



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

**(11) PI 0410256-8 B1**



**(22) Data do Depósito: 14/05/2004**

**(45) Data de Concessão: 04/02/2020**

**(54) Título:** ESTIMAÇÃO DE RUÍDO E INTERFERÊNCIA EM UM SISTEMA OFDM

**(51) Int.Cl.:** H04J 11/00.

**(30) Prioridade Unionista:** 14/05/2003 US 60/470,724; 24/03/2004 US 10/809,538.

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

**(72) Inventor(es):** ARAK SUTIVONG; AYMAN FAWZY NAGUIB; AVNEESH AGRAWAL.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2004015204 de 14/05/2004

**(87) Publicação PCT:** WO 2004/104530 de 02/12/2004

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

**(57) Resumo:** "ESTIMAÇÃO DE RUÍDO E INTERFERÊNCIA EM UM SISTEMA OFDM". Ruído e interferência podem ser independentemente medidos em um sistema de Multiplexação Ortogonal por Divisão de Frequências (OFDM) de múltiplos usuários. Interferência co-canal é medida em um sistema OFDM de múltiplos usuários, salto em frequências pelo rastreamento das subportadoras designadas a todos os usuários em uma célula ou área de serviço específica. O ruído mais interferência compósito pode ser determinado pela medição da quantidade de potência recebida em uma subportadora sempre que não for designado a nenhum usuário na célula. Um valor é armazenado para cada subportadora no sistema e o valor de ruído mais interferência pode ser uma média ponderada do presente valor com valores previamente armazenados. O componente de ruído pode ser independentemente determinado em um sistema síncrono. No sistema síncrono, todos os usuários em um sistema podem ser periodicamente proibidos de transmitir através de uma subportadora e a potência recebida na subportadora medida durante o período não possuindo transmissões.

**"ESTIMAÇÃO DE RUÍDO E INTERFERÊNCIA EM UM SISTEMA OFDM"****FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO**Campo da Invenção

A invenção refere-se ao campo de comunicações sem fio. Mais particularmente, a invenção refere-se a sistemas e métodos para estimar ruído em um sistema de Multiplexação por Divisão de Frequência Ortogonal (OFDM).

Descrição da Técnica Relacionada

Sistemas de comunicação sem fio se baseiam continuamente na transmissão de grandes quantidades de dados em uma variedade de condições de operação. A quantidade de espectro de frequência ou largura de banda, que é alocada a um sistema de comunicação é frequentemente limitada por regulamentações governamentais. Desse modo, há uma necessidade constante de otimizar a capacidade de transmissão de dados em uma dada largura de banda de comunicação.

O problema de otimizar a capacidade de transmissão de dados em uma dada banda de comunicação é composto pela necessidade de suportar simultaneamente múltiplos usuários. Os usuários podem ter cada um diferentes necessidades de comunicação. Um usuário pode estar transmitindo sinais com taxa baixa, como sinais de voz, enquanto outro usuário pode estar transmitindo sinais de dados com taxa alta, como vídeo. Um sistema de comunicação pode implementar um método específico de utilizar eficientemente uma banda de comunicação para suportar múltiplos usuários.

Os sistemas de comunicação sem fio podem ser implementados em muitos modos diferentes. Por exemplo, Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência (FDMA), Acesso Múltiplo por Divisão de tempo (TDMA), Acesso Múltiplo por

Divisão de Código (CDMA), e Multiplexação por Divisão de Freqüência Ortogonal (OFDM) são utilizados em sistemas de comunicação sem fio. Cada um dos diferentes sistemas de comunicação tem vantagens e desvantagens relacionadas a  
5 aspectos específicos do sistema.

A figura 1 é uma representação de freqüência-tempo de sinais em um sistema OFDM típico. O sistema OFDM tem um espectro de freqüência alocado 120. O espectro de freqüência alocado 120 é dividido em múltiplas portadoras,  
10 por exemplo, 130a-130d e 132a-132d. As múltiplas portadoras em um sistema OFDM também podem ser referidas como subportadoras. Cada uma das subportadoras, por exemplo, 130a, é modulada com um fluxo de dados com taxa baixa. Adicionalmente, como o nome do sistema indica, cada uma das  
15 subportadoras, por exemplo, 130a, é ortogonal a todas as outras subportadoras, por exemplo 130b-130d e 132a-132d.

As subportadoras, por exemplo, 130a-130d, podem ser construídas para serem ortogonais umas com as outras por chaveamento da subportadora. Uma subportadora, por  
20 exemplo, 130a, bloqueada e desbloqueada utilizando uma janela retangular produz um espectro de freqüência possuindo um formato  $(\text{sen}(x)/x)$ . O período de chaveamento retangular e o espaçamento de freqüência das subportadoras, por exemplo, 130a e 130b, podem ser escolhidos de tal modo  
25 que o espectro da primeira subportadora modulada 130a seja anulado nas freqüências centrais das outras subportadoras, por exemplo, 130b-130d.

O sistema OFDM pode ser configurado para suportar múltiplos usuários pela alocação de uma parte das  
30 subportadoras a cada usuário. Por exemplo, a um primeiro usuário pode ser alocado um primeiro conjunto de subportadoras 130a-130d e a um segundo usuário pode ser alocado um segundo conjunto de subportadoras 132a-132d. O

número de subportadoras alocadas para usuários não necessita ser igual e as subportadoras não necessitam estar em uma banda contígua.

Desse modo, no domínio do tempo, diversos  
5 símbolos OFDM 110a-110n são transmitidos, resultando em um espectro de frequência de subportadoras ortogonais 130a-130d e 132a-132d. Cada uma das subportadoras, por exemplo 130a, é independentemente modulada. Uma ou mais subportadoras 130a-130d podem ser alocadas a um link de  
10 comunicação individual. Adicionalmente, o número de subportadoras atribuídas a um usuário específico pode mudar com o passar do tempo.

Desse modo, OFDM é uma técnica de multiplexação promissora para transmissão em alta taxa de dados através  
15 de canais sem fio que pode ser implementada em sistemas de comunicação sem fio, tais como sistemas de comunicação celular que suportam grande número de usuários. Entretanto, sistemas celulares utilizam um conceito de reuso em frequência para aperfeiçoar a eficiência de utilização  
20 espectral. O reuso em frequência introduz interferência co-canal (CCI), que é uma fonte principal de degradação de desempenho em tais sistemas. Como discutido acima, todos os usuários na mesma célula ou setor de um sistema OFDM são ortogonais entre si porque todas as subportadoras são  
25 ortogonais. Desse modo, na mesma célula ou setor, as múltiplas subportadoras não causam substancialmente nenhuma interferência entre si. Entretanto, células ou setores adjacentes podem utilizar o mesmo espaço de frequência devido ao reuso em frequência. Conseqüentemente, em um  
30 sistema OFDM, os usuários em diferentes células ou setores são fontes de interferência e produzem a fonte principal de CCI para células ou setores adjacentes.

É desejável ser capaz de se determinar o nível de CCI em um receptor de comunicação sem fio OFDM. O nível de CCI é necessário no receptor por dois motivos principais. O receptor pode operar em uma malha de controle de potência fechada com um transmissor e necessita saber o nível de CCI para ajustar o nível de potência transmitido em cada subportadora a fim de manter a relação sinal/interferência-mais-ruído (SNIR) requerida para um certo desempenho. O receptor também necessita uma estimativa de CCI para valores de Portadora/Interferência (C/I) ou SINR que são utilizados na operação de um decodificador de canal.

#### **SUMÁRIO DA INVENÇÃO**

São descritos um método e equipamento para determinar uma estimativa de ruído em um sistema OFDM. Uma estimativa do ruído pode ser determinada pela detecção da potência recebida em uma banda de frequência de subportadora não atribuída. Caso a banda de frequência de subportadora não atribuída corresponda a uma subportadora não atribuída localmente, a potência recebida representa uma estimativa do ruído mais interferência na banda de frequência de subportadora. Caso a banda de frequência de subportadora não atribuída corresponda a uma subportadora não atribuída na extensão do sistema, a potência recebida representa uma estimativa do piso de ruído (noise floor) na banda de frequência de subportadora.

Em um aspecto, a invenção é um método para se determinar uma estimativa de ruído compreendendo receber símbolos OFDM e detectar uma potência recebida em uma banda de frequência de subportadora não atribuída. Em outro aspecto, a invenção é um método de se determinar uma estimativa de ruído compreendendo receber símbolos OFDM em um sistema de comunicação celular sem fio, no qual os símbolos correspondem a um período de símbolo. O método

inclui determinar subportadoras não atribuídas durante o período de símbolo e determinar uma potência recebida de sinais nas bandas de frequência de subportadora não atribuída. A potência é armazenada na memória e calculada a  
5 média com valores previamente armazenados para gerar uma estimativa de ruído.

