

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

(21) **PI0618184-8 A2**

(22) Data de Depósito: 02/11/2006
(43) Data da Publicação: 23/08/2011
(RPI 2120)



(51) *Int.Cl.:*
H04B 7/06 2006.01
H04L 25/03 2006.01
H04L 25/02 2006.01
H04B 17/00 2006.01

(54) Título: **CALIBRAGEM DE ARRANJO DE ANTENAS PARA SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO POR MÚLTIPLAS-ENTRADAS E MÚLTIPLAS-SAÍDAS**

(30) Prioridade Unionista: 04/04/2006 US 11/398,077,
17/04/2006 US 11/405,944, 02/11/2005 US 60/733,021, 02/11/2005
US 60/733,021

(73) Titular(es): Qualcomm Incorporated

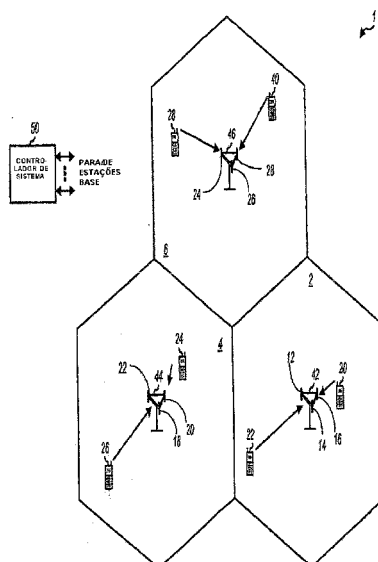
(72) Inventor(es): Alexei Gorokhov, Ayman Fawzy Naguib

(74) Procurador(es): MONTAURY PIMENTA,
MACHADO & LIOCE

(86) Pedido Internacional: PCT US2006060502 de 02/11/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/056676 de 18/05/2007

(57) Resumo: CALIBRAGEM DE ARRANJO DE ANTENAS PARA SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO POR MÚLTIPLAS-ENTRADAS E MÚLTIPLAS SAÍDAS. Trata-se da calibragem para uma cadeia de transmissão de um dispositivo que transmite informações para múltiplos dispositivos sobre enlaces sem fio e para cadeias de recepção dos múltiplos dispositivos que recebem informações sobre um dos enlaces sem fio utilizando cada uma das estimativas para diferentes antenas de um terminal de acesso como uma estimativa separada.



**"CALIBRAGEM DE ARRANJO DE ANTENAS PARA SISTEMAS DE
COMUNICAÇÃO SEM FIO POR MÚLTIPLAS-ENTRADAS E MÚLTIPLAS-
SAÍDAS".**

Campo da Invenção

5 A descrição seguinte refere-se de maneira geral a comunicações sem fio e, entre outras coisas, à calibragem de um arranjo de antenas para sistemas de comunicação sem fio de múltiplas entradas e múltiplas saídas.

Descrição da Técnica Anterior

10 Os sistemas de rede sem fio têm se tornado um meio predominante pelo qual a maioria das pessoas no mundo vem a comunicar-se. Os dispositivos ~~de comunicação~~ sem fio têm tornado menores e mais poderosos a fim de atender às necessidades dos consumidores e para aperfeiçoar a
15 portabilidade e a comodidade. O aumento da potência de processamento nos dispositivos móveis, tais como telefones celulares, tem levado a um aumento da demanda de sistemas de transmissão em rede sem fio. Tais sistemas não são tipicamente tão facilmente atualizados quanto os
20 dispositivos celulares que se comunicam através deles. À medida que as capacidades dos dispositivos móveis se expandem, pode ser difícil manter um sistema de rede sem fio mais antigo de maneira que facilite a exploração total das capacidades novas e aperfeiçoadas dos dispositivos sem
25 fio.

 Mais especificamente, as técnicas baseadas na divisão de frequência separam tipicamente o espectro em canais distintos dividindo-o em partes uniformes de largura de banda, por exemplo, a divisão da banda de frequência
30 alocada para comunicação de telefones celulares sem fio pode ser dividida em canais, cada um dos quais pode portar uma conversa de voz ou, com serviço digital, portar dados digitais. Cada canal pode ser atribuído a apenas um usuário

de uma vez. Uma variante comumente utilizada é uma técnica por divisão de frequência ortogonal que particiona de maneira eficaz a largura de banda ~~total do~~ sistema em várias subportadoras ortogonais. Estas subportadoras são também referenciadas como tons, portadoras, binários e/ou canais de frequência. Com técnicas baseadas em divisão de tempo, uma banda é dividida temporalmente em fatias de tempo ou partições de tempo sequenciais. Cada usuário de um canal pode receber uma fatia de tempo para transmitir e receber informações à maneira de rodízio. Por exemplo, em qualquer dado tempo t , é dado a um usuário acesso ao canal durante uma curta rajada. Em seguida, o acesso é comutado para outro usuário, que recebe uma curta rajada de tempo para transmitir e receber informações. O ciclo de "revezamentos" continua, e finalmente cada usuário recebe várias rajadas de transmissão e recepção.

As técnicas baseadas em divisão de código tipicamente transmitem os dados através de várias frequências disponíveis a qualquer dado momento em uma faixa. Em geral, os dados são digitalizados e espalhados através da largura de banda disponível, em que vários usuários podem ser superpostos no canal e a respectivos usuários pode ser atribuído um código de sequência único. Os usuários podem transmitir na mesma parte de espectro de banda larga, em que o sinal de cada usuário é espalhado através de toda a largura de banda por seu respectivo código de espalhamento único. Esta técnica pode proporcionar compartilhamento, em que um ou mais usuários podem transmitir e receber concomitantemente. Tal compartilhamento pode ser obtido por meio de modulação digital com espalhamento espectral, em que o fluxo de bits de um usuário é codificado e espalhado através de um canal muito largo de maneira pseudo-aleatória. O receptor é

projetado para reconhecer o código de sequência único afim de desfazer a aleatorização de modo a coletar os bits para um usuário específico de maneira coerente.

Um tipo conhecido de sistema de comunicação é um sistema de comunicação de múltiplas entradas e múltiplas saídas, no qual tanto o transmissor quanto o receptor têm uma pluralidade de antenas de recepção e transmissão para comunicação. Um terminal móvel, com múltiplas antenas de recepção e transmissão, dentro da área de cobertura de uma estação base, pode estar interessado em receber um, mais de um ou todos os fluxos de dados da estação base. De maneira semelhante, um terminal móvel pode transmitir dados à estação base ou a outro terminal móvel. Tal comunicação entre estação base e terminal móvel ou entre terminais móveis pode se deteriorar devido a variações de canal e/ou variações na potência de interferência. Por exemplo, as variações antes mencionadas podem afetar a programação, o controle de potência e/ou a predição de taxa da estação base para um ou mais terminais móveis.

Quando arranjos de antenas e/ou estações base são utilizados em conjunto com a técnica de transmissão de canal duplexado no domínio do tempo (TDD), podem ser obtidos ganhos muito grandes. Uma suposição chave na obtenção destes ganhos é que, devido à natureza TDD da transmissão e da recepção, tanto o enlace direto (FL) quanto o enlace reverso (RL) observam canais de propagação físicos semelhantes que correspondem a uma frequência de portadora comum. Entretanto, na prática, as cadeias de transmissão e recepção totais, que podem incluir os front-ends analógicos e os transmissores e receptores de amostragem digitais, assim como o cabeamento físico e a arquitetura das antenas, contribuem para a resposta total ao canal experimentada pelo receptor. Em outras palavras, o

receptor verá um canal total ou equivalente entre a entrada do conversor digital/analógico (DAC) do transmissor e a saída do conversor analógico/digital (ADC) do receptor, que pode compreender a cadeia analógica do transmissor, do
5 canal de propagação físico, da estrutura física do arranjo de antenas (inclusive o cabeamento) e a cadeia analógica do receptor.

Em vista do exposto acima, existe necessidade na técnica de um sistema e/ou metodologia de calibragem de
10 arranjos de antenas utilizados nos dispositivos de comunicação sem fio.

Resumo da Invenção

A seguir é apresentado um resumo simplificado de uma ou mais modalidades de modo a obter um entendimento
15 básico de tais modalidades. Este resumo não é uma vista panorâmica extensiva de todas as modalidades contempladas e não pretende nem identificar elementos chave ou críticos de todas as modalidades nem delinear o alcance de qualquer uma ou de todas as modalidades. Sua única finalidade é a de
20 apresentar alguns conceitos de uma ou mais modalidades sob uma forma simplificada como uma introdução à descrição mais detalhada que é apresentada mais adiante.

De acordo com um aspecto, um método para calibrar um arranjo de antenas em uma rede sem fio compreende
25 determinar estimativas de canal para pelo menos duas antenas de pelo menos dois terminais de acesso e determinar uma relação de calibragem com base em cada uma das estimativas de canal para pelo menos duas antenas.

Para a consecução das finalidades precedentes e
30 afins, a(s) modalidade(s) compreende os aspectos completamente descritos a seguir e especificamente indicados nas reivindicações. A descrição a seguir e os desenhos apensos apresentam em detalhes determinados

aspectos ilustrativos da(s) modalidade(s). Estes aspectos indicam, contudo, apenas algumas das diversas maneiras pelas quais os princípios de diversas modalidades podem ser utilizados, e as modalidades descritas pretendem incluir
5 todos estes aspectos e seus equivalentes.

Breve Descrição das Figuras

Figura 1 - ilustra aspectos de um sistema de comunicação sem fio de acesso múltiplo.

Figura 2 - ilustra uma disposição de antenas
10 compreendendo uma cadeia de receptor e uma cadeia de transmissor de acordo com diversos aspectos aqui descritos.

Figura 3 - ilustra aspectos de temporização para operações de calibragem.

Figura 4 - ilustra aspectos da lógica que
15 facilita a calibragem de um arranjo de antenas para compensar o descasamento dos ganhos.

Figura 5 - ilustra aspectos de um sistema que facilita a calibragem de um arranjo de antenas para compensar o descasamento dos ganhos.

20 Figura 6 - ilustra aspectos de uma metodologia para calibrar um arranjo de antenas.

Figura 7 - ilustra aspectos de uma metodologia para calibrar um arranjo de antenas.

25 Figura 8 - ilustra aspectos de um receptor e um transmissor em um sistema de comunicação sem fio.

Figura 9 - ilustra aspectos de um ponto de acesso.

Descrição Detalhada da Invenção

Diversas modalidades são agora descritas com
30 referência aos desenhos, nos quais os mesmos números de referência são utilizados para referenciar os mesmos elementos em toda parte. Na descrição a seguir, para fins de explanação, inúmeros detalhes específicos são

apresentados de modo a obter um entendimento completo de uma ou mais modalidades. Poder ser evidente, contudo, que tal(ais) modalidade(s) pode(m) ser posta(s) em prática sem estes detalhes específicos. Em outros casos, estruturas e dispositivos notoriamente conhecidos são mostrados em forma de diagrama de blocos de modo a facilitar a descrição de uma ou mais modalidades.

Conforme utilizados neste pedido, os termos "componente", "sistema" e semelhantes pretendem referir-se a uma entidade relacionada com computador, seja hardware, uma combinação de hardware e software, software ou software em execução. Por exemplo, um componente pode ser, mas não está limitado a ser, um processo que roda em um processador, um processador, um objeto, um executável, um fluxo de execução, um programa e/ou um computador. Um ou mais componentes podem residir dentro de um processo e/ou fluxo de execução, e um componente pode ser localizado em um computador e/ou distribuído entre dois ou mais computadores. Além disto, estes componentes podem ser executados de diversos meios passíveis de leitura por computador que têm diversas estruturas de dados armazenadas neles. Os componentes podem comunicar-se por meio de processos locais e/ou remotos, tais como de acordo com um sinal que tem um ou mais pacotes de dados (como, por exemplo, dados de um componente que interage com outro componente em um sistema local, sistema distribuído e/ou através de uma rede como a Internet com outros sistemas por meio do sinal).

Além disso, diversas modalidades são aqui descritas em conexão com uma estação de assinante. Uma estação de assinante pode ser também chamada de sistema, unidade de assinante, estação móvel, móvel, estação remota, ponto de acesso, estação base, terminal remoto, terminal de

acesso, terminal de usuário, agente de usuário, equipamento de usuário, etc. Uma estação de assinante pode ser um telefone celular, um telefone sem fio, um telefone de Protocolo de Iniciação de Sessão (SIP), uma estação de loop
5 local sem fio (WLL), um assistente digital pessoal (PDA), um dispositivo portátil com capacidade de conexão sem fio ou outro dispositivo de processamento ~~conectado~~ a um modem sem fio.

