

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

(21) **PI0806296-0 A2**

(22) Data de Depósito: 02/01/2008
(43) Data da Publicação: 06/09/2011
(RPI 2122)



(51) *Int.Cl.:*
H04L 1/20
H04L 25/02
H04L 25/06
H04L 27/38
H04L 1/00

(54) **Título:** ESTAÇÃO DE ALTA PERFORMANCE

(30) **Prioridade Unionista:** 28/12/2007 US 11/966,651,
05/01/2007 US 60/883,733, 05/01/2007 US 60/883,733

(73) **Titular(es):** Qualcomm Incorporated

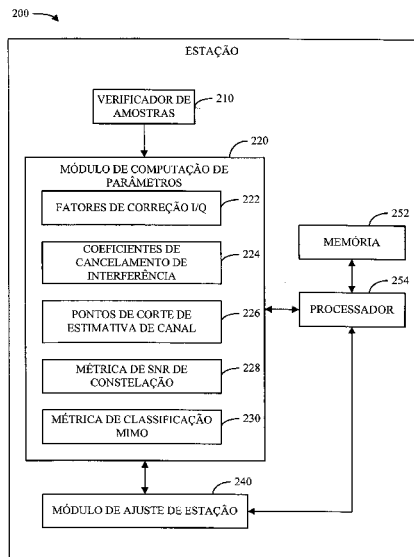
(72) **Inventor(es):** Gregory C. Steele, Richard D. J. Van Nee

(74) **Procurador(es):** Montauray Pimenta, Machado &
Lioce

(86) **Pedido Internacional:** PCT US2008050058 de
02/01/2008

(87) **Publicação Internacional:** WO 2008/086063de
17/07/2008

(57) **Resumo:** ESTAÇÃO DE ALTA PERFORMANCE. São descritos sistemas e metodologias para processamento de informação no dispositivo operando no sistema de comunicação sem fio. Técnicas para calibração em fase e quadratura (I/Q), cancelamento de interferência, estimativa de canal e relação sinal/ ruído e cálculo de métrica de classificação são providos aqui. Como é provido aqui, um ou mais das técnicas descritas pode ser usada para ajustar a performance da estação sem fio na presença de deteriorações da estação sem fio e/ou um link de comunicação usado pela estação sem fio.



"ESTAÇÃO DE ALTA PERFORMANCE"

REFERÊNCIA CRUZADA

O presente pedido de patente reivindica a prioridade do Pedido Provisório de Patente U.S. Nº de Série 5 60/883,733, intitulado "RECEPTOR DE ALTA PERFORMANCE", depositado em 5 de janeiro de 2007, a totalidade do qual é aqui incorporada pela presente referência.

DESCRIÇÃO DA TÉCNICA ANTERIOR

CAMPO DA INVENÇÃO

10 A presente invenção relata de um modo geral a comunicações sem fio e mais especificamente a técnicas de processamento de sinais para dispositivos que operam em um sistema de comunicação sem fio.

DESCRIÇÃO DA TÉCNICA ANTERIOR

15 Os sistemas de comunicação sem fio estão amplamente implementados para prover vários serviços de comunicação, tais como voz, vídeo, pacote de dados, broadcast, serviços de mensagens podem ser providos através de tais sistemas de comunicação. Estes sistemas podem ser 20 sistemas de acesso múltiplo que são capazes de dar suporte à comunicação para múltiplos terminais por compartilhamento dos recursos de sistema disponíveis. Exemplos de tais sistemas de acesso múltiplo incluem sistemas de acesso múltiplo por divisão de código (CDMA), sistemas de acesso 25 múltiplo por divisão de tempo (TDMA), sistemas de acesso múltiplo por divisão de frequência (FDMA) e sistemas de acesso múltiplo por divisão de frequência ortogonal (OFDMA).

30 Os sistemas de comunicação sem fio estão se tornando mais populares e, como resultado, maiores demandas são impostas ao desempenho de tais sistemas. Como exemplo, existe atualmente uma demanda significativa por dispositivos sem fio que possam receber altas taxas de dados, a partir de grandes distâncias e na presença de

aumento de interferência e ruído espectral. De um modo geral, a medida que cresce a taxa de dados máxima em um sistema de comunicação sem fio, os radioenlaces usados para comunicação em tal sistema se tornam cada vez mais vulneráveis a deteriorações tais como desequilíbrio em fase e quadratura (I/Q), erros de estimativa de canal e interferência. Como consequência, existe uma necessidade na área por técnicas que melhorem o desempenho de dispositivos sem fio na presença de tais deteriorações.

10

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

O que se segue apresenta um resumo simplificado de vários aspectos do objeto reivindicado de modo a prover uma compreensão básica de tais aspectos. Esse sumário não constitui uma completa visão geral de todos os aspectos contemplados, e não tem a intenção de identificar elementos chave ou críticos de todos os aspectos, nem a delinear o escopo de tais aspectos. Seu único propósito é o de apresentar alguns conceitos de um ou mais aspectos, de uma forma simplificada, como um prelúdio para a descrição mais detalhada que será apresentada mais adiante.

De acordo com um aspecto, é aqui descrito um método para processamento de dados em uma estação sem fio. O método pode compreender obter amostras relacionadas a um radioenlace utilizado por uma estação sem fio para comunicação; identificar uma ou mais deteriorações a partir das amostras obtidas; computar um ou mais parâmetros com base, pelo menos em parte, nas amostras obtidas e nas deteriorações identificadas, os parâmetros compreendendo um ou mais itens selecionados a partir de uma lista, a lista incluindo um fator de correção de desequilíbrio em fase e quadratura (I/Q), um coeficiente de cancelamento de interferência, um ponto de truncamento de estimativa de canal, métrica de relação sinal/ruído (SNR) de constelação e métrica de classificação de canal de múltiplas entradas e

múltiplas saídas (MIMO); e ajustar a estação sem fio com base nos um ou mais parâmetros computados.

Outro aspecto está relacionado a um equipamento de comunicação sem fio que pode compreender uma memória que
5 armazena dados relacionados a um radioenlace utilizado para comunicação pelo equipamento de comunicação sem fio e uma ou mais amostras a ele relacionadas. O equipamento de comunicação sem fio pode incluir adicionalmente um processador configurado para identificar ajustes a serem
10 efetuados no equipamento de comunicação sem fio com base nas uma ou mais amostras, para selecionar um ou mais parâmetros para os ajustes a partir de uma lista, a lista compreendendo um coeficiente de correção I/Q, um fator de cancelamento de interferência, um ponto de corte de
15 estimativa de canal e um indicador de qualidade de canal, e para efetuar os ajustes identificados.

Outro aspecto ainda está relacionado a um equipamento que facilita o processamento de sinais em um sistema de comunicação sem fio. O equipamento pode
20 compreender mecanismos para obter dados relacionados às características de operação do equipamento; mecanismos para identificar um ou mais ajustes a serem efetuados no equipamento com base nos dados obtidos; mecanismos para computar parâmetros selecionados a partir de um grupo a ser
25 usado em conexão com os ajustes identificados, o grupo compreendendo fatores de correção I/Q, coeficientes de cancelamento de interferência, pontos de corte de estimativa de canal, métrica de SNR de constelação e métrica de classificação MIMO; e mecanismos para efetuar os
30 ajustes identificados na estação com base nos parâmetros computados.

Um aspecto adicional está relacionado a um meio legível por computador compreendendo código para levar um computador a captar informações relacionadas a um
35 radienlace usado para comunicação, as informações indicando

uma ou mais deteriorações; um código para levar um computador a determinar um conjunto de parâmetros a serem computados com base nas deteriorações, o conjunto de parâmetros selecionado a partir de uma lista, a lista
5 compreendendo coeficientes de calibração I/Q, pesos de cancelamento de interferência, valores de truncamento de canal e indicadores de qualidade de canal; e um código para levar um computador a computar o conjunto de parâmetros com base nas informações adquiridas para permitir o ajuste para
10 as deteriorações com base no conjunto de parâmetros.

Outro aspecto está relacionado a um circuito integrado que pode executar instruções executáveis por computador. As instruções podem compreender identificar um ou mais ajustes a serem efetuados em uma estação sem fio;
15 selecionar um ou mais parâmetros de ajuste a partir de uma lista para os ajustes, a lista compreendendo um coeficiente de correção I/Q, um fator de cancelamento de interferência, um ponto de truncamento de estimativa de canal, uma SNR de constelação e uma métrica de classificação MIMO; computar
20 os parâmetros de ajuste selecionados; e efetuar os ajustes identificados com base nos parâmetros de ajuste computados.

Para a realização das metas acima e fins relacionados, um ou mais aspectos do objeto reivindicado compreendem as características que são a seguir
25 completamente descritas e particularmente apontadas nas reivindicações. A descrição que se segue e as figuras em anexos apresentam em detalhes certos aspectos ilustrativos do objeto reivindicado. No entanto, tais aspectos são indicativos de apenas algumas das várias formas pelas quais
30 os princípios do objeto reivindicado podem ser empregados. Adicionalmente, os aspectos descritos se destinando a incluir todos estes aspectos e seus equivalentes.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

A Figura 1 ilustra um sistema de comunicação sem fio de acesso múltiplo de acordo com vários aspectos aqui descritos.

5 A Figura 2 é um diagrama de blocos de uma estação exemplar que pode operar em um sistema de comunicação sem fio de acordo com vários aspectos.

 As Figuras 3A e 3B são diagramas esquemáticos de exemplos de correções de amplitude e fase I/Q de acordo com
10 vários aspectos.

 A Figura 4 compreende diagramas esquemáticos e exemplos de estágios de cancelamento de interferência de acordo com vários aspectos.

 As Figuras 5A e 5B compreendem diagramas
15 esquemáticos de exemplos de cálculos de correlação de acordo com vários aspectos.

 A Figura 6 é um diagrama esquemático que ilustra um exemplo de cálculo de coeficiente de correlação de acordo com vários aspectos.

20 A Figura 7 é um diagrama esquemático que ilustra um exemplo de cálculo de coeficiente de cancelamento de acordo com vários aspectos.

 A Figura 8 é um diagrama esquemático que ilustra o cálculo de exemplos de fatores de ponderação de ruído de
25 acordo com vários aspectos.

 A Figura 9 é um fluxograma de um método para o processamento de sinais em uma estação em um sistema de comunicação sem fio.

 A Figura 10 é um fluxograma de um método para
30 efetuar calibração I/Q em uma estação sem fio.

 A Figura 11 é um fluxograma de um método para efetuar cancelamento de interferência em uma estação sem fio.

 A Figura 12 é um fluxograma de um método para
35 efetuar estimativa de canal em uma estação sem fio.

A Figura 13 é um fluxograma de um método para calcular a relação sinal/ruído de uma constelação.

A Figura 14 é um fluxograma de um método para calcular uma métrica de classificação MIMO.

5 A Figura 15 é um diagrama de blocos que ilustra um exemplo de um sistema de comunicação sem fio em que podem funcionar uma ou mais aspectos aqui descritos.

10 A Figura 16 é um diagrama de blocos de um equipamento que facilita o ajuste de um dispositivo operando em um sistema de comunicação sem fio.

DESCRIÇÃO DETELHADA DA INVENÇÃO

15 Serão agora descritas vários aspectos com referência as figuras, por todas as quais referências numéricas semelhantes são usadas para se referir a elementos similares. Na descrição que se segue, com o propósito de explicação, vários detalhes específicos são apresentados de modo a propiciar uma completa compreensão de um ou mais aspectos. No entanto, ficará claro que tais aspectos podem ser praticados sem tais detalhes

20 específicos. Em outros casos, estruturas e dispositivos bem conhecidos são apresentados na forma de diagramas de blocos de modo a facilitar a descrição de uma ou mais aspectos.

 Tal como usados no presente pedido, os termos "componente", "módulo", "sistema" e similares se destinam a

25 referenciar uma entidade relacionada a computadores, seja hardware, firmware uma combinação de hardware e software, software, ou software em execução. Como exemplo, um componente pode ser, porém não fica limitado a ser, um processo rodando em um processador, um circuito integrado,

30 um objeto, um executável, uma cadeia de execução, um programa e/ou um computador. Como exemplo para ilustração, tanto um aplicativo rodando em um dispositivo de computação como o dispositivo de computação podem ser um componente. Um ou mais componentes podem residir dentro de um processo

35 e/ou cadeia de execução, e um componente pode estar

localizado em um computador e/ou distribuído entre dois ou mais computadores. Além disso, tais componentes podem ser executados a partir de várias mídias legíveis por computador, possuindo várias estruturas de dados neles armazenadas. Os componentes podem se comunicar por meio de processos locais e/ou remotos, por exemplo de acordo com um sinal possuindo um ou mais pacotes de dados (por exemplo, dados provenientes de um componente interagindo com outro componente em um sistema local, um sistema distribuído, e/ou através de uma rede, tal como a Internet, com outros sistemas, por meio do sinal).

Além disso, vários aspectos são aqui descritos em conexão com um terminal sem fio e/ou uma estação base. Um terminal sem fio pode se referir a um dispositivo que provê conectividade de voz e/ou dados para um usuário. Um terminal sem fio pode estar conectado a um dispositivo de computação, tal como um computador laptop ou de mesa, ou pode ser um dispositivo auto suficiente, tal como um assistente de dados pessoal (PDA). Um terminal sem fio pode também ser denominado como um sistema, uma unidade de assinante, uma estação de assinante, uma estação móvel, móvel, estação remota, ponto de acesso, terminal remoto, terminal de acesso, terminal de usuário, agente de usuário, dispositivo de usuário, equipamento de usuário, etc. Um terminal sem fio pode ser uma estação de assinante, dispositivo sem fio, telefone celular, um telefone PCS, um telefone sem fio, um telefone de protocolo de inicialização de sessão (SIP), uma estação sem fio de loop local (WLL), um assistente de dados pessoal (PDA), um dispositivo portátil possuindo capacidade de conexão sem fio, ou outro dispositivo de processamento conectado a um modem sem fio. Uma estação base (por exemplo, ponto de acesso) pode se referir a um dispositivo em uma rede de acesso que se comunica através da interface aérea, através de um ou mais setores, com terminais sem fio. A estação base pode atuar

como um roteador entre o terminal sem fio e o resto da rede de acesso, que pode incluir uma rede por protocolo Internet (IP), por conversão de quadros recebidos pela interface aérea para pacotes IP. A estação base também coordena o
5 gerenciamento de atributos para a interface aérea.

Além disso, vários aspectos ou características aqui descritos podem ser implementados na forma de um método, equipamento, ou produto industrial, usando técnicas padrão de programação e/ou engenharia. O termo "produto
10 industrial", tal como é aqui utilizado, se destina a englobar um programa de computador acessível a partir de qualquer dispositivo, portadora ou mídia legível por computador. Como exemplo, mídia legível por computador pode incluir, porém não fica limitado a, dispositivos de
15 armazenamento magnéticos (por exemplo, um disco rígido, disquete, fitas magnéticas, etc.), discos ópticos (por exemplo, um disco compacto (CD), um disco versátil digital (DVD), etc.), cartões inteligentes, dispositivos de memória flash (por exemplo, cartão, pente, pen drive, etc.).

Vários aspectos serão apresentados em termos de sistemas que podem incluir vários dispositivos, componentes, módulos e similares. Deve ficar entendido que os vários sistemas podem incluir dispositivos, componentes, módulos etc. adicionais e/ou podem não incluir todos os
25 dispositivos, componentes, módulos etc., comentados com referência às figuras. Também pode ser usada uma combinação de tais alternativas.

Fazendo agora referência às figuras, a Figura 1 é uma ilustração de um sistema de comunicação sem fio de
30 acesso múltiplo de acordo com vários aspectos. Em um exemplo, um ponto de acesso 100 (AP) inclui múltiplos grupos de antenas. Tal como ilustrado na Figura 1, um grupo de antenas pode incluir as antenas 104 e 106, outro pode incluir as antenas 108 e 110 e outro pode incluir as
35 antenas 112 e 114. Enquanto apenas duas antenas estão

ilustradas na Figura 1 para cada grupo de antenas, deve ficar claro que um número maior ou menor de antenas pode ser utilizado para cada grupo de antenas. Como outro exemplo, um terminal de acesso 116 (AT) pode estar em
5 comunicação com as antenas 112 e 114, em que as antenas 112 e 114 transmitem informações para o terminal de acesso 116 através do link direto 120 e recebem informações provenientes do terminal de acesso 116 através do link reverso 118. Adicional e/ou alternativamente, o terminal de
10 acesso 122 pode estar em comunicação com as antenas 106 e 108, em que as antenas 106 e 108 transmitem informações para o terminal de acesso 122 através do link direto 126 e recebem informações provenientes do terminal de acesso 122 através do link reverso 124. Em um sistema de duplexação
15 por divisão de frequência (FDD), os links de comunicação 118, 120, 124 e 126 podem usar frequências diferentes para a comunicação. Como exemplo, o link direto 120 pode usar uma frequência diferente daquela usada pelo link reverso 118.

20 Cada grupo de antenas e/ou a área em que elas estão projetadas para se comunicar pode ser referido como um setor do ponto de acesso. De acordo com um aspecto, grupos de antenas podem ser projetados para se comunicar com terminais de acesso em um setor de áreas cobertas pelo
25 ponto de acesso 100. Na comunicação através dos links diretos 120 e 126, as antenas de transmissão do ponto de acesso 100 podem utilizar conformação de feixe de modo a melhorar a relação sinal/ruído dos links diretos para os diferentes terminais de acesso 116 e 122. Além disso, um
30 ponto de acesso usando conformação de feixe para transmissão para terminais de acesso espalhados de forma aleatória por toda a sua cobertura causa menos interferência para terminais de acesso em células vizinhas do que um ponto de acesso que transmite através de uma
35 única antena para todos os seus terminais de acesso.

Um ponto de acesso, por exemplo, ponto de acesso 100, pode ser uma estação fixa usada para comunicação com terminais e pode também ser referido como uma estação base, um Nó B, uma rede de acesso e/ou outra terminologia adequada. Adicionalmente, um terminal de acesso, por exemplo, os terminais de acesso 116 ou 122, pode ser uma estação móvel ou fixa para comunicação com pontos de acesso e pode ser referido como um terminal móvel, um equipamento de usuário (UE), um dispositivo de comunicação sem fio, um terminal, um terminal sem fio e/ou outra terminologia apropriada.

A Figura 2 é um diagrama de blocos de uma estação 200 exemplar que pode operar em um sistema de comunicação sem fio de acordo com vários aspectos. A estação 200 pode ser, por exemplo, uma estação base (por exemplo, ponto de acesso 100), uma estação sem fio (por exemplo, terminais de acesso 116 e/ou 122) e/ou qualquer outro dispositivo adequado que possa operar em um sistema de comunicação sem fio. Em um exemplo, estação 200 pode se comunicar usando recursos gerados na forma de canais, através de uma ou mais técnicas tais como multiplexação por divisão de frequência (FDM), multiplexação por divisão de frequência ortogonal (OFDM), multiplexação por divisão de tempo (TDM), multiplexação por divisão de código (CDM) e similares. Além disso, estação 200 pode empregar uma ou mais antenas para utilizar canais de comunicação de acordo com um esquema de comunicação de única entrada e única saída (SISO), múltiplas entradas e única saída (MISO), múltiplas entradas e múltiplas saídas (MIMO) e/ou outro esquema de comunicação adequado.

De acordo com um aspecto, um link de comunicação ou um radioenlace usado pela estação 200 para comunicação pode estar sujeito a deteriorações da estação 200 e/ou do próprio link, que podem afetar adversamente o desempenho da estação 200. Como exemplo, em uma estação que utilize um

modulador e/ou demodulador em fase e em quadratura (I/Q), um desequilíbrio entre os componentes I e Q do modulador e/ou demodulador I/Q pode resultar em uma interpretação de um sinal diferente da desejada pela estação 200. Isto por
5 sua vez pode levar à dispersão de pontos de constelação de transmissor e/ou receptor, levando a erros de comunicação.

Adicionalmente, no caso em que uma estação 200 esteja tentando receber um sinal, outros sinais podem interferir com um sinal recebido. Tal interferência pode
10 ser causada, por exemplo, por computadores e/ou outros dispositivos eletrônicos. Dado que tais dispositivos eletrônicos podem ser usados em grande proximidade a dispositivos sem fio, tais como a estação 200, tal interferência pode prejudicar o desempenho da estação 200.

15 Como outro exemplo, a estação 200 pode determinar valores possíveis para efeitos sobre um sinal que são introduzidos por um canal de comunicação através de estimativa de canal. À medida que cresce a exatidão de uma estimativa de canal, os efeitos do canal estimado podem ser
20 melhor corrigidos. No entanto, por outro lado, erros em uma estimativa de canal podem prejudicar a capacidade de uma estação sem fio de corrigir os efeitos de um canal de comunicação.

Além disso, em uma estação que utiliza múltiplos
25 modos para diferentes taxas de dados, pode ser selecionada uma taxa de dados com base na probabilidade de erro através de um link para a taxa de dados. Como exemplo, uma escolha de uma taxa de dados adequada que terá uma probabilidade de erro aceitável em um dado link sem fio pode ser efetuada
30 considerando-se a relação sinal/ruído (SNR) e a classificação MIMO para o link. Com base nas métricas de classificação e SNR, uma estação pode prever uma taxa de dados máxima possível e o número de correntes espaciais para obtenção de uma probabilidade de erros de pacotes
35 máxima desejada. Dessa forma, a imprecisão métrica de SNR

e/ou classificação MIMO utilizada pela estação irá afetar adversamente o desempenho de erros e/ou taxa da estação.

Dessa forma, para minimizar o impacto de estas e/ou outras deteriorações sobre o desempenho da estação 200, a estação 200 pode utilizar um ou mais mecanismos que facilitam o ajuste da estação 200 para compensar tais deteriorações. Como exemplo, tal como ilustrado na Figura 2, a estação 200 pode utilizar um verificador de amostras (sampler) 210 para obter dados relacionados à estação 200 e/ou um link sem fio usado para comunicação pela estação 200. Os dados que podem ser obtidos pelo verificador de amostras 210 incluem amostras de sinais produzidos por um modulador/demodulador I/Q na estação 200, sinais recebidos em uma ou mais antenas associadas à estação 200, informações de canal estimadas, símbolos recebidos com relação a pontos de constelação e/ou outras informações apropriadas.

De acordo com um aspecto, os dados obtidos pelo verificador de amostras 210 podem então ser providos a um módulo de computação de parâmetros 220. Como exemplo, o módulo de computação de parâmetros 220 pode identificar fatores que possam afetar o desempenho da estação 200 a partir dos dados providos pelo verificador de amostras 210. Com base em tais dados, o módulo de computação de parâmetros 220 pode computar um ou mais parâmetros para minimizar o impacto dos fatores identificados sobre o desempenho da estação 200. Parâmetros que podem ser computados pelo módulo de computação de parâmetros 220 podem incluir, por exemplo, fatores de correção I/Q 222, coeficientes de cancelamento de interferência 224, pontos de corte de estimativa de canal 226, métricas de SNR de constelação 228, métricas de classificação MIMO 230 e/ou outros parâmetros adequados. As técnicas que podem ser usadas para a computação de tais parâmetros serão providas em maiores detalhes mais adiante.