Em outro aspecto, a invenção é um equipamento para estimar ruído em um sistema OFDM. O equipamento inclui um receptor configurado para receber de forma sem fio  
10 símbolos OFDM e um detector configurado para detectar o nível de potência recebida de sinais recebidos pelo receptor. Um processador está incluído no equipamento para determinar subportadoras não atribuídas em um período de símbolo e determinar uma estimativa de ruído com base, pelo  
15 menos em parte, em um dos níveis de potência recebida.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

Os aspectos acima descritos e outros aspectos, características e vantagens da invenção ficarão evidentes após exame da seguinte descrição detalhada e dos desenhos  
20 em anexo. Nos desenhos, caracteres de referência similares identificam elementos funcionalmente equivalentes ou idênticos.

A figura 1 é uma representação frequência-tempo funcional de um típico sistema OFDM.

25 A figura 2 é um diagrama de blocos funcionais de um sistema OFDM implementado em um ambiente celular.

A figura 3 é um diagrama de blocos funcionais de um transmissor OFDM.

30 As figuras 4A-4B são diagramas de blocos funcionais de receptores OFDM.

A figura 5 é um diagrama de espectro de uma parte de uma banda de frequência OFDM.

A figura 6 é um fluxograma de um método para se determinar ruído e interferência em um sistema OFDM.

#### **DESCRIÇÃO DETALHADA DA MODALIDADE PREFERIDA**

Um diagrama de blocos funcionais de um sistema de comunicação sem fio OFDM celular 200 possuindo receptores que incorporam detecção de ruído e de interferência de subportadora é mostrado na figura 2. O sistema OFDM 200 inclui diversas estações base 210a-210g que fornecem comunicação para diversos terminais 220a-220o. Uma estação base, por exemplo, 210a, pode ser uma estação fixa utilizada para comunicação com os terminais, por exemplo, 220a, e também pode ser referida como um ponto de acesso, um Nó B, ou alguma outra terminologia.

Diversos terminais 220a-220o podem ser dispersos por todo o sistema OFDM 200, e cada terminal pode ser fixo, por exemplo, 220k, ou móvel, por exemplo, 220b. Um terminal, por exemplo, 220a também pode ser referido como uma estação móvel, uma estação remota, um equipamento de usuário (UE), um terminal de acesso, ou alguma outra terminologia. Cada terminal, por exemplo, 220a, pode comunicar-se com uma ou possivelmente múltiplas estações base no downlink e/ou uplink em qualquer dado momento. Cada terminal, por exemplo, 220m, pode incluir um transmissor OFDM 300m e um receptor OFDM 400m para permitir comunicações com uma ou mais estações base. Modalidades do transmissor OFDM 300m e do receptor OFDM 400m são descritas em maiores detalhes nas figuras 3 e 4. Na figura 2, os terminais 220a até 220o podem receber, por exemplo, transmissões de dados piloto, de sinalização e específicos de usuário provenientes de estações base 210a até 210g.

Cada estação base, por exemplo, 210a, no sistema OFDM 200 provê cobertura para uma área geográfica específica, por exemplo, 202a. A área de cobertura de cada

estação base é tipicamente dependente de vários fatores (por exemplo, terreno, obstruções, e assim por diante) porém, para simplicidade, é freqüentemente representada por um hexágono ideal como mostrado na figura 2. Uma estação  
5 base e/ou sua área de cobertura também são freqüentemente referidas como uma "célula", dependendo do contexto no qual o termo é utilizado.

Para aumentar a capacidade, a área de cobertura de cada estação base, por exemplo, 210a, pode ser  
10 particionada em múltiplos setores. Caso cada célula for dividida em três setores, então cada setor de uma célula setorizada é freqüentemente representado por uma cunha de 120° ideal que representa um terço da célula. Cada setor pode ser servido por um subsistema transceptor base (BTS)  
15 correspondente, por exemplo, 212d. O BTS 212d inclui um transmissor OFDM 300d e um receptor OFDM 400d, cada um dos quais é descrito em maiores detalhes nas figuras 3 e 4. Para uma célula setorizada, a estação base para tal célula freqüentemente inclui todos os BTSs que servem os setores  
20 de tal célula. O termo "setor" é também freqüentemente utilizado para se referir a um BTS e/ou sua área de cobertura, dependendo do contexto no qual o termo é utilizado.

Como será discutido em maiores detalhes a seguir,  
25 cada estação base, por exemplo, 210a, tipicamente implementa um transmissor configurado para fornecer o downlink, também referido como o link direto, comunicação para terminais, por exemplo, 220a. Adicionalmente, cada estação base, por exemplo, 210a, também implementa um  
30 receptor configurado para receber o uplink, também referido como link reverso, comunicação proveniente dos terminais, por exemplo, 220a.



Na direção de downlink, o transmissor de estação base recebe um sinal proveniente de uma fonte de sinais, que pode ser uma Rede de Telefonia Pública Comutada (PSTN) ou alguma outra fonte de sinais. O transmissor de estação base converte então o sinal em um sinal OFDM que deve ser transmitido para um ou mais terminais. O transmissor de estação base pode digitalizar o sinal, multiplexar o sinal em vários sinais paralelos, e modular um número predeterminado de subportadoras correspondendo ao número de percursos paralelos de sinais. O número de subportadoras pode ser constante ou pode variar. Adicionalmente, as subportadoras podem ser adjacentes umas às outras de modo a definir uma banda de frequência contígua ou podem ser separadas umas das outras de modo a ocupar várias bandas de frequência independentes. A estação base pode atribuir subportadoras em um método que é constante, como no caso de um número fixo de subportadoras, pseudo-aleatório, ou aleatório. O transmissor de estação base também pode incluir uma parte analógica ou Radiofrequência (RF) para converter sinais de banda base OFDM em uma banda de frequência de transmissão desejada.

Em um sistema OFDM 200, o reuso de frequência pode ocorrer em cada célula. Isto é, as frequências de uplink e downlink utilizadas por uma primeira estação base, por exemplo, 210d, em uma primeira célula, por exemplo, 202d, podem ser utilizadas pelas estações base, 210a-c e 210e-g, em células adjacentes 202a-c e 202e-g. Como descrito acima, cada transmissor de estação base contribui para a interferência de co-canal (CCI) experimentada por receptores vizinhos, nesse caso receptores de terminais vizinhos. Por exemplo, o transmissor em uma primeira estação base 210f contribui para a CCI dos terminais, 220e e 220g, em células adjacentes 202c e 202d, que não estão se

comunicando com a primeira estação base 210f. Para ajudar a minimizar a quantidade de CCI experimentada por terminais vizinhos, o transmissor de estação base pode fazer parte de um sistema de controle de potência em malha fechada.

5                Para auxiliar a minimizar a quantidade de CCI experimentada pelos terminais fora de uma célula, por exemplo, 202f, o transmissor de estação base pode minimizar a potência de RF que transmite para cada um dos terminais, 220m e 220l, com os quais a estação base 210f está em  
10 comunicação. O transmissor de estação base pode ajustar a potência de transmissão com base, em parte, em uma determinação do nível de ruído em cada banda de subportadora e em um sinal de controle de potência transmitido pelo terminal e recebido por um receptor de  
15 estação base.

A estação base, por exemplo, 210b, pode tentar manter um valor de C/I ou de SINR predeterminado para cada subportadora, de tal modo que uma qualidade de serviço predeterminada seja mantida para os terminais, por exemplo,  
20 220b-d. Uma SINR ou C/I que é maior do que o valor predeterminado pode contribuir pouco para a qualidade de serviço visto pelo terminal, por exemplo, 220b, porém resultaria em uma CCI aumentada para todas as células adjacentes, 202a, 202d e 202e. Inversamente, um valor de  
25 SINR ou de C/I que esteja abaixo do nível predeterminado pode resultar em qualidade de serviço muito diminuída experimentada pelo terminal 220b.

O receptor de estação base pode medir os níveis de ruído e interferência em cada uma das bandas de  
30 subportadora como parte de uma malha de controle de potência que ajusta uma SINR ou C/I do sinal de transmissão. O receptor de estação base mede os níveis de ruído e interferência em cada uma das bandas de

subportadora e armazena os níveis. À medida que subportadoras são atribuídas aos links de comunicação, o transmissor de estação base examina os níveis de ruído e interferência na determinação de potência para alocar a  
5 cada subportadora. Desse modo, o transmissor de estação base pode manter uma SINR ou C/I predeterminada para cada subportadora que minimiza a CCI experimentada por terminais em outras células.

Em outra modalidade, o terminal, por exemplo,  
10 220i, pode tentar manter a SINR ou C/I recebida mínima requerida para obter uma qualidade de serviço predeterminada. Quando a SINR ou C/I recebida está acima de um nível predeterminado, o terminal 220i pode transmitir um sinal para a estação base 210f para solicitar que a estação  
15 de base 210f reduza a potência de sinal de transmissão. Alternativamente, caso a SINR ou C/I recebida esteja abaixo do nível predeterminado, o terminal 220i pode transmitir um sinal para a estação base 210f a fim de solicitar que a estação base 210f aumente a potência de sinal de  
20 transmissão. Desse modo, pela minimização da potência transmitida a qualquer dado terminal, a quantidade de CCI experimentada pelos terminais em células adjacentes é minimizada.