Além do mais, diversos aspectos ou
10 características aqui descritos podem ser implementados como um método, um equipamento ou produto industrial utilizando-se técnicas de programação ou engenharia padrão. O termo "produto industrial" conforme utilizado aqui pretende abranger um programa de computador acessível de qualquer
15 dispositivo, portadora ou meio legível por computador. Por exemplo, os meios legíveis por computador podem incluir, mas não estão limitados a, dispositivos de armazenamento magnéticos (como, por exemplo, disco rígido, disco flexível, tiras magnéticas...), discos ópticos (como, por
20 exemplo, disco compacto (CD), disco versátil digital (DVD)...), cartões inteligentes, dispositivos de memória flash (como, por exemplo, cartão, bastão, acionamento de chave...) e circuitos integrados, tais como memórias só de leitura, memória só de leitura programáveis e memórias só
25 de leitura programáveis eletricamente apagáveis.

Com referência à Figura 1, é mostrado um sistema de comunicação sem fio de acesso múltiplo de acordo com uma modalidade. Um sistema de comunicação sem fio de acesso múltiplo 1 inclui várias células, como, por exemplo, as
30 células 2, 4 e 6. Na Figura 1, cada célula 2, 4 e 6 pode incluir um ponto de acesso que inclui vários setores. Os vários setores são formados por grupos de antenas, cada um responsável pela comunicação com terminais de acesso em uma

parte da célula. Na célula 2, grupos de antenas 12, 14 e 16 correspondem, cada um, a um diferente setor. Na célula 4, grupos de antenas 18, 20 e 22 correspondem, cada um, a um diferente setor. Na célula 6, grupos de antenas 24, 26 e 28 correspondem, cada um, a um diferente setor.

Cada célula inclui vários terminais de acesso que estão em comunicação com um ou mais setores de cada ponto de acesso. Por exemplo, os terminais de acesso 30 e 32 estão em comunicação com a base de ponto de acesso 42, os terminais de acesso 34 e 36 estão em comunicação com o ponto de acesso 44 e os terminais de acesso 38 e 40 estão em comunicação com o ponto de acesso 46.

O controlador 50 é acoplado a cada uma das células 2, 4 e 6. O controlador 50 pode conter uma ou mais conexões com várias redes, como a Internet, por exemplo, outras redes baseadas em pacotes ou redes de voz comutadas por circuito que fornecem informações para os, e dos, terminais de acesso em comunicação com as células do sistema de comunicação sem fio de acesso múltiplo 1. O controlador 50 inclui, ou é acoplado a, um programador que programa transmissão de e para terminais de acesso. Em outras modalidades, o programador pode residir em cada célula individual, cada setor de uma célula ou uma combinação deles.

A fim de facilitar a calibragem das transmissões para os terminais de acesso, é útil calibrar o loop de calibragem de ganhos de ponto de acesso para lidar com os descasamentos devidas às cadeias de transmissão e recepção do ponto de acesso. Entretanto, devido ao ruído no canal, quaisquer estimativas de calibragem baseadas nos sinais recebidos nos terminais de acesso, no enlace direto, e transmitidos dos terminais de acesso, no enlace reverso, podem conter ruído e outras variações de canal que podem

pôr em questão as estimativas apresentadas. De modo a superar os efeitos de ruído de canal, são utilizadas várias calibrações tanto no enlace direto quanto no enlace reverso para vários terminais de acesso. Sob determinados aspectos, 5 várias transmissões para e de cada terminal de acesso são levadas em conta para efetuar calibragem de um dado setor. Sob determinados aspectos, as várias antenas podem ser utilizadas para calibrar a comunicação para um único terminal de acesso. Sob outros aspectos, uma ou mais que 10 todas as antenas para um grupo de terminais de acesso podem ser utilizadas para comunicação com todas as antenas para o grupo de terminais de acesso.

Sob determinados aspectos, ou a cadeia de transmissão do ponto de acesso ou a cadeia de recepção do 15 ponto de acesso pode ser calibrada. Isto pode ser feito, por exemplo, com a utilização de uma relação de calibragem para calibrar a cadeia de recepção do ponto de acesso para sua cadeia de transmissão ou calibrar sua cadeia de transmissão para sua cadeia de transmissão.

20 No caso de um sistema MIMO, cada antena de cada terminal de acesso pode ser tratada como um terminal de acesso separado para os fins de determinar uma relação de calibragem. Em seguida, quando as relações de calibragem são combinadas, cada relação ou informações de calibragem 25 separadas para cada antena de cada terminal de acesso podem ser utilizadas como um componente separado.

Conforme utilizado aqui, um ponto de acesso pode ser uma estação fixa utilizada para comunicação com os terminais e pode ser também referido como, e incluir alguma 30 parte ou toda a funcionalidade de, uma estação base, um Nó B ou alguma outra terminologia. Um terminal de acesso pode ser também referido como, e incluir alguma parte ou toda a funcionalidade de, um equipamento de usuário (UE), um

dispositivo de comunicação sem fio, um terminal, uma estação móvel ou alguma outra terminologia.

Deve-se observar que, embora a Figura 1 mostre setores físicos, isto é, que têm diferentes grupos de antenas para diferentes setores, podem ser utilizadas outras abordagens. Por exemplo, vários "feixes" fixos que cubram, cada um, diferentes áreas da célula no espaço de frequência podem ser utilizados em lugar de, ou em combinação com, setores físicos. Tal abordagem é mostrada e revelada no pedido de patente norte-americano co-pendente No. De Série 11/260 895, intitulado "Setorização Adaptativa em Sistema Celular".

Com referência à Figura 2, uma disposição de antenas 100 compreende uma cadeia de receptor 102 e uma cadeia de transmissor 104 de acordo com diversos aspectos aqui descritos. A cadeia de receptor 102 compreende um componente conversor de descida 106, que converte descendentemente um sinal em uma banda base quando do recebimento. O componente de conversor de descida 106 é operacionalmente conectado a uma funcionalidade de controle automático de ganho (AGC) 108, que avalia a intensidade do sinal recebido e ajusta automaticamente o ganho aplicado ao sinal recebido de modo a manter a cadeia de receptor 102 dentro de sua faixa de funcionamento linear afim e de modo a fornecer uma intensidade de sinal constante para transmitir através da cadeia de transmissor 104. Deve ficar entendido que o AGC 108 pode ser opcional a algumas modalidades aqui descritas (como, por exemplo, não é necessário efetuar o controle de ganho automático em conjunto com cada modalidade). O AGC 108 é operacionalmente acoplado a um conversor analógico/digital (A/D) 110, que converte o sinal recebido em formato digital antes que o sinal seja suavizado por um filtro passa-baixa (LPF)

digital 112, que pode atenuar as oscilações de curto prazo no sinal recebido. Finalmente, a cadeia de receptor 102 pode compreender um processador de receptor 114 que processa o sinal recebido e pode comunicar o sinal a um ou
5 mais componentes da cadeia de transmissor 104.

A cadeia de transmissor 104 pode compreender um processador de transmissor 116, que recebe um sinal da cadeia de receptor 102 (como, por exemplo, o transmissor recebe um sinal que foi originalmente ~~recebido~~ pela cadeia
10 de receptor 102 e submetido a diversos processos associados aos componentes dele,...). O processador de transmissor 116 é operacionalmente acoplado a um modelador de pulsos 118, que pode facilitar a manipulação de um sinal a ser transmitido de modo que o sinal possa ser formatado para
15 estar dentro das limitações da largura de banda, ao mesmo tempo atenuando e/ou eliminando a interferência inter-símbolo. Uma vez formatado, o sinal pode passar por conversão digital/analógico (D/A) por um conversor D/A 120 antes de ser submetido a um filtro passa-baixa (LPF) 122
20 operativamente afim na cadeia de transmissor 104 para suavização. Um componente de amplificador de pulsos (PA) 124 pode amplificar o pulso/sinal ~~antes~~ da conversão de subida na banda base por um conversor de subida 126.

O arranjo de antenas 100 pode existir para cada
25 antena tanto de um ponto de acesso quanto de um terminal de acesso. Sendo assim, pode haver uma diferença notável observada entre as características de transferência da cadeia de transmissor 104 e da cadeia de receptor 102 e/ou de amostras deles, uma reciprocidade das variações de canal
30 e/ou transmissor/receptor equivalentes pode não ser presumida. Quando se calibra um arranjo de antenas 100, um entendimento da magnitude das variações, em termos dos efeitos sobre a fase e/ou amplitude, dos sinais propagados

ao longo das cadeias de transmissor e receptor e sua influência sobre a exatidão de uma suposição de reciprocidade pode ser utilizado de modo a se facilitar o processo de calibragem. Além disto, no caso de um arranjo
5 de antenas, geralmente cada antena 100 tem uma cadeia de transmissor 104 e uma cadeia de receptor diferentes das de cada outra antena. Portanto, cada cadeia de transmissor 104 diferente pode ter efeitos diferentes, em termos de fase e/ou amplitude, como qualquer outra cadeia de transmissor
10 104, respectivamente. O mesmo pode ser verdadeiro para as cadeias de receptor 102 de cada antena 100.

Os descasamentos nos efeitos podem ser devidos à estrutura física da antena 100, a diferenças de componentes ou a diversos outros fatores. Tais descasamentos podem
15 incluir, por exemplo, efeitos de acoplamento mútuo, efeitos de torre, conhecimento imperfeito da localização dos elementos, descasamentos de amplitude e/ou fase devidas ao cabeamento da(s) antena(s) e semelhantes. Além disto, as faltas de correspondência podem ser devidas a elementos de
20 hardware na cadeia de transmissor 104 e/ou na cadeia de receptor 102 de cada antena 100. Por exemplo, tais descasamentos podem estar associadas a filtros analógicos, desequilíbrio I e Q, descasamento de fase e/ou ganho de um amplificador de baixo ruído ou um amplificador de pulsos
25 nas cadeias, diversos fatores de não linearidade, etc.

Para um ponto de acesso, calibrar cada cadeia de transmissão para sua cadeia de recepção correspondente (isto é, a cadeia de recepção que corresponde à mesma antena) de maneira independente exigiria um processo
30 complexo e potencialmente difícil de executar. Além disto, qualquer realimentação específica, para transmissão no enlace direto, ou pilotos, utilizados para transmissão no enlace reverso, para qualquer dado terminal de acesso,

estão sujeitos ao ruído para esse usuário. Portanto, para qualquer dada relação de calibragem estimada com base tanto no enlace direto quanto no enlace reverso, há algum erro introduzido pela variação e o pelo ruído no canal.

- 5 Portanto, sob vários aspectos, uma ou mais relações de calibragem estimadas para vários terminais de acesso diferentes são combinadas de modo a se obter uma única relação de calibragem a ser utilizada pelo ponto de acesso para transmissão para um ou todos os terminais de acesso.
- 10 Sob determinados aspectos, a combinação pode constituir uma média de todas as relações de calibragem para cada terminal de acesso que se comunica com o ponto de acesso, ou algum subconjunto predeterminado. Sob outro aspecto, a combinação pode ser feita à maneira de otimização conjunta, em que as
- 15 medições de canal de e para cada terminal de acesso são combinadas de modo a se estimar uma única relação de calibragem, que é uma combinação dos descasamentos dos ganhos para cada terminal de acesso, sem se calcular uma relação de calibragem individual para cada antena de cada
- 20 terminal de acesso.

Para qualquer dada antena de cada terminal de acesso, o ponto de acesso utiliza suas estimativas de canal de enlace reverso para esse terminal de acesso assim como as estimativas de canal de enlace direto, que são efetuadas

- 25 no terminal de acesso e realimentadas para o ponto de acesso, de modo a se estimar ou calcular a relação de calibragem, com base nessa antena desse terminal de acesso.