À medida que o módulo de computação de parâmetros 220 computa vários parâmetros, os parâmetros podem ser providos a um módulo de ajuste de estação 240 e/ou outro componente de estação adequado 200. O módulo de ajuste de
5 estação 240 pode então ajustar a estação 200 com base nos parâmetros computados. Como exemplo, os ajustes efetuados pelo módulo de ajuste de estação 240 podem corrigir deteriorações do desempenho da estação 200 que foram identificados pelo módulo de computação de parâmetros 220.
10 Os exemplos de correções que podem ser aplicadas pelo módulo de ajuste de estação 240 com base nos parâmetros computados pelo módulo de computação de parâmetros 220 são providos mais adiante. De acordo com outro aspecto, o módulo de computação de parâmetros 220 e/ou o módulo de
15 ajuste de estação 240 podem adicionalmente interagir com um processador 254, o qual por sua vez pode utilizar uma memória 252.

De acordo com vários aspectos, técnicas que podem ser utilizadas pelo verificador de amostras 210, módulo de
20 computação de parâmetros 220 e módulo de ajuste de estação 240 na estação 200 serão descritas em maiores detalhes na descrição que se segue. No entanto, deve ser notado que as técnicas que se seguem são providas como exemplo e não limitação. Dessa forma, os versados na técnica notarão que
25 técnicas alternativas e/ou adicionais também podem ser efetuadas pela estação 200. Além disso, as várias técnicas aqui descritas podem ser alternativamente efetuadas de maneira diferente daquela provida pela descrição.

De acordo com um aspecto, estação 200 pode
30 efetuar a calibração e correção de desequilíbrio I/Q através da computação e aplicação de fatores de correção I/Q 222 usando filtros de resposta de impulso finito (FIR) como se segue. Um sinal $x(n)$ pode ser inicialmente transmitido para a estação 200, o qual pode compreender

sinais de sub-portadora da forma $\cos(w_k t) + j \text{sen}(w_k t)$. No entanto, na presença de um desequilíbrio de fase I/Q (aqui denotado por φ_k), um sinal recebido na verdade na estação 200 em uma sub-portadora k pode ser expresso como se segue:

$$x(n) = \cos(w_k t - \varphi_k) + j \text{sen}(w_k t + \varphi_k) \quad (1)$$

Usando identidades trigonométricas, a equação 1 pode ser reescrita na forma apresentada na equação 2:

$$\begin{aligned} x(n) &= \cos(\varphi_k) \cos(w_k t) + \text{sen}(\varphi_k) \text{sen}(w_k t) + j [\cos(\varphi_k) \text{sen}(w_k t) + \text{sen}(\varphi_k) \cos(w_k t)] \\ &= \cos(\varphi_k) [\cos(w_k t) + j \text{sen}(w_k t)] + \text{sen}(\varphi_k) [\text{sen}(w_k t) + j \cos(w_k t)] \\ &= \cos(\varphi_k) [\cos(w_k t) + j \text{sen}(w_k t)] + \text{sen}(\varphi_k) [\cos(w_k t - \pi/2) + j \text{sen}(w_k t - \pi/2)] \end{aligned} \quad (2)$$

O primeiro termo da expressão provida pela equação 2 corresponde a uma sub-portadora desejada na frequência k . Tal como ilustrado pela equação 2, a amplitude de tal termo é reduzida por $\cos(\varphi_k)$. O segundo termo da expressão provida pela equação 2, por outro lado, corresponde a uma sub-portadora em uma frequência de espelho $-k$ e possui uma amplitude de $\text{sen}(\varphi_k)$.

Uma expressão similar àquelas providas pelas equações 1 e 2 está disponível no domínio das frequências. Como exemplo, $X(k)$ pode ser definido como a saída de uma transformada de Fourier rápida (FFT) para uma sub-portadora k . Com base em $X(k)$ e um desequilíbrio de fase I/Q conhecido φ_k , um sinal corrigido quanto ao desequilíbrio de fase, aqui denotado como $X_c(k)$, pode ser derivado como se segue:

$$X_c(k) = X(k) \cos(\varphi_k) + j X^*(-k) \text{sen}(\varphi_k) \quad (3)$$

A partir de tal expressão, pode ser verificado para o exemplo de uma sub-portadora acima descrito que as correções com referência às equações 1 e 2 podem ser utilizadas para restaurar um sinal originalmente

transmitido. Como exemplo, para um dado sinal $x(n)$, as saídas FFT não corrigidas para as sub-portadoras k e $-k$ podem ser expressas como se segue:

$$X(k) = \cos(\varphi_k)$$

$$X(-k) = \text{sen}(\varphi_k)e^{-j\pi/2} = -j\text{sen}(\varphi_k) \quad (4)$$

A partir de tais saídas FFT não corrigidas pode ser aplicada uma correção para obtenção de saídas FFT corrigidas como se segue:

$$X_c(k) = \cos(\varphi_k)\cos(\varphi_k) + j\text{sen}(\varphi_k)e^{-j\pi/2}\text{sen}(\varphi_k) = \cos^2(\varphi_k) + \text{sen}^2(\varphi_k) = 1$$

$$X_c(-k) = \text{sen}(\varphi_k)e^{-j\pi/2}\cos(\varphi_k) + j\cos(\varphi_k)\text{sen}(\varphi_k) = 0 \quad (5)$$

Assim sendo, pode ser notado que a correção I/Q pode ser usada pela estação 200 para eliminar a diafonia entre as sub-portadoras k e $-k$.

Como exemplo, a estação 200 pode também aplicar a correção de desequilíbrio de fase no domínio do tempo efetuando uma transformada inversa de Fourier para a equação 3 como se segue:

$$x_c(n) = x(n)F^{-1}(\cos(\varphi_k)) + jx^*(n)F^{-1}(\text{sen}(\varphi_k)) \quad (6)$$

Tal como usado na equação 6, $x(n)$ consiste de uma série de amostras no domínio do tempo, tal como as amostras coletadas pelo verificador de amostras 210, e F^{-1} representa a transformada inversa de Fourier. De acordo com um aspecto, a correção de desequilíbrio pode ser efetuada no domínio do tempo pela estação 200 por aproximação de $F^{-1}(\text{sen}(\varphi_k))$ como uma FIR pequena. Dessa forma, a complexidade geral do desequilíbrio pode ser reduzida dado que a FIR pequena pode demandar menor número de multiplicações por amostra em comparação ao método no domínio das frequências acima descrito.

Como exemplo, uma aproximação de FIR de três tomadas pode ser usada pela estação 200. Como um exemplo não limitante, uma aproximação FIR de três tomadas

utilizada pela estação 200 pode utilizar fatores de correção I/Q 222 denotados como com c_{pm} e c_{ps} , que podem ser determinados pelo módulo de computação de parâmetros 220 e/ou outro módulo adequado associado à estação 200. A
 5 aproximação FIR de três tomadas pode ser adicionalmente definida tal como mostrado na seguinte equação:

$$F^{-1}(\cos(\varphi_k)) \cong \{0,1,0\}$$

$$F^{-1}(\sin(\varphi_k)) \cong \{-jc_{ps}, c_{pm}, jc_{ps}\} \quad (7)$$

De acordo com um aspecto, pela utilização de tal FIR de três tomadas, um desequilíbrio de fase que varia de forma aproximadamente linear através da frequência pode ser
 10 eficientemente corrigido em uma estação 200. Uma variação de desequilíbrio de fase linear pode ser causada, por exemplo, por pequenas diferenças nas frequências de corte de filtro na trilha I e Q de um modulador e/ou demodulador I/Q associados à estação 200. Tais diferenças podem dar
 15 origem a uma diferença de retardo em grupo entre os componentes I e Q, que por sua vez causa um desequilíbrio de fase que cresce de forma aproximadamente linear com a frequência. O desequilíbrio de fase médio pode ser causado, por exemplo, por imperfeições na diferença de 90 graus
 20 entre os sinais de oscilador local que são usados para converter descendentemente um sinal possuindo uma frequência intermediária (IF) para a I/Q de banda base e/ou para converter ascendentemente o I/Q para a IF. Deve ser notado que o desequilíbrio de fase I/Q também pode ser
 25 causado por fatores adicionais e/ou alternativos e que as técnicas aqui descritas podem adicionalmente corrigir o desequilíbrio atribuído a tais causas.

Os coeficientes FIR providos pela equação 7, c_{pm} , representam o desequilíbrio de fase médio em todas as sub-
 30 portadoras, enquanto c_{ps} representa a inclinação da correção de fase através da frequência. Dessa forma, em uma

dada frequência f , a quantidade de correção de fase aplicada pode ser representada por $2c_{ps}\sin(2\pi f/f_s)+c_{pm}$, em que f_s é a taxa de amostragem. Dessa forma, para aproximar uma correção de desequilíbrio de fase linear, um circuito de

5 correção associado à estação 200 pode ser configurado para operar em uma taxa sobreamostrada (oversampled). Como exemplo, a correção de desequilíbrio I/Q pode ser aplicada à saída de um conversor analógico para digital (ADC) de um receptor e/ou em uma saída FIR de um transmissor.

10 As Figuras 3A e 3B são diagramas 310 e 320 que ilustram exemplos de esquemas de correção que podem ser utilizados para correção de desequilíbrio de amplitude e fase I/Q. Deve ser notado que os diagramas 310 e/ou 320 podem ser implementados usando-se circuitos, módulos

15 lógicos e/ou quaisquer outros mecanismos apropriados. Além disso, os esquemas de correção ilustrados pelos diagramas 310 e 320 podem estar associados ao módulo de ajuste de estação 240 e/ou quaisquer módulos apropriados associados à estação 200. De acordo com um aspecto, o diagrama 310

20 ilustra a correção de desequilíbrio de amplitude e fase I/Q para um receptor, enquanto que o diagrama 320 ilustra a correção de desequilíbrio de amplitude e fase I/Q para um transmissor. Como pode ser observado nos diagramas 310 e 320, a correção de desequilíbrio I/Q pode ser efetuada de

25 forma similar para um receptor e um transmissor com uma diferença no local para correção de desequilíbrio de amplitude. Como exemplo, tal como ilustrado pelo diagrama 310, a correção de desequilíbrio de amplitude para um receptor pode ser efetuada antes da correção de

30 desequilíbrio de fase em uma saída ADC e/ou outro estágio de processamento inicial adequado. Em contraste, tal como ilustrado pelo diagrama 320, a correção de desequilíbrio de amplitude para um transmissor pode ser efetuada como uma etapa de processamento final antes que amostras sejam

providas a um conversor digital para analógico (DAC) e/ou outra fase de processamento de sinais adequada.

Como exemplo, a estação 200 pode estimar o desequilíbrio de fase e amplitude I/Q do receptor como se segue. Em primeiro lugar pode ser gerado um tom em uma sub-portadora k e um número predeterminado de amostras (por exemplo, 64) de um sinal recebido resultante x pode ser obtido e armazenado pelo verificador de amostras 210 para uso como um sinal de teste para estimar o desequilíbrio I/Q. Como exemplo, múltiplos tons podem ser gerados e utilizados simultaneamente contanto que não existam quaisquer tons possuindo igual distância de uma sub-portadora zero (por exemplo, nenhum tom em ambas as sub-portadoras k e $-k$). Dessa forma, poderiam ser utilizados múltiplos tons gerados, por exemplo, no conjunto de sub-portadoras de $\{-8, -4, +2, +6\}$.

A seguir, pode ser estimado um fator de correção de desequilíbrio de amplitude, c_a , pelo módulo de computação de parâmetros 220 como o valor da raiz quadrada média (RMS) da parte real de x dividido pelo valor RMS da parte em quadratura de x , tal como mostrado pela equação 8:

$$c_a = \frac{\sqrt{\sum_n |\text{Re}\{x(n)\}|^2}}{\sqrt{\sum_n |\text{Im}\{x(n)\}|^2}} \quad (8)$$

Com base no fator de correção de desequilíbrio de amplitude c_a , o módulo de ajuste de estação 240 pode a seguir efetuar a correção de desequilíbrio de amplitude para x .

Ao efetuar a correção de desequilíbrio de amplitude, pode ser efetuada uma FFT de $x(n)$ para obtenção de um sinal no domínio das frequências X_k . A partir de tal sinal, o módulo de computação de parâmetros 220 pode

estimar o desequilíbrio de fase tal como mostrado na equação 9:

$$\varphi(k) = \tan^{-1} \left(\frac{-\text{Im}\{X_{-k}X_k\}}{X_kX_k^*} \right) \quad (9)$$

A partir do desequilíbrio de fase provido pela equação 9, o módulo de computação de parâmetros 220 pode determinar os
 5 coeficientes de correção de desequilíbrio de fase c_{pm} e c_{ps} , em que c_{pm} é a média do desequilíbrio de fase $\varphi(k)$ calculado através de todos os tons medidos e c_{ps} é selecionado de modo a prover uma combinação adequada entre a correção de fase $2c_{ps}\sin(2\pi f/f_s)$ e a variação de fase medida
 10 real através da frequência em torno do valor médio c_{pm} . Como exemplo, tais parâmetros podem ser estimados tal como ilustrado nas equações 10 e 11, em que N_t representa o número de tons usados para calibração:

$$c_{pm} = \frac{1}{N_t} \sum_k \varphi(k), \quad (10)$$

$$c_{ps} = 0.77 \frac{32}{N_t} \sum_{k=0}^{N_t} \frac{\varphi(k_n) - \varphi(k_p)}{k_p - k_n} \quad (11)$$

Tal como ilustrado na equação 11, o cálculo de
 15 cps pode ser efetuado pelo cálculo da média das diferenças de fase para pares de tons positivos (denotado na equação 11 por k_p) e tons negativos (denotado na equação 11 por k_n). Como exemplo, para um conjunto de tons localizados em $\{-30, -20, +18, +28\}$, o cálculo da média pode ser conduzido
 20 através de $[\varphi(-30) - \varphi(18)]/48$ e $[\varphi(-20) - \varphi(28)]/48$. Adicionalmente, pode ser utilizado um fator de correção de 0.77 para coincidir a inclinação de uma correção de desequilíbrio senoidal. Como exemplo, uma correção de desequilíbrio FIR curta pode representar um desequilíbrio
 25 de fase I/Q senoidal através da frequência, enquanto o

desequilíbrio de fase real é presumido como sendo linearmente variável através da frequência. Dessa forma, a inclinação de fase linear estimada pode ser multiplicada por um fator de correção tal como mostrado na equação 11, de tal forma que ele coincide a inclinação da correção de
 5 desequilíbrio senoidal. De acordo com um aspecto, o fator de correção utilizado pode depender da quantidade de sobreamostragens usada em um circuito de correção FIR curta associado. Deve ser notado que á medida que a razão de
 10 sobreamostragem se aproxima do infinito, o fator de correção pode tender a $2/\pi$, o qual é aproximadamente igual a 0.637.

Como outro exemplo, a estação 200 pode adicionalmente e/ou alternativamente estimar o
 15 desequilíbrio I/Q de fase e amplitude do transmissor como se segue. A calibração do I/Q do transmissor pode se iniciar primeiramente efetuando-se a calibração I/Q do receptor, permitindo desse modo uma hipótese de que o
 20 desequilíbrio I/Q residual do receptor é desprezível durante a calibração I/Q do transmissor. A seguir, um único tom pode ser transmitido usando-se apenas o componente I do transmissor, de tal forma que $Q = 0$, e um primeiro sinal resultante $x_i(n)$ pode ser medido e armazenado pelo
 25 verificador de amostras 210. A seguir, um único tom pode ser transmitido usando-se apenas o componente Q do transmissor, de tal forma que $I = 0$, e um segundo sinal resultante $x_q(n)$ pode ser medido e armazenado pelo
 30 verificador de amostras 210. Com base em tais sinais resultantes, um fator de correção de amplitude de transmissor c_a pode então ser estimada pelo módulo de
 35 computação de parâmetros 220 como o valor RMS de x_i dividido pelo valor RMS de x_q como se segue:

$$c_a = \frac{\sqrt{\sum_n |x_i(n)|^2}}{\sqrt{\sum_n |x_q(n)|^2}} \quad (12)$$

O fator de correção de desequilíbrio do transmissor c_a pode a seguir ser ajustado pelo módulo de ajuste de estação 240 de acordo com tal estimativa, de tal forma que o desequilíbrio de amplitude não influencie a calibração de
5 desequilíbrio de fase.

Após efetuada a calibração de desequilíbrio de amplitude, a calibração de desequilíbrio de fase pode ser efetuada primeiramente pela geração de um tom em uma sub-portadora k , a partir do qual um número predeterminado de
10 amostras (por exemplo, 64) de um sinal recebido x pode ser armazenado pelo verificador de amostras 210. Como foi acima descrito para a calibração de receptor, múltiplos tons podem ser gerados e utilizados ao mesmo tempo, contanto que não existam quaisquer pares de tons possuindo uma igual
15 distância em relação a uma sub-portadora zero. Pode ser a seguir efetuada uma FFT de $x(n)$ para obtenção de um sinal no domínio das frequências X_k . O módulo de computação de parâmetros 220 pode a seguir estimar o desequilíbrio de fase a partir de X_k , como se segue:

$$\phi(k) = \tan^{-1} \left(\frac{-\text{Im}\{X_{-k} X_k\}}{X_k X_k^*} \right) \quad (13)$$

20 A partir deste desequilíbrio de fase, o módulo de computação de parâmetros 220 pode determinar coeficientes de correção de desequilíbrio de fase c_{pm} e c_{ps} , em que c_{pm} é a média dos desequilíbrios de fase $\phi(k)$ calculado através de todos os tons medidos e c_{ps} é selecionado de modo a
25 prover uma boa aproximação entre a correção de fase $2c_{ps} \sin(2\pi f / f_s)$ e a variação de fase medida real através da frequência em torno do valor médio c_{pm} . De forma similar ao

procedimento para calibração de I/Q de receptor acima descrito, tais parâmetros podem ser estimados como se segue, em que N_t representa o número de tons usados para a calibração:

$$c_{pm} = \frac{1}{N_t} \sum_k \varphi(k) \quad (14)$$

$$c_{ps} = 0.68 \frac{64}{N_t} \sum_{k=0}^{N_t} \frac{\varphi(k_n) - \varphi(k_p)}{k_p - k_n} \quad (15)$$

5 Como exemplo, o cálculo de cps ilustrado pela equação 15 pode ser efetuado pelo cálculo da média das diferenças de fases para pares de tons positivos k_p e tons negativos k_n de maneira similar à equação 11. Como outro exemplo, a constante aplicada na equação 11 para a
10 calibração I/Q de transmissor (por exemplo, $0,68 \times 64$) pode ser diferente para aquela usada para a calibração I/Q de receptor tal como provida pela equação 11. As diferenças entre as constantes aplicadas nas equações 11 e 15 podem ser atribuídas, por exemplo, a diferenças nas taxas de
15 sobreamostragem usadas para um receptor e um transmissor. Como exemplo, a constante provida na equação 11 pode ser usada em conexão à sobreamostragem 2X, enquanto a constante provida na equação 15 pode ser usada em conexão à sobreamostragem 4X. De forma similar, podem ser utilizados
20 fatores de correção correspondentes para outras taxas de amostragem. Além disso, deve ser notado que a constante aplicada na equação 15 resulta em uma inclinação de correção que é duas vezes menor que a inclinação de correção provida pela equação 11. Como resultado, a
25 correção de onda senoidal com base na equação 15 pode resultar em uma boa aproximação linear em uma região de frequências de interesse.

Em suma, a descrição acima provê técnicas que podem ser empregadas por uma estação 200 para calibração e
30 correção de desequilíbrio I/Q de um transmissor e/ou um

receptor. No entanto, deve ser notado que a descrição acima é apresentada como exemplo e não limitação. Como exemplo, deve ser notado que a calibração de desequilíbrio de transmissor não é necessária para melhorar o desempenho de
5 calibração de desequilíbrio de receptor. Além disso, algumas etapas das técnicas acima podem ser omitidas e/ou efetuadas em uma ordem diferente daquela descrita.

De acordo com outro aspecto, a estação 200 pode efetuar o cancelamento de interferência por computação e
10 aplicação dos coeficientes de cancelamento de interferência 224 como se segue. As seguintes técnicas de cancelamento de interferência podem ser utilizadas, por exemplo, para melhorar o desempenho de um link de rede de área local sem fio (LAN sem fio ou WLAN) na presença de interferência
15 causada por dispositivos de computação próximos. Como exemplo, tal interferência pode ser de banda larga e variável com o tempo. Como exemplo, tal interferência pode estar na forma de ruído por impulsos, em que estão presentes rajadas regulares de impulsos com amplitudes
20 maiores do que 20 dB acima do nível de ruído térmico. Como outro exemplo, a interferência induzida por computador pode estar na forma de interferência de chirp, quando um computador produz chirps que varrem todo um canal durante um período de aproximadamente 10 microssegundos. Como no
25 ruído por impulsos, a amplitude dos chirps pode ser maior do que 20 dB acima do piso do ruído térmico. Como outro exemplo, tal interferência pode ser ruído de banda larga similar ao ruído branco Gaussiano aditivo (AWGN), possuindo um nível de vários decibéis acima do piso do ruído térmico,
30 porém fortemente correlacionado através das antenas de recepção.

Dessa forma, para maximizar o desempenho em um ambiente com quantidades significativas destes e/ou outros tipos de interferência, a estação 200 pode prover
35 cancelamento de interferência efetuando uma ou mais das

funções que se seguem. Em primeiro lugar, o módulo de computação de parâmetros 220 pode estimar valores de correlação cruzada e coeficientes de cancelamento. A seguir, o módulo de ajuste de estação 240 pode ser
5 utilizado para cancelar a interferência identificada sobre um sinal recebido antes que ele entre em um sistema de controle de ganho automático (AGC) e/ou um ou mais receptores (aqui denotados como RXA e/ou RXB) na estação 200. Tal pode ser conseguido, por exemplo, por determinação
10 de um sinal de cancelamento com base nos valores de correlação cruzada e coeficientes de cancelamento estimados e injeção do sinal de cancelamento nas cadeias de receptor antes dos blocos de AGC, RXA e/ou RXB. O módulo de ajuste de estação 240 pode então ser adicionalmente empregado para
15 assegurar que os sinais provenientes das respectivas antenas alimentando os respectivos detectores de pacotes na estação 200 possuem níveis iguais de potência. De acordo com um aspecto, tal função pode ser usada para melhorar o desempenho de detecção nos casos em que a interferência não pode ser
20 completamente cancelada e quando podem ser constatadas grandes diferenças de ruído ou diferença de interferência entre as antenas. Como exemplo, nos detectores de pacotes que não efetuam ponderação de antenas, o desempenho de detecção pode ser degradado quando as antenas experimentam níveis de
25 interferência significativamente diferentes. Dessa forma, os níveis de potência na antena podem ser equalizados antes da detecção de pacotes de modo a minimizar tal degradação de desempenho.