A figura 3 é um diagrama de blocos funcionais de  
25 um transmissor OFDM 300 que pode ser incorporado, por exemplo, em uma estação transceptora base ou um terminal. O diagrama de blocos funcionais do transmissor OFDM 300 inclui a seção de banda base, detalha a parte de banda base do transmissor e não mostra processamento de sinais,  
30 interface de fonte, ou seções de RF que podem ser incluídas no transmissor 300.

O transmissor OFDM 300 inclui uma ou mais fontes  
302 que correspondem a um ou mais fluxos de dados. Quando o

transmissor OFDM 300 é um transmissor de estação base, as fontes 302 podem incluir fluxos de dados provenientes de uma rede externa, como uma rede PSTN. Cada um dos fluxos de dados pode ser destinado a um terminal separado. Os dados  
5 fornecidos pelas fontes 302 podem ser múltiplos fluxos de dados paralelos, fluxos de dados seriais, fluxos de dados multiplexados ou uma combinação de fluxos de dados. As fontes 302 fornecem os dados a um modulador 310. O modulador 310 processa e modula as fontes de entrada. O  
10 modulador 310 pode incluir blocos funcionais que executam intercalação, codificação, agrupamento, e modulação, como conhecido na técnica. O modulador 310 não é limitado à execução de um tipo específico de intercalação. Por exemplo, o modulador pode independentemente intercalar em  
15 blocos os dados de fonte para cada terminal.

O modulador 310 também pode ser configurado para executar codificação. Novamente, o transmissor 300 não é limitado a um tipo específico de codificação. Por exemplo, o modulador 310 pode executar codificação Reed-Solomon ou  
20 codificação convolucional. A taxa de codificação pode ser fixa ou pode variar dependendo do número de subportadoras atribuídas a um link de comunicação para o terminal. Por exemplo, o modulador 310 pode executar codificação convolucional com uma taxa de metade do codificador quando  
25 um primeiro número de subportadoras é atribuído a um terminal e pode ser controlado para executar a codificação convolucional com uma taxa de um terço quando um segundo número de subportadoras é atribuído ao terminal. Em outro exemplo, o modulador pode executar codificação Reed-Solomon  
30 com uma taxa que varia dependendo do número de subportadoras atribuídas ao terminal.

O modulador 310 também pode ser configurado para modular os dados utilizando um formato predeterminado. Por

exemplo, o modulador 310 pode executar Modulação de Amplitude em Quadratura (QAM), Modulação por Deslocamento de Fase em quadratura (QPSK), Modulação por Deslocamento de Fase Binária (BPSK), ou algum outro formato de modulação.

5 Em outra modalidade, o modulador 310 processa os dados em um formato para modular as subportadoras.

O modulador 310 também pode incluir amplificadores ou estágios de ganho para ajustar a amplitude dos símbolos de dados atribuídos às subportadoras. O modulador 310 pode ajustar o ganho dos amplificadores em uma base de subportadora, com o ganho para cada subportadora dependendo, pelo menos em parte, do ruído e interferência na largura de banda de subportadora.

A saída do modulador 310 é acoplada à entrada de um multiplexador 1:N 320, onde N representa o número máximo de subportadoras utilizadas no link de transmissão do sistema de comunicação. O multiplexador 320 também pode ser referido como um "conversor serial/paralelo" porque o multiplexador 320 recebe dados seriais do modulador 310 e converte os mesmos em um formato paralelo para realiza interface com a pluralidade de subportadoras.

Um módulo de atribuição de subportadora 312 controla o modulador 310 e o multiplexador 320. O número de subportadoras utilizadas para suportar os dados de fonte pode ser, e tipicamente é, menor do que o número máximo de subportadoras utilizadas no link de transmissão do sistema de comunicação. O número de subportadoras atribuídas a um link de comunicação específico pode mudar com o passar do tempo. Adicionalmente, mesmo se o número de subportadoras atribuídas a um link de comunicação específico permanecer igual, a identidade das subportadoras pode mudar com o passar do tempo.

Subportadoras podem ser aleatória ou pseudo-aleatoriamente atribuídas a links de comunicação. Como a identidade das subportadoras pode mudar, as bandas de frequência ocupadas pelo link de comunicação podem mudar com o passar do tempo. O sistema de comunicação pode ser um sistema de salto em frequências implementando um método de salto em frequências predeterminado.

O módulo de atribuição de subportadora 312 pode implementar o método de salto em frequências e pode rastrear o conjunto de subportadoras utilizadas e os conjuntos de subportadoras alocadas a links de comunicação. Por exemplo, em uma estação base com três sinais de link direto, o módulo de atribuição de subportadora 312 pode atribuir um primeiro conjunto de subportadoras a um primeiro link de comunicação, um segundo conjunto de subportadoras a um segundo link de comunicação, e um terceiro conjunto de subportadoras a um terceiro link de comunicação. O número de subportadoras em cada conjunto pode ser igual ou pode ser diferente. O módulo de atribuição de subportadora 312 rastreia o número de subportadoras alocadas aos links de comunicação e o número de subportadoras que estão ociosas e capazes de atribuição a links de comunicação.

O módulo de atribuição de subportadora 312 controla o modulador 310 para fornecer a codificação desejada, e modulação necessária que suporta o conjunto de subportadoras atribuídas. Adicionalmente, o módulo de atribuição de subportadoras 312 controla o multiplexador 320 de tal modo que dados do modulador 310 sejam fornecidos para o canal multiplexador correspondendo a uma subportadora atribuída. Desse modo, o módulo de atribuição de subportadora 312 controla a identidade de e número de subportadoras atribuídas a um link de comunicação

específico. O módulo de atribuição de subportadoras 312 também rastreia a identidade de subportadoras que estão ociosas e que podem ser alocadas a um link de comunicação.

A saída do multiplexador 320 é acoplada a um  
5 módulo de Transformada Rápida Inversa de Fourier (IFFT) 330. Um barramento paralelo 322 possuindo uma largura igual ou maior do que o número total de subportadoras acopla a saída paralela do multiplexador 320 ao módulo IFFT 330.

Uma transformada de Fourier executa um mapeamento  
10 do domínio do tempo para o domínio da frequência. Desse modo, uma transformada Inversa de Fourier executa um mapeamento do domínio da frequência para o domínio do tempo. O módulo IFFT 330 transforma as subportadoras moduladas em um sinal no domínio do tempo. As propriedades  
15 de transformada de Fourier asseguram que os sinais de subportadora são uniformemente espaçados e são ortogonais entre si.

A saída paralela do módulo IFFT 330 é acoplada a um demultiplexador 340 utilizando outro barramento paralelo  
20 332. O demultiplexador 340 converte o fluxo de dados modulados paralelos em um fluxo serial. A saída do demultiplexador 340 pode ser então acoplada a um gerador de banda de guarda (não mostrado) e a seguir a um Conversor Analógico/Digital (ADC) (não mostrado). O gerador de banda  
25 de guarda insere um período de tempo entre símbolos OFDM sucessivos para minimizar os efeitos de interferência entre símbolos devido a multipercursos no link de comunicação. A saída do ADC pode ser então acoplada a um transmissor de RF (não mostrado) que converte de forma ascendente o sinal  
30 OFDM em uma banda de frequência de transmissão desejada.

As figuras 4A-4B são diagramas de blocos funcionais das modalidades do receptor OFDM 400. O receptor OFDM 400 pode ser implementado na estação base ou em um

terminal, como um terminal móvel. O receptor OFDM 400 da figura 4A implementa um estimador de ruído principalmente no domínio digital, enquanto o receptor OFDM 400 da figura 4B implementa um estimador de ruído principalmente no domínio analógico.

O receptor OFDM 400 da figura 4A recebe em uma antena 402 sinais de RF que são transmitidos por um transmissor OFDM complementar. A saída da antena 402 é acoplada a um receptor 410 que pode filtrar, amplificar e converter de forma descendente em banda base o sinal OFDM recebido.

A saída de banda base do receptor 410 é acoplada a um módulo de remoção de guarda 420 que é configurado para remover o intervalo de guarda inserido entre símbolos OFDM no transmissor. A saída do módulo de remoção de guarda 420 é acoplada a um Conversor Analógico/Digital (ADC) 422 que converte o sinal de banda base analógico em uma representação digital. A saída do ADC 422 é acoplada a um multiplexador 424 que transforma o sinal de banda base serial em N percursos de dados paralelos. O número N representa o número total de subportadoras OFDM. Os símbolos em cada um dos percursos de dados paralelos representam os símbolos de domínio do tempo de chaveamento do sinal OFDM.