Uma estimativa de canal de enlace direto, $\hat{h}_{AT}^{(i)}$, pode ser efetuada no terminal de acesso para transmissões

- 30 da i -ésima antena de transmissão do ponto de acesso. Entretanto, qualquer estimativa de canal terá componentes relacionados com o ruído do canal, juntamente com qualquer

ganho ou distorção causada pela cadeia de transmissão dos pontos de acesso e pela cadeia de recepção dos terminais de acesso. A estimativa de canal de enlace direto pode ser então escrita da seguinte maneira:

$$\hat{h}_{AT}^{(i)} = \beta_{AT} \cdot \alpha_{AP}^{(i)} \cdot h_i + n_i$$

$\uparrow$ $\uparrow$ $\uparrow$ $\uparrow$

Descasamento de *Descasamento de* *Canal* *Ruído*
Ganho de Cadeia de *Ganho de Cadeia de* *Físico* *de medição*
Recepção AT *Transmissão AP*

(1)

- 5 Na Equação 1, a estimativa de canal é uma função do descasamento de ganhos β_{AT} da cadeia de receptor do terminal de acesso, do descasamento $\alpha_{AP}^{(i)}$ da cadeia de transmissor do ponto de acesso, h_i , que é o canal físico entre as duas antenas que é medido, e do ruído n_i do canal
- 10 que é parte da estimativa de canal.

No caso de transmissões no enlace reverso, a estimativa de canal na i -ésima antena de recepção do ponto de acesso devida à transmissão do $\hat{h}_{AP}^{(i)}$ é essencialmente um inverso da Equação 1. Isto pode ser visto na Equação 2

15 abaixo:

$$\hat{h}_{AP}^{(i)} = \alpha_{AT} \cdot \beta_{AP}^{(i)} \cdot h_i + v_i$$

$\uparrow$ $\uparrow$ $\uparrow$ $\uparrow$

Descasamento de *Descasamento de* *Canal* *Ruído*
Ganho de Cadeia de *Ganho de Cadeia de* *Físico* *de medição*
Transmissão AT *Recepção AP*

(2)

Na Equação 2, esta estimativa de canal é uma função do descasamento dos ganhos α_{AT} da cadeia de transmissão do terminal de acesso, do descasamento dos ganhos $\beta_{AP}^{(i)}$ da

cadeia de recepção do ponto de acesso, h_i , que é o canal físico entre as duas antenas que é medido e do ruído v_i do canal que é parte da estimativa de canal.

A fim de calibrar o arranjo de antenas, os erros de descasamento entre as cadeias de receptor 102 e as cadeias de transmissor 104 das antenas 100 nelas são mostrados a seguir na equação 3. Deve-se observar que outras metodologias e relações matemáticas podem ser utilizadas para se obter a calibragem de arranjos em conjunto com as, em lugar das, metodologias e relações matemáticas aqui descritas.

$$c_i = \frac{\hat{h}_{AP}^{(i)}}{\hat{h}_{AT}^{(i)}} = \frac{\alpha_{AT}}{\beta_{AT}} \cdot \frac{\beta_{AP}^{(i)}}{\alpha_{AP}^{(i)}} = \gamma \cdot \frac{\beta_{AP}^{(i)}}{\alpha_{AP}^{(i)}} = \gamma \cdot \eta_i \quad (3)$$

Na Equação 3, c_i é a relação de descasamento total entre as transmissões no enlace reverso e a transmissão no enlace direto, γ é a relação de descasamento dos ganhos entre as cadeias de transmissão e recepção do terminal de acesso e η_i é a relação de descasamento das cadeias de transmissão e recepção para a i -ésima antena no ponto de acesso. Deve-se observar que γ é substancialmente constante para cada par de antenas no ponto de acesso. Além disto, a alguns respeitos a Equação 3 é idealizada, uma vez que a estimativa de ruído não está incluída nela.

As relações de calibragem $c_i, i = 1, \dots, M$, onde M é o número de antenas no arranjo de antenas do ponto de acesso que podem ser agrupadas em um vetor $\tilde{\mathbf{c}}$, para cada terminal de acesso, que pode ser denominado de "vetor de calibragem".

$$\tilde{\mathbf{c}} = \begin{bmatrix} \tilde{c}_1 \\ \tilde{c}_2 \\ \vdots \\ \tilde{c}_M \end{bmatrix} = \gamma \cdot \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \vdots \\ \eta_M \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_M \end{bmatrix} = \gamma \cdot \boldsymbol{\eta} + \mathbf{n} \quad (4)$$

Na Equação 4, as entradas do vetor $\tilde{\mathbf{c}}$ correspondem às estimativas para cada antena do ponto de acesso com relação a um único terminal de acesso. Deve-se observar que os elementos do vetor $\hat{\mathbf{c}}$ podem ser números complexos que incluem um descasamento tanto de amplitude quanto de fase para cada cadeia de transmissão e recepção do arranjo de antenas do ponto de acesso assim como um descasamento comum que corresponde ao descasamento de transmissão e recepção das cadeias de transmissão e recepção do terminal de acesso. Deve-se observar que, embora a Equação 4 descreva um vetor que tem entradas para as antenas de um terminal de acesso, ela pode incluir entradas para vários terminais de acesso.

O vetor de ruído $\mathbf{n}$ inclui efeitos de erros de medição de canal (MSE) e também os efeitos da decorrelação de medição de canal, uma vez que as medições dos ganhos são feitas em momentos diferentes, permitindo assim variação de canal ao longo do tempo assim como variações de temperatura e outras variações para efetuar a medição.

Um vetor de calibragem estimado $\tilde{\mathbf{c}}_u$, que corresponde ao terminal de acesso u , pode ser determinado conforme mostrado abaixo na Equação 5.

$$\tilde{\mathbf{c}}_u = \gamma_u \cdot \boldsymbol{\eta} \quad (5)$$

onde γ_u é o descasamento de ganhos que corresponde às cadeias de transmissão e recepção do terminal de acesso e $\boldsymbol{\eta}$ é o vetor de descasamento que corresponde às cadeias de transmissão e recepção do arranjo de antenas do ponto de

acesso. O vetor $\tilde{\mathbf{c}}_u$ é determinado para todas as antenas do arranjo de antenas do ponto de acesso com relação a cada antena de cada terminal de acesso.

No exposto acima deve-se observar que há vários métodos para combinar diferentes estimativas de vetor de calibragem (que correspondem às medições de diferentes terminais de acesso) de modo a se gerar um vetor de calibragem total ou combinado. Uma maneira de obter esta combinação é calcular a média de todas as estimativas de vetor de calibragem para se obter uma única estimativa.

Nesta abordagem, cada estimativa de vetor de calibragem inclui um fator de multiplicação, γ_i , que é diferente para terminais de acesso diferentes. No caso em que um ou mais terminais de acesso possuem um descasamento de ganhos muito grande γ_u , o simples cálculo de média pode levar a resultados s , que influenciam a média para que os terminais de acesso tenham o maior descasamento de ganhos γ_u .

Sob outro aspecto, cada estimativa de vetor de calibragem, que corresponde a um terminal de acesso específico, é normalizada de acordo com um elemento do vetor. Isto pode proporcionar uma redução ao mínimo nos casos em que um ou mais terminais de acesso têm um descasamento de ganhos elevada γ_u . Este processo é mostrado abaixo na Equação 6.

$$\bar{\mathbf{c}}_u = \frac{\tilde{\mathbf{c}}_u}{\tilde{\mathbf{c}}_{u,1}} \quad , \quad \tilde{\mathbf{c}} = \frac{1}{U} \sum_{u=1}^U \bar{\mathbf{c}}_u \quad (6)$$

Deve-se observar que, sob determinados aspectos, o elemento normalizador pode ser qualquer elemento do vetor de calibragem, desde que seja o mesmo elemento para cada estimativa de vetor de calibragem, como, por exemplo, o

primeiro elemento. A soma dos elementos normalizados é então dividida pelo número total de elementos U do vetor $\tilde{\mathbf{c}}$.

Uma outra abordagem que pode ser utilizada para combinar diferentes estimativas de vetor de calibragem pode ser baseada na combinação dos vetores estimados em uma matriz. Por exemplo, sob determinados aspectos pode ser que cada estimativa de vetor de calibragem é uma versão rotacionada e escalonada do mesmo vetor $\boldsymbol{\eta}$, e a rotação e o escalonamento são devidos aos diferentes descasamentos γ_u para os diferentes terminais de acesso. Uma maneira de se livrar deste escalonamento e desta rotação é primeiro normalizar cada vetor de calibragem de modo a se ter uma norma unitária. Em seguida, uma matriz $\mathbf{Q}$, cujas colunas são as estimativas do vetor de calibragem normalizadas, pode ser formada a partir dos vetores de calibragem. Uma única estimativa para o vetor de calibragem é obtida efetuando-se uma decomposição da matriz, como, por exemplo, uma decomposição em valores singulares na matriz $\mathbf{Q}$. O auto-vetor que corresponde ao valor singular máximo pode ser utilizado como a estimativa de vetor de calibragem total, conforme mostrado na Equação (7) abaixo, por exemplo.

$$\mathbf{Q} = [\hat{\mathbf{c}}_1 \quad \hat{\mathbf{c}}_2 \quad \dots \quad \hat{\mathbf{c}}_U] \quad , \quad \hat{\mathbf{c}}_j = \frac{\tilde{\mathbf{c}}_j}{\|\tilde{\mathbf{c}}_j\|} \quad j=1, \dots, U \quad (7)$$

$$SVD(\mathbf{Q}) = \mathbf{U} \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{V}$$

Conforme exemplificado nas três abordagens acima, uma relação de calibragem é geralmente estimada em duas etapas. Em primeiro lugar, os valores que correspondem aos elementos dos vetores de calibragem são calculados para o conjunto de antenas, ou para as antenas de interesse, com relação aos terminais de acesso individuais. Os vetores de

calibragem são em seguida combinados de acordo com um ou mais processos matemáticos diferentes.

Uma alternativa ao cálculo de vários vetores de calibragem é a utilização de um procedimento de otimização conjunta que utiliza a medição de vários pontos de acesso e terminais de acesso, conforme o seguinte. Em alguns casos, o terminal de acesso e o ponto de acesso podem gerar suas estimativas de canal para diferentes tons de frequência e em diferentes instantes no tempo. Além disto, pode haver um erro de temporização de $\tau_{k,u}$ entre o ponto de acesso e o u -ésimo terminal de acesso no tempo k . Em tal caso, a estimativa de vetor de canal de enlace direto $g_{i,k,u}$, medida no terminal de acesso, pode estar relacionada com a estimativa de vetor de canal de enlace reverso $h_{i,k,u}$, medida no ponto de acesso. Uma abordagem, que utiliza o vetor de calibragem η e o descasamento do terminal de acesso γ_u é mostrada na Equação 8 abaixo.

$$\begin{aligned} g_{i,k,u} &= \gamma_u \cdot e^{-j\omega_i \tau_u} \cdot \text{diag}(h_{i,k,u}) \cdot \eta + n_{i,k,u} \\ &= \gamma_{i,k,u} \cdot Z_{i,k,u} \cdot \eta + n_{i,k,u} \end{aligned} \quad (8)$$

Na Equação 8, $Z_{i,k,u}$ é uma matriz diagonal cujos elementos diagonais são os elementos da estimativa de vetor de canal de enlace reverso $h_{i,k,u}$ e $\gamma_{i,k,u} = \gamma_u \cdot e^{-j\omega_i \tau_u}$. Os subscritos i,k,u são os índices de tom, tempo e usuário, respectivamente. Na equação acima, as incógnitas são o vetor de calibragem η e o descasamento específico do terminal de acesso $\gamma_{i,k,u}$. Um aspecto da Equação 8 é que o descasamento do terminal de acesso inclui o efeito do descasamento de temporização entre o ponto de acesso e o terminal de acesso além do descasamento dos ganhos devido às cadeias de transmissão e recepção do terminal de acesso.

Uma maneira de obter uma solução para η e $\gamma_{i,k,u}$ é utilizar uma abordagem de erro elevado ao ~~quadrado~~ médio mínimo (MMSE), conforme mostrado na Equação 9.

$$\rho = \sum_{i,k,u} \|\bar{\gamma}_{i,k,u} \cdot \mathbf{g}_{i,k,u} - \mathbf{Z}_{i,k,u} \cdot \eta\|^2$$

$$\{\eta, \bar{\gamma}_{i,k,u}\} = \underbrace{\arg \min_{\eta, \bar{\gamma}_{i,k,u}} \rho_u(\eta, \bar{\gamma}_{i,k,u})}_{\eta, \bar{\gamma}_{i,k,u}} \quad s.t. \quad \|\eta\| = 1 \quad (9)$$

As soluções para η e $\gamma_{i,k,u}$ podem ser dadas pela Equação 10
5 abaixo.