De acordo com um aspecto, uma técnica de
30 cancelamento de interferência efetuada pela estação 200 pode utilizar valores de correlação cruzada entre cadeias de recepção. Na descrição que se segue, é presumido que existem três sinais de alimentação de antena, denotados por x_0 , x_1 e x_2 . No entanto, como notarão os versados na

técnica, as técnicas descritas podem ser facilmente expandidas para uma estação possuindo mais ou menos antenas.

Como exemplo, as amostras dos sinais x_0 , x_1 , x_2 obtidas, por exemplo, pelo verificador de amostras 210, podem ser utilizadas pelo módulo de computação de parâmetros 220 para estimar as correlações cruzadas entre as cadeias de recepção, tal como mostrado na equação 16:

$$\begin{aligned}
 c_{01} &= \frac{\sum_{N_i} x_0 x_1^*}{\sqrt{\sum_{N_i} x_0 x_0^* \sum_{N_i} x_1 x_1^*}} \\
 c_{01} &= \frac{\sum_{N_i} x_0 x_2^*}{\sqrt{\sum_{N_i} x_0 x_0^* \sum_{N_i} x_2 x_2^*}} \\
 c_{01} &= \frac{\sum_{N_i} x_1 x_2^*}{\sqrt{\sum_{N_i} x_1 x_1^* \sum_{N_i} x_2 x_2^*}}
 \end{aligned} \tag{16}$$

Tal como usado na equação 16, N_i representa o número de amostras através das quais é efetuada uma média móvel e c_{ij} denota um valor de correlação cruzada entre a antena i e a antena j . Como exemplo, tal correlação cruzada reduz o cálculo médio do ganho de ruído. Como exemplo, a adição de três sinais possuindo o mesmo sinal desejado, porém ruído não correlacionado pode resultar no aumento da SNR do sinal soma por um fator de 3 (por exemplo, 5 dB). Por outro lado, caso o ruído seja substancialmente similar em todas as antenas, a adição dos sinais pode não resultar em cálculo da média de ganho.

Quando a estação 200 está em um estado de correlação, o módulo de computação de parâmetros 220 e/ou outro módulo apropriado na estação 200 pode estimar continuamente valores de correlação cruzada e seguir uma correlação cruzada de pior caso medida durante os T_{ic} segundos precedentes. Caso um pacote seja detectado, todos

os valores de correlação cruzada que ocorreram há menos do que um tempo T_{di} antes de o pacote ser detectado podem então ser descartados. Além disso, caso a correlação cruzada de pior caso estimada pelo módulo de computação de parâmetros 220 supere um limite, pode ser ativado o cancelamento para a estação 200.

Como exemplo, a computação da média móvel provida pela equação 16 pode ser simplificada por divisão da computação entre uma operação de "integrar e despejar" através de um número mínimo fixo de amostras e um módulo médio móvel programável que pode operar em uma taxa mais baixa. Como um exemplo específico não limitante, um mínimo de 64 amostras pode ser necessário para estimativa de valores de correlação. Com base em tal intervalo mínimo, as estimativas de cancelamento de interferência podem ser efetuadas pelo módulo de computação de parâmetros tal como mostrado nas equações que se seguem. Como exemplo, a estimativa de valores de correlação pode ser efetuada como segue:

$$\begin{aligned}
 c_{01} &= \frac{\sum_{N_{ie}} \sum_{32} x_0 x_1^*}{\sqrt{\sum_{N_{ie}} \sum_{32} x_0 x_0^* \sum_{N_{ie}} \sum_{32} x_1 x_1^*}} \\
 c_{02} &= \frac{\sum_{N_{ie}} \sum_{32} x_0 x_2^*}{\sqrt{\sum_{N_{ie}} \sum_{32} x_0 x_0^* \sum_{N_{ie}} \sum_{32} x_2 x_2^*}} \\
 c_{01} &= \frac{\sum_{N_{ie}} \sum_{32} x_1 x_2^*}{\sqrt{\sum_{N_{ie}} \sum_{32} x_1 x_1^* \sum_{N_{ie}} \sum_{32} x_2 x_2^*}}
 \end{aligned} \tag{17}$$

Adicionalmente, a estimativa de coeficientes de cancelamento pode ser efetuada tal como mostrado nas equações 18:

$$w_{01} = w_0 \frac{\sum_{N_{ie}} \sum_{64} x_0 x_1^*}{\sum_{N_{ie}} \sum_{64} x_1 x_1^*}$$

$$\begin{aligned}
w_{02} &= (1 - w_0) \frac{\sum_{N_{ie}} \sum_{64} x_0 x_2^*}{\sum_{N_{ie}} \sum_{64} x_2 x_2^*} \\
w_{10} &= w_1 \frac{\sum_{N_{ie}} \sum_{64} x_1 x_0^*}{\sum_{N_{ie}} \sum_{64} x_0 x_0^*} \\
w_{12} &= (1 - w_1) \frac{\sum_{N_{ie}} \sum_{64} x_1 x_2^*}{\sum_{N_{ie}} \sum_{64} x_2 x_2^*} \\
w_{20} &= w_2 \frac{\sum_{N_{ie}} \sum_{64} x_2 x_0^*}{\sum_{N_{ie}} \sum_{64} x_0 x_0^*} \\
w_{21} &= (1 - w_2) \frac{\sum_{N_{ie}} \sum_{64} x_2 x_1^*}{\sum_{N_{ie}} \sum_{64} x_1 x_1^*}
\end{aligned} \tag{18}$$

Como exemplo, os somatórios através do conjunto de amostras efetuados nas equações 17 e 18 podem ser implementados usando-se um somador "integrar e despejar", que pode operar, por exemplo, sobre amostras de alimentação de 20 MHz ou 40 MHz. Além disso, pode ser efetuada uma soma móvel sobre as últimas N_{ic} saídas da soma para o conjunto de amostras. Dessa forma, no exemplo específico dos somatórios sobre 64 amostras, a soma móvel e os coeficientes de correlação podem ser atualizados uma vez a cada 64 amostras. Como outro exemplo, o número N_{ic} pode ser programável com uma faixa de 1 a 8. Além disso, os coeficientes w_0 , w_1 , w_2 , podem ser programáveis com uma faixa de 0 a 1 e/ou um valor padrão de 0.5. No entanto, deve ser notado que outros números de amostras e/ou faixas para N_{ic} e/ou w_0 , w_1 , w_2 , poderiam ser alternativamente utilizados.

Os coeficientes de cancelamento complexos w_{01} a w_{21} podem ser fixos ou mutáveis. Como exemplo, os coeficientes de cancelamento podem ser adicionalmente ajustados no software usado para implementar os cálculos.

5 Tal pode ser feito, por exemplo, com o propósito de "debugging" e/ou de implementar várias técnicas de cancelamento que utilizam um código de software para computar coeficientes de cancelamento com base nas estimativas observadas c_{01} , c_{02} , c_{12} , w_{01} , w_{02} , w_{12} , w_{13} , w_{20} ,
 10 w_{21} , etc.

A descrição que se segue fornece um exemplo específico não limitante de uma implementação que pode ser utilizada pela estação 200 para cancelamento de interferência tal como foi acima descrito. A estação 200
 15 pode primeiramente observar os valores de correlação cruzada de pior caso medidos ao longo dos T_{ic} segundos anteriores. Caso um pacote seja detectado, os valores de correlação cruzada que ocorreram menos de T_{di} segundos antes do pacote ser detectado podem ser descartados. Além
 20 disso, caso a correlação cruzada de pior caso encontrada pela estação 200 superar um certo limite, o cancelamento pode ser ativado. Para selecionar os coeficientes de cancelamento de interferência 224 para o cancelamento, o módulo de computação de parâmetros 220 pode utilizar um
 25 algoritmo tal como detalhado a seguir. Em primeiro lugar, ao inicializar a estação 200 e/ou uma mudança de canal na estação 200, as variáveis utilizadas para o algoritmo podem ser inicializadas tal como mostrado na Tabela 1 a seguir:

Nome da variável	Descrição
$n = 0$	Contador de amostras
$k = 0$	Contador do número de correlações
$\text{buf}[k] = 0$, $k = 0, 1, \dots, 31$	Buffer contendo os 32 valores de correlação máximos anteriores, bem

	como valores correspondentes para c_{01} , c_{02} , c_{12} , w_{01} , w_{02} , w_{12} , w_{13} , w_{20} e w_{21} , e uma indicação de intensidade de sinal recebido (RSSI) para a cadeia de recepção 0
--	--

Tabela 1: Inicialização de variáveis para um exemplo de algoritmo de cancelamento de interferência.

Quando da inicialização, os coeficientes de cancelamento podem então ser selecionados empregando-se o
5 procedimento detalhado como o pseudo-código na Tabela 2 a seguir para cada amostra recebida:

```

1  For every sample do:
2       $n = (n+1)\%64$ 
3      If  $n = 0$  do:
4           $k = (k+1)\%32$ 
5          if  $\max(|c_{01}|, |c_{02}|, |c_{12}|) > c_{max}$  then
6              store new  $c_{max}$  together with its corresponding cancellation weights
                   $w_{01}$  to  $w_{21}$  in  $\text{buf}[k]$ 
7          else
8               $\text{buf}[k] = \text{buf}[(k+31)\%32]$ 
9          if AGC-state > 3 (Correlation state) then
10             make  $\text{buf}[i] = \text{buf}[(k+32-T_{di})\%32]$  for last  $T_{di}$  values,
                  so for  $i = k, (k+31)\%32, (k+30)\%32, \dots, (k+32-(T_{di}-1))\%32$ 
11             if  $k = 0$  then
12                 if  $c_{max,k+1} > c_{th}$  &  $\text{RSSI}_{k+1} < \text{RSSI}_{th}$  then
13                     store maximum correlation coefficients  $c_{01m}$ ,  $c_{12m}$ ,  $c_{02m}$  and update
                          cancellation coefficients using values in  $\text{buf}[(k+31)\%32]$ 
14                 else
15                     bypass cancellation
16                  $c_{max} = 0$ 
17                 reset counter to 32

```

Tabela 2: pseudo-código para um exemplo de algoritmo de cancelamento de interferência.

Como um exemplo específico não limitante, N_{ic} pode ser ajustado para uma duração de quatro segundos, T_{di} pode ser ajustado para uma duração de oito segundos, C_{max} pode ser ajustado para um valor de 0.7 e $RSSI_{th}$ pode ser
 5 ajustado para um valor de -70 dBm. No entanto, deve ser notado que outros valores poderiam ser alternativamente usados. Além disso, apesar de o algoritmo acima descrito poder utilizar conjuntos de 32 ou 64 correlações, deve ser notado que outros números de correlações também podem ser
 10 utilizados.

A Figura 4 compreende diagramas esquemáticos 410, 420 e 430 que ilustram exemplos de estágios de cancelamento que podem ser implementados, por exemplo, pelo módulo de ajuste de estação 240 para uma estação 200 exemplar
 15 utilizando três antenas. Como exemplo, os estágios de cancelamento ilustrados pelos diagramas 410 a 430 podem estar baseados nos coeficientes de cancelamento de interferência 224 computados pelo módulo de computação de parâmetros 220.

De acordo com um aspecto, as técnicas para cancelamento de interferência acima descritas podem ser combinadas com técnicas para ajustar os pesos de cancelamento determinados de modo a maximizar a relação sinal/ruído mais interferência (SNIR) de um sinal recebido.
 20 Tal pode ser efetuado, por exemplo, levando-se em consideração as propriedades de correlação do sinal desejado.
 25

Como exemplo, uma estação receptora operando em uma rede LAN sem fio pode não ter conhecimento antecipado
 30 sobre qual nó na rede irá transmitir o próximo pacote. Em tal exemplo, os pesos para a estação receptora podem ser ajustados com base em um link de comunicação específico. Como exemplo, um dispositivo cliente pode ajustar seus pesos de cancelamento de modo a maximizar a SNIR de pacotes

recebidos a partir de uma fonte identificada, tal como um ponto de acesso específico. Uma forma pela qual tal pode ser efetuado é como se segue. Em primeiro lugar módulos lógicos e/ou software na estação podem analisar métricas de SNR para sinalizadores recebidos com o cancelamento de interferência ativado e desativado por um certo período de tempo. Com base em tais métricas de SNR, a estação pode decidir se deve manter o cancelamento de interferência ativado ou desativado.

Para melhorar adicionalmente o desempenho de cancelamento de interferência da estação 200, podem ser feitas estimativas de interferência durante pacotes além de entre pacotes. Como exemplo, isto pode ser conseguido permitindo-se que os mecanismos de cancelamento de interferência na estação 200 sejam executados durante a recepção de pacotes. Ao final de um pacote recebido, as estimativas de correlação c_{01} , c_{02} , c_{12} , w_{01} , w_{02} , w_{12} , w_{13} , w_{20} , w_{21} , etc., podem ser armazenadas em registros separados de modo a separar as estimativas de sinal desejadas das estimativas de interferência. Como exemplo, tais operações podem ser implementadas em hardware, software, ou uma combinação de hardware e software.

De acordo com outro aspecto, os parâmetros w_{00} , w_{11} e w_{22} podem ser usados como um pré-AGC digital para assegurar que todas as entradas do detector de pacotes possuem níveis de ruído mais interferência aproximadamente iguais. Como exemplo, os detectores de pacotes podem não efetuar a ponderação de SNR devido ao fato de que a SNR por cadeia pode não ser conhecido antecipadamente. Dessa forma, o desempenho da estação 200 pode ser degradado caso as cadeias não possuam níveis de interferência aproximadamente iguais. Como exemplo, uma entrada de receptor com o maior ruído e a maior potência pode efetivamente obter o peso mais alto nos detectores de pacotes quando o desempenho

poderia ser melhorado fornecendo-se a tal entrada um peso mais baixo. Para corrigir tal efeito, pode ser efetuado o seguinte processo. Em primeiro lugar, pode ser estimada uma potência de saída mínima, $P_{\min}$, usando-se a equação

5 $P_{\min} = \min(z'_{00}, z'_{11}, z'_{22})$. As Figuras 5A e 5B ilustram os diagramas 510 a 590 de estágios que podem ser utilizados, por exemplo, módulo de computação de parâmetros 220 para computar parâmetros de correlação, assim como parâmetros de correlação que são necessários para a estimativa de $P_{\min}$ de

10 acordo com um aspecto. A seguir, podem ser calculados fatores de correção de AGC digital w_{ii} usando-se a equação

$$w_{ii} = \sqrt{P_{\min} / z'_{ii}}, \text{ para } i = 0, 1, 2.$$

O diagrama esquemático 600 na Figura 6 e o diagrama esquemático 700 na Figura 7 ilustram os cálculos

15 que podem ser utilizados, por exemplo, pelo módulo de computação de parâmetros 220 para obtenção de coeficientes de correlação c_{ij} e coeficientes de cancelamento w_{ij} . Apesar de apenas um cálculo estar ilustrado nos diagramas esquemáticos 600 e 700, deve ser notado que cálculos

20 similares poderiam ser utilizados para obtenção de coeficientes de correlação e coeficientes de cancelamento w_{ij} para quaisquer antenas i e j . Além disso, deve ser notado que os diagramas 600 e 700 podem ser implementados usando-se software executado em um dispositivo ou, de outra

25 forma, firmware, circuitos programáveis, hardware e/ou qualquer outra implementação adequada.

Com base nos cálculos ilustrados pelas Figuras 5A, 5B, 6 e/ou 7, podem ser calculados fatores de ponderação de ruído para os sinais recebidos tal como

30 ilustrado pelo diagrama 800 na Figura 8. Como exemplo, os estágios usados para o cálculo de fatores de ponderação de ruído ilustrados pelo diagrama 800 podem ser utilizados por cadeias de recepção associadas à estação 200 (por exemplo,

RXA e/ou RXB) para prover alternativas mais acuradas para fatores de escalonamento de ruído internos para as cadeias de recepção.

De acordo com outro aspecto, a estação 200 pode
 5 efetuar a estimativa de canal ao computar e aplicar pontos de corte de estimativa de canal 226 como se segue. Como exemplo, as técnicas de estimativa de canal aqui descritas levam em consideração a correlação de estimativas de canal através das sub-portadoras. Assim sendo, as estimativas de
 10 canal brutas $H_m(k)$, que são as estimativas de canal para a sub-portadora k do receptor m e não levam em consideração a correlação de estimativas de canal através das sub-portadoras, podem ser melhoradas.

Deve ser notado que o que se segue descreve uma
 15 implementação exemplar específica não limitante que pode ser utilizada pela estação 200 para estimativa de canal. Como exemplo, a implementação que se segue pode ser utilizada para um modo de comunicação de 20 MHz. Como exemplo, a implementação descrita pode ser estendida para
 20 um modo de comunicação de 40 MHz pela utilização de uma FFT/IFFT de 128 pontos em lugar de uma FFT/IFFT de 64 pontos e pelo ajuste dos números de tons de bordas de banda para os tons de bordas de banda do modo de comunicação de 40 MHz. A implementação que se segue pode também ser
 25 estendida para modos de comunicação MIMO que utilizam estimativas de canal brutas $H_m(k)$ diferentes por corrente espacial pela aplicação da implementação às estimativas de canal de cada corrente espacial separadamente.

De acordo com um aspecto, uma técnica que pode
 30 ser utilizada pela estação 200 para estimativa de canal pode se iniciar pela obtenção de uma ou mais estimativas de canal brutas $H_m(k)$, por exemplo no verificador de amostras

210, e multiplicação das estimativas de canal brutas $H_m(k)$ por uma função de janela $W(k)$ como se segue:

$$S_{m0}(k) = W(k)H_m(k) \quad (19)$$

Em que $k = 0, \dots, 63$. Como exemplo, a função de janela pode ser implementada pelo módulo de computação de parâmetros 220 e pode minimizar um efeito de Gibb que está presente para as estimativas de canal brutas pela remoção de grandes descontinuidades no espectro. Como outro exemplo, a função de janela $W(k)$ é igual a 1 para todos os tons, exceto para 32 tons de bordas de banda. Além disso, os primeiros dezesseis elementos de $W(k)$ podem ser dados por $\{0.0096, 0.0381, 0.0843, 0.1464, 0.2222, 0.3087, 0.4025, 0.5000, 0.5975, 0.6913, 0.7778, 0.8536, 0.9157, 0.9619, 0.9904, 1.0000\}$. Tais valores podem ser aplicados aos tons de borda de banda $k = \{-28, -27, \dots, -13\}$ e $\{28, 27, \dots, 13\}$. Para todos os outros tons, a função de janela $W(k)$ pode ser igual a 1. Como exemplo, uma estimativa de canal $S_m(k)$ pode conter tons não utilizados. Em tal exemplo, os tons não utilizados podem ser zerados ou, alternativamente, os tons não usados podem ser tratados como valores apenas de ruído.

A seguir, pode ser tomada uma IFFT de 64 pontos de todo os espectros interpolados $S_{m0}(k)$, o que pode resultar em estimativas de resposta de impulso de canal para cada receptor como se segue:

$$\hat{h}_{m0}(i) = \sum_{k=0}^{63} S_{m0}(k) \exp\left(j \frac{2\pi i k}{64}\right) \quad (20)$$

Com base nas estimativas de resposta de impulso, podem então ser estimados deslocamentos de CC por cálculo da média da ponta terminal das respostas de impulso através de dezesseis amostras:

$$\hat{x}_m(i) = \frac{1}{16} \sum_{i=32}^{47} \hat{h}_{m0}(i) \quad (21)$$

Os deslocamentos de CC estimados pela equação 21 podem a seguir ser corrigidos subtraindo-se as respectivas estimativas das respostas de impulso, como se segue:

$$\hat{h}_{m0}(i) = \hat{h}_{m0}(i) - \hat{x}_m \quad (22)$$

5 Como exemplo, uma interpolação no domínio das frequências que pode ser usada para computar a parte CC da resposta de canal para um canal MIMO pode ser computada usando-se a função de interpolação como se segue:

$$c(k) = \begin{cases} \frac{1}{16} \sum_{i=32}^{47} \exp(j2\pi mk / 64) & k \neq 0 \\ 0 & k = 0 \end{cases} \quad (23)$$

Tal interpolação pode então ser aplicada no domínio das frequências antes de tomar a IFFT na equação 20:

$$\hat{x}_m = \sum_{k=0}^{63} c(k) S_{m0}(k) \quad (24)$$

10 Como outro exemplo, após a correção de deslocamento de CC ilustrada pela equação 22, as respostas de impulso de canal podem ser elevadas ao quadrado e somadas para obtenção de um único perfil de retardo de potência combinado que pode ser usado para truncamento de
15 canal:

$$P(k) = \sum_{i=0}^7 \sum_{n=0}^{n_r} \left\| \hat{h}_{n0}((i+k) \bmod 64) \right\|^2 \quad (25)$$

De acordo com um aspecto, para aumentar a SNR das estimativas de canal efetuadas pela estação 200, as respostas de impulso correspondentes podem ser cortadas em um ponto em que uma relação sinal/ruído mais potência
20 truncada para a estimativa de canal seja maximizada. Como exemplo, o módulo de computação de parâmetros 220 pode conseguir isto estimando os pontos de corte de estimativa de canal positivo e negativo 226. O ponto de corte negativo pode ser usado, por exemplo, para captar contribuições de

canal precursor que podem ser causadas pela temporização tardia da função de custo de temporização de rajada (BTCF), pelo uso de grandes deslocamentos cíclicos negativos e/ou outros fatores. Como exemplo, os pontos de corte c_p e c_n podem ser calculados pelo módulo de computação de parâmetros 220 como se segue:

$$c_p = \min_{k=10..47} \{k : P_h(k) < \sigma_{ésimo}^2 \cdot \sigma_n^2\} \quad (26)$$

$$c_n = \min_{k=48..63} \{k-1 : P_h(k) > \sigma_{ésimo}^2 \cdot \sigma_n^2\} \quad (27)$$

Como usado nas equações 26 e 27, pode ser obtida uma estimativa de ruído σ_n^2 como a potência de amostras subtraídas de duas repetições de 3.2 microssegundos de um símbolo longo de treinamento presente em um pacote recebido pela estação 200. Como exemplo, σ_i pode ser um limite programável possuindo uma faixa de 1 a 4, com uma resolução de 1/16. Como outro exemplo, caso nenhum valor de k seja encontrado para o qual $P_h(k)$ está abaixo do limite de ruído, c_p pode ser ajustado para 64 para impedir o truncamento.