Os percursos de dados paralelos são acopladas a uma entrada de um módulo de Transformada Rápida de Fourier (FFT) 430. O módulo FFT 430 transforma os sinais de domínio do tempo chaveados em sinais no domínio da frequência. Cada uma das saídas do módulo FFT 430 representa uma subportadora modulada.

A saída paralela do módulo FFT 430 é acoplada a um demodulador 440 que demodula as subportadoras OFDM. O demodulador 440 pode ser configurado para demodular somente



um subconjunto das subportadoras recebidas pelo receptor 400 ou pode ser configurado para demodular todas as saídas do módulo FFT 430, correspondendo a todas as subportadoras. A saída do demodulador 440 pode ser um símbolo único ou  
5 pode ser uma pluralidade de símbolos. Por exemplo, se a subportadora for modulada em quadratura, o demodulador 440 pode transmitir componentes de sinal em quadratura e em fase do símbolo demodulado.

A saída do demodulador 440 é acoplada a um  
10 detector 450. O detector 450 é configurado para detectar a potência recebida em cada uma das bandas de frequência de subportadora. O detector 450 pode detectar a potência recebida pela detecção ou de outro modo determinação, por exemplo, de uma potência, uma amplitude, uma magnitude  
15 quadrada, uma magnitude, e similar, ou alguma outra representação do sinal de subportadora demodulado que correlaciona com potência recebida. Por exemplo, uma magnitude quadrada de um sinal modulado em quadratura pode ser determinada pela soma dos quadrados das componentes de  
20 sinal em quadratura e em fase. O detector 450 pode incluir uma pluralidade de detectores ou pode incluir um único detector que determina o valor detectado de sinais de subportadora desejados antes da ocorrência do próximo símbolo demodulado.

25 Um processador 460 realiza interface com a memória 470 que inclui instruções legíveis pelo processador. A memória 470 pode incluir também locais de armazenamento regraváveis que são utilizados para armazenar e atualizar os valores de ruído de subportadora detectados.

30 As subportadoras alocadas a um link de comunicação específico podem mudar em cada borda de símbolo. Uma sequência de salto em frequências ou informações de salto em frequências que identificam as subportadoras alocadas ao

link de comunicação para o receptor 400 também podem ser armazenadas na memória 470. O processador 460 utiliza as informações de salto em frequências para otimizar desempenho do módulo FFT 430, demodulador 440 e detector 450. Desse modo, o processador 460 é capaz de utilizar a sequência de salto em frequências, ou outras informações de salto em frequências, para identificar quais das subportadoras são alocadas a um link de comunicação e quais das subportadoras estão ociosas.

Por exemplo, onde um número menor do que o número total de subportadoras é alocado ao link de comunicação para o receptor 400, o processador 460 pode controlar o módulo FFT 430 a fim de terminar somente aqueles sinais de saída FFT que correspondem às subportadoras alocadas. Em outra modalidade, o processador 460 controla o módulo FFT 430 para determinar os sinais de saída correspondendo às subportadoras alocadas ao link de comunicação para o receptor 400 mais as saídas correspondendo às subportadoras que estão ociosas e não alocadas a nenhum link de comunicação. O processador 460 é capaz de aliviar parte da carga no módulo FFT 430 pela diminuição do número de sinais de saída FFT que necessita determinar.

O processador 460 pode controlar também o demodulador 440 para demodular somente aqueles sinais para os quais o módulo FFT 430 provê um sinal de saída. Adicionalmente, o processador 460 pode controlar o detector 450 para detectar somente aqueles sinais de subportadora que correspondem a subportadoras ociosas ou não alocadas. Como o detector 450 pode ser limitado a detectar níveis de ruído em subportadoras não alocadas, o detector 450 pode ser configurado para detectar os sinais antes do demodulador. Entretanto, a colocação do detector 450 após o demodulador 440 pode ser vantajosa porque o ruído detectado pelo

detector 450 terá experimentado o mesmo processamento de sinais experimentado pelos símbolos naquela subportadora. Desse modo, as propriedades estatísticas do processamento de sinais experimentado pelo ruído demodulado serão similares às propriedades estatísticas experimentadas pelos símbolos demodulados.

O processador 460 pode rastrear o ruído nas subportadoras pela detecção da potência do ruído demodulado em uma subportadora sempre que a subportadora não for atribuída a um link de comunicação. A potência detectada da subportadora não atribuída representa a potência de interferência mais ruído na banda de subportadora. O processador pode armazenar a potência detectada em um local de memória na memória 470 correspondendo à subportadora. Em sistema OFDM de salto em frequências, a identidade de subportadoras não atribuídas muda com o passar do tempo, e pode mudar em cada borda de símbolo.

O processador 460 pode armazenar diversas medições de potência detectadas para uma primeira subportadora em locais de memória independentes. O processador 460 pode calcular então a média de um número predeterminado de medições de potência detectadas. Alternativamente, o processador 460 pode computar uma média ponderada do ruído e interferência pela ponderação de cada uma das medições de potência detectadas, armazenadas, por um fator que depende, em parte, da idade da medição de potência detectada, a idade da medição de potência sendo um período de tempo decorrido desde a medição. Ainda em outra modalidade, o processador 460 pode armazenar a potência de interferência e ruído detectados em um local correspondente na memória 470. O processador 460 pode então atualizar o valor de interferência e ruído para uma subportadora específica pela ponderação do valor armazenado por uma primeira quantidade e

ponderação de uma nova potência detectada por uma segunda quantidade e armazenamento da soma no local de memória correspondendo à subportadora. Utilizando esse método de atualização alternativo, somente locais de armazenamento N  
5 são necessários para armazenar as estimativas de interferência e ruído de subportadora N. Pode ser visto que outros métodos de armazenamento e atualização dos valores de interferência e ruído para as subportadoras são disponíveis.

A potência detectada para uma subportadora não  
10 atribuída representa o ruído e interferência agregados para aquela banda de subportadora a menos que nenhuma fonte interferente esteja efetuando broadcast na banda de frequência. Quando nenhuma fonte interferente está efetuando broadcast na banda de frequência de subportadora, a potência  
15 detectada representa a potência detectada do piso do ruído.

Um sistema OFDM pode garantir que nenhuma fonte de sistema esteja efetuando broadcast de um sinal interferente em uma banda de subportadora pela sincronização de todos os transmissores e definição de um período durante o qual todos  
20 os transmissores não transmitem através de uma subportadora específica. Isto é, onde o estimador de ruído é executado em um receptor no terminal, todas as estações base em um sistema OFDM podem parar periodicamente de transmitir em uma ou mais frequências de subportadora predeterminadas durante  
25 um período de símbolo predeterminado. A comunicação no sistema OFDM não cessa durante o período no qual a única subportadora não é atribuída porque todas as outras subportadoras podem continuar a ser alocadas a links de comunicação. Desse modo, o nível de ruído sem interferência  
30 pode ser determinado para cada uma das bandas de frequência de subportadora pela sincronização dos transmissores e não atribuição periódica de cada uma das subportadoras a qualquer link de comunicação por um ou mais períodos de

símbolos. Então, a potência de ruído sem fontes interferentes pode ser determinada para a banda de subportadora durante o período de não atribuição.

A figura 4B é um diagrama de blocos funcionais de  
5 outra modalidade de um receptor OFDM 400, no qual o ruído e interferência são detectados utilizando dispositivos analógicos. O receptor 400 recebe inicialmente sinais OFDM em uma antena 402 e acopla a saída da antena 402 a um receptor 410. Como na modalidade anterior, o receptor 410  
10 filtra, amplifica, e converte de forma descendente em banda base o sinal OFDM recebido. A saída do receptor 410 é acoplada à entrada de um filtro 480. A saída de banda base do receptor 410 também pode ser acoplada a outros estágios de processamento de sinal (não mostrados), como um módulo de  
15 remoção de guarda, um módulo FFT, e um demodulador.

Em uma modalidade, o filtro 480 é um banco de filtros possuindo um número de filtros de banda base igual a um número de subportadoras no sistema de comunicação. Cada um dos filtros pode ser configurado para ter  
20 substancialmente a mesma largura de banda que a largura de banda de sinal da subportadora. Em outra modalidade, o filtro 480 é um banco de filtros possuindo um ou mais filtros sintonizáveis que podem ser sintonizados em qualquer banda de subportadora no sistema de comunicação. Os filtros  
25 sintonizáveis são sintonizados nas bandas de frequência de subportadora que não são alocadas para o link de comunicação para o receptor 400. A largura de banda dos filtros sintonizáveis pode ser substancialmente igual à largura de banda da banda de subportadora.

30 A saída do filtro 480 é acoplada ao detector 490. A saída do filtro 480 pode ser um ou mais sinais filtrados. O número de sinais de saída do filtro 480 pode ser tão

elevado quanto o número de subportadoras no sistema de comunicação.

O detector 490 pode ser configurado para detectar a potência em cada um dos sinais filtrados. O detector 490  
5 pode incluir um ou mais detectores de potência. Os detectores de potência podem corresponder a uma saída do filtro 480. Alternativamente, um ou mais detectores de potência podem ser utilizados para detectar sucessivamente a potência de cada uma das saídas de filtro.

