclico 526 recebe os N chips de dados para cada símbolo transformado e repete uma parte do símbolo transformado para formar um símbolo OFDM que contém  $N + C_p$  chips de dados, onde  $C_p$  é o número de chips de dados  
20 sendo repetidos. A parte repetida freqüentemente é referida como um prefixo cíclico e é usada para combater interferência intersimbólica (ISI), causada por desvanecimento seletivo de freqüência. Um período de símbolo OFDM corresponde à duração de um símbolo OFDM, o  
25 qual é de  $N + C_p$  períodos de chip. Gerador de prefixo cíclico 526 provê um fluxo de chips de dados para um fluxo de símbolos OFDM.

Um processador de piloto de transmissão (TX) 530 recebe o fluxo de chips de dados e pelo menos um símbolo  
30 piloto. O processador de piloto TX 530 gera um piloto banda larga que, ou é multiplexado por divisão de tempo com os chips de dados (para o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM), ou é superposto aos chips de dados (para o

esquema de transmissão contínua de piloto CDM). O processador de piloto TX 530 provê um fluxo de chips de "transmissão". Para o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM, cada chip de transmissão ou é um chip de dados ou um chip piloto. Para o esquema de transmissão contínua de piloto CDM, cada chip de transmissão é uma soma de um chip de dados e um chip piloto. Uma unidade transmissora (TMTR) 532 processa o fluxo de chips de "transmissão" para obter um sinal modulado, o qual é transmitido a partir de uma antena 534 para a estação base.

A Figura 5B mostra um diagrama de blocos de uma modalidade de uma estação base 410x, a qual é uma dentre as estações base no sistema OFDMA 400. Para simplicidade, apenas a parte receptora da estação base 410x é mostrada na Figura 5B.

O sinal modulado transmitido pelo terminal 420x é recebido por uma antena 552. O sinal recebido a partir da antena 552 é provido à unidade receptora (RCVR) 554 para prover amostras. A unidade receptora 554 pode adicionalmente realizar conversão de taxa de amostras (a partir da taxa de amostragem do receptor para a taxa de chip), correção de frequência/fase, e outro pré-processamento nas amostras. A unidade receptora 554 provê um fluxo de chips "recebidos".

O processador de piloto de recepção (RX) 560 recebe e processa o fluxo de chips recebidos para recuperar o piloto banda larga e os chips de dados transmitidos pelo terminal 420x. Vários projetos para o processador de piloto RX 560 são descritos abaixo. O processador de piloto RX 560 provê um fluxo de chips de dados recebidos a um demodulador OFDM 570 e estimativas de ganho de canal a um processador de sinal digital (DSP) 562. O DSP 562 processa as estimativas de ganho de canal para obter estimativas de

resposta de canal usadas para demodulação de dados, como descrito abaixo.

5           Dentro do demodulador OFDM 570, uma unidade de remoção de prefixo cíclico 572 recebe o fluxo de chips de dados recebidos e remove o prefixo cíclico anexado a cada símbolo OFDM recebido para obter um símbolo transformado recebido. Uma unidade FFT 574 transforma então cada símbolo transformado recebido para o domínio da frequência utilizando FFT de N ponto para obter N símbolos recebidos para as N sub-bandas. Um processador FH RX 576 obtém os N símbolos recebidos para cada período de símbolo OFDM e provê o símbolo recebido a partir da própria sub-banda como o símbolo de dados recebido para aquele período de símbolo OFDM. A sub-banda específica a partir da qual se obtém o símbolo de dados recebido em cada período de símbolo OFDM é determinada pela seqüência FH para o canal de tráfego designado ao terminal 420x. Essa seqüência FH é provida por um controlador 590. Uma vez que a transmissão de dados pelo terminal 420x salta dinamicamente de sub-banda para sub-banda, o processador FH RX 576 opera em união com o processador FH TX 522 no terminal 420x e provê os símbolos de dados recebidos a partir das próprias sub-bandas. A seqüência FH usada pelo processador FH RX 576 na estação base 410x é a mesma que a seqüência FH usada pelo processador FH TX 522 no terminal 420x. Além disso, as seqüências FH na estação base 410x, e no terminal 420x, são sincronizadas. O processador FH RX 576 provê um fluxo de símbolos de dados recebidos a um demodulador 580.

30           O demodulador 580 recebe e coerentemente demodula os símbolos de dados recebidos com as estimativas de resposta de canal a partir do DSP 562 para obter símbolos de dados recuperados. As estimativas de resposta de canal são para as sub-bandas usadas para transmissão de dados. O

demodulador 580 demapeia adicionalmente os símbolos de dados recuperados para obter dados demodulados. Um deintercalador/decodificador 582 então deintercala e decodifica os dados demodulados para prover dados decodificados, os quais podem ser providos a um depósito de dados 584 para armazenamento. Em geral, o processamento pelas unidades na estação base 410x é complementar ao processamento realizado pelas unidades correspondentes no terminal 420x.

Os controladores 540 e 590 controlam a operação no terminal 420x e na estação base 410x, respectivamente. Unidades de memória 542 e 592 provêm armazenamento para códigos de programa e dados usados pelos controladores 540 e 590, respectivamente. Os controladores 540 e 590 também podem realizar processamento relacionado ao piloto. Por exemplo, os controladores 540 e 590 podem determinar os intervalos de tempo de quando o piloto banda larga para o terminal 420x deve ser, respectivamente, transmitido e recebido.

Para clareza, as Figuras 5A e 5B mostram transmissão e recepção, respectivamente, de piloto e dados no link reverso. Processamento similar ou diferente pode ser realizado para transmissão de piloto e dados no link direto.

A Figura 6A mostra um diagrama de blocos de um processador de piloto TX 530a, o qual pode ser usado para o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM. O processador de piloto TX 530a é uma modalidade do processador de piloto TX 530 na Figura 5A e inclui um gerador de piloto 610, um multiplicador 616, e um multiplexador (MUX) 618.

Dentro do gerador de piloto 610, um multiplicador 612 recebe e multiplica um símbolo piloto com um código PN  $PN_x(n)$  e provê um fluxo de chips piloto. O símbolo piloto

pode ser qualquer valor real ou complexo que seja conhecido a priori tanto pelo terminal 420x como pela estação base 410x. O código PN,  $PN_x(n)$ , é aquele designado ao terminal 420x, onde "n" é o índice de chip. O código PN pode ser expresso como  $PN_x(n) = PN(n+\Delta T_x)$  para a modalidade pela qual é designado a cada usuário um deslocamento de tempo diferente  $\Delta T_x$  de um código PN comum  $PN(n)$ . Um multiplicador 614 recebe e escalona o fluxo de chips piloto com um fator de escalonamento  $K_p$  e provê um fluxo de chips piloto escalonado. O multiplicador 616 recebe e escalona o fluxo de chips de dados com um fator de escalonamento  $K_d$  e provê um fluxo de chips de dados escalonado. Os fatores de escalonamento  $K_p$  e  $K_d$  determinam as potências de transmissão usadas para o piloto banda larga e para os símbolos de dados, respectivamente. O multiplexador 618 recebe e multiplexa o fluxo de chips de dados escalonado com o fluxo de chips piloto escalonado e provê o fluxo de chips de transmissão. A multiplexação é realizada de acordo com um controle TDM provido pelo controlador 540.

A Figura 6B mostra um diagrama de temporização para o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM. Os chips de transmissão a partir do processador de piloto TX 530a são compostos de chips de dados multiplexados por divisão de tempo com chips piloto. O controle TDM determina quando os chips de dados e os chips piloto são providos como os chips de transmissão. O comprimento do código PN  $PN_x(n)$  pode ser selecionado para ser igual à duração de uma rajada de pilotos banda larga, a qual é de  $N_p \cdot (N + C_p)$  chips. Alternativamente, o comprimento de código PN pode ser selecionado para ser igual à duração de múltiplos símbolos OFDM, a duração de múltiplas rajadas de pilotos banda larga, ou alguma outra duração.

A Figura 6C mostra um diagrama de blocos de um processador de piloto TX 530b, o qual pode ser usado para o esquema de transmissão contínua de piloto CDM. O processador de piloto TX 530b é uma outra modalidade de  
5 processador de piloto TX 530 na Figura 5A e inclui um gerador de piloto 620, um multiplicador 626, e um somador 628.