η é auto-vetor mínimo de $F = \sum_u F_u = \sum_{i,k,u} Z_{i,k,u}^* \cdot \prod_{g_{i,k,u}}^1 \cdot Z_{i,k,u}$

$$\gamma_{i,k,u} = \frac{\mathbf{g}_{i,k,u}^* \cdot \mathbf{Z}_{i,k,u} \cdot \eta}{\mathbf{g}_{i,k,u}^* \cdot \mathbf{g}_{i,k,u}} \quad (10)$$

onde, para um vetor $\mathbf{x}$, o operador de projeção ortogonal $\Pi_x^\perp$ pode ser definido como:

$$\Pi_x^\perp = I - \frac{\mathbf{x}\mathbf{x}^*}{\mathbf{x}^*\mathbf{x}} \quad (11)$$

Para compensar os descasamentos, as relações de
10 calibragem podem ser utilizadas para alterar o ganho, em termos tanto de fase quanto de amplitude ou de fase ou amplitude, da cadeia de transmissor do ponto de acesso e fazer com que ele corresponda à cadeia de receptor ou, de maneira equivalente, para alterar o ~~ganho~~ da cadeia de
15 recepção do ponto de acesso de modo a fazer com que ele corresponda à sua cadeia de transmissão.

Mais especificamente, o ponto de acesso pode utilizar formação de feixes de combinação de relações máximas (MRC), formação de feixes de combinação de ganhos

iguais (EGC) ou quaisquer outras técnicas de processamento espacial para transmissão para qualquer terminal de acesso. Ou seja, se o vetor de canal de enlace for $\mathbf{h}$, o ponto de acesso utiliza as ponderações de pré-processamento
5 seguintes para transmissão:

$$w_{MRC}(\mathbf{h}) = \mathbf{h}^* / |\mathbf{h}|, \quad |\mathbf{h}| = \sqrt{\mathbf{h}^* \cdot \mathbf{h}} \quad \text{para MRC} \quad (12)$$

$$w_{EGC}(\mathbf{h}) = \frac{1}{\sqrt{M}} \exp(-j\varphi_h), \quad \varphi_h = \angle \mathbf{h} \quad \text{para EGC}$$

Com uma estimativa de vetor de calibragem $\boldsymbol{\eta}$, o ponto de acesso utiliza as ponderações de pré-processamento seguintes para compensar seus descasamentos na cadeia de transmissão e recepção:

$$w_{MRC} = \text{diag}(\boldsymbol{\eta}_\phi) \cdot \mathbf{h}^* / |\mathbf{h}|, \quad |\mathbf{h}| = \sqrt{\mathbf{h}^* \cdot \mathbf{h}} \quad \text{para MRC} \quad (13)$$

$$w_{EGC} = \text{diag}(\boldsymbol{\eta}_\phi) \cdot \frac{1}{\sqrt{M}} \exp(-j\varphi_h), \quad \varphi_h = \angle \mathbf{h} \quad \text{para EGC}$$

10 onde $\text{diag}(\boldsymbol{\eta}\phi) = \text{diag}(\angle \boldsymbol{\eta})$.

Embora a Figura 2 mostre e descreva uma modalidade da cadeia de receptor 102 e da cadeia de transmissor 104, outros layouts e estruturas podem ser utilizados. Por exemplo, um número diferente de componentes
15 pode ser utilizado tanto na cadeia de receptor 102 quanto na cadeia de transmissor 104. Além disto, podem ser utilizados como substitutos diferentes dispositivos e estruturas.

Deve-se observar que os vetores de calibragem
20 combinados ou conjuntos podem ser formados tratando-se cada antena, ou grupo de antenas, de um dado terminal de acesso

como um terminal de acesso separado. Dessa maneira, o processo de calibragem pode ser simplificado e não é necessário calibrar cada terminal de acesso de maneira independente.

5 A Figura 3 mostra um ciclo de temporização para uma calibragem a partir de um único terminal de acesso, em que é utilizado um sistema TDD com um único quadro ou rajada de enlace direto adjacente a um único quadro ou rajada de enlace reverso. Como se pode ver, um ou mais
10 pilotos transmitidos no enlace reverso são medidos no ponto de acesso. O período de tempo da medição é uma função do tempo de decodificação do ponto de acesso. Durante este período de decodificação, um ou mais pilotos são transmitidos no enlace direto para o canal de acesso. O
15 terminal de acesso mede então os pilotos de modo a estimar o canal de enlace direto. Como ocorre com estimativas de enlace reverso, existe algum retardo de decodificação. Não é necessário transmitir as estimativas de enlace direto decodificadas de volta ao ponto de acesso de modo a se
20 gerar a relação de calibragem. Portanto, pode-se ver que há alguma quantidade mínima de tempo e, portanto, uma velocidade máxima do terminal de acesso, para a qual a calibragem pode ser mantida sem que o deslocamento seja um fator forte ou substancialmente interferente.

25 Como se pode ver a partir da Figura 3, se várias estimativas de canal de vários terminais de acesso forem utilizadas, o ruído e o deslocamento associados podem ser reduzidos ou pelo menos amostrados dentro de uma faixa de tempos e cadeias de recepção. Além disto, se várias antenas
30 para cada terminal de acesso forem utilizadas e tratadas de maneira independente, o deslocamento e o ruído podem ser melhor estimados, uma vez que o ruído e o deslocamento podem ser mais uniformes para essas antenas para um único

terminal de acesso, atenuando-se assim quaisquer anomalias para uma dada antena.

A Figura 4 mostra aspectos da lógica que facilita a calibragem de um arranjo de antenas para compensar o descasamento de ganhos. O sistema 300 compreende um componente de calibragem 302, que inclui um componente de estimacão de descasamento 304, que analisa os modelos de sinais de saída da cadeia de receptor e/ou as comparações entre os sinais de saída da cadeia de receptor, e um calculador de agregacão de relacões 306, que calcula as relacões que são utilizadas para gerar o vetor η e as agrega para utilizacão utilizando um dos métodos descritos acima para combinar diferentes medicões de diferentes antenas de diferentes terminais de acesso.

A Figura 5 mostra aspectos de um sistema que facilita a calibragem de um arranjo de antenas para compensar o descasamento dos ganhos. O sistema 400 compreende um processador 402 que é operacionalmente acoplado a um arranjo de antenas 404. O processador 402 pode determinar os descasamentos de ganhos para combinações de antenas individuais no terminal de acesso e no ponto de acesso utilizando o componente de calibragem 406. O processador 402 compreende também um componente de calibragem 406, que determina as relacões de calibragem e gera e utiliza o vetor η .

O sistema 400 pode compreender além disso uma memória 408, que é operacionalmente acoplada ao processador 402 e que armazena informacões relacionadas com a calibragem do arranjo, geracão de relacões, diferentes tipos de técnica de calibragem, critérios para selecionar diferentes tipos de técnica de calibragem e quaisquer outras informacões adequadas relacionadas com a calibragem do arranjo de antenas 404. Deve ficar entendido que o

processador 402 pode ser um processador dedicado a analisar e/ou gerar informações recebidas pelo processador 402, um processador que controla um ou mais componentes do sistema 400 e/ou um processador que tanto analisa e gera
 5 informações recebidas pelo processador 402 quanto controla um ou mais componentes do sistema 400.

A memória 408 pode armazenar, além disso, protocolos associados à geração de cópias e modelos/representações de sinais, estimações de
 10 descasamento, etc., de modo que o sistema 400 possa utilizar protocolos e/ou algoritmos armazenados de modo a se obter calibragem de antenas, seleção de técnicas e/ou compensação de descasamento, conforme aqui descrito. Deve ficar entendido que os componentes de armazenamento de
 15 dados (memórias, por exemplo) aqui descritos podem ser uma memória volátil ou uma memória não volátil, ou podem incluir uma memória tanto volátil quanto não volátil. A título de ilustração, e não de limitação, uma memória não volátil pode incluir memória só de leitura (ROM), ROM
 20 programável (PROM), ROM eletricamente programável (EPROM), ROM eletricamente apagável (EEPROM) ou memória flash. A memória volátil pode incluir uma memória de acesso aleatório (RAM), que atua como memória cache externa. A título de ilustração e não de limitação, uma RAM está
 25 disponível sob muitas formas, tais como RAM síncrona, RAM dinâmica (DRAM), DRAM síncrona (SDRAM), SDRAM de taxa dupla de dados (DDR SDRAM), SDRAM aperfeiçoada (ESDRAM), DRAM de Link de Sinc (SLDRAM) e RAM Rambus direta (RRAM). A memória 408 dos presentes sistemas e métodos destina-se a
 30 compreender, sem estar limitada a, estes e quaisquer outros tipos adequados de memória.

Sob determinados aspectos, a memória 408 pode armazenar os vetores de calibragem $\tilde{\mathbf{c}}_u$ para cada estado,

isto é, nível de amplificação, do AGC. Sob tais aspectos, para cada transmissão o processador 402 pode acessar o vetor de calibragem $\tilde{\mathbf{c}}_u$ para o estado AGC sem efetuar uma calibragem. A decisão quanto a se efetuar uma calibragem
 5 adicional ou acessar um vetor de calibragem $\tilde{\mathbf{c}}_u$ anterior para uma dada transmissão pode ser baseada em um período de tempo ou no número de transmissões, ~~uma vez que~~ o vetor de calibragem $\tilde{\mathbf{c}}_u$ para o estado AGC foi obtido. Isto pode ser parâmetro de sistema ou pode variar com base nas condições
 10 do canal, como, por exemplo, a carga do canal.

Com referência à Figura 6, é mostrada uma metodologia referente à geração de atribuição de recursos de sistema suplementares. Por exemplo, as metodologias podem referir-se à calibragem de arranjos de antenas em um
 15 ambiente TDMA, um ambiente OFDM, um ambiente OFDMA, um ambiente CDMA ou qualquer outro ambiente sem fio adequado. Embora, para simplificar a explanação, as metodologias sejam mostradas e descritas como uma série de atos, deve ficar entendido que as metodologias não estão limitadas
 20 pela ordem dos atos, uma vez que alguns atos podem, de acordo com uma ou mais modalidades, ocorrerem em ordens diferentes e/ou concomitantemente com outros atos que não os aqui mostrados e descritos. Por exemplo, os versados na técnica entenderão que uma metodologia pode ser
 25 alternativamente representada como uma série de estados ou eventos inter-relacionados, tal como em um diagrama de estados. Além do mais, nem todos os atos mostrados podem ser necessários para implementar uma metodologia de acordo com uma ou mais modalidades.

30 A Figura 6 mostra uma metodologia para calibrar um arranjo de antenas para transmissão. As estimativas de canal para o enlace direto são recebidas dos terminais de

acesso, bloco 500. Conforme discutido acima, estas estimativas de canal podem ser geradas de pilotos de enlace direto transmitidos pelo ponto de acesso. Além disto, as estimativas de canal para as informações de enlace reverso, como, por exemplo, pilotos de canal de enlace reverso, são geradas pelo ponto de acesso, bloco 502.

Depois que as estimativas de canal tanto de enlace direto quanto de enlace reverso forem coletadas, as relações de calibragem para cada antena de terminal de acesso e de ponto de acesso podem ser determinadas, bloco 504. Sob determinados aspectos, a estimativa de canal de enlace direto e a de canal de enlace reverso mais recentes uma com relação à outra no tempo são utilizadas para formar uma relação de calibragem. Em tais casos, várias estimativas para um dado terminal de acesso podem ser obtidas com base em pares de estimativas de canal consecutivos de estimativas de enlace direto e enlace reverso.

Conforme discutido com relação à Figura 3, pode haver algum retardo de tempo entre os diferentes cálculos e transmissões. Além disto, a funcionalidade para os blocos 500 e 502 pode ocorrer de maneira substancialmente simultânea ou em diferentes momentos para os mesmos ou diferentes terminais de acesso. Portanto, uma relação de calibragem pode ser determinada para um dado terminal de acesso com base nas estimativas de canal das transmissões de enlace direto e de enlace reverso que podem ser ou não consecutivas no tempo.

As relações de calibragem são então combinadas de modo a formarem uma estimativa de calibragem através de vários terminais de acesso, bloco 506. Esta relação de calibragem combinada pode incluir relações de calibragem para alguns ou todos os terminais de acesso em um dado

setor ou célula e ter um número desigual ou igual de relações de calibragem para cada terminal de acesso para o qual uma ou mais relações de calibragem estão sendo obtidas.

5 A relação de calibragem combinada pode ser obtida pela simples divisão proporcional das relações de calibragem ou pela utilização das outras abordagens discutidas com relação à Figura 2, como, por exemplo, as abordagens discutidas com relação à Equação 5 ou 7.