10 A saída do detector 490 é acoplada à entrada de um ADC 494. O ADC 494 pode incluir uma pluralidade de conversores, cada um correspondendo a uma das saídas de detector 490. Alternativamente, o ADC 494 pode incluir um único ADC que converte seqüencialmente cada uma das saídas  
15 de detector 490.

Um processador 460 realizando interface com uma memória 470 pode ser acoplado à saída do ADC 494. O processador 460 pode ser configurado, utilizando instruções legíveis pelo processador armazenadas na memória 470, para  
20 controlar o ADC 494 a fim de converter somente aqueles níveis de potência detectados, de interesse. Adicionalmente, o processador 460 pode rastrear a seqüência de salto em frequências e atualizar os níveis de interferência e ruído detectados como na modalidade anterior. O nível de ruído  
25 pode ser detectado independente do nível de interferência em sistemas síncronos, onde todos os transmissores podem ser controlados para cessar periodicamente a transmissão em uma subportadora predeterminada por uma duração predeterminada, como um período de símbolo.

30 A figura 5 é um diagrama de espectro de uma parte de uma banda de frequência OFDM 500 durante um período de tempo predeterminado. A banda de frequência OFDM 500 inclui diversas subportadoras que ocupam, individualmente uma banda

de frequência predeterminada, por exemplo 502a. Uma pluralidade de links de comunicação pode ocupar simultaneamente a banda de frequência OFDM 500. A pluralidade de links de comunicação pode utilizar somente um subconjunto do número total de subportadoras disponíveis no sistema.

Por exemplo, um primeiro link de comunicação pode ter alocado quatro subportadoras ocupando quatro bandas de frequência, 502a-d. As subportadoras e as bandas de frequência correspondentes 502a-d são mostradas como posicionado em uma banda de frequência contígua. Entretanto, as subportadoras alocadas a um link de comunicação específico não necessitam estar adjacentes e podem ser qualquer uma das subportadoras disponíveis no sistema OFDM.

Um segundo link de comunicação pode ter alocado um segundo conjunto de subportadoras, e desse modo um segundo conjunto de bandas de frequência de subportadora 522a-d. Similarmente um terceiro e um quarto link de comunicação podem ter alocado um terceiro conjunto e um quarto conjunto, respectivamente, de subportadoras. O terceiro conjunto de subportadoras corresponde a um terceiro conjunto de bandas de frequência 542a-c e o quarto conjunto de subportadoras corresponde a um quarto conjunto de bandas de frequência de subportadora 562a-c.

O número de subportadoras alocadas a um link de comunicação específico pode variar com o tempo e pode variar de acordo com as cargas colocadas no link de comunicação. Desse modo, links de comunicação de taxa mais elevada de dados podem ter alocados um número mais elevado de subportadoras. O número de subportadoras alocadas a um link de comunicação pode mudar em cada borda de símbolo. Desse modo, o número e posição de subportadoras alocadas no sistema OFDM podem mudar em cada borda de símbolo.

Como o número total de subportadoras alocadas pode não corresponder ao número total de subportadoras disponíveis no sistema OFDM, pode haver uma ou mais subportadoras que não sejam alocadas a nenhum link de comunicação, e desse modo estejam ociosas. Por exemplo, três bandas de subportadora, 510a-c, 530a-c, e 550a-e, são mostradas na banda de frequência OFDM 500 como não alocadas a nenhum link de comunicação. Novamente, as subportadoras não atribuídas, e desse modo, as bandas de subportadora correspondentes, não necessitam ser adjacentes e não ocorrem necessariamente entre subportadoras alocadas. Por exemplo, algumas ou todas as subportadoras não atribuídas podem ocorrer em uma extremidade da banda de frequência.

Um receptor pode estimar, e atualizar estimativas de, ruído mais interferência em uma subportadora pela detecção da potência na banda de subportadora quando a subportadora não é atribuída. Uma subportadora não atribuída pode representar uma subportadora que é localmente não atribuída, como em uma célula ou setor no qual o receptor é posicionado. Outras células ou setores de uma célula podem alocar a subportadora a um link de comunicação.

Por exemplo, um primeiro receptor, como um receptor em um terminal pode estabelecer um link de comunicação com uma estação base utilizando um primeiro conjunto de subportadoras em uma primeira banda de frequência 502a-d. O primeiro receptor pode estimar o ruído e interferência em uma banda de frequência não atribuída, por exemplo 530a, pela determinação da potência na banda de frequência de subportadora 530a. Como discutido anteriormente, o receptor pode atualizar uma estimativa previamente armazenada em memória por tirar a média de níveis de potência previamente armazenados com o nível de potência medido mais recentemente. Alternativamente, o nível



de potência mais recentemente determinado, correspondendo à estimativa de interferência e ruído mais recente, pode ser utilizado na determinação de uma média ponderada de um número predeterminado de estimativas de ruído mais  
5 interferência recentes.

Adicionalmente, em um sistema sincronizado, uma ou mais das subportadoras pode ser não atribuída a todos os transmissores por uma duração predeterminada, por exemplo uma duração de símbolo. Desse modo, a subportadora é não  
10 atribuída em todas as células de um sistema OFDM específico pela duração de símbolo. Então para a subportadora não atribuída na extensão do sistema o receptor pode estimar o piso de ruído pela determinação da potência na banda de frequência de subportadora, por exemplo 550d, durante o  
15 período no qual nenhum transmissor está transmitindo na banda de frequência. O receptor pode atualizar também as estimativas de ruído pela média ou média ponderada de diversas estimativas. O receptor pode armazenar separadamente a estimativa do piso de ruído para cada uma  
20 das bandas de subportadoras. Desse modo, o receptor é periodicamente capaz de atualizar o piso de ruído e níveis de interferência e ruído em cada uma das bandas de subportadora.

A figura 6 é um fluxograma de um método 600 de  
25 determinar e atualizar níveis de ruído e interferência em bandas de subportadora OFDM. O método 600 pode ser implementado em um receptor em um sistema OFDM. O receptor pode ser, por exemplo, o receptor em um terminal. Alternativa ou adicionalmente, o receptor pode ser, por  
30 exemplo, um receptor em um transceptor de estação base.

O método 600 começa no bloco 602, onde o receptor sincroniza em tempo com o transmissor. O receptor pode, por exemplo, sincronizar uma referência de tempo com uma

referência de tempo no transmissor. O receptor pode necessitar sincronizar com o transmissor por uma variedade de motivos não relacionados com a estimação de ruído. Por exemplo, o receptor pode necessitar sincronizar com o transmissor para determinar quais subportadoras são alocadas a seu link de comunicação durante um ou mais períodos de símbolo.

O receptor prossegue a seguir para o bloco 610, onde o receptor determina as subportadoras não utilizadas ou não atribuídas no próximo período de símbolo. O transmissor pode enviar essas informações para o receptor em uma mensagem overhead. Desse modo, uma mensagem recebida pelo receptor indica quais das subportadoras são não atribuídas em um dado período de símbolo. Alternativamente, a atribuição de subportadoras pode ser pseudo-aleatória e o receptor pode ter sincronizado uma sequência pseudo-aleatória localmente gerada com o transmissor na etapa de sincronização anterior. Na modalidade alternativa, o receptor determina as subportadoras não atribuídas com base em uma sequência internamente gerada, como a sequência pseudo-aleatória localmente gerada ou uma sequência de salto em frequências internamente gerada.

O receptor prossegue para o bloco 620, onde os sinais OFDM transmitidos são recebidos. Os símbolos recebidos podem incluir aquelas subportadoras atribuídas alocadas ao link de comunicação com o receptor bem como subportadoras não alocadas ao link de comunicação com o receptor.

O receptor prossegue para o bloco 622, onde o receptor converte os sinais recebidos em um sinal OFDM de banda base. Os sinais recebidos são tipicamente transmitidos sem fio para o receptor como símbolos OFDM de RF utilizando o link de RF. O receptor converte tipicamente o sinal

recebido em um sinal de banda base para facilitar o processamento de sinais.

Após converter o sinal recebido em um sinal de banda base, o receptor prossegue para o bloco 624 onde os  
5 intervalos de guarda são removidos dos sinais recebidos. Como discutido anteriormente na discussão do transmissor OFDM, os intervalos de guarda são inseridos para fornecer imunidade de multipercursos.

Após remoção dos intervalos de guarda, o receptor  
10 prossegue para o bloco 630 onde o sinal é digitalizado em um ADC. Após digitalizar o sinal, o receptor prossegue para o bloco 632 onde o sinal é convertido de um sinal serial em um número de sinais paralelos. O número de sinais paralelos pode ser tão elevado quanto, e é tipicamente igual ao,  
15 número de subportadoras no sistema OFDM.