Dentro do gerador de piloto 620, um multiplicador 622 recebe e multiplica o símbolo piloto com o código PN  $PN_x(n)$  designado ao terminal 420x e provê um fluxo de chips piloto. Um multiplicador 624 recebe e escalona o fluxo de  
10 chips piloto com o fator de escalonamento  $K_p$  e provê o fluxo de chips piloto escalonado. O multiplicador 626 recebe e escalona o fluxo de chips piloto com o fator de escalonamento  $K_d$  e provê o fluxo de chips de dados escalonado. O somador 628 recebe e soma o fluxo de chips de dados escalonado com o fluxo de chips piloto escalonado e provê o fluxo de chips de transmissão.

A Figura 6D mostra um diagrama de temporização para o esquema de transmissão contínua de piloto CDM. Os chips de transmissão a partir do processador 530b de piloto TX são compostos de chips de dados superpostos aos (isto é, adicionados aos) chips piloto. O comprimento do código PN  $PN_x(n)$  pode ser selecionado para ser igual à duração de um  
20 símbolo OFDM, o qual é de  $N + C_p$  chips. Alternativamente, o comprimento de código PN pode ser selecionado para ser igual à duração de múltiplos símbolos OFDM ou alguma outra duração.

As Figuras 6A e 6C mostram a geração de um piloto banda larga no domínio do tempo utilizando processamento por espalhamento espectral por seqüência direta. O piloto banda larga também pode ser gerado de outras maneiras, e  
30 isso está dentro do escopo da invenção. Por exemplo, um

piloto banda larga pode ser gerado no domínio da frequência. Para essa modalidade, um símbolo piloto pode ser transmitido em cada uma das N sub-bandas durante a rajada de pilotos para um esquema de transmissão de piloto TDM ou, de forma contínua, para um esquema de transmissão de piloto contínua. Os N símbolos piloto nas N sub-bandas podem ser ortogonalizados com um código ortogonal ou um código PN para permitir que a estação base identifique individualmente e recupere múltiplos pilotos banda larga de domínio da frequência, transmitidos simultaneamente por múltiplos terminais.

A Figura 7A mostra um diagrama de blocos de um processador de piloto RX 560a, o qual pode ser usado para o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM. O processador de piloto RX 560a é uma modalidade do processador de piloto RX 560 na Figura 5B e inclui um demultiplexador (Demux) 712 e um receptor rake 720.

O demultiplexador 712 recebe o fluxo de chips recebidos a partir da unidade receptora 554 e demultiplexa esses chips de uma maneira complementar à multiplexação realizada pelo terminal 420x. A demultiplexação é realizada com um controle TDM provido pelo controlador 590, como mostrado na Figura 6B. O demultiplexador 712 provê chips de dados recebidos ao demodulador OFDM 570 e chips piloto recebidos ao receptor rake 720.

O sinal recebido na estação base 410x pode incluir um número de casos (ou componentes de multipercurso) do sinal modulado transmitido pelo terminal 420x. Cada componente multipercurso é associado a um ganho de canal complexo particular e a um tempo específico de chegada na estação base 410x. O ganho de canal e o tempo de chegada para cada componente de multipercurso são determinados pelo percurso de propagação para aquele

componente de multipercurso. Um buscador (não mostrado na Figura 7A) procura componentes fortes de multipercurso no sinal recebido e provê a temporização de cada componente de multipercurso encontrado que seja de potência suficiente. O buscador correlaciona os chips recebidos com o código PN  $PN_x(n)$  em vários offsets de tempo para buscar por componentes de multipercurso fortes, similar ao processamento de busca realizado em um sistema CDMA. Uma técnica para procurar por um piloto não-contínuo (isto é, chaveado (gated)) é descrita no Pedido de Patente US comumente atribuído 09/846.963 intitulado "METHOD AND APPARATUS FOR SEARCHING A GATED PILOT", e depositado em 1º de maio de 2001.

O receptor rake 720 inclui M processadores de ramo 722a a 722m, onde  $M > 1$ . Cada processador de ramo 722 pode ser designado para processar uma componente de multipercurso diferente encontrada pelo buscador. Dentro de cada processador de ramo 722 designado, um multiplicador 724 multiplica os chips piloto recebidos por um código PN retardado  $PN_x(n + \tau_i)$  e provê chips desespalhados. O código PN,  $PN_x(n + \tau_i)$ , é uma versão retardada do código PN,  $PN_x(n)$ , designado ao terminal 420x, onde  $\tau_i$  é o deslocamento de tempo correspondendo ao tempo de chegada da i-ésima componente de multipercurso sendo processada pelo processador de ramo. Um acumulador (ACC) 726 acumula então os chips desespalhados através de  $N_{acc}$  períodos de chip e provê uma estimativa de ganho de canal  $G_i$  para o componente de multipercurso designado. O intervalo de acumulação  $N_{acc}$  é determinado por um controle ACC e pode ser selecionado para ser igual à duração de rajada de pilotos, ao comprimento de código PN, ou a algum outro intervalo de tempo. (A duração de rajada de pilotos pode ou não ser igual ao comprimento

de código PN). Os M processadores de ramo 722a a 722m podem prover até M estimativas de ganho de canal para até M diferentes componentes de multipercurso com diferentes offsets de tempo. Um multiplexador 728 multiplexa as estimativas de ganho de canal a partir dos processadores de ramo 722 designados. As estimativas de ganho de canal a partir do receptor rake 720 representam uma resposta de impulso de canal de domínio do tempo espaçada de forma desigual para o canal de comunicação para o terminal 420x, onde o espaçamento é determinado pelos offsets de tempo  $\tau_i$  associados com essas estimativas de ganho de canal.

A Figura 7A também mostra um DSP 562a, o qual é uma modalidade do DSP 562 na Figura 5B. Dentro do DSP 562a, um interpolador 752 recebe as estimativas de ganho de canal a partir do receptor rake 720, realiza interpolação nessas estimativas de ganho de canal espaçadas de forma desigual e provê N valores de ganho espaçados por chip que representam uma resposta de impulso de canal estimado para o terminal 420x. A interpolação das estimativas de ganho de canal é realizada com base em seus offsets de tempo  $\tau_i$  associados. A interpolação também pode ser realizada utilizando interpolação linear ou alguma outra técnica de interpolação, como é conhecido na técnica. Uma unidade FFT 754 recebe os N valores de ganho espaçados por chip, a partir do interpolador 752, realiza uma FFT de N ponto nesses N valores de ganho, e provê N valores de domínio da frequência. Esses N valores de domínio da frequência são estimativas da resposta de canal para as N sub-bandas do canal de comunicação para o terminal 420x.

Para o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM, o piloto banda larga é transmitido em rajadas e símbolos de dados são transmitidos entre essas rajadas de piloto, como mostrado na Figura 2. FFT 754 provê as estimativas de

resposta de canal para cada rajada de pilotos banda larga. Um interpolador 756 recebe e interpola as estimativas de resposta de canal a partir da FFT 754 e provê uma estimativa de resposta de canal interpolada para cada sub-  
5 banda utilizada para transmissão de dados. O interpolador 756 pode realizar interpolação linear ou algum outro tipo de interpolação. O demodulador 580 utiliza a estimativa de resposta de canal interpolada para demodular coerentemente os símbolos de dados recebidos. Alternativamente, o  
10 interpolador 756 pode simplesmente prover a estimativa de resposta de canal obtida a partir da rajada de pilotos mais próxima para cada sub-banda usada para transmissão de dados.

A Figura 7B mostra um diagrama de blocos de um  
15 processador de piloto RX 560b, o qual pode ser usado para o esquema de transmissão contínua de piloto CDM. O processador de piloto RX 560b é uma outra modalidade de processador de piloto RX 560 na Figura 5B e inclui receptor rake 720 e um cancelador de interferência de piloto 730  
20 opcional.

O cancelador de interferência de piloto 730 recebe o fluxo de chips recebidos a partir da unidade receptora 554 e processa esses chips de uma maneira descrita abaixo para prover os chips de dados recebidos. Se  
25 o cancelador de interferência de piloto 730 não estiver presente, então os chips recebidos podem ser providos diretamente como os chips de dados recebidos. O receptor rake 720 recebe e processa os chips recebidos de uma maneira descrita acima para a Figura 7A. O intervalo de  
30 acumulação  $N_{acc}$  para cada acumulador 726 pode ser selecionado para ser um período de símbolo OFDM, múltiplos períodos de símbolo OFDM, o comprimento de código PN, ou algum outro intervalo de tempo. Os M processadores de ramo

722a a 722m dentro do receptor rake 720 podem prover até M estimativas de ganho de canal para a resposta de impulso de canal estimado ao terminal 420x.