Como exemplo, os valores de comprimento de truncamento c_p e c_n podem ser substituídos por valores programáveis MAX_TRUNC_LEN e MIN_TRUNC_LEN como se segue. Em primeiro lugar, caso o valor obtido para c_p seja menor do que MIN_TRUNC_LEN, c_p pode ser ajustado como igual á MIN_TRUNC_LEN. Além disso, caso $c_p + N - c_n$ for maior do que MAX_TRUNC_LEN, em que N é igual ao número de tons na estimativa de canal, c_p e c_n podem ser ambos ajustados para 64 para desabilitar o truncamento.

Após serem computados os pontos de corte de estimativa de canal c_p e c_n 226, o módulo de ajuste de estação 240 pode ser utilizado para todas as amostras entre

c_p e c_n e calcular a FFT de 64 pontos das respostas de impulso truncadas. Como exemplo, as saídas da FFT são as estimativas de canal desejadas $\hat{H}_{m0}(k)$, que podem ser expressas por:

$$\hat{H}_{m0}(k) = \frac{1}{64} \sum_{i=0}^{63} \hat{h}_{n0}(i) \exp\left(-j \frac{2\pi i k}{64}\right) \quad (28)$$

- 5 Uma vez obtidas as estimativas de canal $\hat{H}_{m0}(k)$ desejadas, elas podem ser multiplicadas pelo inverso da função de janela de frequência, ou $W(k)^{-1}$. Como exemplo, a função de janela inversa pode ser omitida para os tons de bordas de banda especificados acima.
- 10 Finalmente, os tons de bordas de banda especificados acima podem ser substituídos pelas estimativas de canal brutas originais. Como exemplo, o número de tons de bordas de banda que são substituídos pode depender da SNR devido ao fato de que a quantidade de
- 15 ondulação de Gibb próximo às bordas de banda pode diminuir à medida que decresce a SNR. Como exemplo específico, um valor programável σ_{SNR} é usado para ajustar o limite de SNR como se segue. Para uma estimativa de canal desejada $\hat{H}_m^0(k)$ correspondente a uma banda possuindo sub-portadoras $\{-28, -$
- 20 $27, \dots, 27, 28\}$, as sub-portadoras k para as quais a estimativa de canal desejada $\hat{H}_m^0(k)$ podem ser ajustadas como iguais à estimativa de canal bruta $\hat{H}_{raw}(k)$ podem ser escolhidas com base na relação entre a estimativa de ruído σ_n^2 e o limite de ruído σ_{snr} . Como exemplo, caso
- 25 $\{\max(P_h(k)) > \sigma_{snr} \sigma_n^2\}$, então as sub-portadoras k para as quais podem ser usadas estimativas de canal brutas incluem $-28, -$
- $27, -26, -25, 25, 26, 27$ e 28 . Caso contrário, as sub-portadoras k para as quais as estimativas de canal brutas podem ser usadas podem incluir $-28, -27, 27$ e 28 .

Em suma, o que foi acima descrito compreende técnicas exemplares que podem ser utilizadas pela estação 200 para estimativa de canal. No entanto, deve ficar claro que a descrição acima é provida como exemplo e não
5 limitação e que algumas das ações acima descritas podem ser omitidas e/ou efetuadas em uma ordem diferente daquela que foi descrita.

De acordo ainda com outro aspecto, a estação 200 pode computar e utilizar uma métrica de SNR de constelação
10 228 como se segue. As técnicas a seguir podem ser utilizadas, por exemplo, por um dispositivo usando um link sem fio que ajusta ou seleciona uma taxa de dados com base na qualidade do link. Como exemplo, para um link de qualidade mais baixa, pode ser usada uma taxa de dados mais
15 baixa para assegurar que as transmissões sejam mais fortes. Alternativamente, para um link de qualidade mais elevada, pode ser selecionada uma taxa de dados mais alta para aumentar a largura de banda. Como exemplo, pode ser selecionada a taxa mais elevada que está disponível e que
20 resulta em probabilidade de erro suficientemente baixa em um link sem fio específico. Além disso, podem ser determinadas medidas de probabilidade de erro, por exemplo, a partir de uma SNR do canal. Pelo uso de uma métrica de SNR, é possível prever uma taxa de dados máxima possível
25 para uma dada probabilidade máxima de erros de pacotes.

Assim sendo, o módulo de computação de parâmetros 220 na estação 200 pode computar uma métrica de SNR de constelação 228 para auxiliar na seleção de taxa. No entanto, deve ser notado que outras métricas de qualidade
30 de sinal podem ser usadas em adição ou em lugar da métrica de SNR de constelação 228. Como exemplo, a SNR de constelação é o que melhor prevê a qualidade de link do que indicadores de qualidade de sinais tradicionais, tais como o RSSI ou a entrada de SNR devido ao fato de que a SNR de
35 constelação incorpora deteriorações tais como ruído,

interferência e não linearidades de RF, enquanto os indicadores tradicionais não os incluem.

Como exemplo, o procedimento que se segue pode ser utilizado pelo módulo de computação de parâmetros 220 para calcular uma SNR de constelação 228 para a estação 5 200. Em primeiro lugar, para uma série de símbolos de N_s sub-portadoras de dados, os N_s pontos de constelação recebidos elevados ao quadrado, correspondendo aos símbolos podem ser somados para obtenção de uma estimativa de sinal 10 S . Os dados relacionados aos símbolos podem ser providos ao módulo de computação de parâmetros 220, por exemplo, pelo verificador de amostras 210 e/ou outro módulo adequado associado à estação 200. A seguir, os quadrados das N_s distâncias dos pontos de constelação recebidos até os 15 pontos de constelação divididos mais próximos correspondentes aos símbolos podem ser somados para obtenção de uma estimativa de ruído N .

Após a obtenção de estimativas de potência de sinais e ruído, as potências de sinal e ruído podem ter a 20 média calculada através de múltiplos símbolos. Como um exemplo específico, tal pode ser feito pelo uso de um filtro passa baixa de um pólo que pode operar como se segue:

$$S_k = (1 - \alpha)S_{k-1} + \alpha S \quad (29)$$

$$N_k = (1 - \alpha)N_{k-1} + \alpha N \quad (30)$$

Em que α é uma constante de cálculo de média programável. 25 Como exemplo, α pode ser configurado com um valor selecionado dentre o grupo constituído por $\{1/64, 1/32, 1/16, 1/8, 1/4, 1/2, 1\}$. Outros filtros podem apresentar desempenho similar ou outras características desejáveis. Com base nas potências de ruído e sinal médias, o módulo de 30 computação de parâmetros 220 pode calcular a razão S_k/N_k para obtenção da métrica de SNR de constelação 228. Como um

exemplo específico, o logaritmo da razão calculada pode ser adicionalmente efetuado para obtenção de uma representação da métrica de SNR de constelação 228 em decibéis.

De acordo com um aspecto, o uso de um valor de α 5 baixo (por exemplo, 1/64) pode resultar em uma estimativa de SNR de constelação exata calculada a média através de uma série de símbolos de modulação. Adicional e/ou alternativamente, podem ser usados valores mais elevados como um recurso de depuração para detectar se uma SNR de 10 constelação para os últimos símbolos de um pacote é aproximadamente igual à SNR de constelação média. Como exemplo, se estiverem presentes efeitos variáveis com o tempo, tal como um oscilador controlado por voltagem (VCO) tocando um sinal no início de um pacote, rajadas de 15 interferência curtas em um pacote, ou mudanças de canal durante o pacote, tais efeitos podem levar uma métrica de SNR de constelação 228 calculada a variar para diferentes valores de α .

De acordo com outro aspecto, a estação 200 pode 20 computar e utilizar uma métrica de classificação MIMO 230 como se segue. De forma similar às técnicas acima descritas para cálculo e utilização de uma métrica de SNR de constelação 228, as técnicas para cálculo de uma métrica de classificação MIMO 230 aqui descritas podem ser utilizadas 25 por um dispositivo usando um link sem fio que seleciona uma taxa de dados com base na qualidade do link. Como exemplo, uma medida de probabilidade de erro para um link sem fio correspondente a um canal MIMO pode ser determinada a partir de uma métrica de classificação ou número de 30 condição do canal. Como exemplo, a métrica de classificação MIMO 230 pode ser usada para determinar se mais de uma corrente espacial pode ser transmitida através de um dado link sem fio com base em uma probabilidade de erro máxima de pacote predeterminada.

Como exemplo, uma métrica de classificação MIMO aproximada 230 para uma canal MIMO pode ser calculada pelo módulo de computação de parâmetros 220 como se segue. Na descrição a seguir, a matriz H é usada para denotar um canal MIMO estimado para uma dada sub-portadora. Os dados referentes à matriz H podem ser providos, por exemplo, pelo verificador de amostras 210. Com base na matriz de canal H pode ser calculada uma matriz G de N_{ss} por N_{ss} de acordo com seguinte representação:

$$G = HH^H \quad (31)$$

A partir matriz G de N_{ss} por N_{ss} pode ser calculada uma métrica de classificação C como se segue:

$$C = \frac{\prod_{i=0}^{N_{ss}-1} G_{ii}}{\sum_{i=0}^{N_{ss}-1} \sum_{j=0}^{N_{ss}-1} |G_{ij}|} \quad (32)$$

A métrica provida pela equação 32 pode ter a média calculada através de todas as sub-portadoras para obtenção de uma única métrica de classificação MIMO média 230 por pacote. Com base nas métricas de classificação MIMO 230 calculadas, o módulo de ajuste de estação 240 e/ou outro módulo adequado podem ser usados para determinar um número de correntes espaciais a serem utilizadas para obter uma taxa de dados ideal.

Como outro exemplo, o módulo de computação de parâmetros 220 pode efetuar a decomposição QR sobre cada canal MIMO estimado de acordo com $H = QR$, em que R é uma matriz triangular superior de N_{ss} por N_{ss} . Com base nisto, o módulo de computação de parâmetros 220 pode alternativamente calcular uma métrica de classificação C como se segue:

$$C = \frac{\prod_{j=0}^{N_{ss}-1} R_{jj}^2}{\sum_{j=0}^{N_{ss}-1} \sum_{i=j}^{N_{ss}-1} |R_{ij}|^2} \quad (33)$$

As métricas de classificação obtidas pelo uso da equação 33 podem então ter as médias calculadas através de todas as sub-portadoras para obtenção de uma única métrica de classificação MIMO média 230 por pacote de maneira similar àquela descrita com referência à equação 32.

Em um exemplo em que $N_{ss}=2$, será notado que, até um fator de escalonamento, C é a média harmônica dos valores singulares diferentes de zero da matriz de canal. Assim sendo, quando os valores singulares são iguais, a métrica de classificação é igual aos valores singulares. Em contraste, quando um valor singular é significativamente maior do que o outro, a métrica de classificação pode ser aproximadamente igual ao menor valor singular.

Fazendo referência às Figuras 9 a 14, estão ali ilustradas metodologias que podem ser efetuados de acordo com vários aspectos aqui descritos. Enquanto, para propósito de simplificação da explicação, as metodologias serem apresentadas e descritas como uma série de ações, deve ficar entendido e claro que as metodologias não ficam limitadas pela ordem das ações, dado que algumas ações podem, de acordo com um ou mais aspectos, ocorrer em ordens diferentes e/ou concomitantemente com outras ações, em relação àquelas aqui descritas. Como exemplo, os versados na técnica notarão e entenderão que uma metodologia poderia ser alternativamente representada como uma série de estados ou eventos inter-relacionados, tal como em um diagrama de estado. Além disso, nem todas as ações ilustradas podem ser necessárias para a implementação de uma metodologia de acordo com um ou mais aspectos.

Com referência à Figura 9 ilustrada, é uma metodologia 900 para processamento de sinais em uma estação (por exemplo, ponto de acesso 100 e/ou terminais de acesso 116 ou 122) em um sistema de comunicação sem fio (por exemplo, sistema 100). Metodologia 900 se inicia no bloco 902 em que são obtidas amostras relacionadas a um radioenlace usado para comunicação por uma estação (por exemplo, por um verificador de amostras 210). As amostras obtidas no bloco 902 podem corresponder, por exemplo, a sinais recebidos em uma ou mais antenas associadas a uma estação para qual a metodologia 900 é efetuada, a informações de canal e/ou outras informações adequadas.

A seguir, no bloco 904, uma ou mais deteriorações relacionadas ao radioenlace e/ou à estação são identificadas a partir das amostras obtidas no bloco 902. Como exemplo, as deteriorações identificadas no bloco 904 podem incluir desequilíbrio de fase e/ou de amplitude I/Q na estação, erros de estimativa de canal, interferência e similares. Com base nas deteriorações identificadas no bloco 904 pode ser então determinado um conjunto de parâmetros a serem computados (por exemplo, por um módulo de computação de parâmetros 220) no bloco 906. Os parâmetros que podem ser selecionados no bloco 906 incluem coeficientes de calibração I/Q (por exemplo, fatores de correção I/Q 222), pesos de cancelamento de interferência (por exemplo, coeficientes de cancelamento de interferência 224), valores de truncamento de canal (por exemplo, pontos de corte de estimativas de canal), indicadores de qualidade de canal (por exemplo, métricas de SNR de constelação 228 e/ou métricas de classificação MIMO 230) e/ou outros parâmetros adequados.

Ao ser identificado um conjunto de parâmetros a serem computados no bloco 906, o conjunto de parâmetros pode ser computado no bloco 908 (por exemplo, pelo módulo de computação de parâmetros 220) com base nas amostras

obtidas no bloco 902. Os parâmetros podem ser computados no bloco 908, por exemplo, pelo uso de uma ou mais das técnicas acima descritas com referência às Figuras 2 a 8 e/ou uma ou mais outras técnicas apropriadas. A metodologia 900 pode a seguir terminar no bloco 910, em que a estação é ajustada (por exemplo, por um módulo de ajuste de estação 240) de acordo com os parâmetros computados no bloco 908. Ao efetuar ajustes no bloco 910, a correção para as deteriorações identificadas no bloco 904 e/ou um ou mais outros efeitos pode ser produzido em uma estação para a qual a metodologia 900 é efetuada. Como exemplo, os fatores de correção I/Q computados no bloco 908 podem ser aplicados no bloco 910 para corrigir o desequilíbrio de I/Q identificado no bloco 904. Como outro exemplo, os indicadores de qualidade de canal computados no bloco 908 podem ser utilizados no bloco 910 para selecionar uma taxa de dados e/ou um número de correntes espaciais que será usado pela estação para comunicação.

A Figura 10 ilustra uma metodologia 1000 para efetuar calibração I/Q em uma estação sem fio (por exemplo, estação 200). A metodologia 1000 se inicia no bloco 1002 em que um ou mais tons são gerados e um primeiro sinal resultante é amostrado (por exemplo, por um verificador de amostras 210). A seguir, no bloco 1004, é estimado um coeficiente de correção de amplitude (por exemplo, por um módulo de computação de parâmetros 220) pelo menos em parte pela determinação de um desequilíbrio entre uma parte em fase e uma parte em quadratura do primeiro sinal resultante amostrado no bloco 1002.

A metodologia 1000 passa então ao bloco 1006 onde são gerados tons em um conjunto selecionado de sub-portadoras, usando o fator de correção de amplitude estimado no bloco 1004, e um segundo sinal resultante é amostrado (por exemplo, pelo verificador de amostras 210). No bloco 1008, pode ser estimado um desequilíbrio de fase

do segundo sinal resultante. De acordo com um aspecto, um
desequilíbrio de fase presente em uma estação sem fio para
a qual a metodologia 1000 é efetuada pode ser aproximado
pelo uso de uma resposta de impulso finito (FIR). Tal FIR
5 pode ser, por exemplo, uma FIR de três tomadas possuindo
coeficientes de correção correspondentes às respectivas
tomadas. Assim sendo, a metodologia 1000 pode terminar no
bloco 1010 onde são computados um coeficiente de correção
de desequilíbrio de fase médio e um coeficiente de correção
10 de desequilíbrio de fase de diferença de par (por exemplo,
pelo módulo de computação de parâmetros 220) com base no
desequilíbrio de fase estimado no bloco 1008.

A Figura 11 ilustra uma metodologia 1100 para
efetuar cancelamento de interferência em uma estação sem
15 fio. A metodologia 1100 se inicia no bloco 1102 em que
sinais de alimentação recebidos por uma ou mais antenas são
amostrados (por exemplo, pelo verificador de amostras 210).
A metodologia 1100 a seguir passa a 1104 onde são estimados
valores de correlação cruzada e coeficientes de
20 cancelamento (por exemplo, pelo módulo de computação de
parâmetros 220) com base nos sinais de entrada amostrados
no bloco 1102. A metodologia 1100 pode então terminar no
bloco 1106 pelo cancelamento da interferência presente para
um sinal recebido (por exemplo, através de um módulo de
25 ajuste de estação 240) com base nos valores de correlação
cruzada e coeficientes de cancelamento estimados no bloco
1104.

A Figura 12 ilustra uma metodologia 1200 para
efetuar estimativa de canal em uma estação sem fio. A
30 metodologia 1200 se inicia no bloco 1202 em que são obtidas
estimativas brutas de canal (por exemplo, no verificador de
amostras 210). A seguir, no bloco 1204, as estimativas de
canal brutas obtidas no bloco 1202 são multiplicadas por
uma função de janela (por exemplo, pelo módulo de
35 computação de parâmetros 220). No bloco 1206 são a seguir

obtidas estimativas de resposta de impulso a partir da estimativa de canal em janela criada no bloco 1204. A metodologia 1200 a seguir passa ao bloco 1208 em que um deslocamento CC presente na estimativa de canal em janela é

5 identificado. Tal deslocamento CC é a seguir corrigido no bloco 1210 pelo ajuste das estimativas de resposta de impulso obtidas no bloco 1206. A seguir, no bloco 1212 é determinado um perfil de retardo de potência a partir das estimativas de resposta de impulso corrigidas obtidas no

10 bloco 1210. No bloco 1214 as estimativas de resposta de impulso corrigidas são truncadas com base no perfil de retardo de potência determinado no bloco 1212. Finalmente, a metodologia 1200 termina no bloco 1216 em que as estimativas de resposta de impulso truncadas criadas no

15 bloco 1214 são convertidas para estimativas de canal ajustadas.

A Figura 13 ilustra uma metodologia 1300 para calcular a relação sinal/ruído de constelação (por exemplo, em uma estação sem fio 200). A metodologia 1300 se inicia

20 no bloco 1302 onde pontos de constelação para respectivos símbolos são somados para obtenção das respectivas estimativas de potência de sinal. A seguir, no bloco 1304, as distâncias para os pontos de constelação mais próximos para os respectivos símbolos são somadas para obtenção das

25 respectivas estimativas de potência de ruído. No bloco 1306 as estimativas de potência de sinal e de ruído obtidas nos blocos 1302 e 1304 são mediadas através dos respectivos símbolos. A metodologia 1300 termina no bloco 1308 onde é determinada uma SNR de constelação na forma de uma razão da

30 potência de sinal médio para a potência de ruído médio.

A Figura 14 ilustra uma metodologia 1400 para calcular uma métrica de classificação de múltiplas entradas e múltiplas saídas (MIMO) (por exemplo, em uma estação sem fio 200). A metodologia 1400 se inicia no bloco 1402 onde

35 são estimadas matrizes de canal MIMO para as respectivas

sub-portadoras. A metodologia 1400 passa então ao bloco 1404 onde as matrizes de canal MIMO obtidas no bloco 1402 são multiplicadas por seus respectivos Hermitianos para obtenção das respectivas matrizes quadradas intermediárias.

5 Como exemplo, os Hermitianos para as respectivas matrizes de canal MIMO podem ser obtidos efetuando-se uma operação Hermitiana sobre as respectivas matrizes de canal MIMO para obtenção de matrizes Hermitianas. A seguir, no bloco 1406, são computadas métricas de classificação para as
10 respectivas sub-portadoras com base nas matrizes quadradas intermediárias obtidas no bloco 1404. Como exemplo, a computação no bloco 1406 pode incluir a efetuação de decomposições QR para as respectivas matrizes quadradas intermediárias para obtenção de matrizes triangulares
15 superiores intermediárias e computação das matrizes de classificação com base nas matrizes triangulares superiores intermediárias. A metodologia 1400 termina no bloco 1408 em que as matrizes de classificação computadas no bloco 1406 são calculadas as médias através das respectivas sub-
20 portadoras para obtenção de uma métrica de classificação MIMO média.

Referindo-se agora à Figura 15, um diagrama de blocos que ilustra um exemplo de um sistema de comunicação sem fio 1500 em que é provido um ou mais aspectos aqui
25 descritos podem funcionar. Como exemplo, o sistema 1500 é um sistema de múltiplas entradas e múltiplas saídas (MIMO) que inclui um sistema transmissor 1510 e um sistema receptor 1550. No entanto, deve ser notado que o sistema transmissor 1510 e/ou o sistema receptor 1550 poderiam
30 também se aplicar a um sistema de múltiplas entradas e saída única (MISO) em que, por exemplo, múltiplas antenas de transmissão (por exemplo, em uma estação base), podem transmitir uma ou mais correntes de símbolos para um dispositivo com uma única antena (por exemplo, uma estação
35 móvel). Adicionalmente, deve ser notado que aspectos do

sistema transmissor 1510 e/ou do sistema receptor 1550 aqui descritos poderiam ser utilizadas em conexão com um sistema de antenas de entrada única e saída única (SISO).

De acordo com um aspecto, dados de tráfego para
 5 várias correntes de dados são providos no sistema de transmissão 1510 a partir de uma fonte de dados 1512 para um processador de dados de transmissão (TX) 1514. Como exemplo, cada corrente de dados pode a seguir ser transmitida através de uma respectiva antena de transmissão
 10 1524. Adicionalmente, o processador de dados TX 1514 pode formatar, codificar e intercalar dados de tráfego para cada corrente de dados com base em um esquema de codificação específico selecionado para cada respectiva corrente de dados de modo a prover dados codificados. Como exemplo, os
 15 dados codificados para cada corrente de dados podem a seguir ser multiplexados com dados de piloto usando técnicas OFDM. Os dados de piloto podem ser, por exemplo, um padrão de dados conhecido que é processado de maneira conhecida. Além disso, os dados de piloto podem ser usados
 20 no sistema de recepção 1550 para estimar a resposta de canal. De volta ao sistema de transmissão 1510, o piloto e dados codificados multiplexados para cada corrente de dados podem ser modulados (isto é, mapeados para símbolos) com base em um esquema de modulação específico (por exemplo,
 25 BPSK, QPSK, M-PSK, ou M-QAM) selecionado para cada corrente de dados de modo a prover símbolos de modulação. Como exemplo, a taxa de dados, codificação e modulação para cada corrente de dados podem ser determinadas por instruções efetuadas e/ou providas pelo processador 1530.