Após a conversão de serial/ paralelo, o receptor prossegue para o bloco 640, onde o receptor executa uma FFT nos dados paralelos. A FFT transforma os sinais OFDM no domínio do tempo em subportadoras moduladas no domínio da  
20 frequência.

O receptor prossegue para o bloco 650, onde pelo menos algumas das subportadoras moduladas emitidas da FFT são demoduladas. O receptor demodula tipicamente as subportadoras alocadas ao link de comunicação com o receptor  
25 e também demodula as subportadoras não atribuídas.

O receptor prossegue então para o bloco 660, onde as subportadoras não atribuídas são detectadas para fornecer uma estimativa de interferência e ruído. Se a subportadora for uma subportadora não atribuída na extensão do sistema, a  
30 saída detectada representa uma estimativa do piso de ruído para aquela banda de subportadora.

O receptor prossegue então para o bloco 670 e atualiza as estimativas de piso de ruído e ruído mais

interferência armazenadas na memória. Como discutido anteriormente, o receptor pode armazenar um número predeterminado de estimativas de ruído mais interferência mais recentemente determinadas e executar uma média das  
5 estimativas. Similarmente, o receptor pode determinar uma média de um número predeterminado de estimativas de piso de ruído recentemente determinadas.

O receptor prossegue para o bloco 680, onde a estimativa de ruído é comunicada a um transmissor. Por  
10 exemplo, se o receptor for um receptor de terminal, o receptor de terminal pode comunicar a estimativa de ruído a um transmissor em um transceptor de estação base. O receptor de terminal pode primeiramente comunicar a estimativa de ruído a um transmissor de terminal associado. O transmissor  
15 de terminal pode então transmitir a estimativa de ruído ao receptor de estação base. O receptor de estação base, por sua vez comunica a estimativa de ruído ao transmissor de estação base. O transmissor de estação base pode utilizar a estimativa de ruído para ajustar o nível de potência  
20 transmitido pelo transmissor na subportadora correspondendo à estimativa de ruído.

O receptor de estação base pode comunicar similarmente a estimativa de ruído recebida para um transmissor de terminal primeiramente pela transmissão da  
25 estimativa de ruído, utilizando o transmissor de estação base, para o receptor de terminal.

No bloco 690, o receptor determina uma qualidade de sinal de símbolos subseqüentemente recebidos com base em parte na estimativa de ruído determinada utilizando a  
30 subportadora não atribuída. Por exemplo, o receptor estima o ruído mais interferência de uma subportadora não atribuída. No período de símbolo seguinte, o receptor pode receber um símbolo sobre a mesma subportadora previamente não

atribuída. O receptor é então capaz de determinar uma qualidade de sinal, como C/I ou SINR, com base em parte na estimativa de ruído previamente determinada. Similarmente, onde o receptor determina uma estimativa de piso de ruído, o  
5 receptor é capaz de determinar um SNR para símbolos subseqüentes recebidos na mesma subportadora.

Como o número e posição de subportadoras não atribuídas variam tipicamente aleatória ou pseudo-aleatoriamente, o receptor é capaz de atualizar  
10 periodicamente as estimativas de ruído mais interferência e piso de ruído para cada uma das bandas de frequência de subportadora no sistema OFDM. Um receptor é desse modo capaz de gerar e atualizar estimativas de ruído mais interferência e piso de ruído que podem ser comunicadas para os estágios  
15 de transmissor em um esforço para minimizar CCI.

Conexões elétricas, acoplamentos e conexões foram descritas com relação a diversos dispositivos ou elementos. As conexões e acoplamentos podem ser diretas ou indiretas. Uma conexão entre um primeiro e segundo dispositivo pode ser  
20 uma conexão direta ou pode ser uma conexão indireta. Uma conexão indireta pode incluir elementos interpostos que podem processar os sinais do primeiro dispositivo para o segundo dispositivo.

Aqueles versados na técnica entenderão que  
25 informações e sinais podem ser representados utilizando qualquer de uma variedade de tecnologias e técnicas diferentes. Por exemplo, instruções de dados, comandos, informações, sinais, bits, símbolos, e chips que podem ser referenciados por toda a descrição acima podem ser  
30 representados por tensões, correntes, ondas eletromagnéticas, campos ou partículas magnéticas, campos ou partículas ópticas, ou qualquer combinação dos mesmos.

Aqueles versados apreciarão ainda que os vários blocos lógicos ilustrativos, módulos, circuitos e etapas de algoritmo descritos com relação às modalidades aqui descritas podem ser implementados como hardware eletrônico, software de computador, ou combinações de ambos. Para ilustrar claramente essa intercambiabilidade de hardware e software, diversos componentes ilustrativos, blocos, módulos, circuitos e etapas foram descritos acima geralmente em termos de sua funcionalidade. Quer essa funcionalidade seja implementada como hardware ou software depende das restrições de projeto e aplicação específicas impostas sobre o sistema geral. Pessoas versadas podem implementar a funcionalidade descrita em modos variáveis para cada aplicação específica, porém essas decisões de implementação não devem ser interpretadas como causando afastamento do escopo da presente invenção.

Os vários blocos lógicos ilustrativos, módulos e circuitos descritos com relação às modalidades aqui descritas podem ser implementados ou executados com um processador de propósito geral, um processador de sinais digitais (DSP), um circuito integrado específico de aplicação (ASIC), um arranjo de porta programável em campo (FPGA) ou outro dispositivo lógico programável, porta discreta ou lógica de transistor, componentes de hardware distintos, ou qualquer combinação dos mesmos projetada para executar as funções aqui descritas. Um processador de propósito geral pode ser um microprocessador, porém na alternativa, o processador pode ser qualquer processador, 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

combinação com um núcleo DSP, ou qualquer outra configuração.

As etapas de um método ou algoritmo descrito com relação às modalidades aqui descritas podem ser concretizadas diretamente em hardware, em um módulo de software executado por um processador, ou em uma combinação dos dois. Um módulo de software pode residir na memória RAM, memória flash, memória ROM, memória EPROM, memória EEPROM, registradores, disco rígido, um disco removível, um CD-ROM, ou qualquer outra forma de meio de armazenamento conhecida na técnica. Um meio de armazenamento exemplar é acoplado ao processador de tal modo que o processador possa ler informações de, e gravar informações no meio de armazenamento. Na alternativa, o meio de armazenamento pode ser integrado ao processador. O processador e o meio de armazenamento podem residir em um ASIC.

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

### REIVINDICAÇÕES

1. Método de estimar ruído em um sistema de Multiplexação por Divisão de Frequência Ortogonal, OFDM, (200), o método compreendendo as etapas de:

- 5            receber símbolos OFDM;  
             detectar uma potência recebida de um sinal em uma banda de frequência de subportadora não atribuída; e

**caracterizado** por:

- computar uma média ponderada da potência recebida  
10        com pelo menos uma medição de potência recebida previamente armazenada para a banda de frequência de subportadora não atribuída, em que a ponderação para a média ponderada é baseada, em parte, na idade da pelo menos uma medição de potência recebida armazenada anteriormente.

- 15            2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente, antes de detectar a potência recebida, demodular uma subportadora não atribuída correspondendo à banda de frequência de subportadora não atribuída.

- 20            3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente determinar a banda de frequência de subportadora não atribuída com base, em parte, em uma mensagem recebida.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1,  
25        **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente determinar a banda de frequência de subportadora não atribuída com base, em parte, em uma sequência gerada internamente.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1,  
30        **caracterizado** pelo fato de que receber símbolos OFDM compreende receber de modo sem fio, a partir de um transmissor de estação base, símbolos OFDM de RF.



6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que receber símbolos OFDM compreende:

5 converter símbolos OFDM de RF recebidos de modo sem fio em símbolos OFDM de banda base;

remover um intervalo de guarda dos símbolos OFDM de banda base; e

transformar utilizando uma Transformada Rápida de Fourier (FFT), sinais de banda base OFDM no domínio do  
10 tempo em subportadoras moduladas.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que detectar a potência recebida compreende determinar uma dentre uma magnitude, uma amplitude, ou uma magnitude quadrada do sinal na banda de  
15 frequência OFDM não atribuída.

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que detectar a potência recebida compreende determinar uma soma de um quadrado de uma componente de sinal em quadratura com um quadrado de uma  
20 componente de sinal em fase.

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

determinar caso a banda de frequência de subportadora não atribuída compreenda uma banda de  
25 frequência de subportadora não atribuída por todo o sistema;

armazenar a potência recebida detectada como uma estimativa de ruído mais interferência caso a banda de frequência de subportadora não compreenda a banda de  
30 frequência não atribuída por todo o sistema; e

armazenar a potência recebida detectada como uma estimativa de piso de ruído caso a banda de frequência de

subportadora compreenda a banda de frequência não atribuída por todo o sistema.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente  
5 sincronizar uma referência de tempo com um transmissor (300) transmitindo os símbolos OFDM.