Um DSP 562b recebe e processa as estimativas de ganho de canal a partir do receptor rake 720 para prover estimativas de resposta de canal ao terminal 420x. O DSP 562b inclui um interpolador 762, uma unidade FFT 764, e um filtro 766. O interpolador 762 e a unidade FFT 764 operam de uma maneira descrita acima para o interpolador 752 e unidade FFT 754, respectivamente, na Figura 7A. O filtro 766 filtra as estimativas de resposta de canal e provê uma estimativa de resposta de canal filtrada a cada sub-banda usada para transmissão de dados. O demodulador 580 utiliza a estimativa de resposta de canal filtrado para demodular coerentemente os símbolos de dados recebidos.

A Figura 7C mostra um diagrama de blocos de uma modalidade de cancelador de interferência de piloto 730 dentro do processador de piloto RX 560b. O cancelador de interferência de piloto 730 inclui K estimadores de interferência de piloto 760a a 760k, onde  $K \geq 1$ . Cada estimador de interferência de piloto 760 pode ser usado para estimar a interferência de piloto devido a um terminal. Para clareza, a descrição a seguir é para um estimador de interferência de piloto 760x, o qual é usado para estimar a interferência de piloto a partir do terminal 420x.

O estimador de interferência de piloto 760x inclui M geradores de piloto 762a a 762m e um somador 768. Cada gerador de piloto 762 pode ser designado para uma componente de multipercurso diferente sendo processada pelo receptor rake 720, isto é, um gerador 762 de piloto é associado a cada processador de ramo designado 722. A componente de multipercurso designada a cada gerador de

piloto 762 é associada a um código PN retardado  $PN_x(n + \tau_i)$  e a uma estimativa de ganho de canal  $G_i$ , os quais são providos pelo processador de ramo 722 associado. Dentro de cada gerador de piloto 762, o símbolo piloto é multiplicado com o código PN retardado  $PN_x(n + \tau_i)$  por um multiplicador 764 e multiplicado adicionalmente pela estimativa de ganho de canal  $G_i$  por um multiplicador 766 para prover estimativas de chip piloto para a componente de multipercurso designada. O somador 768 soma então as estimativas de chip piloto a partir de todos os processadores de piloto 762 designados e provê a interferência de piloto devido ao terminal 420x.

Um somador 770 recebe e soma a interferência de piloto para todos os terminais sendo processados e provê a interferência de piloto total. Um somador 772 subtrai a interferência de piloto total a partir dos chips recebidos para prover os chips de dados recebidos.

A Figura 8A mostra um diagrama de fluxo de um processo 810 para transmitir um piloto banda larga com o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM em um sistema de comunicação multiportadora sem fio (por exemplo, um sistema OFDMA). Pelo menos um símbolo piloto é processado com um código PN (por exemplo, no domínio do tempo utilizando processamento por espalhamento espectral por seqüência direta) para obter uma seqüência de chips piloto para o piloto banda larga (etapa 812). O código PN é usado para espalhar espectralmente o símbolo piloto e para identificar exclusivamente uma entidade de transmissão do piloto banda larga. Símbolos de dados são processados de acordo com um esquema de modulação multiportadora (por exemplo, OFDM) para obter uma seqüência de chips de dados (etapa 814). Se os símbolos de dados devem ser transmitidos com salto em freqüência, então a sub-banda específica a ser usada para

os símbolos de dados em cada período de salto é determinada por uma seqüência FH. As seqüências de chips piloto e seqüência de chips de dados podem ser escalonadas com dois fatores de escalonamento para controlar as potências de transmissão para o piloto banda larga e para os símbolos de dados. A seqüência de chips piloto é multiplexada por divisão de tempo com a seqüência de chips de dados para se obter uma seqüência TDM de chips de dados e piloto (etapa 816). A seqüência TDM de chips de dados e piloto é processada adicionalmente e transmitida (etapa 818).

A Figura 8B mostra um diagrama de fluxo de um processo 830 para transmitir um piloto banda larga com o esquema de transmissão contínua de piloto CDM em um sistema de comunicação multiportadora sem fio. Pelo menos um símbolo piloto é processado com um código PN para obter uma seqüência de chips piloto (etapa 832). Os símbolos de dados são processados para obter uma seqüência de chips de dados (etapa 834). As etapas 832 e 834 correspondem às etapas 812 e 814, respectivamente, na Figura 8A. A seqüência de chips piloto é somada à seqüência de chips de dados para obter uma seqüência de chips piloto e de dados combinados (etapa 836). A seqüência de chips piloto e de dados combinados é adicionalmente processada e transmitida (etapa 838).

A Figura 8C mostra um diagrama de fluxo de um processo 850 para receber um piloto banda larga transmitido com o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM em um sistema de comunicação multiportadora sem fio. Uma seqüência de chips recebidos é obtida (etapa 852) e demultiplexada para obter uma seqüência de chips piloto recebidos e uma seqüência de chips de dados recebidos (etapa 854). A seqüência de chips piloto recebidos é processada com um código PN (por exemplo, utilizando um receptor rake) para obter estimativas de ganho de canal

para múltiplos percursos de propagação (etapa 856). Esse código PN é aquele designado à entidade de transmissão cujo piloto banda larga está sendo processado. As estimativas de ganho de canal são processadas adicionalmente (por exemplo, interpoladas) para se obter uma seqüência de valores de ganho espaçados por chip, os quais são então transformados para obter estimativas de resposta de canal para múltiplas sub-bandas (etapa 858).

A seqüência de chips de dados recebidos é processada de acordo com um esquema de demodulação multiportadora (por exemplo, para OFDM) e com as estimativas de resposta de canal para se obter símbolos de dados recuperados, os quais são estimativas dos símbolos de dados transmitidos pela entidade de transmissão (etapa 860). Se os símbolos de dados foram transmitidos com salto em freqüência, então a sub-banda específica a partir da qual se obtém os símbolos de dados recuperados em cada período de salto é determinada pela mesma seqüência FH usada na entidade de transmissão.

A Figura 8D mostra um diagrama de fluxo de um processo 870 para receber um piloto banda larga transmitido com o esquema de transmissão contínua de piloto CDM em um sistema de comunicação multiportadora sem fio. Uma seqüência de chips recebidos, que inclui uma seqüência de chips piloto e de dados combinados transmitida por uma entidade de transmissão, é obtida (etapa 872). A seqüência de chips recebidos é processada com um código PN para a entidade de transmissão para obter estimativas de ganho de canal (etapa 874). As estimativas de ganho de canal são adicionalmente processadas para obter estimativas de resposta de canal para múltiplas sub-bandas (etapa 876).

Cancelamento de interferência de piloto pode ser realizado na seqüência de chips recebidos para obter uma

seqüência de chips de dados recebidos (etapa 878). A etapa 878 é opcional e indicada como tal pela caixa riscada. O cancelamento de interferência de piloto pode ser realizado por (1) estimar a interferência devido ao piloto banda  
5 larga (com as estimativas de ganho de canal para múltiplos percursos de propagação) e (2) cancelar a interferência estimada a partir da seqüência de chips recebidos para se obter a seqüência de chips de dados recebidos. A interferência de piloto, devido a múltiplas entidades de  
10 transmissão, pode ser estimada e cancelada de forma similar. A seqüência de chips de dados recebidos (se o cancelamento de interferência de piloto for realizado) ou a seqüência de chips recebidos (se o cancelamento de interferência de piloto não for realizado) é processada de  
15 acordo com um esquema de demodulação multiportadora e com as estimativas de resposta de canal para se obter símbolos de dados recuperados (etapa 880).

Os esquemas de transmissão de piloto CDM descritos aqui podem prover várias vantagens para um  
20 sistema OFDMA. Para o esquema de transmissão de piloto TDM/CDM, um receptor pode derivar uma estimativa do canal de banda larga integral com uma transmissão de piloto. Para o esquema de transmissão de piloto CDM contínuo, o receptor pode derivar uma estimativa do canal de banda larga  
25 integral mesmo quando o usuário estiver transmitindo dados e saltando em freqüência. Para ambos os esquemas de transmissão de piloto, a taxa de salto em freqüência não mais influencia o overhead do piloto. Além disso, a transmissão de dados pode saltar em qualquer taxa de salto  
30 em freqüência até, e incluindo, um salto a cada período de símbolo OFDM.