30 A seguir, símbolos de modulação para todas as correntes de dados podem ser providos para um processador TX 1520, o qual pode também processar os símbolos de modulação (por exemplo, para multiplexação por divisão de frequência ortogonal ou OFDM). O processador MIMO TX 1520 a

seguir provê N_T correntes de símbolos de modulação para N_T transceptores 1522a a 1522t. Como exemplo, cada transceptor 1522 pode receber e processar uma respectiva corrente de símbolos para prover um ou mais sinais analógicos. Cada
 5 transceptor 1522 pode adicionalmente condicionar (por exemplo, amplificar, filtrar e converter ascendentemente) os sinais analógicos para prover um sinal modulado adequado para transmissão através de um canal MIMO. Assim sendo, N_T sinais modulados provenientes dos transceptores 1522a a
 10 1522t podem ser a seguir transmitidos a partir de N_T antenas 1524a a 1524t, respectivamente.

De acordo com outro aspecto, os sinais modulados transmitidos podem ser recebidos no sistema receptor 1550 por N_R antenas 1552a a 1552r. O sinal recebido proveniente
 15 de cada antena 1552 pode a seguir ser provido a respectivos transceptores 1554. Como exemplo, cada transceptor 1554 pode condicionar (por exemplo, filtrar, amplificar e converter descendentemente) um respectivo sinal recebido, digitalizar o sinal condicionado para prover amostras e a
 20 seguir processar as amostras para prover uma correspondente corrente de símbolos "recebidos". Um processador de dados/MIMO RX 1560 pode a seguir receber e processar as N_R correntes de símbolos recebidas provenientes de N_R transceptores 1554 com base em uma técnica de processamento
 25 de receptor específica para prover N_T correntes de símbolos "detectadas". Como exemplo, cada corrente de símbolos detectada pode incluir símbolos que são estimativas dos símbolos de modulação transmitidos para a corrente de dados correspondente. O processador RX 1560
 30 pode a seguir processar cada corrente de símbolos, pelo menos em parte, por demodulação, deintercalação e decodificação de cada corrente de símbolos detectada para recuperar dados de tráfego para uma correspondente corrente

de dados. Dessa forma, o processamento pelo processador RX 1560 pode ser complementar àquele efetuado pelo processador MIMO TX 1520 e pelo processador de dados TX 1514 no sistema de transmissão 1510. O processador RX 1560 pode
 5 adicionalmente prover correntes de símbolos processadas para um depósito de dados 1564.

De acordo com um aspecto, a estimativa de resposta de canal gerada pelo processador RX 1560 pode ser usada para efetuar o processamento espaço/tempo no
 10 receptor, ajustar níveis de potência, mudar taxas ou esquemas de modulação e/ou outras ações apropriadas. Adicionalmente, o processador RX 1560 pode também estimar características de canal tais como, por exemplo, relação sinal/ruído mais interferência (SNIR) das correntes de
 15 símbolos detectadas. O processador RX 1560 pode a seguir prover características estimadas de canal para um processador 1570. Como exemplo, o processador RX 1560 e/ou o processador 1570 podem também derivar uma estimativa da SNR "operacional" para o sistema. O processador 1570 pode a
 20 seguir prover informações de estado de canal (CSI), as quais podem incluir informações com referência ao link de comunicação e/ou à corrente de dados recebida. Tais informações podem incluir, por exemplo, a SNR de operação. As CSI podem a seguir ser processadas por um processador de
 25 dados TX 1518, moduladas por um modulador 1580, condicionadas pelos transceptores 1554a a 1554r e transmitidas de volta ao sistema transmissor 1510. Além disso, uma fonte de dados 1516 no sistema receptor 1550 pode prover dados adicionais a serem processados pelo
 30 processador de dados TX 1518.

De volta ao sistema de transmissão 1510, os sinais modulados provenientes do sistema receptor 1550 podem ser recebidos pelas antenas 1524, condicionados pelos transceptores 1522, demodulados por um demodulador 1540 e
 35 processados por um processador de dados RX 1542 para

recuperar as CSI reportadas pelo sistema receptor 1550. Como exemplo, as CSI reportadas podem a seguir ser providas ao processador 1530 e usadas para determinar as taxas de dados, bem como os esquemas de codificação e modulação a serem usados para uma ou mais correntes de dados. Os
 5 esquemas de codificação e modulação determinados podem a seguir ser providos para os transceptores 1522 para quantificação e/ou uso em transmissões posteriores para o sistema receptor 1550. Adicionalmente e/ou
 10 alternativamente, as CSI reportadas podem ser usadas pelo processador 1530 para a geração de vários controles para o processador de dados TX 1514 e o processador MIMO TX 1520. Como outro exemplo, as CSI e/ou outras informações processadas pelo processador de dados RX 1542 podem ser
 15 providas a um depósito de dados 1544.

Como exemplo, o processador 1530 no sistema de transmissão 1510 e o processador 1570 no sistema de recepção 1550 orientam as operações em seus respectivos sistemas. Adicionalmente, a memória 1532 no sistema
 20 transmissor 1510 e a memória 1572 no sistema receptor 1550 podem prover armazenamento para códigos de programas e dados usados pelos processadores 1530 e 1570, respectivamente. Além disso, no sistema receptor 1550 podem ser usadas várias técnicas de processamento para processar
 25 os N_R sinais recebidos para detectar as N_T corrente de símbolos transmitidas. Tais técnicas de processamento de receptor podem incluir técnicas de processamento de receptor espaço/tempo, que podem também ser designadas como técnicas de equalização e/ou técnicas de processamento de
 30 receptor de "anulação/equalização e cancelamento de interferência sucessivos", também designadas como técnicas de processamento de receptor de "cancelamento de interferência sucessivo" ou "cancelamento sucessivo".

A Figura 16 ilustra um equipamento 1600 que facilita o ajuste de um dispositivo (por exemplo, ponto de acesso 100 e/ou terminais de acesso 116 ou 122) operando em um sistema de comunicação sem fio (por exemplo, sistema 100). Deve ser notado que o equipamento 1600 é representado como incluindo blocos funcionais, os quais podem ser blocos funcionais que representam funções implementadas por um processador, software, ou combinações de tais (por exemplo, um firmware). O equipamento 1600 pode incluir um módulo 1602 para obtenção de dados relacionados às características de operação de uma estação associada, um módulo 1604 para identificação de um ou mais ajustes a serem efetuados na estação com base nos dados obtidos, um módulo 1606 para computar parâmetros a serem usados em conexão com os ajustes identificados e um módulo 1608 para efetuar os ajustes identificados na estação com base nos parâmetros computados.

Deve ser entendido que os aspectos aqui descritos podem ser implementados por hardware, software, firmware, middleware, micro código ou quaisquer combinações de tais. Quando os sistemas e/ou métodos são implementados em software, firmware, middleware, micro código, código de programa ou segmentos de código, eles podem estar armazenados em um meio legível por máquina, tal como um componente de armazenamento. Um segmento de código pode representar um procedimento, uma função, um sub-programa, um programa, uma rotina, uma sub-rotina, um módulo, um pacote de software, uma classe, ou qualquer combinação de instruções, estruturas de dados, ou declarações de programa. Um segmento de código pode estar acoplado a outro segmento de código ou a um circuito de hardware por passagem e/ou recepção de informações, dados, argumentos, parâmetros, ou conteúdos de memória. As informações, argumentos, parâmetros, dados, etc., podem ser passados, repassados, ou transmitidos usando-se quaisquer mecanismos

adequados, incluindo compartilhamento de memória, passagem de mensagens, passagem de tokens, transmissão em rede, etc.

Para uma implementação em software, as técnicas aqui descritas podem ser implementadas por módulos (por exemplo, procedimentos, funções e assim por diante) que efetuam as funções aqui descritas. Os códigos de software podem ser armazenados em unidades de memória e executados por processadores. A unidade de memória pode ser implementada no interior do processador ou externamente ao processador, caso este em que ela pode estar acoplada em comunicação com o processador através de vários mecanismos como é do conhecimento dos versados na técnica.

O que foi acima descrito inclui exemplos de um ou mais aspectos. Naturalmente não é possível descrever cada combinação concebível de componentes ou metodologias com o propósito de descrever os aspectos mencionados anteriormente, porém os versados na técnica notarão que várias outras combinações e permutações de vários aspectos são possíveis. Assim sendo, tais aspectos tencionam englobar todas as alterações, modificações e variações que se inserem no espírito e escopo das reivindicações anexas. Além disso, no grau em que o termo "inclui" é utilizado, seja na descrição detalhada ou nas reivindicações, tal termo tenciona ser inclusivo, de forma similar ao termo "compreende", tal como "compreende" é interpretado quando empregado como uma palavra de transição em uma reivindicação. Além disso, o termo "ou" tal como é usado na descrição detalhada ou nas reivindicações tenciona ser um "ou não exclusivo".

REIVINDICAÇÕES

1. Um método para processamento de dados em uma estação sem fio, compreendendo:

5 obter amostras relacionadas a um radioenlace utilizado por uma estação sem fio para comunicação;

identificar uma ou mais deteriorações a partir das amostras obtidas;

10 computar um ou mais parâmetros com base pelo menos em parte nas amostras obtidas e nas deteriorações identificadas, os parâmetros compreendendo um ou mais itens selecionados a partir de uma lista, a lista incluindo um fator de correção de desequilíbrio em fase e quadratura (I/Q), um coeficiente de cancelamento de interferência, um ponto de truncamento de estimativa de canal, uma métrica de
15 relação sinal/ruído (SNR) de constelação e métrica de classificação de canal de múltiplas entradas e múltiplas saídas (MIMO); e

ajustar a estação sem fio com base nos um ou mais parâmetros computados.

20 2. O método, de acordo com a reivindicação 1, no qual o obter amostras compreende gerar um tom em uma sub-portadora selecionada e amostrar um sinal resultante, o identificar compreende identificar um desequilíbrio de amplitude entre um componente I e um componente Q do sinal
25 resultante e o computar compreende estimar um fator de correção de desequilíbrio de amplitude I/Q pelo menos em parte por divisão de uma parte real de um valor de raiz média quadrática (RMS) do componente I do sinal resultante por um valor RMS do componente Q do sinal resultante.

30 3. O método, de acordo com a reivindicação 1, no qual:

o obter amostras compreende transmitir um primeiro sinal possuindo um tom em um componente I e um componente Q silencioso, medir um sinal resultante do
35 primeiro sinal, transmitir um segundo sinal possuindo um

tom em um componente Q e um componente I silencioso, e medir um sinal resultante do segundo sinal;

o identificar compreende identificar um
desequilíbrio de amplitude entre o sinal resultante do
5 primeiro sinal e o sinal resultante do segundo sinal; e

o computar compreende estimar um fator de
correção de desequilíbrio de amplitude I/Q pelo menos em
parte por divisão de um valor RMS do sinal resultante do
primeiro sinal por um valor RMS do sinal resultante do
10 segundo sinal.

4. O método, de acordo com a reivindicação 1,
no qual:

o identificar compreende identificar um
desequilíbrio de fase I/Q associado à estação sem fio;
15 o computar compreende aproximar o desequilíbrio
de fase I/Q usando um filtro de resposta de impulso finito
(FIR), o filtro FIR possuindo coeficientes FIR associados,
e computar os coeficientes FIR associados; e

o ajustar compreende aplicar os coeficientes FIR
20 a um modulador I/Q ou a um demodulador I/Q associados à
estação sem fio.

5. O método, de acordo com a reivindicação 4,
no qual os coeficientes FIR compreendem um coeficiente FIR
de desequilíbrio de fase médio e um coeficiente FIR de
desequilíbrio de inclinação de fase, e o computar
25 compreende adicionalmente determinar o coeficiente FIR de
desequilíbrio de fase médio por computação de uma média do
desequilíbrio de fase I/Q através da frequência e
selecionar o coeficiente FIR de desequilíbrio de inclinação
de fase de modo a representar uma variação aproximadamente
30 linear no desequilíbrio de fase I/Q através da frequência
em torno da média do desequilíbrio de fase I/Q.

6. O método, de acordo com a reivindicação 5,
no qual o identificar compreende adicionalmente selecionar
35 um conjunto de sub-portadoras de modo a que nenhuma duas

sub-portadoras no conjunto de sub-portadoras estejam a uma igual distância de uma sub-portadora zero e identificar desequilíbrios de fase I/Q para pares de sub-portadoras positivas e negativas no conjunto de sub-portadoras, e o
5 selecionar o coeficiente FIR de desequilíbrio de inclinação de fase compreende selecionar o coeficiente FIR de desequilíbrio de inclinação de fase pelo menos em parte por computação de médias dos desequilíbrios de fase I/Q para os pares de sub-portadoras positivas e negativas no conjunto
10 de sub-portadoras.

7. O método, de acordo com a reivindicação 1, no qual o obter amostras compreende amostrar os respectivos sinais de entrada provenientes de uma ou mais antenas, o identificar compreende identificar a interferência presente
15 nos respectivos sinais de entrada e o computar compreende estimar um ou mais valores de correlação cruzada e um ou mais coeficientes de cancelamento com base nos respectivos sinais de entrada.

8. O método, de acordo com a reivindicação 7, no qual o ajustar compreende cancelar a interferência identificada com base nos valores de correlação cruzada e
20 coeficientes de cancelamento estimados.

9. O método, de acordo com a reivindicação 8, no qual o computar compreende adicionalmente comparar os
25 valores de correlação cruzada com um limite e o cancelar a interferência identificada com base nos valores de correlação cruzada e coeficientes de cancelamento estimados é efetuado caso um ou mais valores de correlação cruzada supere o limite.

30 10. O método, de acordo com a reivindicação 8, no qual o ajustar compreende adicionalmente determinar um sinal de cancelamento e injetar o sinal de cancelamento em uma cadeia de recepção antes de um bloco de controle automático de ganho ou um bloco de receptor.

11. O método, de acordo com a reivindicação 7, no qual o ajustar compreende equilibrar os $\ln(\text{poselstartpower level})/\ln(\text{poselends})$ dos respectivos sinais de entrada.

5 12. O método, de acordo com a reivindicação 11 no qual o computar compreende também estimar um nível de potência de saída mínimo e calcular fatores de correção de potência com base em níveis combinados de ruído e interferência dos respectivos sinais de entrada e o nível
10 mínimo de potência de saída, e o ajustar compreende adicionalmente equilibrar os níveis de potência dos respectivos sinais de alimentação com base, pelo menos em parte, nos fatores de correção de potência.

13. O método, de acordo com a reivindicação 7,
15 no qual o computar compreende adicionalmente manter as respectivas médias móveis de amostras obtidas a partir dos respectivos sinais de entrada e calcular valores de correlação cruzada e coeficientes de cancelamento com base nas respectivas médias móveis.

20 14. O método, de acordo com a reivindicação 7, no qual o computar compreende adicionalmente estimar os um ou mais coeficientes de cancelamento de modo a maximizar uma relação sinal/ruído mais interferência (SNIR) de pacotes recebidos a partir de uma fonte identificada.

25 15. O método, de acordo com a reivindicação 1, no qual o obter amostras compreende obter estimativas de canal brutas e o computar compreende multiplicar as estimativas de canal brutas por uma função de janela para obter estimativas de canal em janela, gerar uma FFT inversa
30 (IFFT) das estimativas de canal em janela para obtenção de estimativas de resposta de impulso de canal, determinar um perfil de retardo de potência a partir das estimativas de resposta de canal por elevação ao quadrado das estimativas de resposta de impulso de canal e somar os quadrados das
35 estimativas através de um ou mais receptores, calcular um

ponto de corte positivo e um ponto de corte negativo com base no perfil de retardo de potência, truncar as estimativas de resposta de impulso de canal usando o ponto de corte positivo e o ponto de corte negativo, e converter
5 as estimativas de resposta de impulso truncadas para estimativas de canal ajustadas.

16. O método, de acordo com a reivindicação 15, no qual o computador compreende adicionalmente estimar um deslocamento CC presente nas estimativas de resposta de
10 impulso de canal e corrigir o deslocamento CC pelo ajuste das estimativas de resposta de impulso de canal.

17. O método, de acordo com a reivindicação 15, compreendendo adicionalmente comparar um comprimento entre o ponto de corte positivo e o ponto de corte negativo com
15 um comprimento máximo de truncamento, o truncar as estimativas de resposta de impulso de canal sendo efetuado caso o comprimento entre o ponto de corte positivo e o ponto de corte negativo seja menor ou igual ao comprimento máximo de truncamento.

20 18. O método, de acordo com a reivindicação 15, compreendendo adicionalmente comparar um comprimento entre o ponto de corte positivo e o ponto de corte negativo com um comprimento mínimo de truncamento e ajustar pelo menos um dentre o ponto de corte positivo e o ponto de corte
25 negativo caso o comprimento entre o ponto de corte positivo e o ponto de corte negativo seja menor do que o comprimento mínimo de truncamento.

19. O método, de acordo com a reivindicação 15, no qual o computador compreende também substituir tons das
30 bordas de banda nas estimativas de canal ajustadas por tons de bandas de bordas nas estimativas de canal brutas.

20. O método, de acordo com a reivindicação 1, no qual o obter amostras compreende amostrar dados relacionados a distâncias e pontos de constelação recebidos
35 a partir dos pontos de constelação recebidos até pontos de

constelação fatiados mais próximos correspondentes a um ou mais símbolos, e o computar compreende somar os pontos de constelação recebidos para os respectivos símbolos para obtenção de respectivas estimativas de potência de sinal, 5 somar as distâncias dos pontos de constelação recebidos até os pontos de constelação fatiados mais próximos para os respectivos símbolos para obtenção das respectivas estimativas de potência de ruído, calcular a média das estimativas de potência de sinal e as estimativas de 10 potência de ruído através dos respectivos símbolos, e determinar uma relação sinal/ruído (SNR) de constelação na forma de uma razão da potência de sinal média para a potência de ruído média.

21. O método, de acordo com a reivindicação 20, 15 no qual o calcular a média compreende calcular a média das estimativas de potência de sinal e as estimativas de potência de ruído usando um filtro passa baixa de um pólo e uma constante de cálculo de média programável.

22. O método, de acordo com a reivindicação 20, 20 no qual o identificar compreende identificar uma probabilidade máxima de erro de pacote e o ajustar compreende selecionar uma taxa de dados para comunicação com base na probabilidade máxima de erro de pacote e na SNR de constelação.

23. O método, de acordo com a reivindicação 1, 25 no qual o obter amostras compreende estimar matrizes de canal de múltiplas entradas e múltiplas saídas (MIMO) para as respectivas sub-portadoras, e o computar compreende multiplicar as respectivas matrizes de canal MIMO por seus 30 respectivos Hermitianos para obtenção das respectivas matrizes quadradas intermediárias, computar métricas de classificação para as respectivas sub-portadoras com base nas matrizes quadradas intermediárias, e calcular a média das métricas de classificação computadas através das

respectivas sub-portadoras para obtenção de uma métrica de classificação MIMO média.

24. O método, de acordo com a reivindicação 23, no qual o computar compreende adicionalmente efetuar a decomposição QR para as respectivas matrizes de canal MIMO para obtenção das correspondentes matrizes triangulares superiores intermediárias e computar as métricas de classificação para as respectivas sub-portadoras com base nas matrizes triangulares superiores intermediárias.

25. O método, de acordo com a reivindicação 23, no qual o identificar compreende identificar uma probabilidade máxima de erro de pacote e o ajustar compreende selecionar um número de correntes espaciais para comunicação com base na probabilidade máxima de erro de pacote e na métrica de classificação MIMO média.

26. Um equipamento de comunicação sem fio, compreendendo:

uma memória que armazena dados relacionados a um radioenlace utilizado para comunicação pelo equipamento de comunicação sem fio e uma ou mais amostras a ele relacionadas; e

um processador configurado para identificar ajustes a serem efetuados no equipamento de comunicação sem fio com base nas uma ou mais amostras, para selecionar um ou mais parâmetros para ajustes a partir de uma lista, a lista compreendendo um coeficiente de correção I/Q, um fator de cancelamento de interferência, um ponto de corte de estimativa de canal e um indicador de qualidade de canal, e para efetuar os ajustes identificados.

27. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 26, no qual a memória armazena adicionalmente dados relacionados a um sinal resultante da geração de um tom em uma sub-portadora selecionada e o processador está adicionalmente configurado para identificar um desequilíbrio de amplitude entre um

componente I e um componente Q do sinal e para computar um fator de correção de amplitude pelo menos em parte por divisão de um valor RMS do componente I do sinal por um valor RMS do componente Q do sinal.

5 28. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 26, no qual a memória armazena adicionalmente dados relacionados a um sinal I resultante de um sinal gerado pelo uso de um tom de componente I e um sinal Q resultante de um sinal gerado pelo uso de um tom de
10 componente Q, e o processador estando adicionalmente configurado para identificar um desequilíbrio de amplitude entre o sinal I e o sinal Q e para computar um fator de correção de amplitude, pelo menos em parte, pela divisão de um valor RMS do sinal I por um valor RMS do sinal Q.

15 29. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 26, no qual a memória armazena adicionalmente dados relacionados a um sinal resultante da geração de tons em um grupo de sub-portadoras selecionadas de tal modo que nenhuma sub-portadora no grupo de sub-
20 portadoras compartilhe uma distância em comum de uma sub-portadora zero, e o processador estando adicionalmente configurado para identificar um desequilíbrio de fase entre um componente I e um componente Q do sinal e para aproximar o desequilíbrio de fase usando um filtro FIR possuindo um
25 fator de correção de fase médio e um fator de correção de diferença de fase par.

 30. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 29, no qual o processador está adicionalmente configurado para determinar o fator de
30 correção de fase médio como uma média do desequilíbrio de fase através da frequência e para selecionar o fator de correção de diferença de fase par como uma aproximação de uma variação de desequilíbrio de fase linear com relação à frequência.

31. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 30, no qual o processador está adicionalmente configurado para selecionar o fator de correção de diferença de fase par, pelo menos em parte, por
5 computação das respectivas médias de desequilíbrios de fase para pares de sub-portadoras positivas e negativas no grupo de sub-portadoras.

32. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 26, no qual a memória armazena
10 adicionalmente dados relacionados a sinais recebidos em uma ou mais antenas e o processador está também configurado para identificar a interferência nos respectivos sinais e para estimar valores de correlação cruzada e coeficientes de cancelamento com base nos respectivos sinais.

33. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 32, no qual o processador está adicionalmente configurado para aplicar os coeficientes de cancelamento aos sinais para cancelar a interferência
15 identificada.

34. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 33, no qual o processador está adicionalmente configurado para monitorar os valores de correlação cruzada com relação a um limite e para aplicar os coeficientes de cancelamento ao sinal ao determinar que
20 um valor de correlação cruzada supere o limite.

35. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 32, no qual o processador está adicionalmente configurado para aplicar os coeficientes de cancelamento aos sinais através da geração de um ou mais
30 sinais de cancelamento e injeção dos sinais de cancelamento nas respectivas cadeias de receptor correspondentes aos sinais.

36. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 32, no qual o processador está

adicionalmente configurado para equilibrar os respectivos níveis de potência dos sinais.

37. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 36, no qual o processador está
5 adicionalmente configurado para estimar um nível de potência de saída mínimo, para calcular fatores de correção de potência com base nos níveis combinados de ruído e interferência dos respectivos sinais e o nível de potência de saída mínimo, e para equilibrar os níveis de potência
10 dos respectivos sinais com base nos fatores de correção de potência.

38. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 32, no qual o processador está adicionalmente configurado para manter médias móveis de
15 amostras obtidas a partir dos sinais de entrada e para calcular os valores de correlação cruzada e coeficientes de cancelamento com base, pelo menos em parte, nas médias móveis mantidas.

39. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 26, no qual a memória armazena adicionalmente dados relacionados a uma ou mais estimativas de canal brutas e o processador está adicionalmente configurado para colocar em janela as estimativas de canal brutas com base em uma função de janela, para efetuar uma
20 IFFT para estimativas de canal em janela para obtenção de estimativas de resposta de impulso de canal, para determinar um perfil de retardo de potência a partir das estimativas de resposta de impulso de canal por elevação ao quadrado das estimativas de resposta de impulso de canal e
25 soma dos quadrados das estimativas através de um ou mais receptores, para truncar as estimativas de resposta de canal com base no perfil de retardo de potência e para converter as estimativas de resposta de impulso truncadas para estimativas de canal ajustadas.
30

40. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 39, no qual o processador está adicionalmente configurado para estimar e corrigir um deslocamento CC presente nas estimativas de resposta de impulso de canal.

41. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 39, no qual o processador está adicionalmente configurado para zerar tons não usados nas estimativas de canal brutas.

42. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 39, no qual a memória armazena adicionalmente dados relacionados a um valor de truncamento positivo e um valor de truncamento negativo e o processador está adicionalmente configurado para truncar as estimativas de resposta de impulso de canal no valor de truncamento positivo e no valor de truncamento negativo.

43. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 26, no qual a memória armazena adicionalmente dados relacionados a pontos de constelação recebidos correspondentes a um ou mais símbolos e distâncias dos pontos de constelação recebidos até os respectivos pontos de constelação fatiados mais próximos e o processador está adicionalmente configurado para somar os pontos de constelação recebidos para os um ou mais símbolos para obter respectivas estimativas de potência de sinal, para somar as distâncias dos pontos de constelação recebidos até aos respectivos pontos de constelação fatiados mais próximos para obter respectivas estimativas de potência de ruído, para obter uma estimativa de potência de sinal média e uma estimativa de potência de ruído média através dos um ou mais símbolos, e para dividir a estimativa de potência de sinal média pela estimativa de potência de ruído média para obter uma métrica de SNR de constelação.

44. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 43, no qual o processador está adicionalmente configurado para obter a estimativa de potência de sinal média e a estimativa de potência de ruído média usando um filtro passa baixa de um pólo.

45. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 43, no qual a memória armazena também dados relacionados a uma probabilidade de erro de pacote máxima e o processador está também configurado para ajustar uma taxa de dados com base na probabilidade de erro de pacote máxima e na métrica de SNR de constelação.

46. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 26, no qual a memória armazena adicionalmente dados relacionados a matrizes de canal MIMO para as respectivas sub-portadoras e o processador está adicionalmente configurado para obter matrizes Hermitianas para as respectivas matrizes de canal MIMO, para multiplicar as respectivas matrizes MIMO por suas respectivas matrizes Hermitianas para obter matrizes intermediárias, para computar métricas para as respectivas sub-portadoras com base nas matrizes intermediárias, e para computar uma métrica de classificação MIMO por cálculo das médias das métricas de classificação computadas para as respectivas sub-portadoras através das sub-portadoras.

47. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 46, no qual o processador está adicionalmente configurado para efetuar a decomposição QR para as respectivas matrizes de canal MIMO para obter correspondentes matrizes triangulares superiores intermediárias e para computar as métricas de classificação para as respectivas sub-portadoras com base nas matrizes triangulares superiores intermediárias.

48. O equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 46, no qual a memória armazena adicionalmente dados relacionados a uma probabilidade

máxima de erro de pacote e o processador está também configurado para ajustar um número de correntes espaciais a serem usadas para comunicação com base na probabilidade máxima de erro de pacote e na métrica de classificação

5 MIMO.

49. Um equipamento que facilita o processamento de sinais em um sistema de comunicação sem fio, compreendendo:

10 mecanismos para obter dados relacionados às características de operação do equipamento;

mecanismos para identificar um ou mais ajustes a serem efetuados no equipamento com base nos dados obtidos;

15 mecanismos para computar parâmetros selecionados a partir de um grupo a ser usado em conexão com os ajustes identificados, o grupo compreendendo fatores de correção I/Q, coeficientes de cancelamento de interferência, pontos de corte de estimativa de canal, métricas de SNR de constelação e métricas de classificação MIMO; e

20 mecanismos para efetuar os ajustes identificados na estação com base nos parâmetros computados.

50. Um meio legível por computador, compreendendo:

25 código para levar um computador a captar informações relacionadas a um radioenlace usado para comunicação, as informações indicando uma ou mais deteriorações;

30 código para levar um computador a determinar um conjunto de parâmetros a serem computados com base nas deteriorações, o conjunto de parâmetros selecionado a partir de uma lista, a lista compreendendo coeficientes de calibração I/Q, pesos de cancelamento de interferência, valores de truncamento de canal e indicadores de qualidade de canal; e

35 código para levar um computador a computar o conjunto de parâmetros com base nas informações captadas

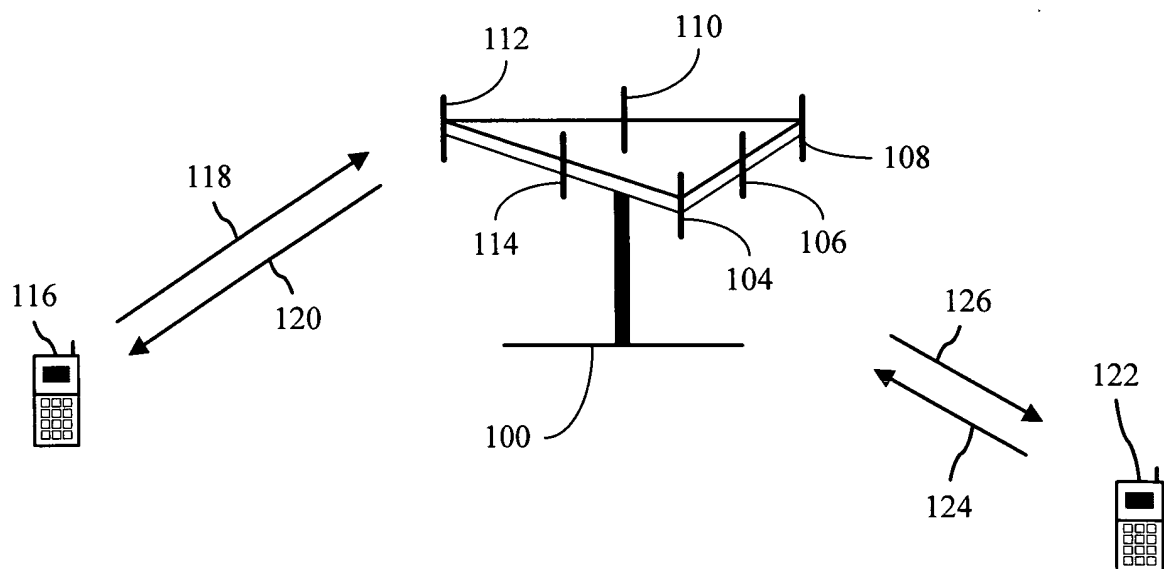
para permitir o ajuste para as deteriorações com base no conjunto de parâmetros.

51. Um circuito integrado que executa instruções para execução por computador, as instruções compreendendo:

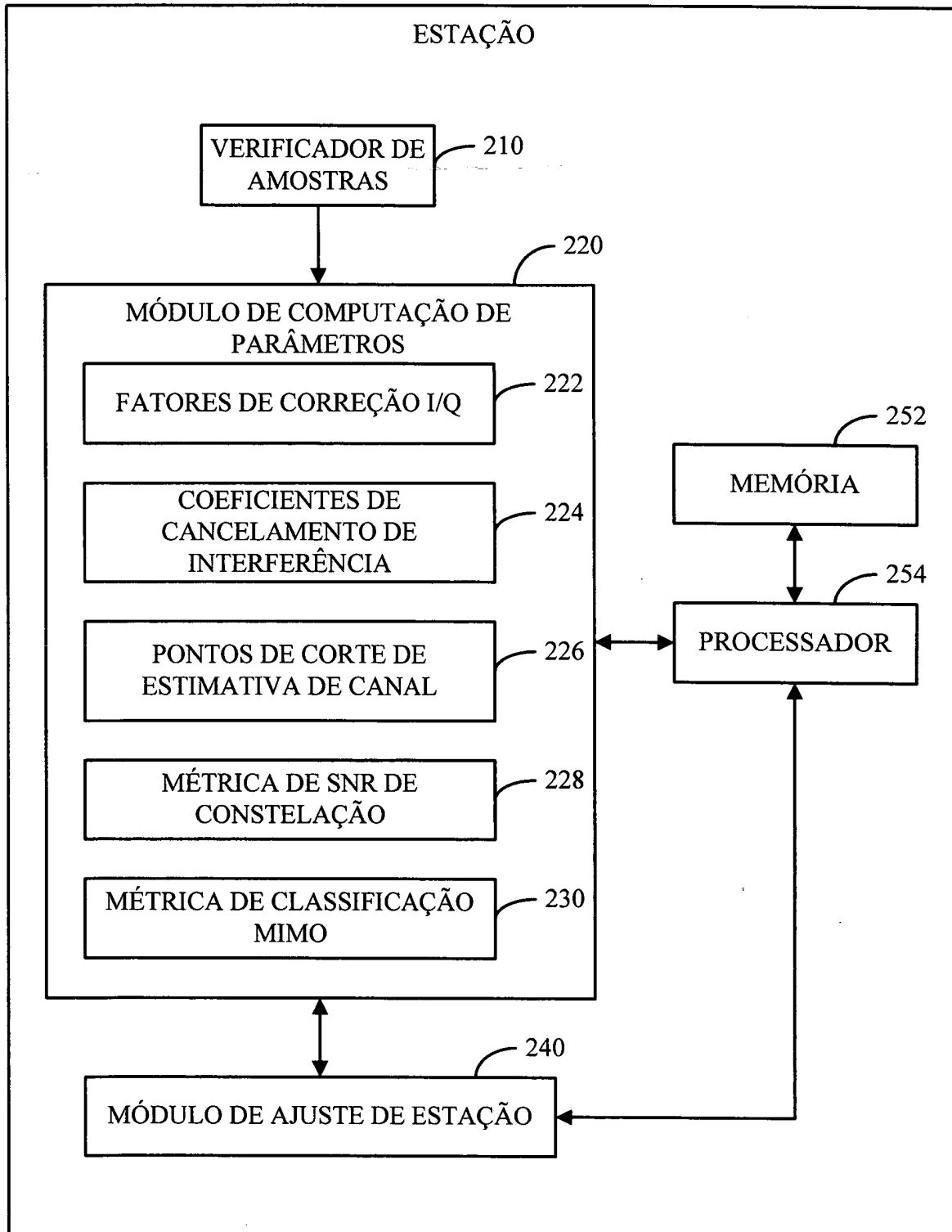
5 identificar um ou mais ajustes a serem efetuados em uma estação sem fio;

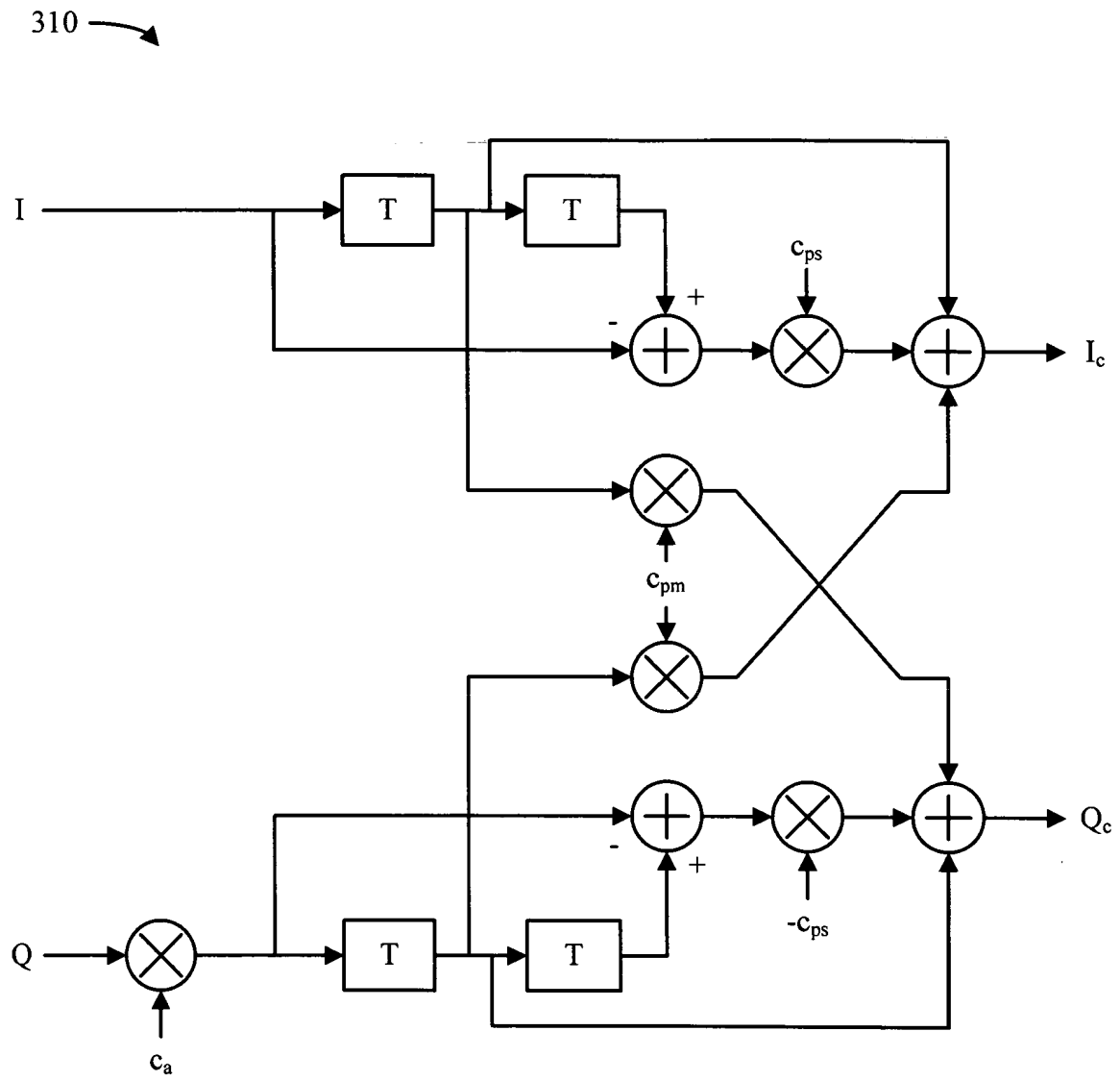
 selecionar um ou mais parâmetros de ajuste a partir de uma lista para os ajustes, a lista compreendendo um coeficiente de correção I/Q, um fator de cancelamento de
10 interferência, um ponto de truncamento de estimativa de canal, uma SNR de constelação e uma métrica de classificação MIMO;

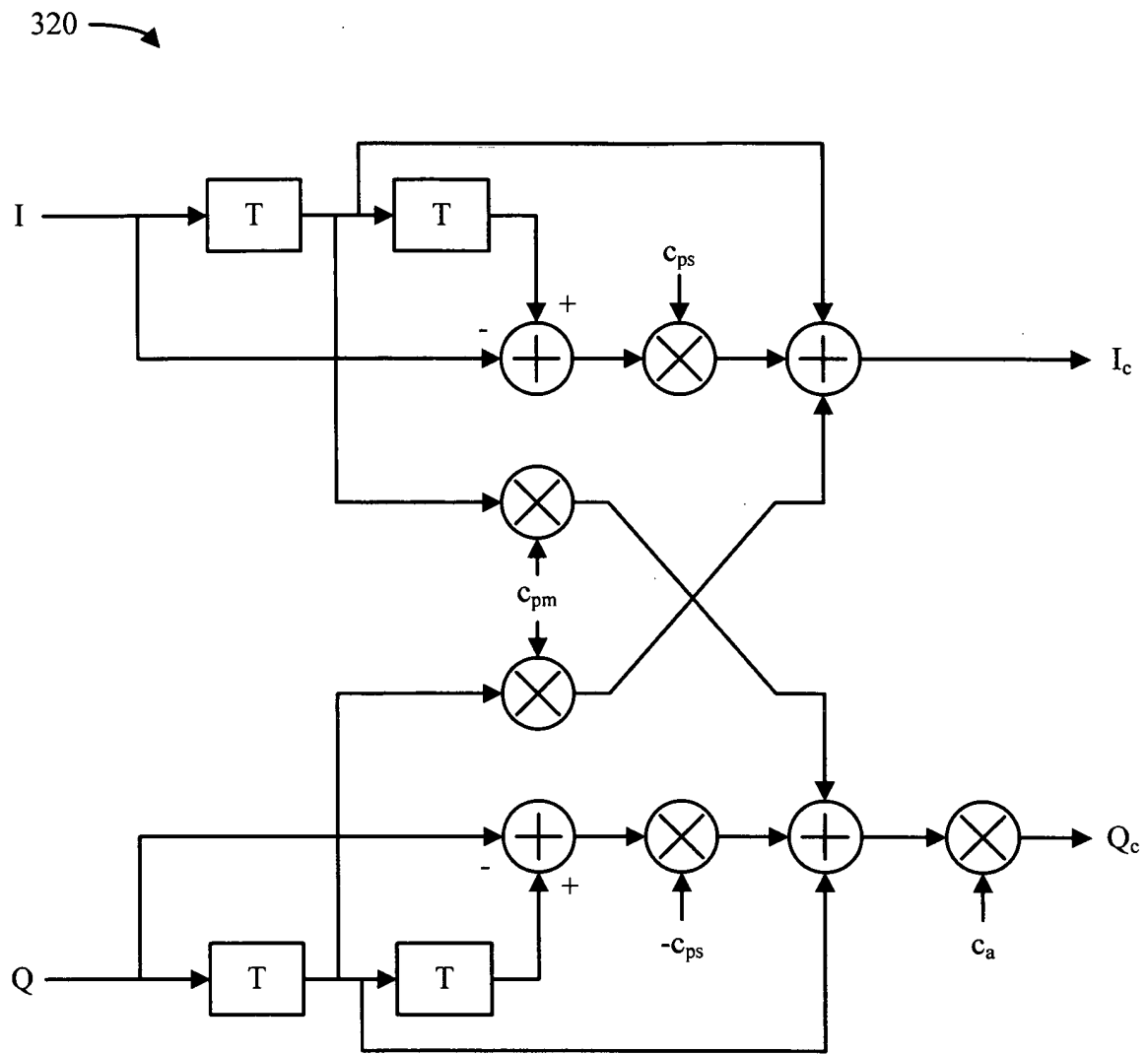
 computar os parâmetros de ajuste selecionados; e
 efetuar os ajustes identificados com base nos
15 parâmetros de ajuste computados.