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

10 efetuar média da potência recebida com pelo menos uma medição de potência recebida previamente armazenada para produzir uma estimativa de ruído correspondendo à banda de frequência de subportadora não atribuída; e

comunicar a estimativa de ruído para um transmissor (300).

15 12. Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que comunicar a estimativa de ruído para o transmissor compreende transmitir a estimativa de ruído a partir de um transmissor de terminal para uma estação transceptora base (210a-c).

20 13. Método de estimar ruído em um sistema de Multiplexação por Divisão de Frequência Ortogonal, OFDM, (200), o método compreendendo as etapas de:

25 receber símbolos OFDM em um sistema de comunicação celular sem fio, os símbolos OFDM correspondendo a um período de símbolo;

determinar uma subportadora não atribuída durante o período de símbolo;

30 determinar uma potência, durante o período de símbolo, de um sinal em uma banda de frequência correspondendo à subportadora não atribuída,

**caracterizado** por:

armazenar um valor da potência do sinal em uma memória; e

computar uma média ponderada da potência do sinal com valores previamente armazenados para gerar uma estimativa de ruído, em que a ponderação para a média ponderada é baseada, em parte, na idade do pelo menos um valor armazenado anteriormente.

14. Equipamento para estimar ruído em um sistema de Multiplexação por Divisão de Freqüência Ortogonal, OFDM, (200), o equipamento compreendendo:

um receptor sem fio (410) configurado para receber de modo sem fio símbolos OFDM correspondendo a um período de símbolo OFDM;

um detector (450) configurado para detectar um nível de potência recebido de sinais recebidos pelo receptor sem fio (410) durante o período de símbolo OFDM;

um processador (460) acoplado ao detector (450) e configurado para determinar uma subportadora não atribuída durante o período de símbolo OFDM e determinar uma estimativa de ruído com base, em parte, em um nível de potência recebido em uma banda de freqüência correspondendo à subportadora não atribuída e **caracterizado** por:

uma memória (470) acoplada ao processador (460) e armazenando um número predeterminado de estimativas de ruído previamente determinadas correspondendo à subportadora não atribuída, o processador (460) configurado adicionalmente para computar uma média ponderada da potência recebida com pelo menos uma medição de potência recebida previamente armazenada para a banda de freqüência de subportadora não atribuída, em que a ponderação para a média ponderada é baseada, em parte, na idade da pelo menos uma medição de potência recebida armazenada anteriormente.

15. Equipamento, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente uma memória (470) acoplada ao processador

(460), o processador (460) armazenando a estimativa de ruído na memória (470).

16. Equipamento, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado** pelo fato de que o receptor sem fio  
5 compreende:

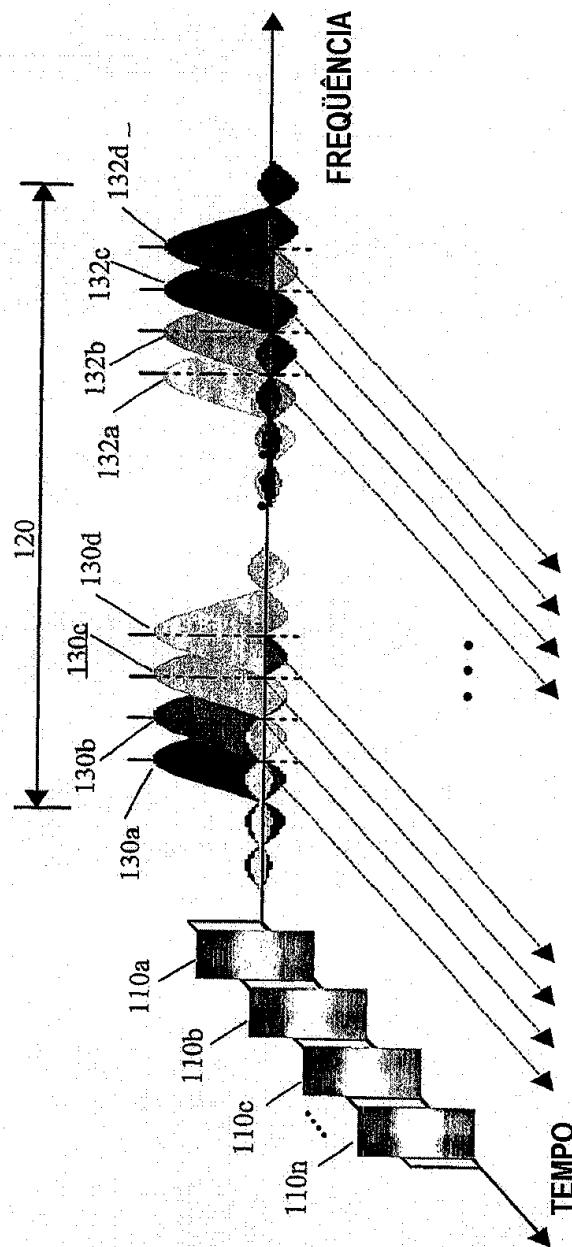
uma parte de receptor de RF (410) configurada para receber de modo sem fio símbolos OFDM de RF e converter os símbolos OFDM de RF nos símbolos OFDM;

um módulo de Transformada Rápida de Fourier (FFT)  
10 (430) configurado para receber os símbolos OFDM a partir da parte de receptor de RF (410) e transformar os símbolos OFDM em subportadoras moduladas; e

um demodulador (440) acoplado ao módulo FFT (430) e configurado para demodular as subportadoras moduladas.

15 17. Equipamento, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado** pelo fato de que o detector (450) detecta os níveis de potência recebida de uma saída do demodulador (440).

18. Equipamento, de acordo com a reivindicação  
20 14, **caracterizado** pelo fato de que o detector (450) detecta o nível de potência recebida determinando uma dentre uma magnitude, uma amplitude, ou uma magnitude quadrada dos sinais recebidos pelo receptor sem fio (410) durante o período de símbolo OFDM.