Uma vez que o piloto banda larga é um piloto CDM, o sistema OFDMA também se beneficia de muitas das vantagens

de um sistema CDMA. Esses benefícios incluem:

Controle mais rápido de potência;

Soft handoff (desempenho é melhor se as estações base são síncronas); e

5 Melhor resolução de tempo e, portanto, melhor rastreamento de tempo.

Os sinais modulados a partir de um número de terminais podem ser recebidos simultaneamente por uma estação base. O piloto CDM para cada terminal pode ser processado para se obter várias medições para o terminal, tal como a intensidade do piloto recebido, temporização e recuperação de frequência, e assim por diante. Essas medições podem ser usadas para suportar controle de potência, soft handoff, e outras funções. A potência de transmissão de cada terminal é controlada tipicamente de modo que seu sinal modulado, quando recebido na estação base, não ocupa a faixa dinâmica inteira de certos componentes (por exemplo, os ADCs) dentro da unidade receptora da estação base. Controle de potência mais rápido pode ser alcançado com o piloto CDM uma vez que o processamento de piloto é realizado em chips em vez de símbolos OFDM. Controle de potência mais rápido pode prover desempenho aperfeiçoado para todos os terminais. Resolução de tempo aperfeiçoada também pode ser obtida a partir da realização de processamento de piloto em nível de chip em vez de em nível de símbolo OFDM. Soft handoff também pode ser mais prontamente facilitado com medição de intensidade de sinal piloto aperfeiçoada a partir do piloto CDM.

As técnicas descritas aqui podem ser usadas para um sistema OFDMA com salto em frequência assim como para outros sistemas de comunicação multiportadora sem fio. Por exemplo, essas técnicas podem ser usadas para sistemas que empregam outras técnicas de modulação multiportadora tal

como Multitom Discreto (DMT). O piloto CDM pode ser usado com ou sem salto em frequência.

5 As técnicas descritas aqui podem ser implementadas por vários meios no transmissor e no receptor. O processamento de dados e de piloto no transmissor e no receptor pode ser realizado em hardware, software, ou em uma combinação dos mesmos. Para uma implementação de hardware, as unidades de processamento (por exemplo, processador de piloto TX 530, processador de piloto RX 560, DSP 562, e assim por diante) podem ser implementadas dentro de um ou mais circuitos integrados de aplicação específica (ASICs), processadores de sinal digital (DSPs), dispositivos de processamento de sinal digital (DSPDs), dispositivos lógicos programáveis (PLDs), 10 arranjos de portas programáveis em campo (FPGAs), processadores, controladores, microcontroladores, microprocessadores, outras unidades eletrônicas projetadas para realizar as funções descritas aqui, ou uma combinação das mesmas.

20 Para uma implementação de software, o processamento de dados e de piloto no transmissor e no receptor pode ser implementado com módulos (por exemplo, procedimentos, funções, e assim por diante) que realizam as funções descritas aqui. Os códigos de software podem ser armazenados em unidades de memória (por exemplo, unidades de memória 542 e 592 nas Figuras 5A e 5B) e executados por processadores (por exemplo, controladores 540 e 590). A unidade de memória pode ser implementada dentro do processador ou externa ao processador, em cujo caso ela 25 pode ser acoplada comunicativamente com o processador via vários meios como é sabido na técnica.

30 A descrição anterior das modalidades descritas é provida para permitir que qualquer pessoa versada na

técnica realize ou utilize a presente invenção. Várias modificações a essas modalidades serão prontamente evidentes àqueles versados na técnica, e os princípios gerais aqui definidos podem ser aplicados a outras modalidades sem se afastar do espírito e escopo da invenção. Dessa forma, a presente invenção não deve ser limitada às modalidades aqui mostradas, mas a ela deve ser concedido o mais amplo escopo compatível com os princípios, e novas características, aqui descritos.

### REIVINDICAÇÕES

1. Método para transmitir um piloto banda larga em um sistema de comunicação multiportadora sem fio, **caracterizado** pelo fato de que compreende as etapas de:

5                   processar (812) pelo menos um símbolo piloto com um código de número pseudo-aleatório (PN) para obter uma seqüência de chips piloto para o piloto banda larga;

                  processar (814) símbolos de dados de acordo com um esquema de modulação multiportadora para obter uma  
10                   seqüência de chips de dados;

                  multiplexar por divisão de tempo (816) a seqüência de chips piloto com a seqüência de chips de dados para obter uma seqüência multiplexada por divisão de tempo (TDM) de chips piloto e de dados; e

15                   transmitir (818) a seqüência TDM de chips piloto e de dados em diferentes sub-bandas dentre a pluralidade de sub-bandas em diferentes intervalos de tempo como determinado por uma seqüência de salto em freqüência (FH).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o sistema de comunicação multiportadora sem fio é um sistema de comunicação de acesso múltiplo por divisão de freqüência ortogonal (OFDMA), e em que o esquema de modulação multiportadora é de multiplexação por divisão de freqüência ortogonal  
20                   (OFDM).

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o pelo menos um símbolo piloto é espalhado espectralmente com o código PN em domínio do tempo utilizando processamento por espalhamento espectral por seqüência direta para obter a seqüência de  
30                   chips piloto.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o código PN identifica de

forma exclusiva uma entidade de transmissão do piloto banda larga.

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

5 escalonar a seqüência de chips piloto com um fator de escalonamento para obter uma seqüência de chips piloto escalonada, em que o fator de escalonamento é indicativo de um nível de potência de transmissão para o piloto banda larga, e em que a seqüência de chips piloto  
10 escalonada é multiplexada por divisão de tempo com a seqüência de chips de dados.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a seqüência TDM de chips piloto e de dados é transmitida em um link reverso no  
15 sistema.

7. Equipamento em um sistema de comunicação multiportadora sem fio, **caracterizado** pelo fato de que compreende:

20 meios para processar pelo menos um símbolo piloto com um código de número pseudo-aleatório (PN) para obter uma seqüência de chips piloto para um piloto banda larga;

meios para processar símbolos de dados de acordo com um esquema de modulação multiportadora para obter uma seqüência de chips de dados;

25 meios para multiplexar por divisão de tempo a seqüência de chips piloto com a seqüência de chips de dados para obter uma seqüência multiplexada por divisão de tempo (TDM) de chips piloto e de dados; e

30 meios para transmitir a seqüência TDM de chips piloto e de dados em diferentes sub-bandas dentre a pluralidade de sub-bandas em diferentes intervalos de tempo como determinado por uma seqüência de salto em freqüência (FH).

8. Equipamento, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de que:

os meios para processar são um gerador de piloto (610);

5 os meios para multiplexar por divisão de tempo são um multiplexador (618); e

os meios para transmitir são um transmissor (532) e compreendendo ainda:

10 um modulador (514) operativo para processar símbolos de dados de acordo com um esquema de modulação multiportadora para obter uma seqüência de chips de dados.

9. Terminal (420x), **caracterizado** pelo fato de que compreende o equipamento conforme definido na reivindicação 8.

15 10. Estação base (410x), **caracterizada** pelo fato de que compreende o equipamento conforme definido na reivindicação 8.

20 11. Memória **caracterizada** pelo fato de que compreende instruções armazenadas na mesma que, quando executadas, fazem com que um processador realize o método conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 6.

12. Método para receber um piloto banda larga em um sistema de comunicação multiportadora sem fio, **caracterizado** pelo fato de que compreende as etapas de:

25 obter (872) uma seqüência de chips recebidos que inclui uma seqüência multiplexada por divisão de tempo (TDM) de chips piloto e de dados recebidos obtidos a partir de sub-bandas diferentes dentre a pluralidade de sub-bandas em diferentes intervalos de tempo como determinado por uma seqüência de salto em freqüência (FH);

30

demultiplexar a seqüência de chips recebidos para obter uma seqüência de chips piloto recebidos para o piloto banda larga e uma seqüência de chips de dados recebidos;

processar (874) a seqüência de chips piloto recebidos com um código de número pseudo-aleatório (PN) para obter uma pluralidade de estimativas de resposta de canal para uma pluralidade de sub-bandas; e

5 processar (880) a seqüência de chips de dados recebidos de acordo com um esquema de demodulação multiportadora e com a pluralidade de estimativas de resposta de canal para obter símbolos de dados recuperados.

10 13. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de que o sistema de comunicação multiportadora sem fio é um sistema de comunicação de acesso múltiplo por divisão de freqüência ortogonal (OFDMA), e em que o esquema de demodulação multiportadora é para multiplexação por divisão de freqüência ortogonal (OFDM).

14. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de que processar a seqüência de chips piloto recebidos compreende:

20 obter uma pluralidade de estimativas de ganho de canal para uma pluralidade de percursos de propagação para o piloto banda larga;

processar a pluralidade de estimativas de ganho de canal para obter uma seqüência de valores de ganho espaçados por chip; e

25 transformar a seqüência de valores de ganho espaçados por chip para obter a pluralidade de estimativas de resposta de canal para a pluralidade de sub-bandas.