**FIG. 1**

200 →

**FIG. 2**

**FIG. 3A**

**FIG. 3B**

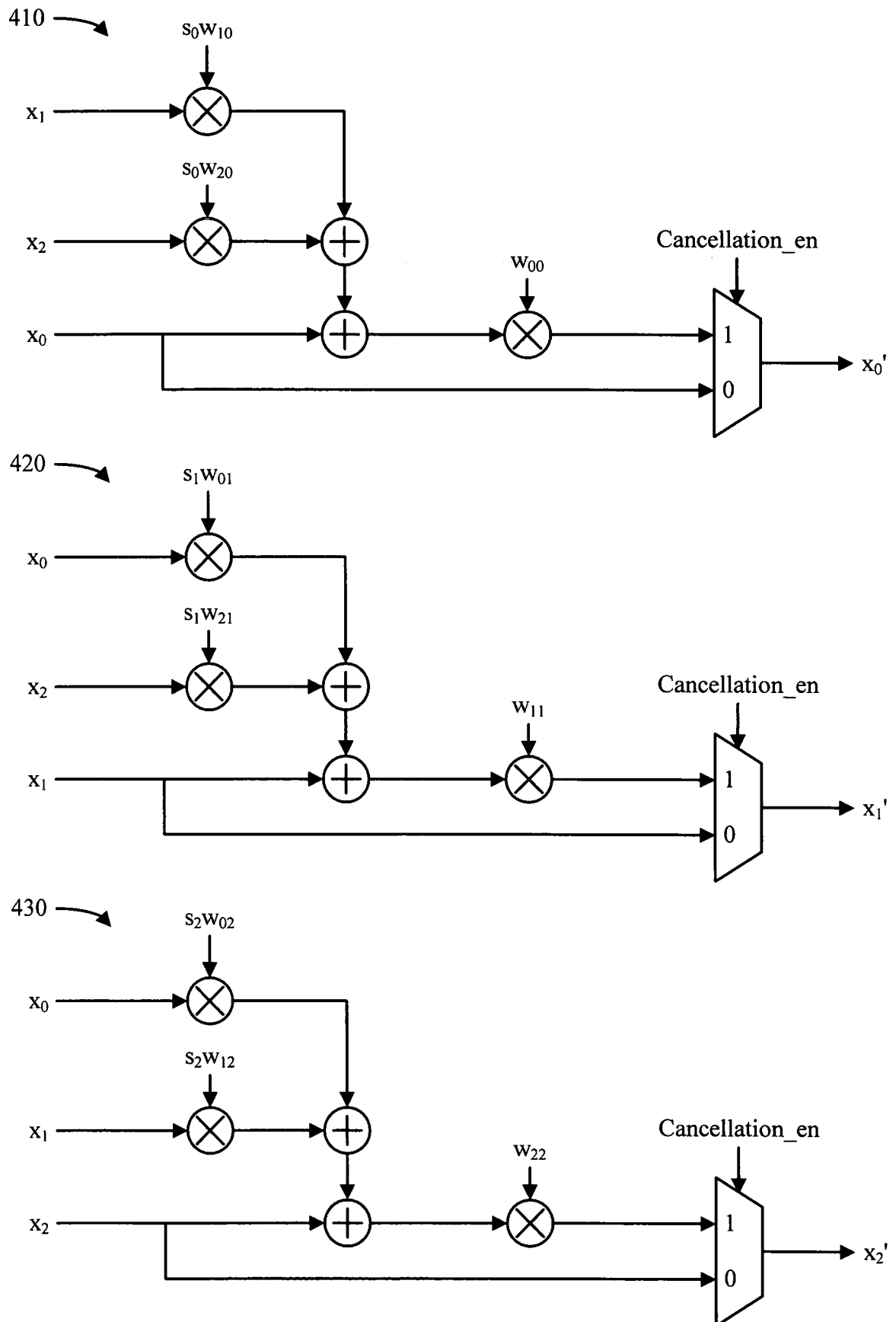
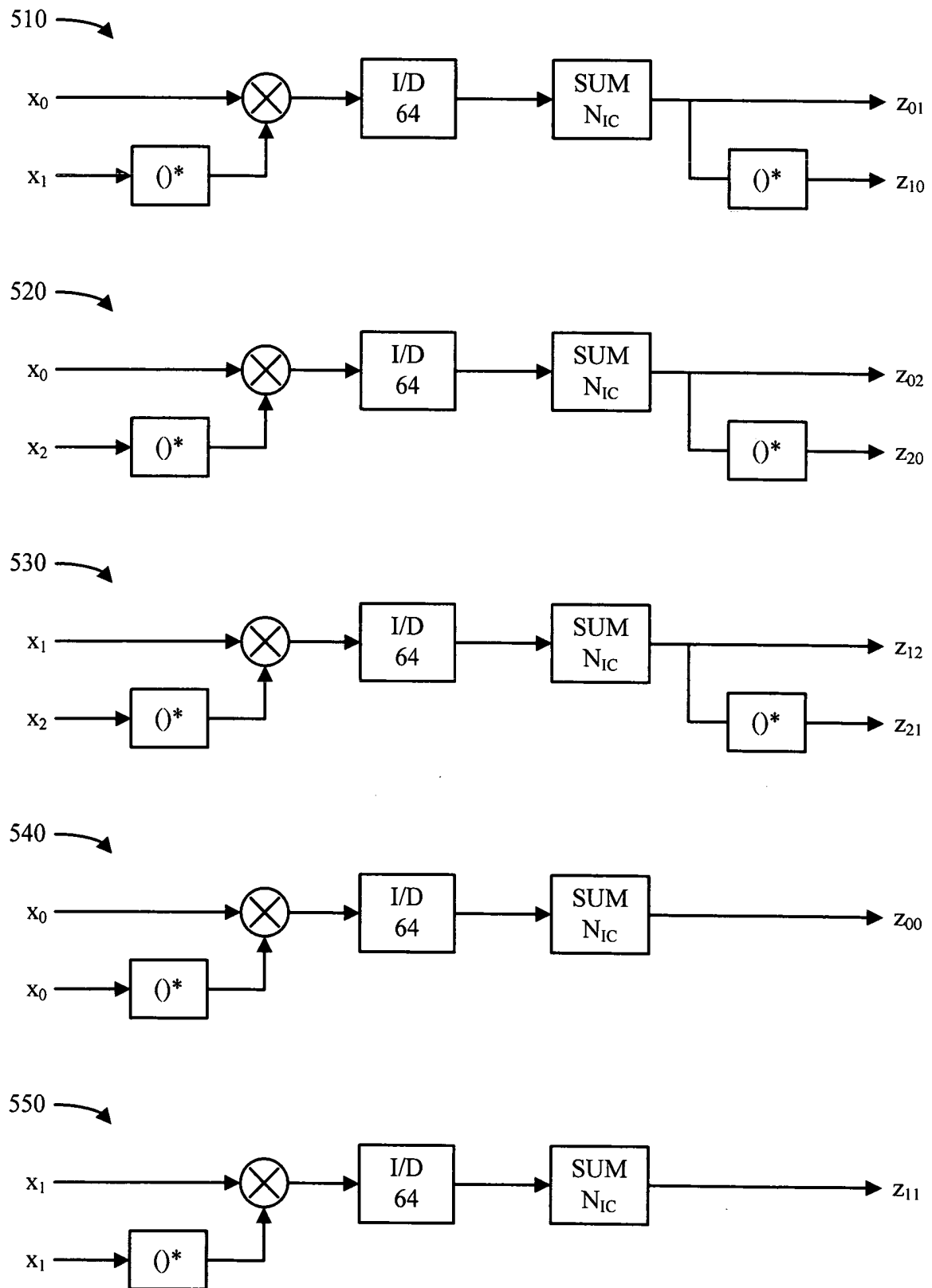
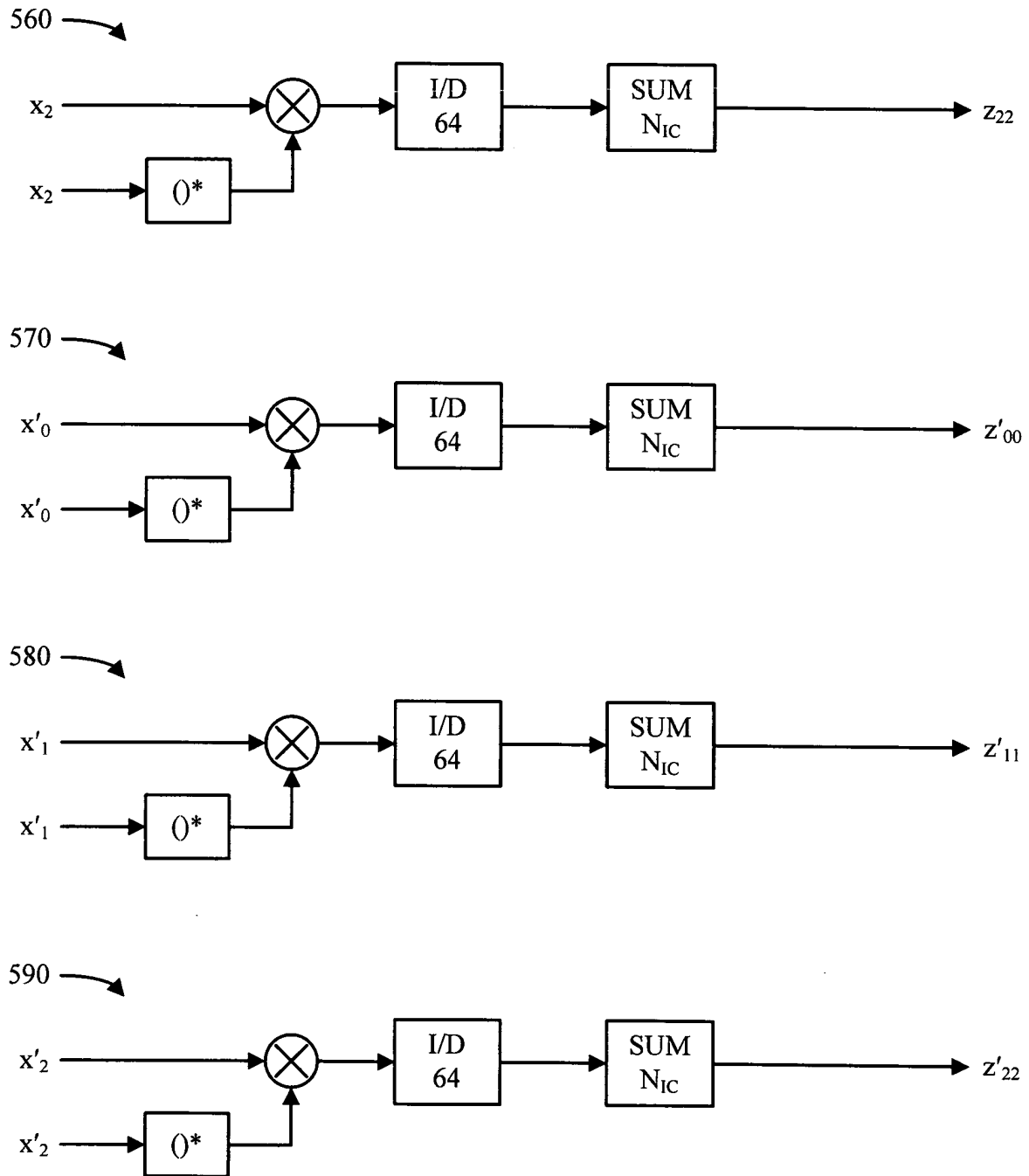
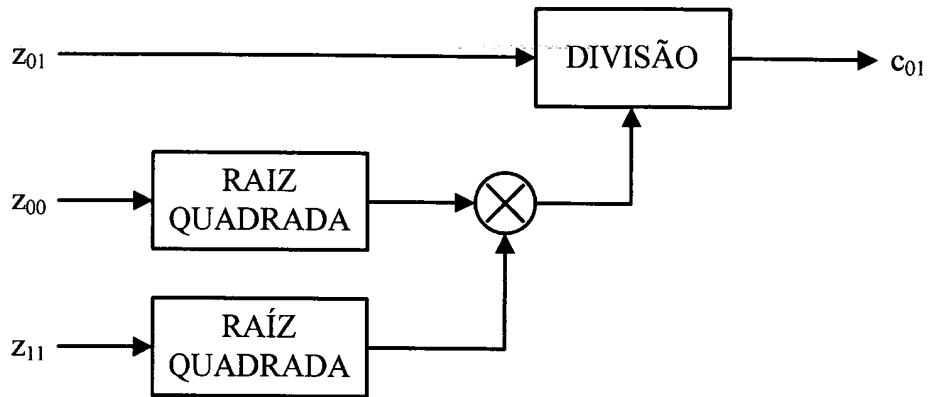


FIG. 4

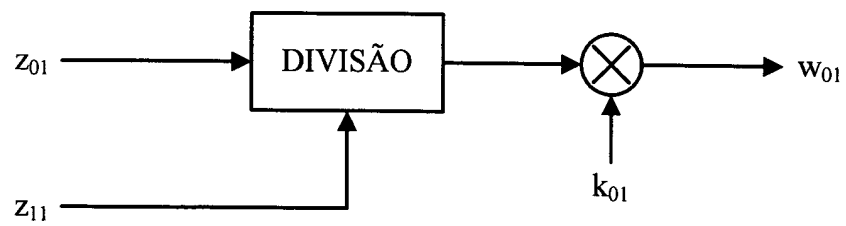
**FIG. 5A**

**FIG. 5B**

600

**FIG. 6**

700

**FIG. 7**

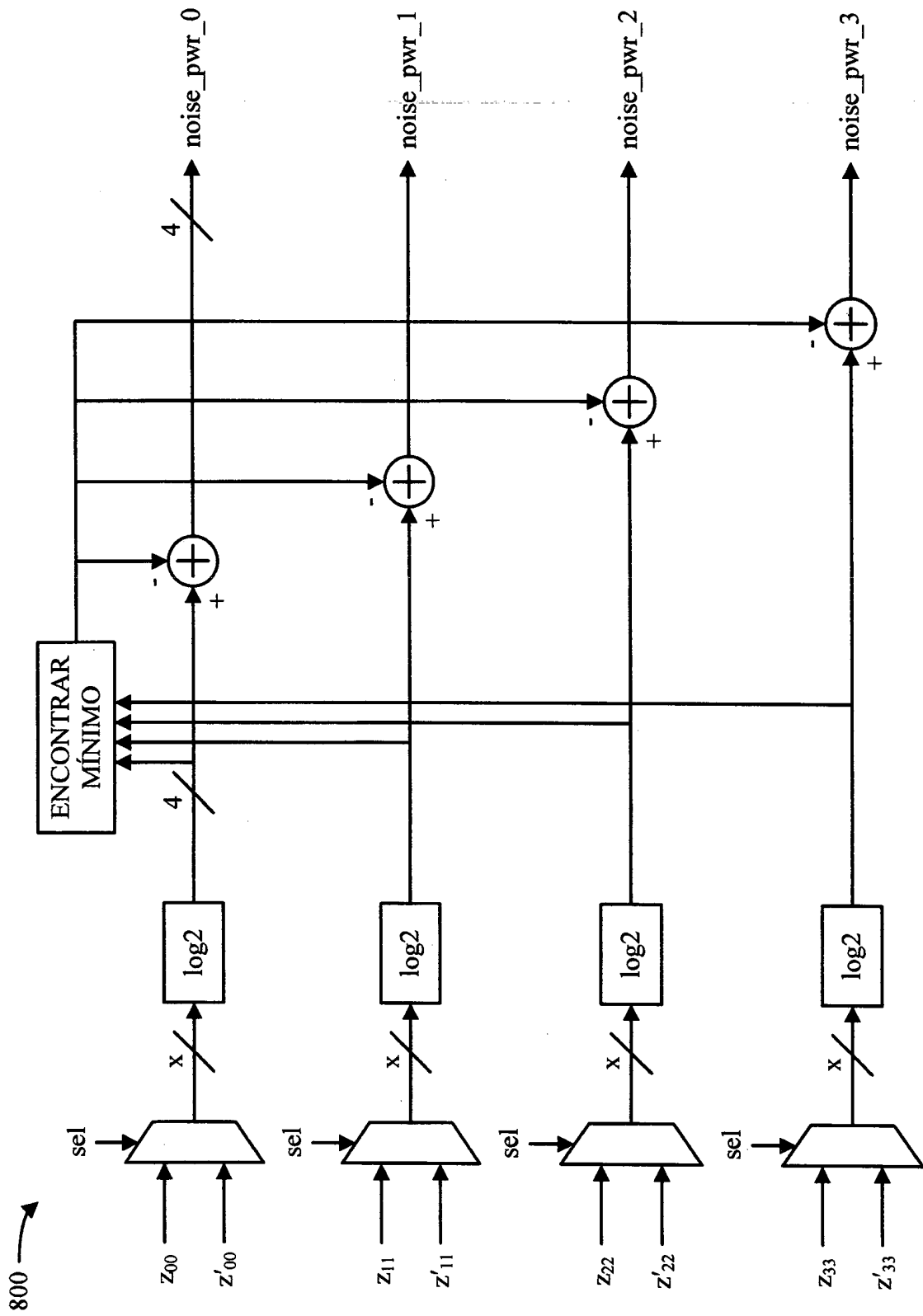
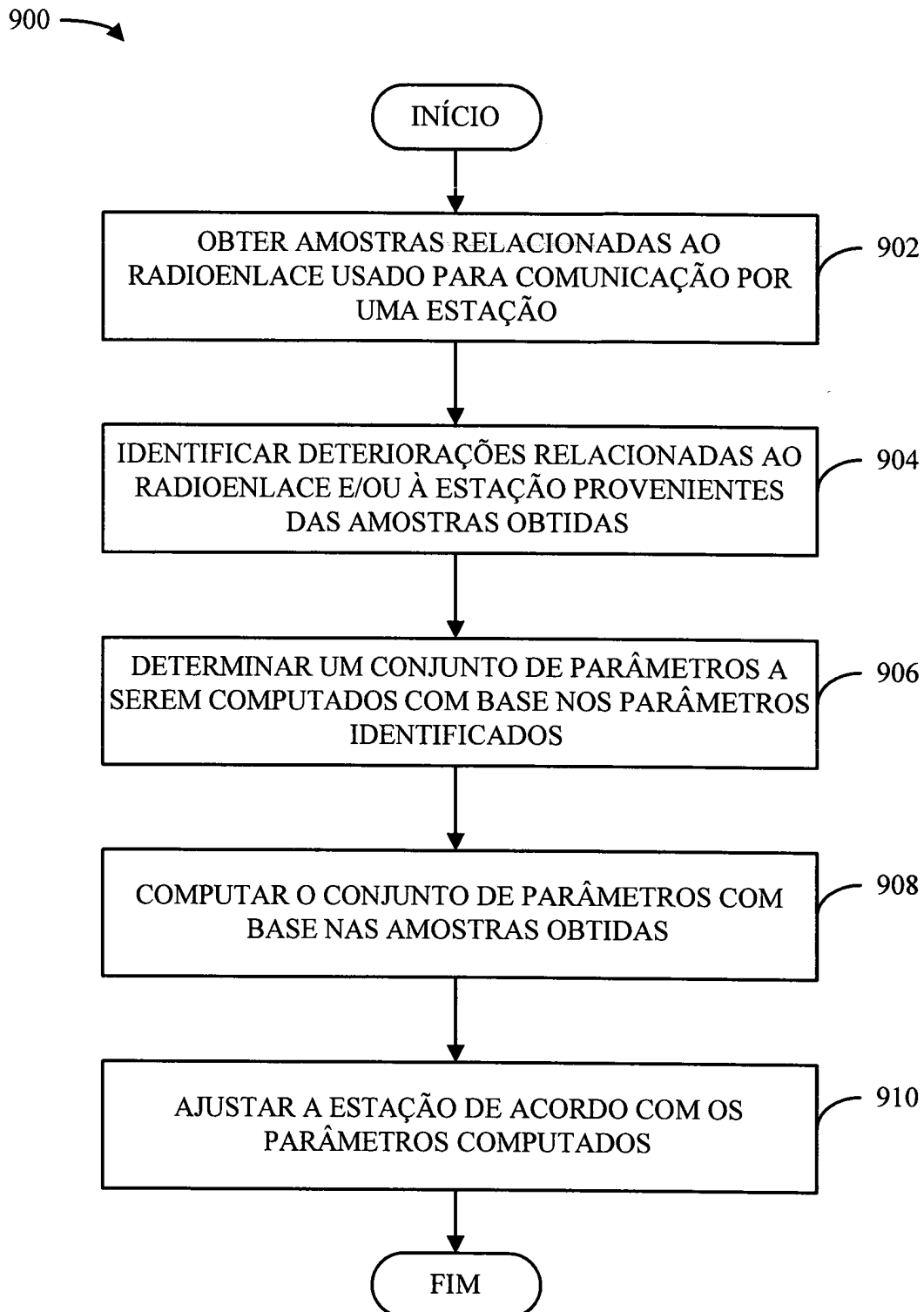
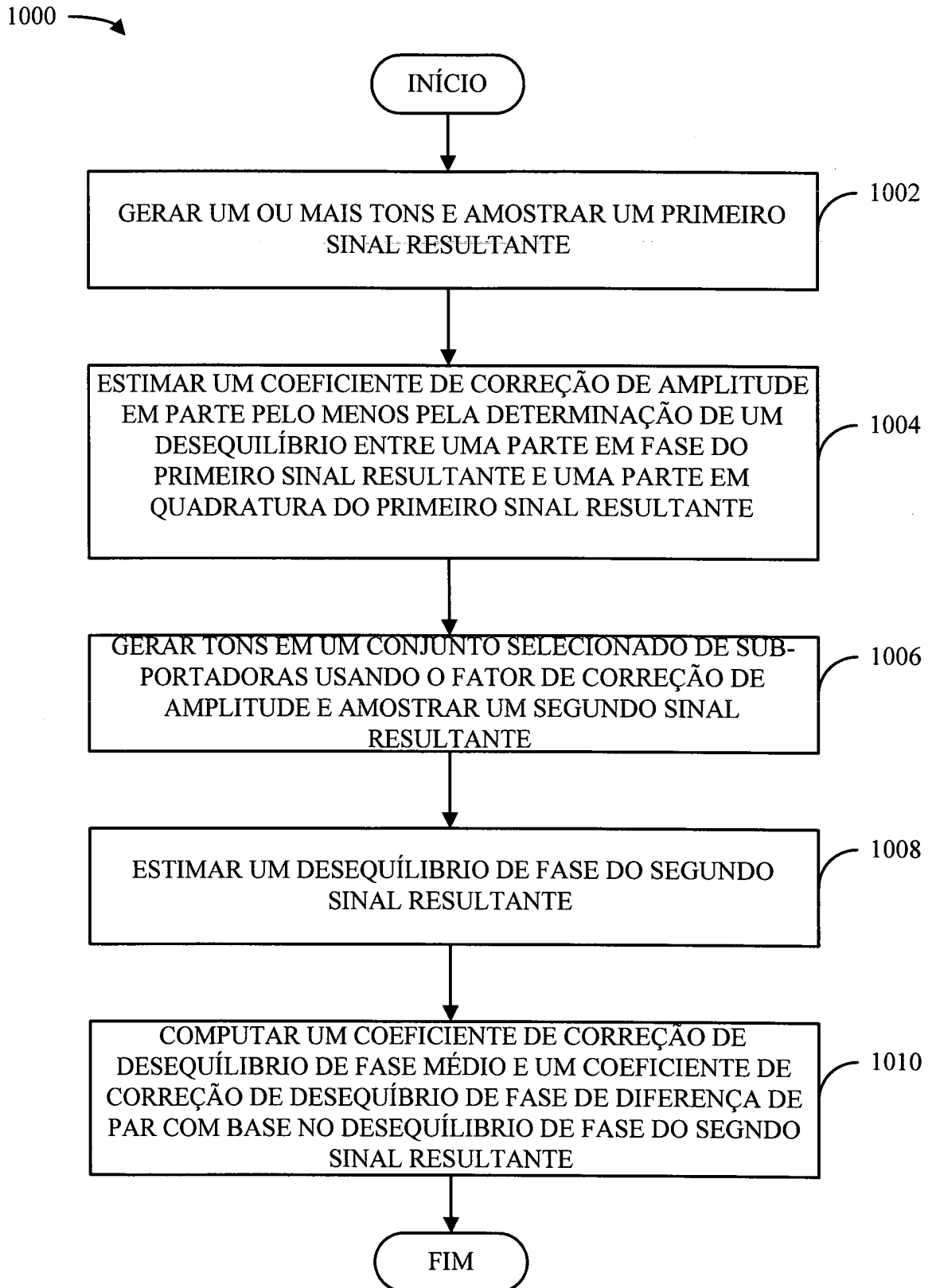
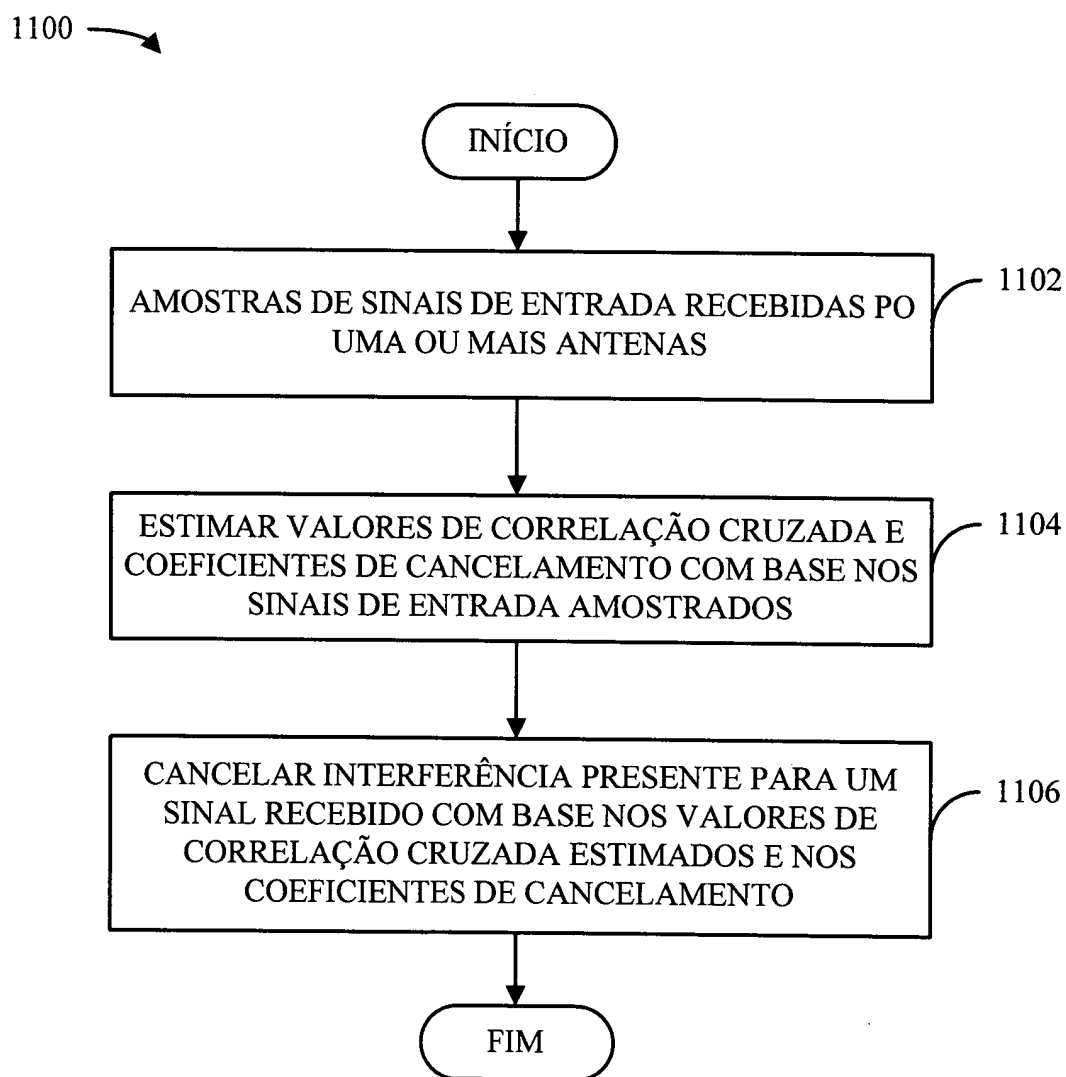
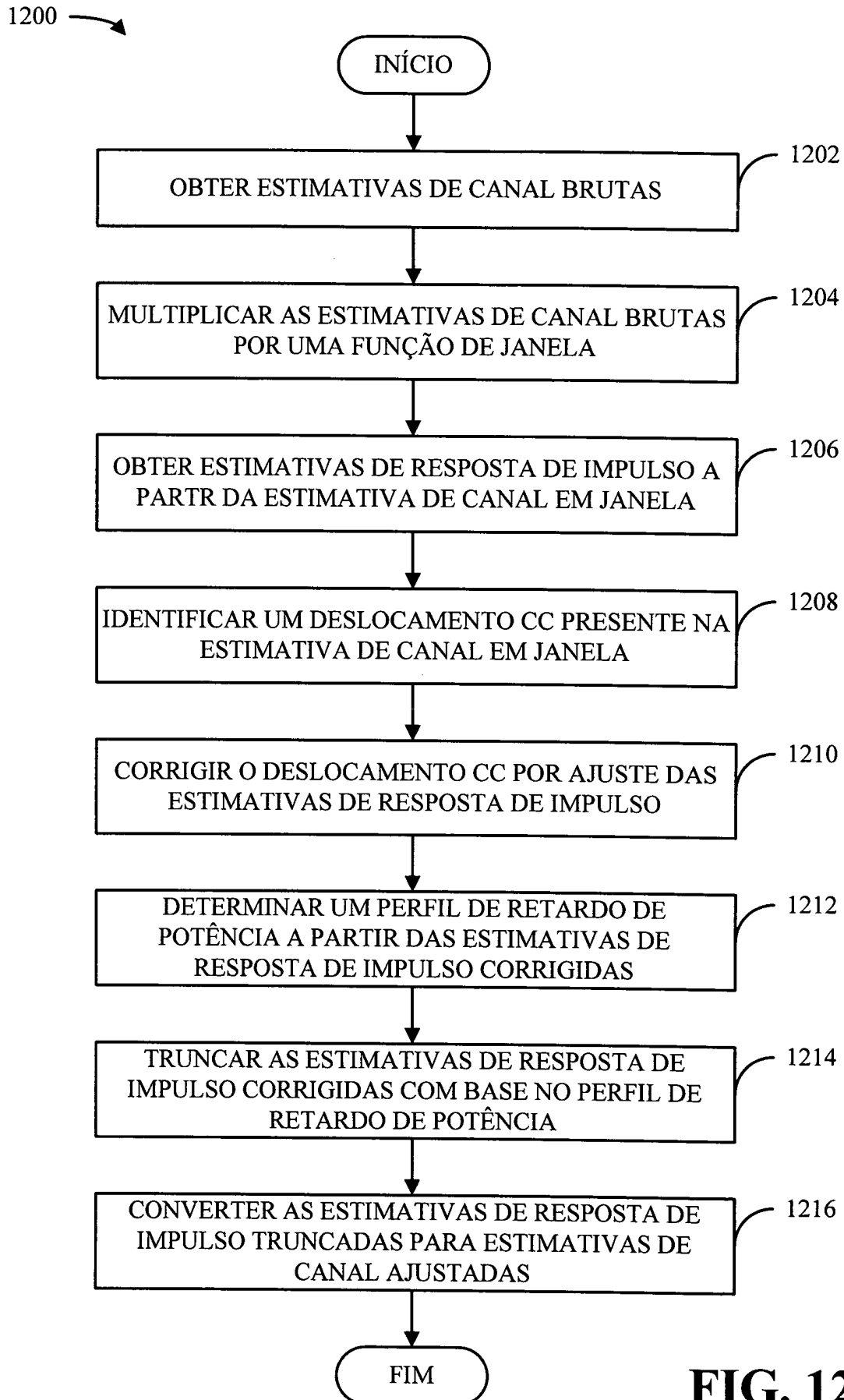