**FIG. 1**

ESTADO DA TÉCNICA

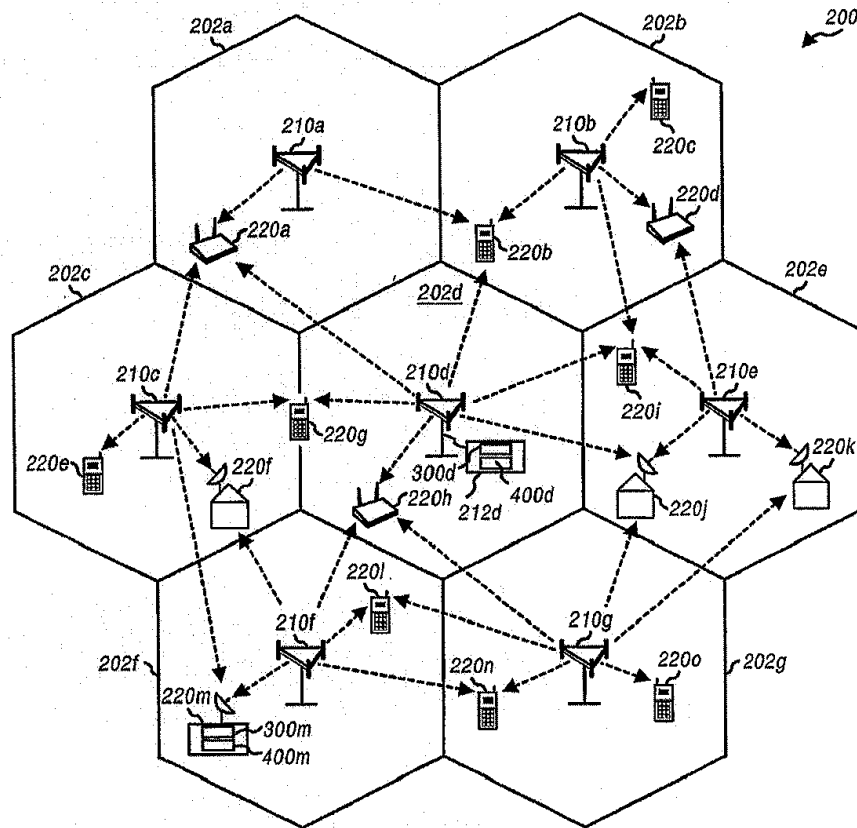


FIG. 2

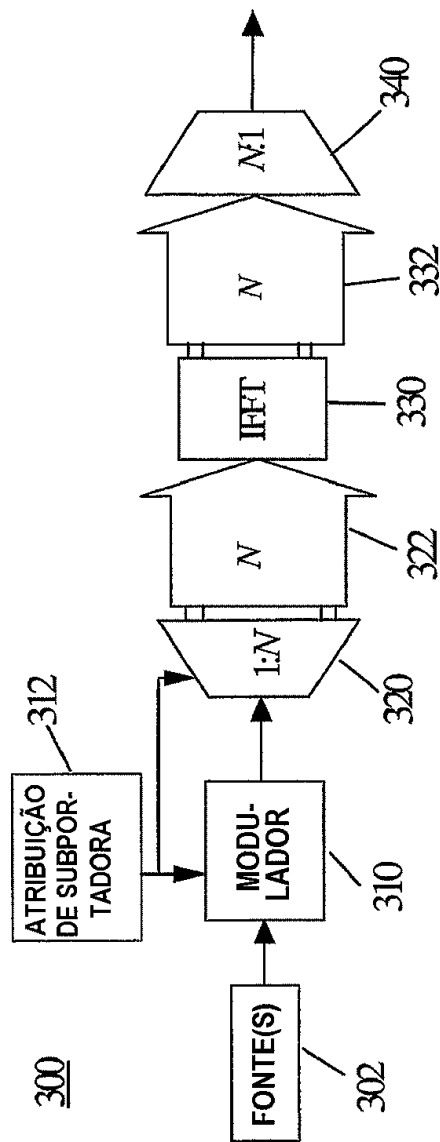
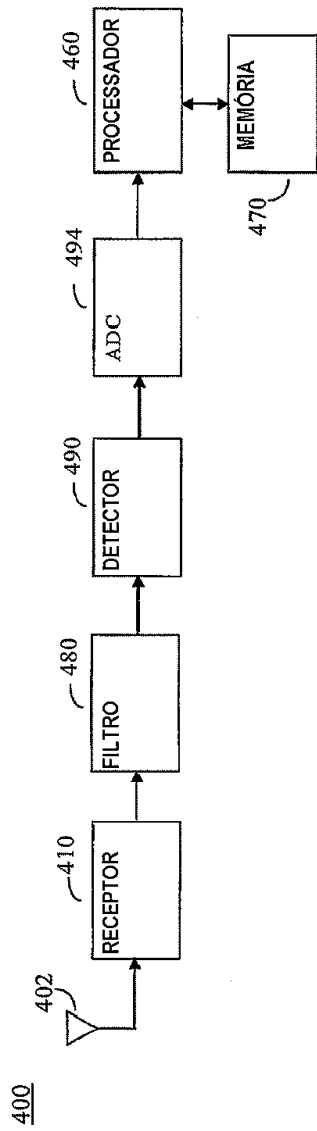
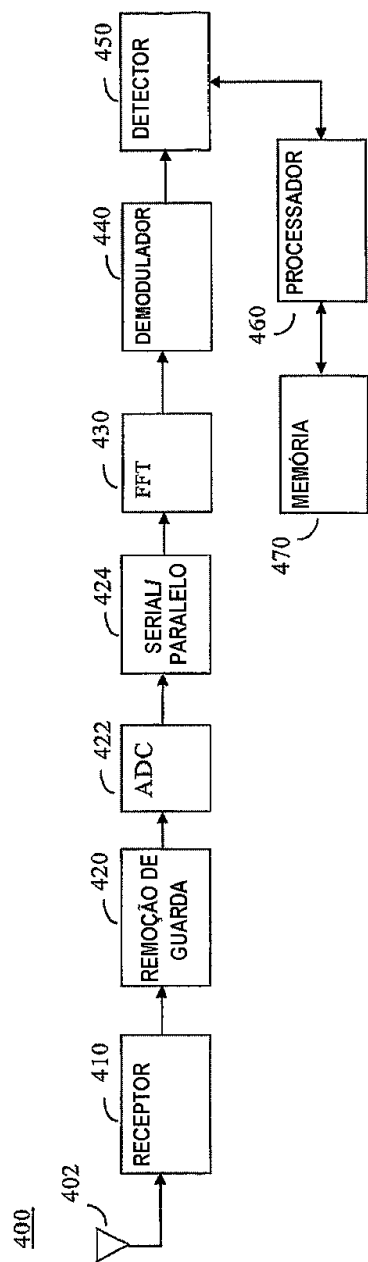


FIG. 3





500

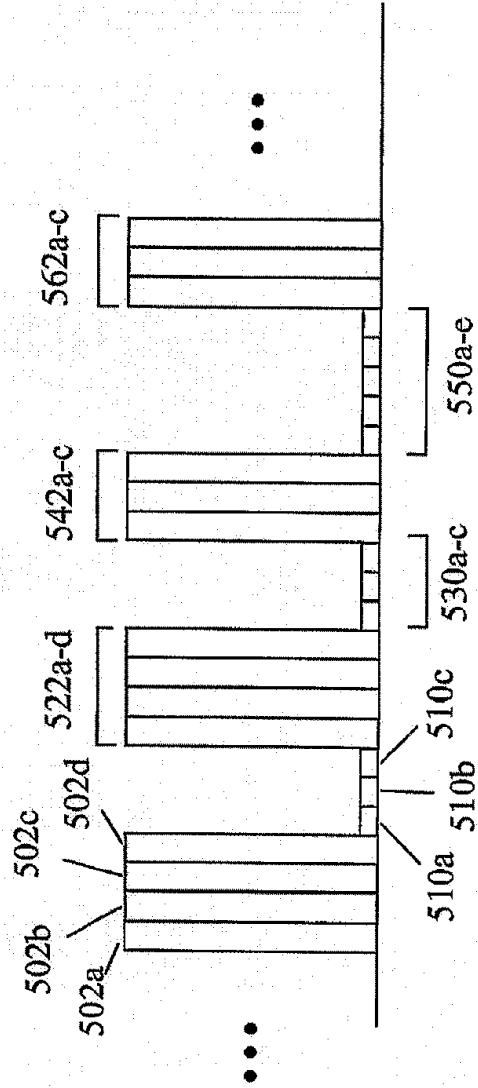


FIG. 5

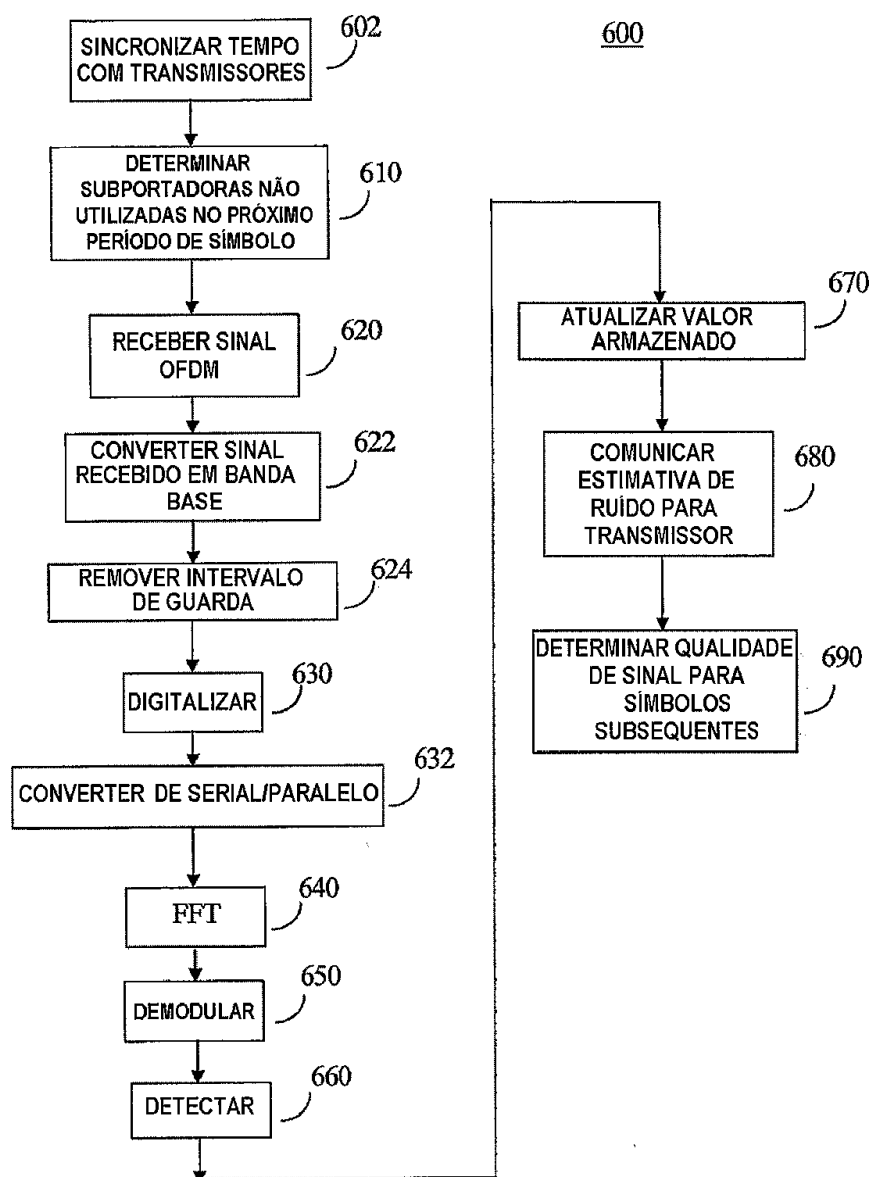


FIG. 6