30 15. Método, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado** pelo fato de que uma pluralidade de estimativas de ganho de canal é obtida com um receptor rake possuindo uma pluralidade de processadores de ramo, em que cada processador de ramo é operativo para processar um percurso diferente dentre a pluralidade de percursos de

propagação para prover uma estimativa de ganho de canal para o percurso de propagação.

16. Equipamento em um sistema de comunicação multiportadora sem fio, **caracterizado** pelo fato de que  
5 compreende:

meios para obter uma seqüência de chips recebidos que inclui uma seqüência multiplexada por divisão de tempo (TDM) de chips piloto e de dados recebidos obtidos a partir de sub-bandas diferentes dentre a pluralidade de sub-bandas  
10 em diferentes intervalos de tempo como determinado por uma seqüência de salto em freqüência (FH);

meios para demultiplexar a seqüência de chips recebidos para obter uma seqüência de chips piloto recebidos para um piloto banda larga e uma seqüência de  
15 chips de dados recebidos;

meios para processar a seqüência de chips piloto recebidos com um código de número pseudo-aleatório (PN) para obter uma pluralidade de estimativas de resposta de canal para uma pluralidade de sub-bandas; e

20 meios para processar a seqüência de chips de dados recebidos de acordo com um esquema de demodulação multiportadora e com a pluralidade de estimativas de resposta de canal para obter símbolos de dados recuperados.

17. Equipamento, de acordo com a reivindicação  
25 16, **caracterizado** pelo fato de que:

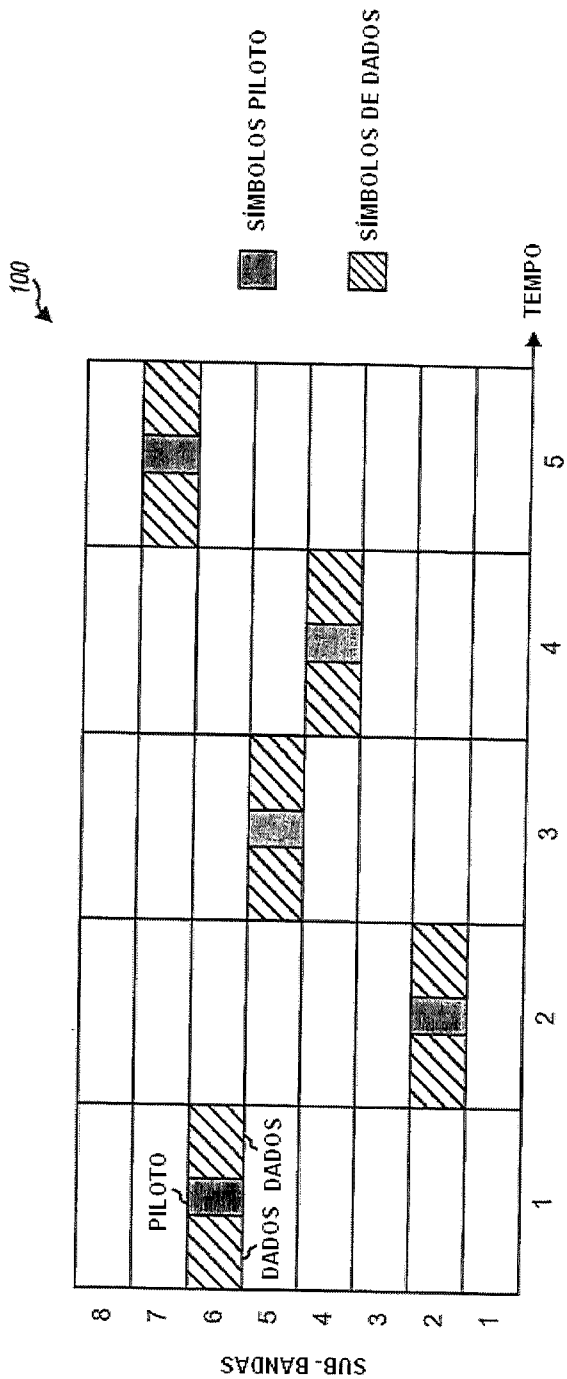
os meios para demultiplexar são um demultiplexador (712);

os meios para processar a seqüência de chips piloto recebidos são um receptor rake (720); e

30 os meios para processar a seqüência de chips de dados recebidos são um demodulador (570); e compreendendo ainda:

um processador (562a) operativo para processar a

pluralidade de estimativas de ganho de canal para obter uma pluralidade de estimativas de resposta de canal para uma pluralidade de sub-bandas.



PERÍODO DE SALTO (T)