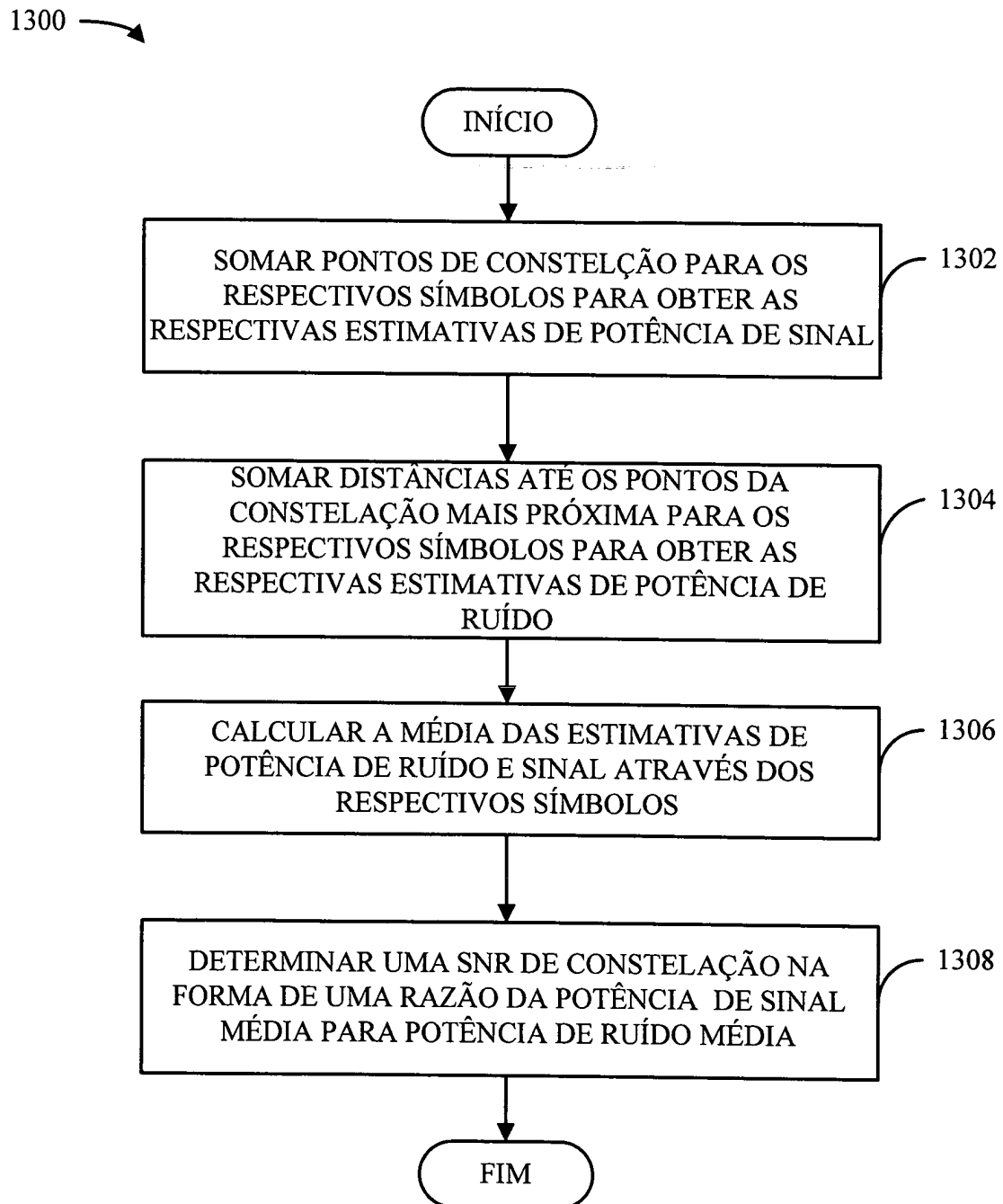
FIG. 8

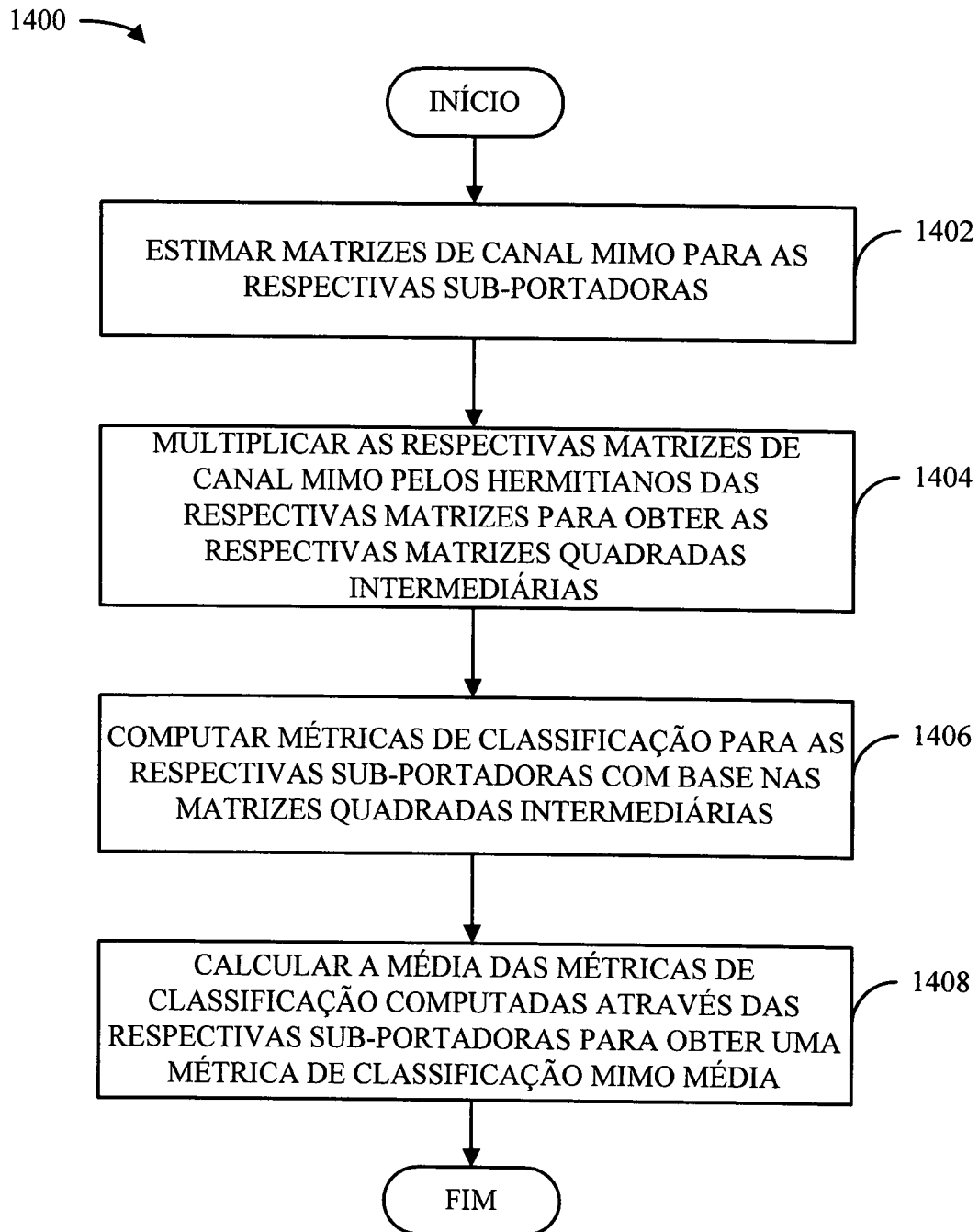
**FIG. 9**

**FIG. 10**

**FIG. 11**

**FIG. 12**

**FIG. 13**

**FIG. 14**

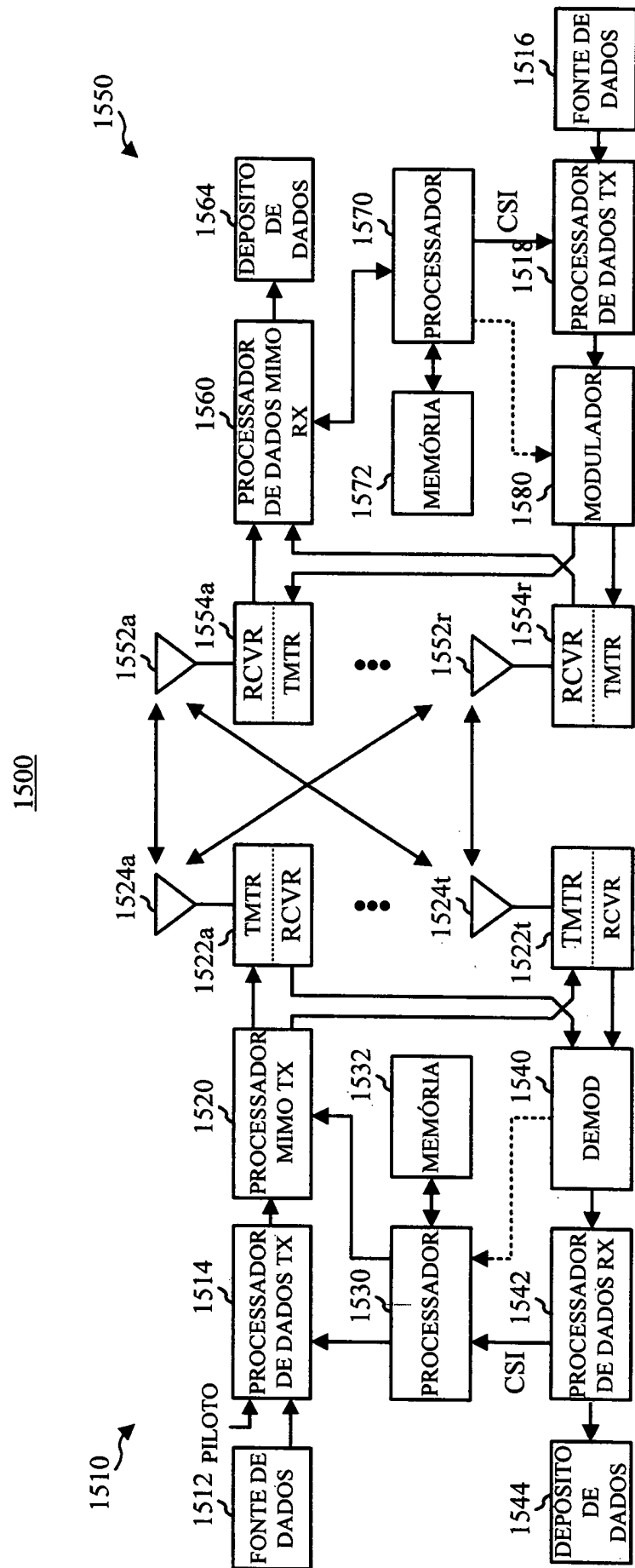
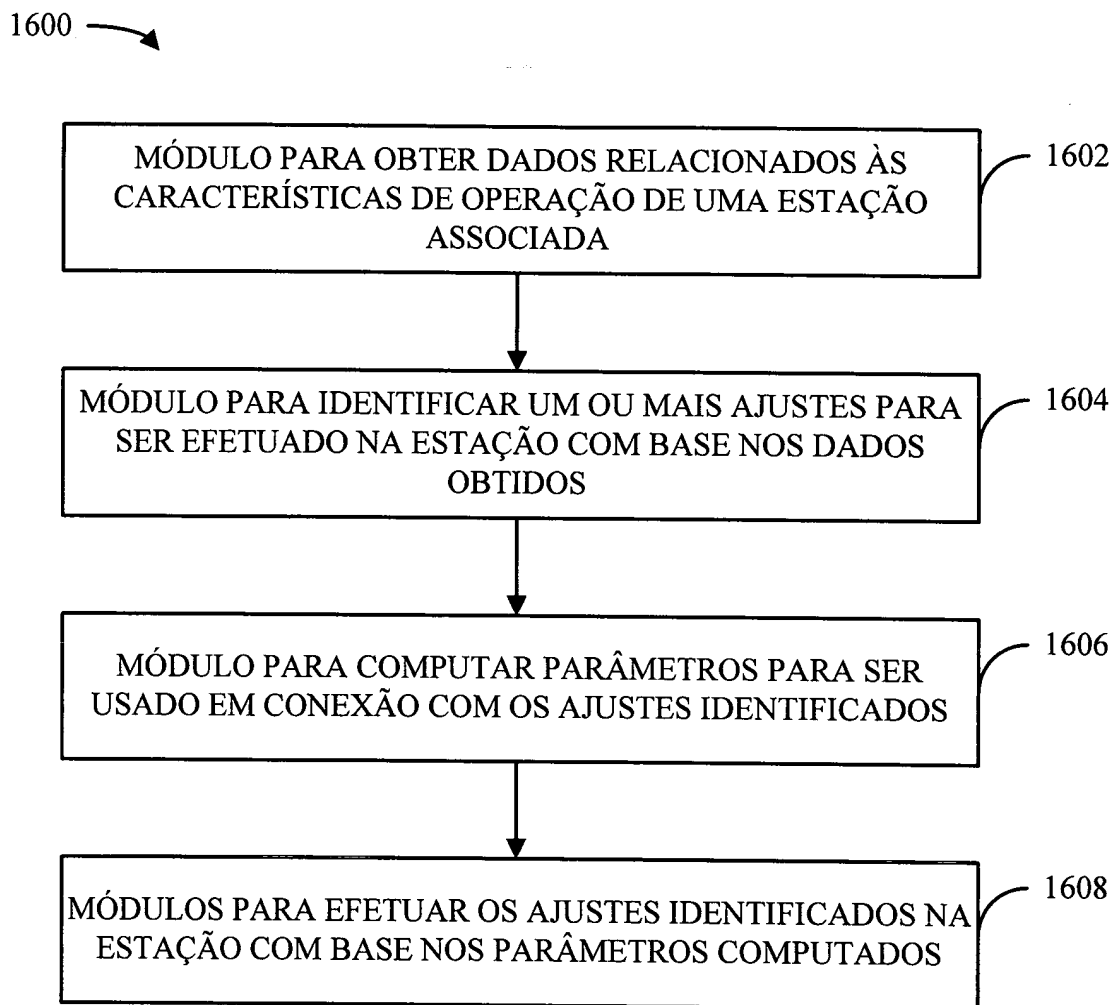


FIG. 15

**FIG. 16**

P1806296-0

RESUMO

"ESTAÇÃO DE ALTA PERFORMANCE"

São descritos sistemas e metodologias para processamento de informação no dispositivo operando no sistema de comunicação sem fio. Técnicas para calibração em fase e quadratura (I/Q), cancelamento de interferência, estimativa de canal e relação sinal/ ruído e cálculo de métrica de classificação são providos aqui. Como é provido aqui, um ou mais das técnicas descritas pode ser usada para ajustar a performance da estação sem fio na presença de deteriorações da estação sem fio e/ou um link de comunicação usado pela estação sem fio.

REIVINDICAÇÕES

1. Um método para processamento de dados em uma estação sem fio, compreendendo:

5 obter amostras relacionadas a um link de rádio utilizado por uma estação sem fio para comunicação;

identificar uma ou mais deteriorações a partir das amostras obtidas;

10 computar um ou mais parâmetros com base pelo menos em parte nas amostras obtidas e nas deteriorações identificadas, os parâmetros compreendendo um ou mais itens selecionados a partir de uma lista, a lista incluindo um fator de correção de desbalanceamento em fase e quadratura (I/Q), um coeficiente de cancelamento de interferência, um ponto de entroncamento de estimativa de canal, uma métrica
15 de relação sinal-ruído de constelação, e uma métrica de classificação de canal de múltiplas entradas e múltiplas saídas (MIMO); e

ajustar a estação sem fio com base nos um ou mais parâmetros computados.

20 2. O método, de acordo com a reivindicação 1, em que as amostras obtidas compreendem gerar um tom em uma subportadora selecionada e amostrar um sinal resultante, a identificação compreendendo identificar um desbalanceamento de amplitude entre uma componente I e uma componente Q do
25 sinal resultante, e a computação compreende estimar um fator de correção de desbalanceamento em amplitude (I/Q) pelo menos em parte pela divisão de uma parte real do valor de raiz média quadrática (RMS) da componente I do sinal resultante por um valor RMS da componente Q do sinal
30 resultante.