10 Cada transmissão de cada cadeia de transmissão do ponto de acesso é então ponderada com ponderações com base na relação de calibragem combinada para essa cadeia de transmissão. Além disto, um conjunto combinado ou conjunto de ponderações de calibragem pode ser utilizado para uma ou
15 mais cadeias de transmissão do ponto de acesso. Alternativamente, é possível transmitir esta relação de calibragem combinada ou uma instrução de calibragem com base na relação de calibragem combinada para um ou mais terminais de acesso. Os terminais de acesso aplicariam
20 então as ponderações baseadas na relação de calibragem combinada à decodificação das transmissões recebidas no terminal de acesso.

 Além disto, sob alguns aspectos as ponderações de calibragem são utilizados para um estado AGC específico e
25 não para outros estados AGC. Sendo assim, o bloco 508 se aplicaria então somente ao estado AGC durante o bloco 500.

 A Figura 7 mostra outra metodologia para calibrar um arranjo de antenas para transmissão. As estimativas de canal para o enlace direto são recebidas de terminais de
30 acesso, bloco 600. Conforme discutido acima, estas estimativas de canal podem ser geradas de pilotos de enlace direto pelo ponto de acesso. Além disto, as estimativas de canal para as informações de enlace reverso, como, por

exemplo, pilotos de canal de enlace reverso, são geradas pelo ponto de acesso, bloco 602.

Depois que as estimativas de canal de enlace direto e enlace reverso são coletadas, uma relação de
5 calibragem que utiliza várias estimativas de canal para vários terminais de acesso, bloco 604. Sob determinados aspectos, é utilizada a estimativa de canal de enlace direto e a de canal de enlace reverso mais recentes uma com relação à outra. Em tais casos, várias estimativas para um
10 dado terminal de acesso podem ser obtidas com base em pares de estimativas de canal consecutivos de estimativas de enlace direto e enlace reverso.

Conforme discutido com relação à Figura 3, pode haver algum retardo de tempo entre os diferentes cálculos e
15 transmissões. Além disto, a funcionalidade para os blocos 600 e 602 pode ocorrer de maneira substancialmente simultânea ou em diferentes momentos para os mesmos ou diferentes terminais de acesso. Portanto, as estimativas de canal podem ser determinadas para um dado terminal de
20 acesso com base nas estimativas de canal das transmissões de enlace direto e enlace reverso que podem ser ou não consecutivas no tempo.

A relação de calibragem conjunta pode ser obtida com a utilização de um processo de otimização conjunto
25 conforme discutido com relação à Figura 2, como, por exemplo, à Equação 8.

Cada transmissão de cada cadeia de transmissão do ponto de acesso é então ponderada com ponderações com base na relação de calibragem conjunta para essa cadeia de
30 transmissão. Além disto, um conjunto combinado ou conjunto de ponderações de calibragem pode ser utilizado para uma ou mais cadeias de transmissão do ponto de acesso. Alternativamente, é possível transmitir esta relação de

calibragem conjunta ou uma instrução de calibragem com base na relação de calibragem conjunta para um ou mais terminais de acesso. Os terminais de acesso aplicariam então as ponderações baseados na relação de calibragem conjunta à
5 decodificação das transmissões recebidas na antena do terminal de acesso.

Além disto, sob alguns aspectos as ponderações de calibragem são utilizados para um estado AGC específico e não para outros estados AGC. Sendo assim, o bloco 608 seria
10 então aplicado ao estado AGC durante o bloco 600.

A Figura 8 mostra um sistema de comunicação sem fio exemplar 1300. O sistema de comunicação sem fio 1300 mostra uma estação base e um terminal por relações de concisão. Entretanto, deve ficar entendido que o sistema
15 pode incluir mais de uma estação base e/ou mais de um terminal, em que as estações base e/ou terminais adicionais podem ser substancialmente semelhantes ou diferentes da estação base e do terminal exemplares descritos a seguir. Deve ficar também entendido que a estação base e/ou o
20 terminal podem utilizar os sistemas (Figuras 1-5) e/ou os métodos (Figuras 6-7 ou 10) aqui descritos para facilitar a comunicação sem fio entre eles.

Com referência à Figura 8, são mostrados um transmissor e um receptor em um sistema de comunicação sem
25 fio de acesso múltiplo. No sistema de transmissor 1310, os dados de tráfego para vários fluxos de dados são enviados de uma fonte de dados 1342 a um processador de dados de transmissão (TX) 1344. Em uma modalidade, cada fluxo de dados é transmitido através de uma respectiva antena de
30 transmissão. O processador de dados TX 1344 formata, codifica e intercala os dados de tráfego para cada fluxo de dados com base em um esquema de codificação específico selecionado para esse fluxo de dados de modo a obter dados

codificados. Em algumas modalidades, o processador de dados TX 1344 aplica ponderações de formação de feixes aos símbolos dos fluxos de dados com base no usuário para o qual os símbolos estão sendo transmitidos e na antena da qual o símbolo está sendo transmitido. Em algumas modalidades, as ponderações de formação de feixe podem ser gerados com base informações de resposta ao canal que indicam a condição dos percursos de transmissão entre o ponto de acesso e o terminal de acesso. As informações de resposta ao canal podem ser geradas utilizando-se informações CQI ou estimativas de canal fornecidas pelo usuário. Além disto, nos casos de transmissões programadas, o processador de dados TX 1344 pode selecionar o formato de pacote com base em informações de classificação que são transmitidas do usuário.

Os dados codificados para cada fluxo de dados podem ser multiplexados com dados piloto utilizando-se técnicas OFDM. Os dados piloto constituem tipicamente um padrão de dados conhecido que é processado de maneira conhecida e podem ser utilizados no sistema de receptor para estimar a resposta ao canal. Os dados piloto e codificados multiplexados para cada fluxo de dados são então modulados (isto é, mapeados em símbolos) com base em um esquema de modulação específico (BPSK, QSPK, M-PSK ou M-QAM, por exemplo) selecionado para esse fluxo de dados de modo a se obterem símbolos de modulação. A taxa de dados, a codificação e a modulação para cada fluxo de dados podem ser determinadas por instruções executadas ou fornecidas pelo processador 1330. Em algumas modalidades, o número de fluxos espaciais paralelos pode variar de acordo com as informações de classificação que são transmitidas do usuário.

Os símbolos de modulação para todos os fluxos de dados são em seguida enviados a um processador MIMO TX 1346, que pode processar também os símbolos de modulação (para OFDM, por exemplo). O processador MIMO TX 1346 envia
 5 então N_T fluxos de símbolos a N_T transmissores (TMTR) 1322a a 1322t. Em determinadas modalidades, o processador MIMO TX 1346 aplica ponderações de formação de feixes aos símbolos dos fluxos de dados com base no usuário para o qual os símbolos estão sendo transmitidos e na antena da qual o
 10 símbolo está sendo transmitido a partir das informações de resposta ao canal do usuário.

Cada transmissor 1322 recebe e processa um respectivo fluxo de símbolos para gerar um ou mais sinais analógicos e também condiciona (amplifica, filtra e
 15 converte ascendentemente, por exemplo) os sinais analógicos de modo a se obter um sinal modulado adequado para transmissão através do canal MIMO. N_T sinais modulados dos transmissores 1322a a 1322t e em seguida transmitidos de N_T antenas 1324a a 1324t, respectivamente.

20 No sistema de receptor ~~1320~~, os sinais modulados transmitidos são recebidos por N_R antenas 1352a a 1352r, e o sinal recebido de cada antena 1352 é enviado a um respectivo receptor (RCVR) 1354a a 1354r. Cada receptor condiciona (filtra, amplifica e converte para baixo, por
 25 exemplo) um respectivo sinal recebido, digitaliza o sinal condicionado de modo a obter amostras e também processa as amostras de modo a obter um fluxo de símbolos "recebido" correspondente.

Um processador de dados RX 1360 em seguida recebe
 30 e processa os N_R fluxos de símbolos recebidos dos N_R 134a a 1354r com base em uma técnica de processamento de receptor específicas de modo a se obter o número de classificação dos fluxos de símbolos "detectados". O processamento pelo

transmissores 1354a a 1354r e transmitidos de volta ao sistema transmissor 1310.

No sistema transmissor 1310, os sinais modulados do sistema receptor 1320 são recebidos pelas antenas 1324, condicionados pelos receptores 1322, demodulados por um demodulador 1390 e processados por um processador de dados RX 1392 para recuperar a CSI relatada pelo sistema receptor e para enviar dados ao depósito de dados 1394 para armazenamento e/ou processamento adicional. A CSI relatada é então enviada ao processador 1330 e utilizada para (1) determinar as taxas de dados e os esquemas de codificação e modulação a serem utilizados para os fluxos de dados e (2) gerar diversos controles para o processador de dados TX 1344 e o processador MIMO TX 1346.

O processador 1330 pode ser também configurado para efetuar a geração das relações de calibragem e da relação de calibragem combinada, ou da relação de calibragem conjunta, conforme discutido com referência às Figuras 2, 6 e 7, respectivamente. Além disto, cada antena 1352a a 1352r pode ser tratada como um terminal separado para os fins de uma estimativa de calibragem combinada ou conjunta.

Com referência à Figura 9, um ponto de acesso pode compreender uma unidade principal (MU) 1450 e uma unidade rádio (RU) 1475. A MU 1450 inclui os componentes de banda base digitais de um ponto de acesso. Por exemplo, a MU 1450 pode incluir um componente de banda base 1405 e uma unidade de processamento de frequência intermediária (IF) digital 1410. A unidade de processamento IF digital 1410 processa digitalmente dados de rádio-canal a uma frequência intermediária pelo desempenho de funções tais como filtragem, canalização, modulação e assim por diante. A RU 1475 inclui partes de rádio analógicas do ponto de acesso.

Conforme aqui utilizada, uma unidade rádio é a parte de rádio analógica de um ponto de acesso ou outro tipo de estação transceptora com conexão direta ou indireta com um centro de comutação móvel ou dispositivo correspondente.

5 Uma unidade rádio serve tipicamente um setor específico em um sistema de comunicação. Por exemplo, a RU 1475 pode incluir um ou mais receptores 1430 conectados a uma ou mais antenas 1435a-t para receber rádio-comunicações das unidades de assinante móveis. Sob um aspecto, um ou mais

10 amplificadores de potência 1482a-t são acoplados a uma ou mais antenas 1435a-t. Conectado ao receptor 1430 está um conversor analógico/digital (A/D) 1425. O conversor A/D 1425 converte as rádio-comunicações analógicas recebidas pelo receptor 1430 em uma entrada digital para transmissão

15 para o componente de banda base 1405 por meio da unidade de processamento IF digital 1410. A RU 1475 pode incluir também um ou mais transmissores 1420 conectados ou à mesma ou a uma diferente antena 1435 para transmitir rádio-comunicações para terminais de acesso. Conectado ao

20 transmissor 1420 está um conversor digital/analógico (D/A) 1415. O conversor D/A 1415 converte as comunicações digitais recebidas do componente de banda base 1405 por meio da unidade de processamento IF digital 1410 em saída analógica para transmissão para as unidades de assinante

25 móveis. Sob alguns aspectos, um multiplexador 1484 para multiplexar sinais de vários canais e multiplexar diversos sinais, inclusive um sinal de voz e um sinal de dados. Um processador central 1480 é acoplado à unidade principal 1450 e a Unidade rádio para controlar diversos

30 processamentos, que incluem o processamento de sinal de voz ou dados.

Para um sistema de acesso múltiplo (como, por exemplo, um sistema de acesso múltiplo por divisão de

freqüência (FDMA), um sistema de acesso múltiplo por divisão de freqüência ortogonal (OFDMA), um sistema de acesso múltiplo por divisão de código (CDMA), um sistema de acesso múltiplo por divisão de tempo (TDMA), etc.),
5 múltiplos terminais podem transmitir concomitantemente no enlace reverso. Para tal sistema, as subportadoras piloto podem ser compartilhadas entre diferentes terminais. As técnicas de estimação de canal ~~podem ser utilizadas~~ nos casos em que as subportadoras piloto para cada terminal se
10 estendem por toda a banda operacional (com a possível exceção das bordas da banda). Tal estrutura de subportadoras piloto seria desejável para se obter diversidade de freqüência para cada terminal. As técnicas aqui descritas podem ser implementadas por diversos
15 mecanismos. Por exemplo, estas técnicas podem ser implementadas em hardware, software ou uma combinação deles. Para uma implementação em hardware, as unidades de processamento utilizadas para estimação de canal podem ser implementadas dentro de um ou mais circuitos integrados
20 específicos de aplicativos (ASICs), processadores de sinais digitais (DSPs), dispositivos de processamento de sinais digitais (DSPDs), dispositivos de lógica programável (PLDs), arranjos de portas programáveis em campo (FPGAs), processadores, controladores, microcontroladores,
25 microprocessadores, outras unidades eletrônicas para executar as funções aqui descritas ou uma combinação deles. Com software, a implementação pode ser através de módulos (como, por exemplo, procedimentos, funções e assim por diante) que executem as funções aqui descritas. Os códigos
30 de software podem ser armazenados em uma unidade de memória e executados pelos processadores 1390 e 1350.