FIG. 1

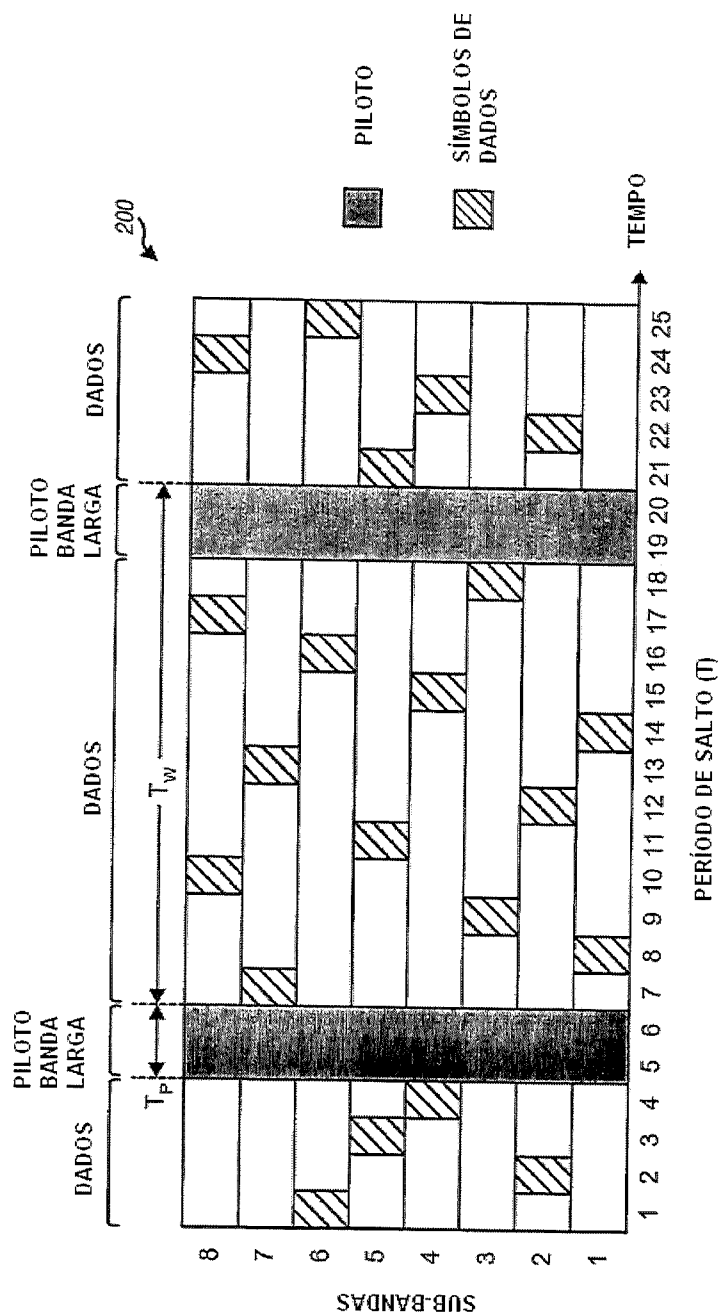


FIG. 2

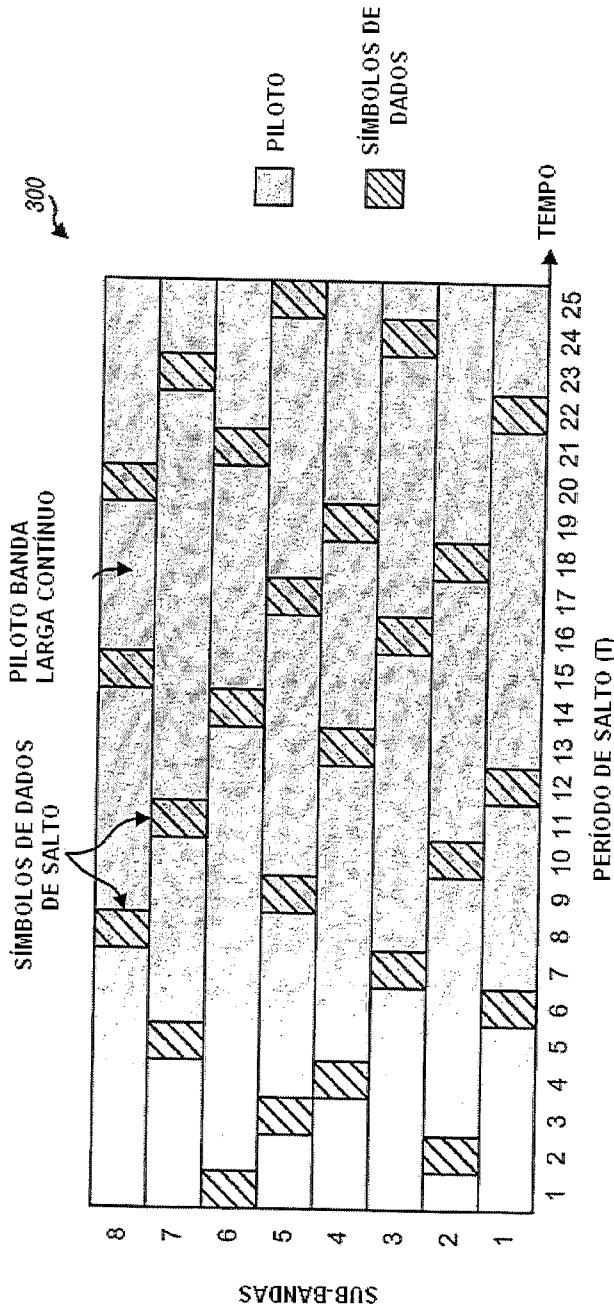
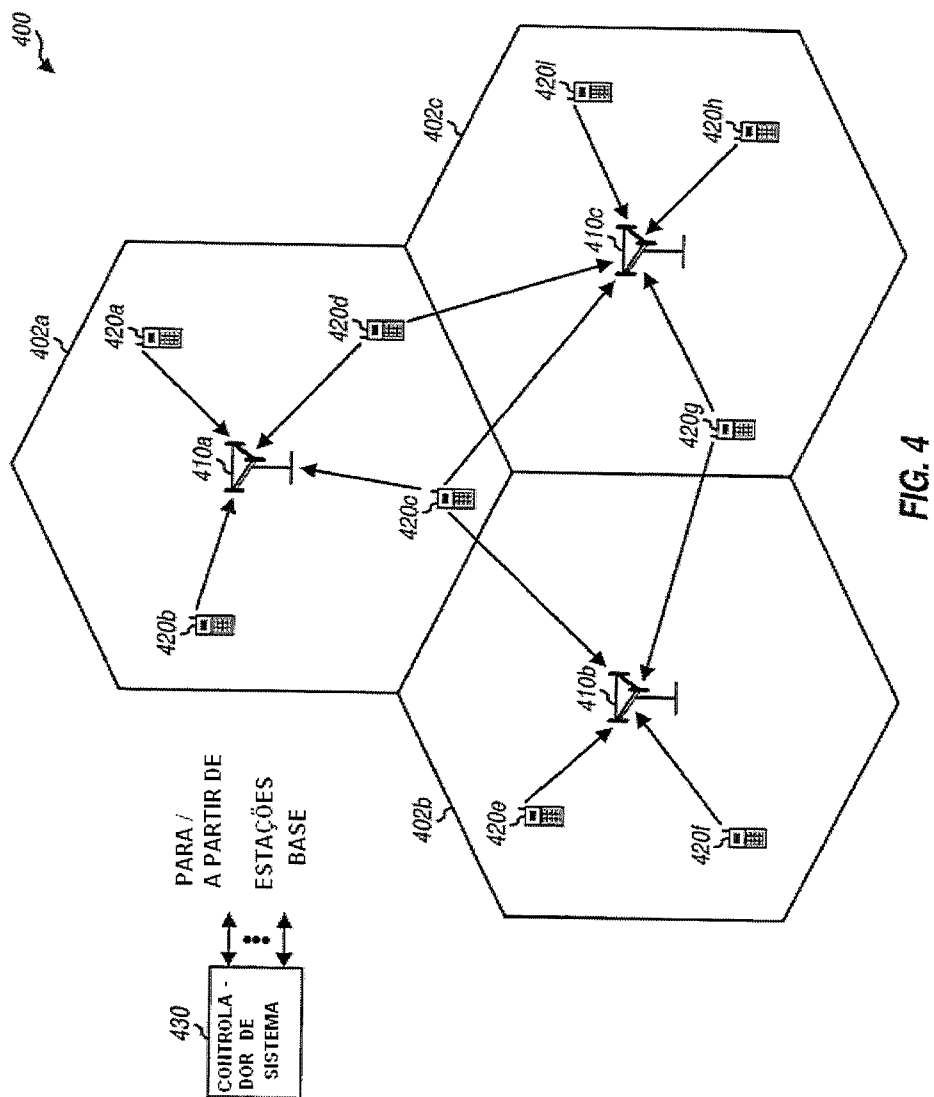


FIG. 3



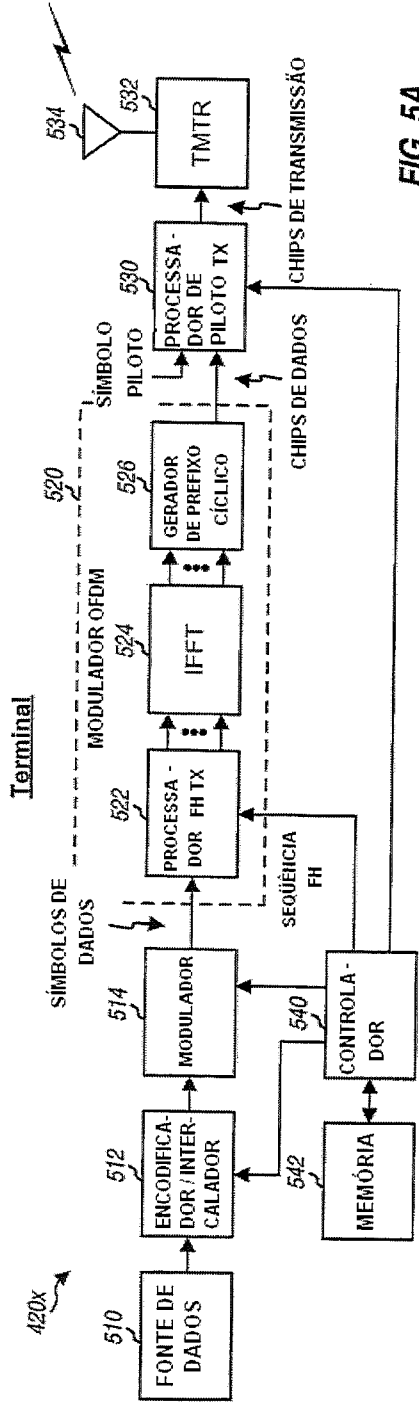


FIG. 5A

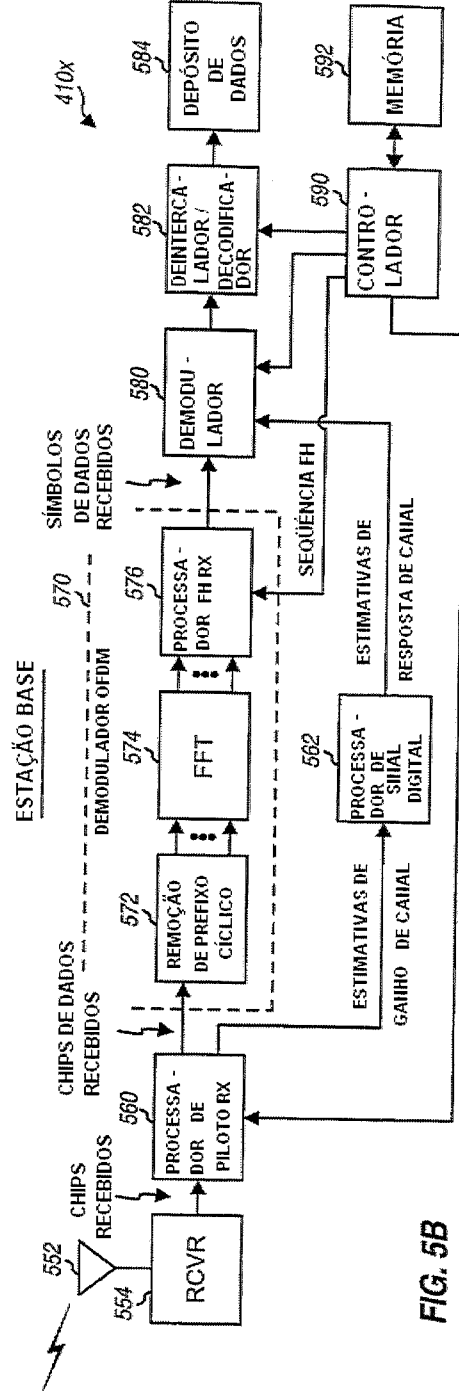


FIG. 5B

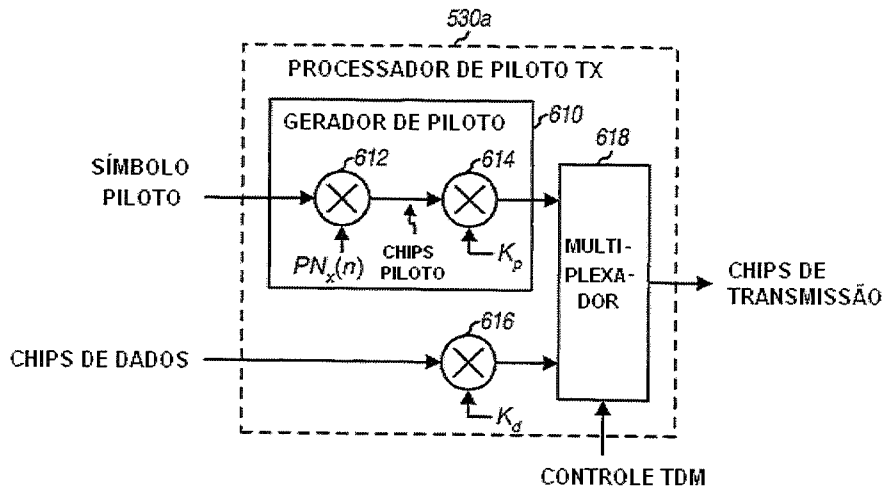


FIG. 6A

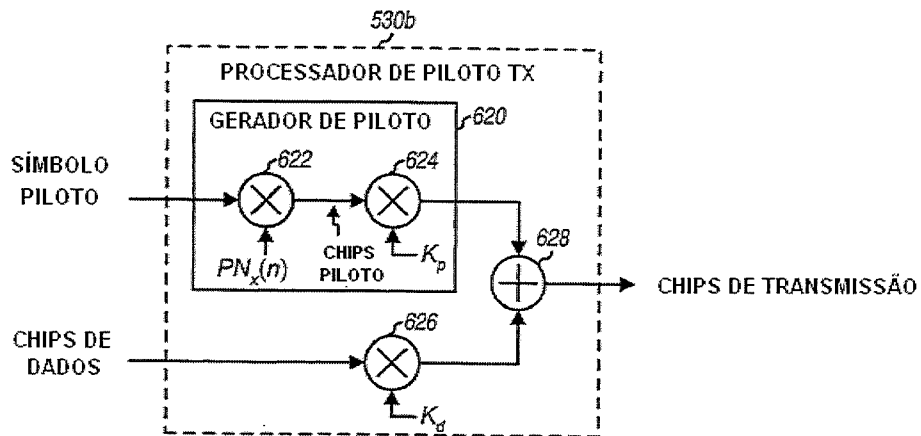


FIG. 6C

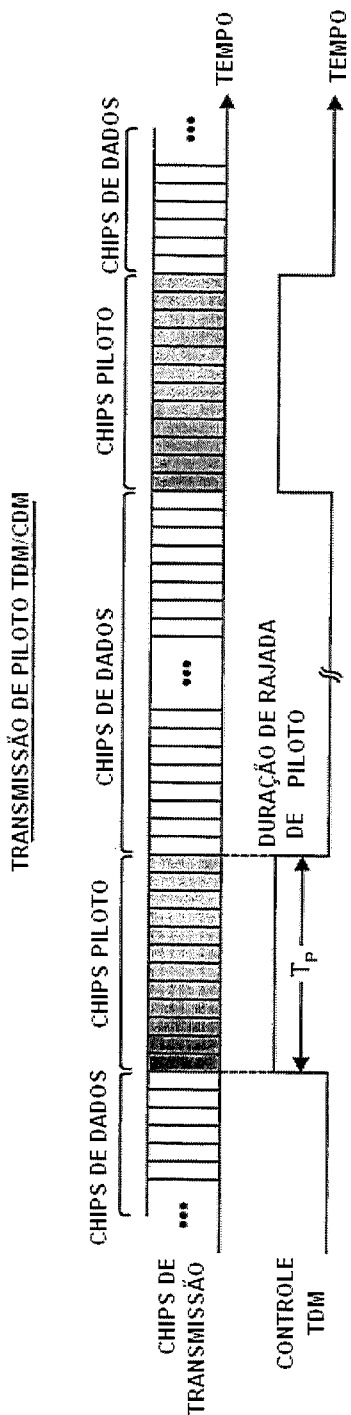


FIG. 6B

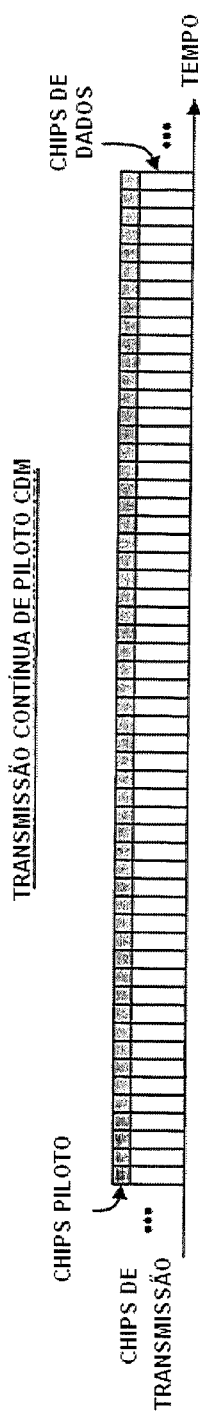


FIG. 6D