O que foi descrito acima inclui exemplos de uma ou mais modalidades. Evidentemente não é possível descrever

toda combinação concebível de componentes ou metodologias para fins de descrição das modalidades antes mencionadas, mas os versados na técnica podem reconhecer que são possíveis muitas outras combinações e permutas de diversas modalidades. Por conseguinte, as modalidades descritas pretendem abranger todas as alterações, modificações e variações que se incluam dentro do espírito e alcance das reivindicações anexas. Além disto, na medida em que o termo "inclui" é utilizado seja na descrição detalhada, seja nas reivindicações, tal termo pretende ser inclusivo de uma maneira semelhante ao termo "compreendendo" como "compreendendo" é interpretado quando utilizado como uma palavra de transição em uma reivindicação.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para calibrar um arranjo de antenas em uma rede sem fio, compreendendo:

- receber primeiras informações de estimativa de canal, cada uma correspondendo a transmissões para pelo menos duas antenas de pelo menos dois terminais de acesso;
- determinar segundas informações de estimativa de canal, cada uma correspondendo a transmissões a partir das pelo menos duas antenas dos pelo menos dois terminais de acesso; e
- determinar uma relação de calibração com base em cada uma das primeiras informações de estimativa de canal e cada uma das segundas informações de estimativa de canal.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que determinar a relação de calibração compreende determinar a relação de calibração para cada antena de maneira independente.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, em que determinar compreende combinar cada uma das relações de calibração.

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, em que combinar compreende calcular a média de cada uma das relações de calibração.

5. Método, de acordo com a reivindicação 3, em que cada uma das relações de calibração compreende uma série de elementos e em que combinar compreende:

- normalizar cada relação de calibração; e
- determinar a relação de calibração com base em uma matriz incluindo as relações de calibração normalizadas.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, em que determinar a relação de calibração com base na matriz

de acesso e em segundas informações de estimativa de canal, cada uma correspondendo a transmissões a partir das pelo menos duas antenas dos pelo menos dois terminais de acesso.

5 12. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 11, em que o processador é configurado para determinar a relação de calibragem para cada terminal de acesso da pluralidade e para determinar a relação de calibragem com base na combinação das relações de calibragem para cada uma das antenas.

10 13. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 12, em que o processador é configurado para combinar as relações pela calcular a média de cada uma das relações de calibragem.

15 14. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 12, em que o processador é configurado para combinar as relações normalizando cada relação de calibragem e para determinar a relação de calibragem com base em uma matriz incluindo cada uma das relações de calibragem.

20 15. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 14, em que o processador é configurado para utilizar decomposição em valores singulares para decompor a matriz para obter a relação de calibragem.

25 16. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 11, em que o processador é configurado para determinar a relação de calibragem utilizando uma relação de calibragem conjunta.

30 17. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 11, em que o processador é configurado para determinar a relação de calibragem solucionando a equação:

$$\begin{aligned}
 g_{i,k,u} &= \gamma_u \cdot e^{-j\omega_i \tau_u} \cdot \text{diag}(h_{i,k,u}) \cdot \eta + n_{i,k,u} \\
 &= \gamma_{i,k,u} \cdot Z_{i,k,u} \cdot \eta + n_{i,k,u}
 \end{aligned}$$

onde $\mathbf{Z}_{i,k,u}$ é uma matriz diagonal ~~cujos elementos~~ diagonais são os elementos de uma estimativa de vetor de canal de enlace reverso $\mathbf{h}_{i,k,u}$, $\gamma_{i,u} = \gamma_u \cdot e^{-j\omega_i \tau_u}$ e subscritos i, k, u são os índices de tom, tempo e usuário, respectivamente.

5 18. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 17, em que o processador é configurado para solucionar a equação utilizando uma técnica MMSE.

10 19. Equipamento de comunicação sem fio, de acordo com a reivindicação 17, em que processador é configurado para determinar a relação de calibragem utilizando um esquema de otimização conjunta com uma pluralidade de primeiras e segundas informações de estimativa de canal.

20. Equipamento que compreende:

15 - mecanismos para processar ~~primeiras~~ informações de estimativa de canal, cada uma correspondendo a transmissões para pelo menos duas antenas de pelo menos dois terminais de acesso e recebidas dos pelos menos dois terminais de acesso;

20 - mecanismos para determinar segundas informações de estimativa de canal, cada uma correspondendo a transmissões das pelo menos duas antenas dos pelo menos dois terminais de acesso; e

25 - mecanismos para determinar uma relação de calibragem com base em cada uma das primeiras informações de estimativa de canal e cada uma das segundas informações de estimativa de canal.

21. Equipamento, de ~~acordo com a~~ reivindicação 20, em que os mecanismos para determinar a relação de calibragem compreendem um mecanismo para determinar uma

relação de calibragem para cada antena de maneira independente.

22. Equipamento, de acordo com a reivindicação 21, em que os mecanismos para determinar a relação de calibragem para cada antena de maneira independente compreendem um mecanismo para combinar cada uma das relações de calibragem.

23. Equipamento, de acordo com a reivindicação 22, em que os mecanismos para combinar compreendem um mecanismo para calcular a média de cada uma das relações de calibragem.

24. Equipamento, de acordo com a reivindicação 22, em que cada uma das relações de calibragem compreende uma pluralidade de elementos e em que o mecanismo para combinar compreende:

- mecanismos para normalizar cada relação de calibragem; e
- mecanismos para determinar a relação de calibragem com base em uma matriz que inclui as relações de calibragem normalizadas.

25. Equipamento, de acordo com a reivindicação 20, em que os mecanismos para determinar compreendem um mecanismo para determinar uma relação de calibragem conjunta com base em primeiras informações de calibragem e nas segundas informações de calibragem.

26. Equipamento, de acordo com a reivindicação 20, em que os mecanismos para determinar a relação de calibragem compreendem um mecanismo para solucionar a equação:

$$\begin{aligned} g_{i,k,u} &= \gamma_u \cdot e^{-j\varpi_i \tau_u} \cdot \text{diag}(h_{i,k,u}) \cdot \eta + n_{i,k,u} \\ &= \gamma_{i,k,u} \cdot Z_{i,k,u} \cdot \eta + n_{i,k,u} \end{aligned}$$

onde $\mathbf{Z}_{i,k,u}$ é uma matriz diagonal cujos elementos diagonais são os elementos das informações de estimativa de canal $\mathbf{h}_{i,k,u}$, $\gamma_{i,u} = \gamma_u \cdot e^{-j\omega_i \tau_u}$ e subscritos i,k,u são os índices de tom, tempo e usuário, respectivamente.

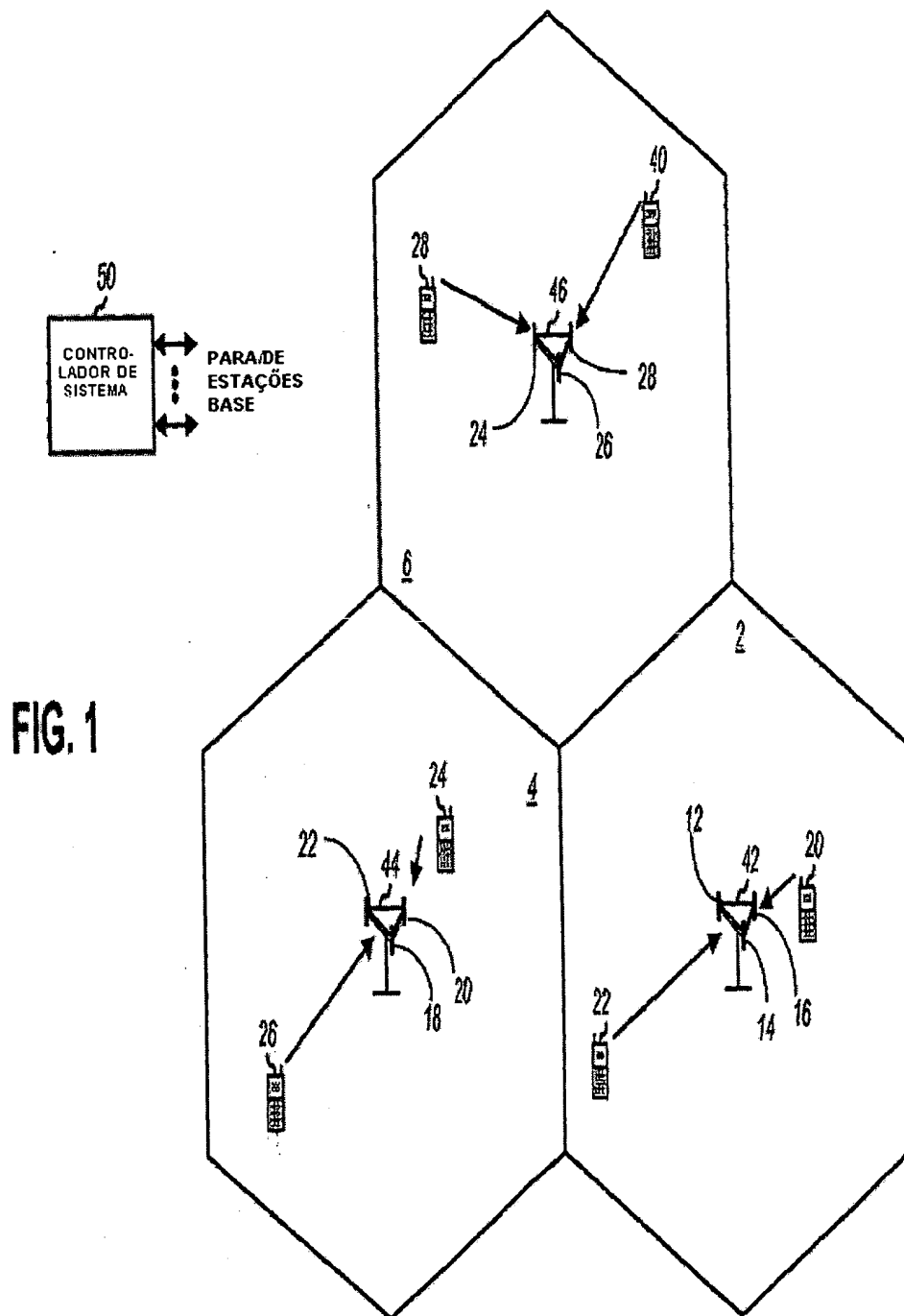
5 27. Equipamento, de acordo com a reivindicação 20, em que os mecanismos para determinar a relação de calibragem compreendem um mecanismo para utilizar um esquema de otimização conjunta com as primeiras e segundas informações de estimativa de canal.

10 28. Meio legível por computador que tem instruções armazenadas nele para utilização por um processador, as instruções compreendendo instruções para:

- processar primeiras informações de estimativa de canal, cada uma correspondendo a transmissões para pelo menos duas antenas de pelo menos dois terminais de acesso e recebidas a partir dos pelos menos dois terminais de acesso;

- determinar segundas informações de estimativa de canal, cada uma correspondendo a transmissões a partir das pelo menos duas antenas dos pelo menos dois terminais de acesso; e

- determinar uma relação de calibragem com base em cada uma das primeiras informações de estimativa de canal e em cada uma das segundas informações de estimativa de canal.



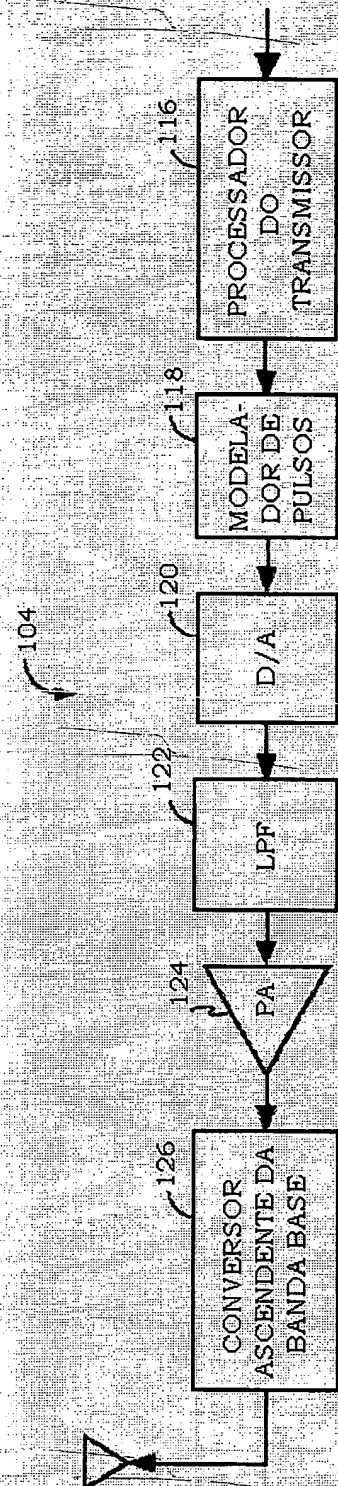
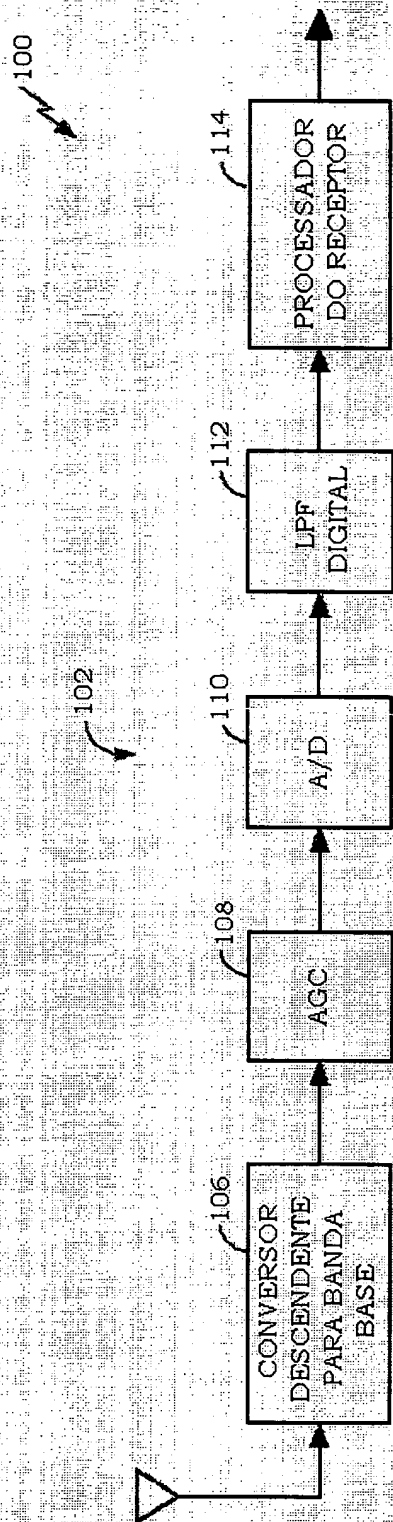


FIGURA 2

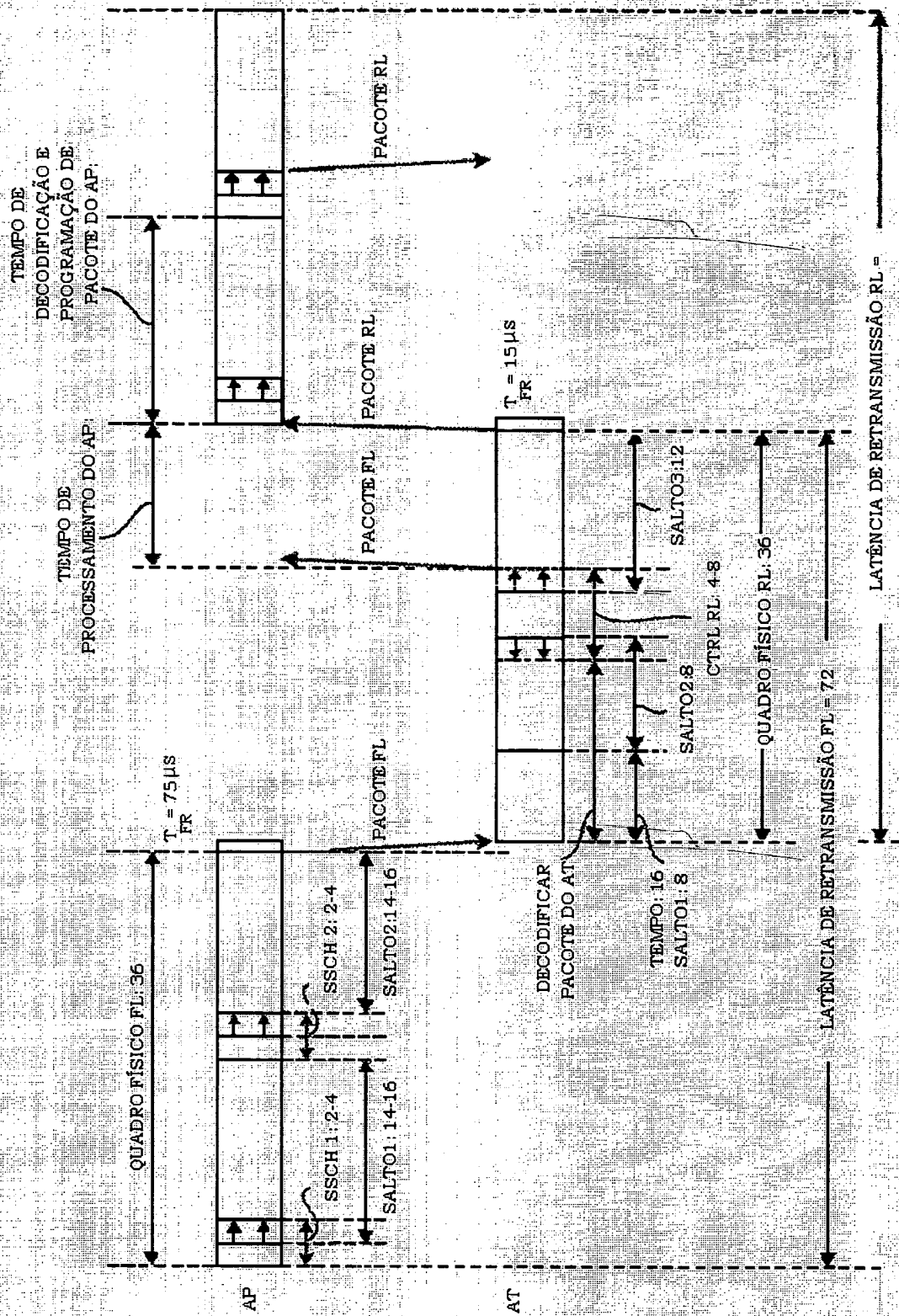
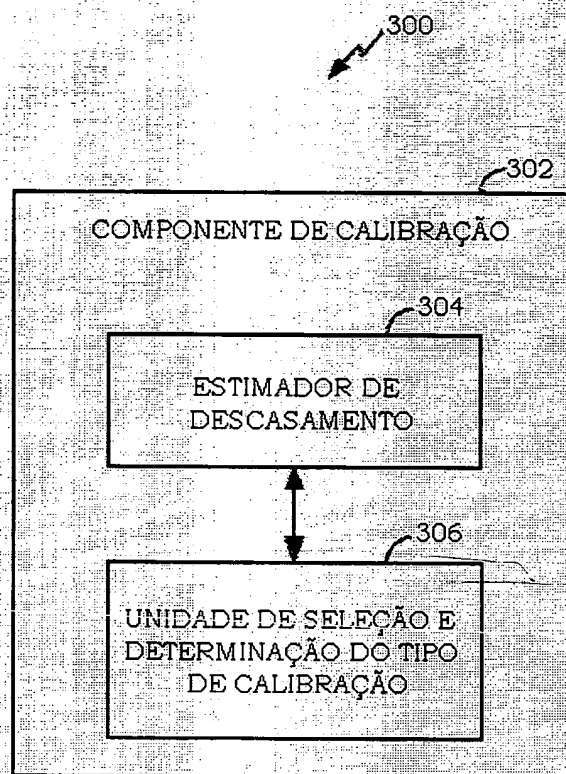