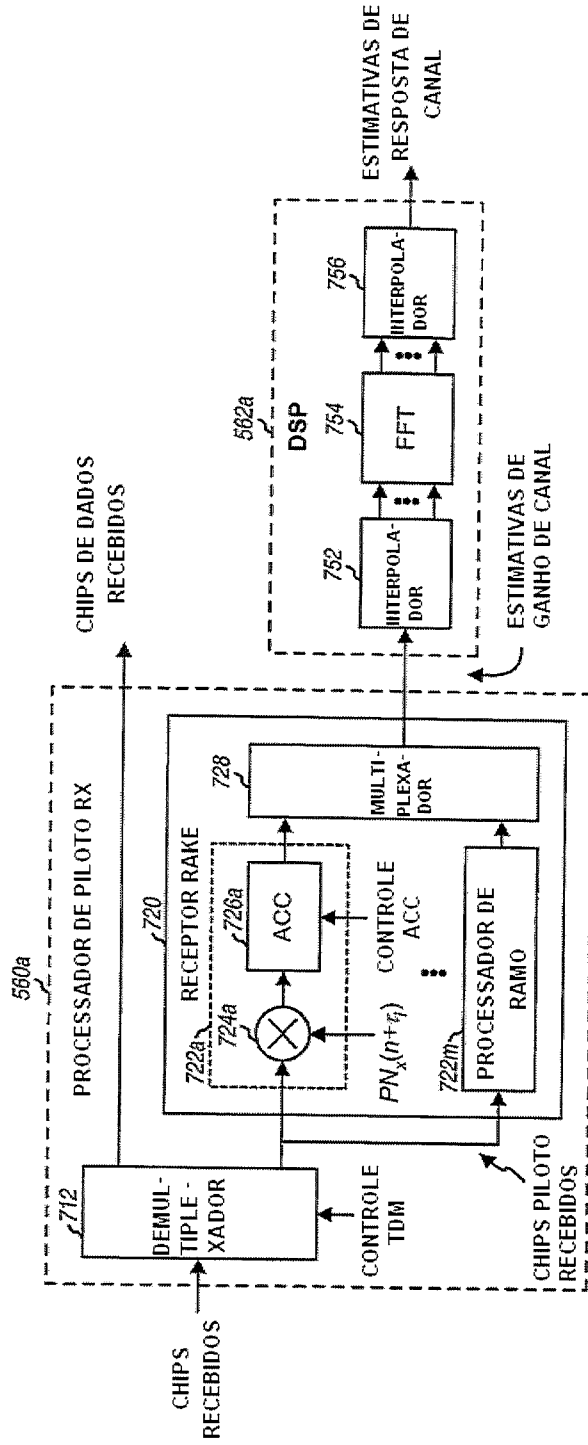


FIG. 7A

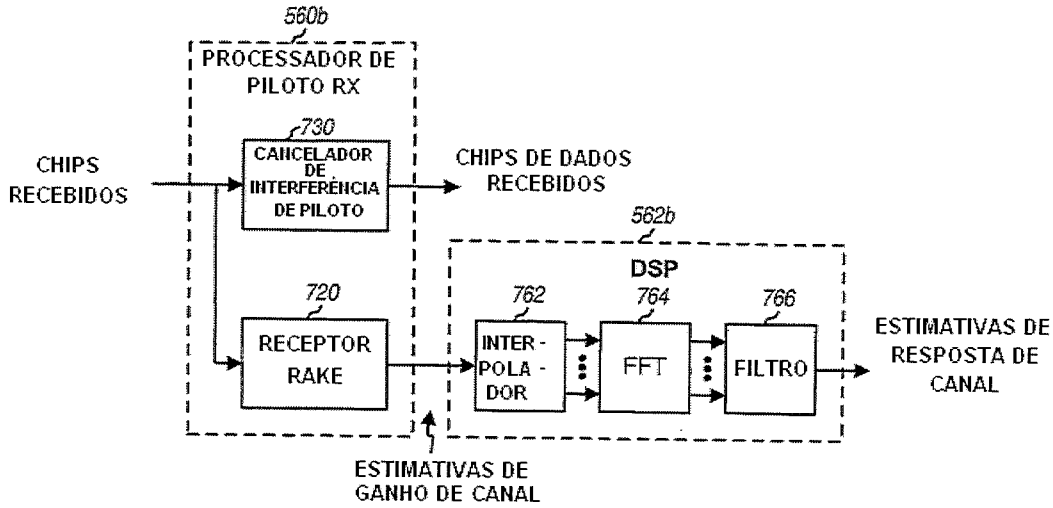


FIG. 7B

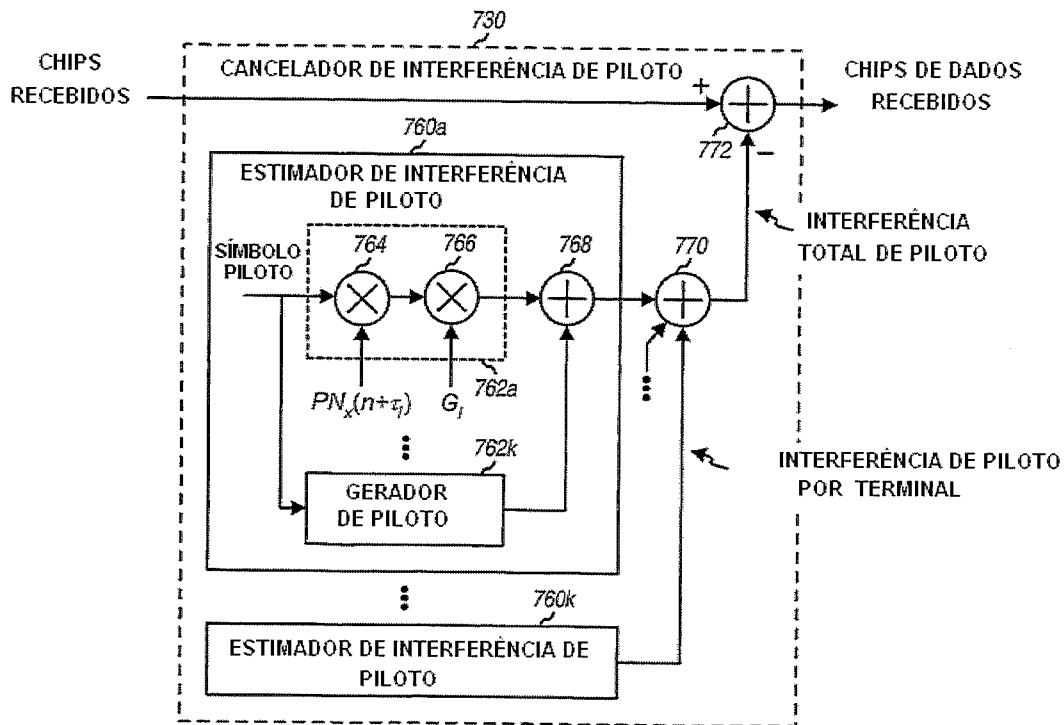


FIG. 7C



FIG. 8A

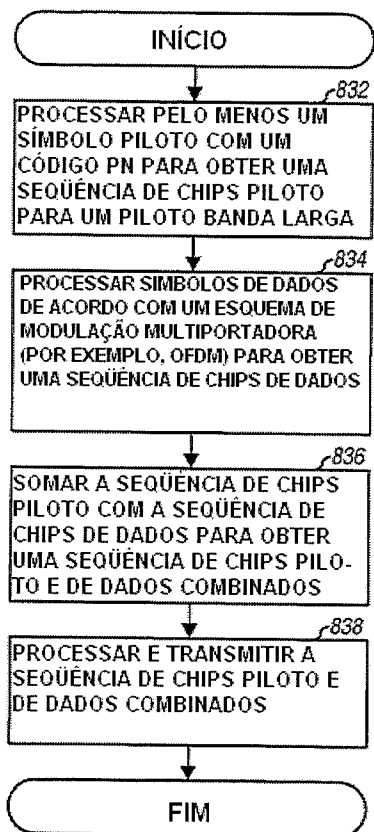


FIG. 8B

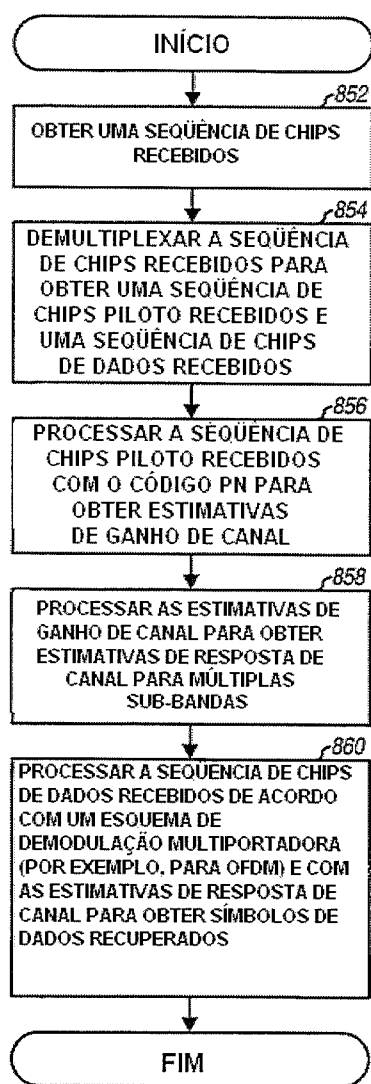


FIG. 8C

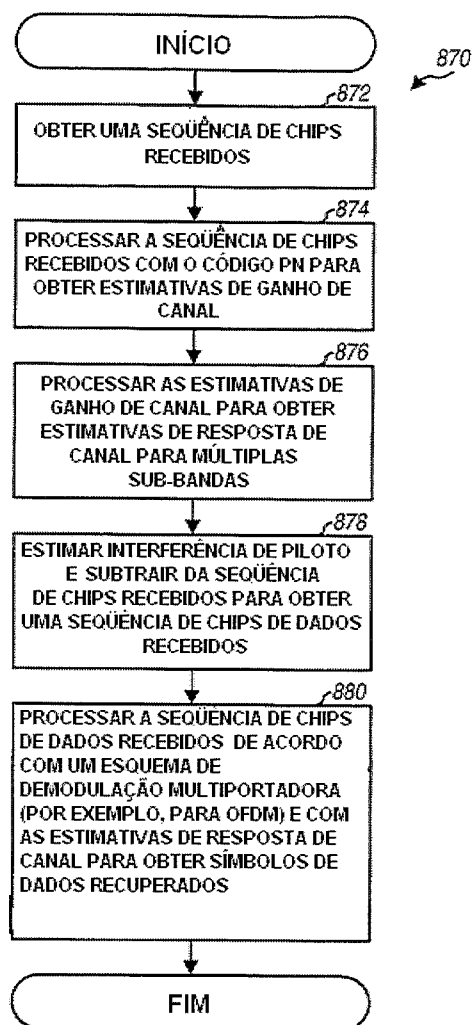


FIG. 8D