FIGURA 3

**FIGURA 4**

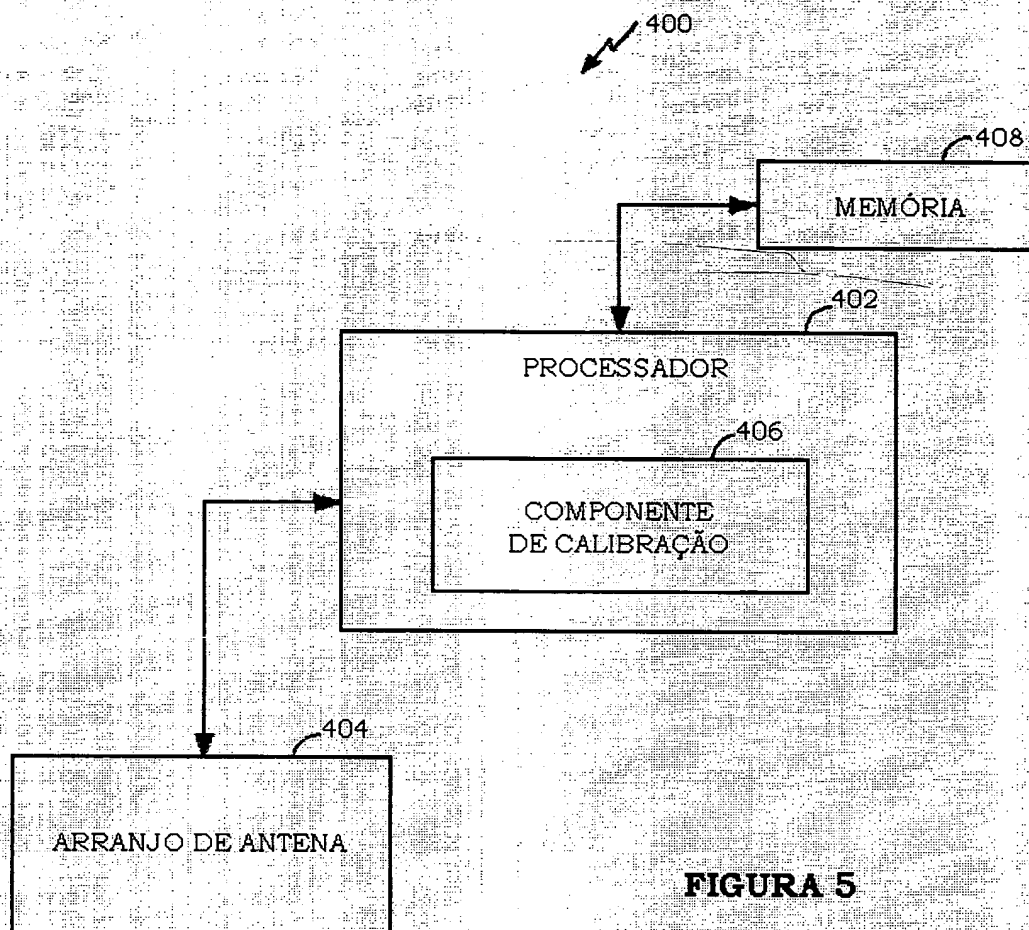


FIGURA 5

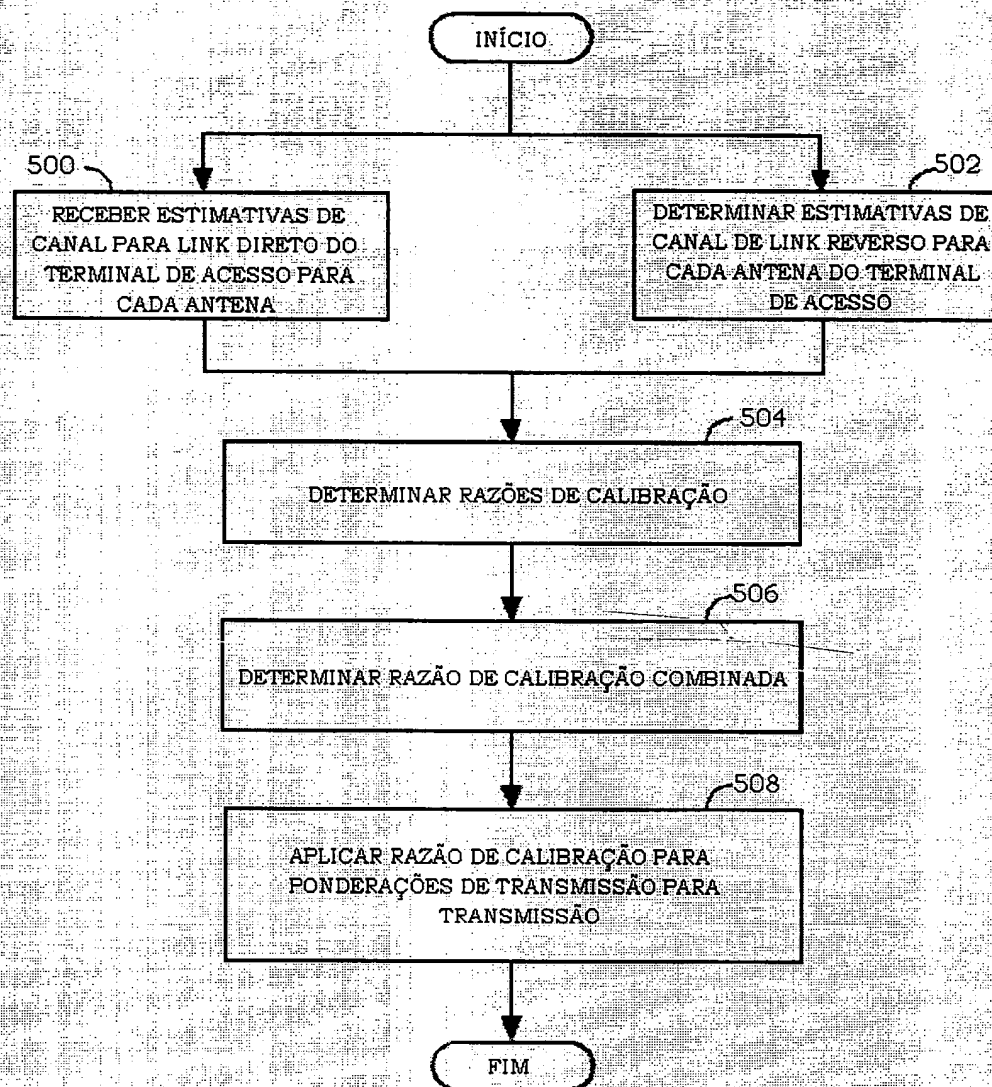


FIGURA 6

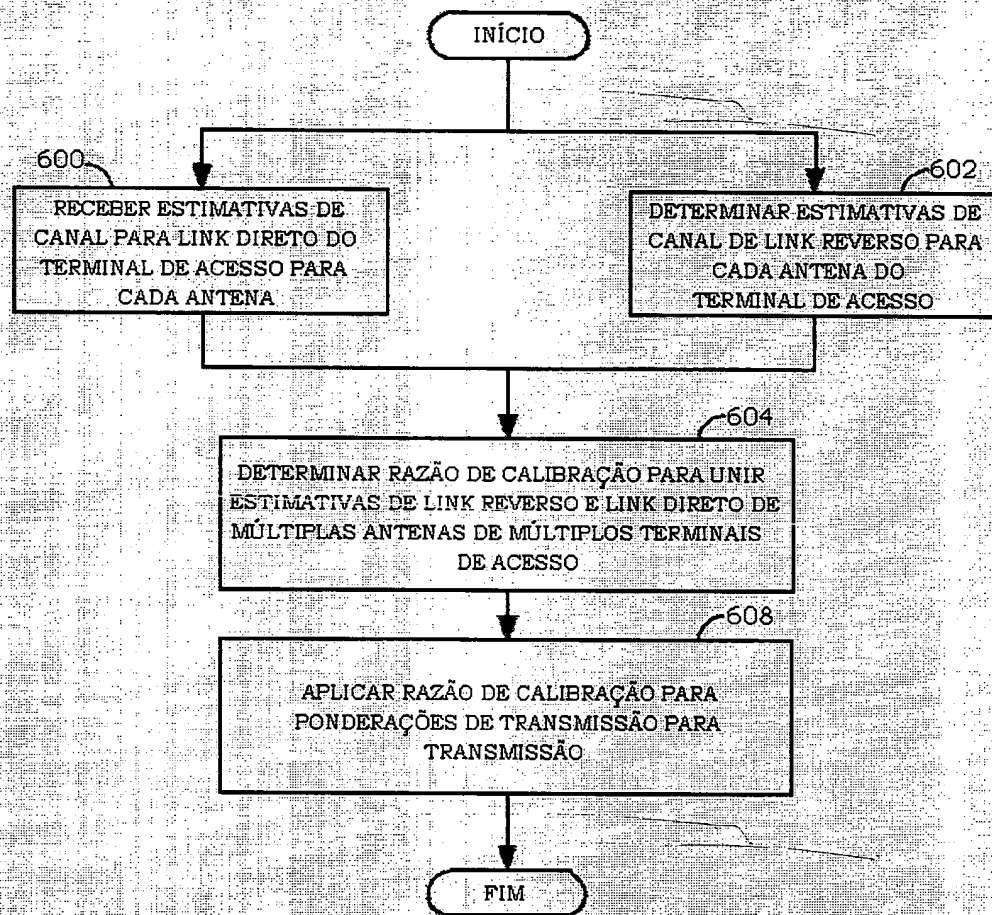


FIGURA 7

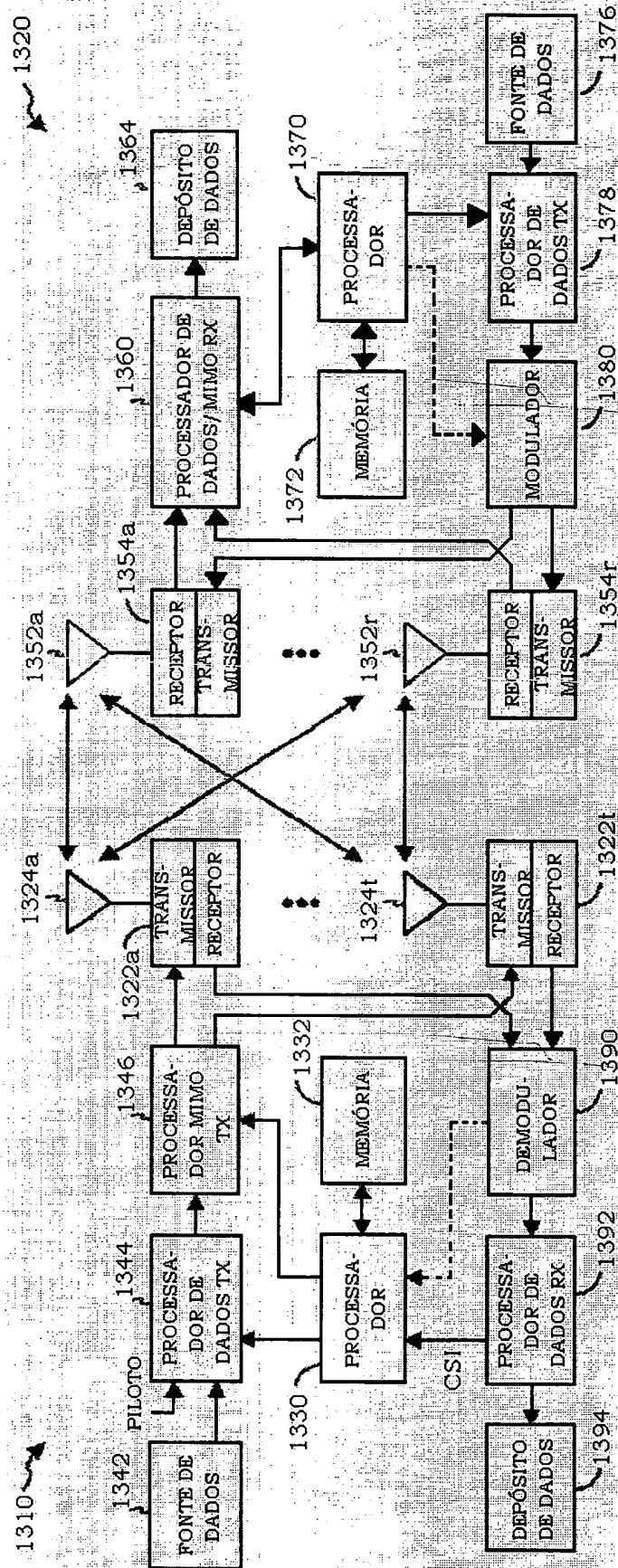
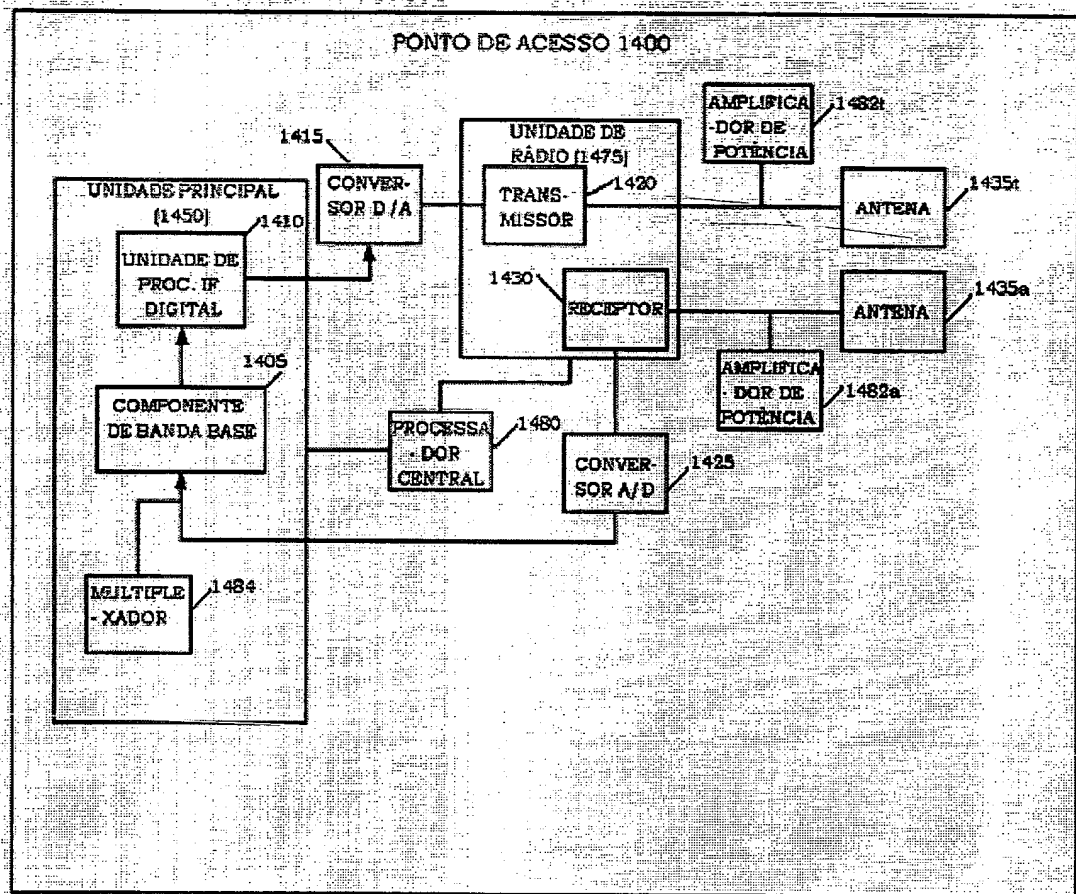


FIGURA 8

**FIGURA 9**

RESUMO

**"CALIBRAGEM DE ARRANJO DE ANTENAS PARA SISTEMAS DE
COMUNICAÇÃO SEM FIO POR MÚLTIPLAS-ENTRADAS E MÚLTIPLAS-
SAÍDAS".**

5 Trata-se da calibragem para uma cadeia de
transmissão de um dispositivo que transmite informações
para múltiplos dispositivos sobre enlaces sem fio e para
cadeias de recepção dos múltiplos dispositivos que recebem
informações sobre um dos enlaces sem fio utilizando cada
10 uma das estimativas para diferentes antenas de um terminal
de acesso como uma estimativa separada.