



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

(21) **PI0618183-0 A2**



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

(51) *Int.Cl.:*  
H04B 17/00 2006.01

(54) Título: **CALIBRAÇÃO DE ARRANJO DE ANTENAS PARA SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO**

(30) Prioridade Unionista: 04/04/2006 US 11/398,077,  
17/04/2006 US 11/405,832, 02/11/2005 US 60/733,022, 02/11/2005  
US 60/733,022, 02/11/2005 US 60/733,022

(73) Titular(es): Qualcomm Incorporated

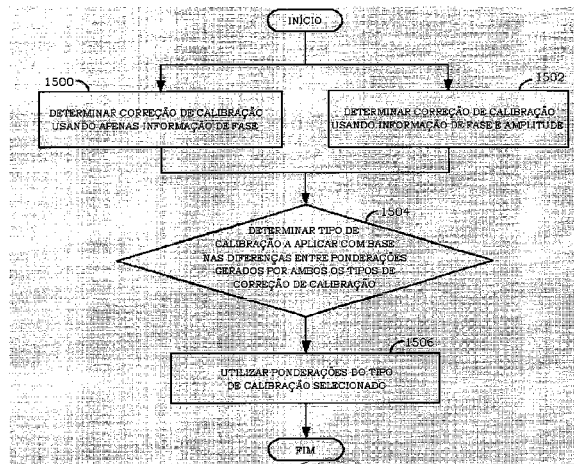
(72) Inventor(es): Alexei Gorokhov, Ayman Fawzy Naguib, Rajiv Vijayan

(74) Procurador(es): Montaury Pimenta, Machado & Lioce

(86) Pedido Internacional: PCT US2006060495 de 02/11/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/056672 de 18/05/2007

(57) Resumo: CALIBRAÇÃO DE ARRANJO DE ANTENAS PARA SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO A calibração para uma cadeia de transmissão de um dispositivo que transmite informações para múltiplos dispositivos através de links sem fio inclui selecionar dentre duas ou mais técnicas de determinação de calibração. Sob determinados aspectos, as técnicas incluem calibração somente de fase e calibração de fase e amplitude.



## **"CALIBRAÇÃO DE ARRANJO DE ANTENAS PARA SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO".**

### Campo da Invenção

5 A descrição a seguir refere-se de maneira geral a comunicações sem fio e, entre outras coisas, à calibração através do ar de um arranjo de antenas.

### Descrição da Técnica Anterior

10 Os sistemas de funcionamento em 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 se tornado menores e mais poderosos para atender às necessidades dos consumidores e para aperfeiçoar a portabilidade e a comodidade. O aumento da potência de processamento nos dispositivos móveis, tais  
15 como telefones celulares, tem causado um aumento na procura de sistemas de transmissão de rede sem fio. Tais sistemas tipicamente não são tão facilmente atualizados quanto os 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  
20 fio mais antigo de uma maneira que facilite a exploração total das capacidades de dispositivos sem fio novos e aperfeiçoados.

Mais especificamente, as técnicas baseadas na  
25 divisão de frequência separam tipicamente o espectro em canais distintos ao dividi-lo em pedaços uniformes de largura de banda, por exemplo, a divisão da banda de frequência alocada para comunicação de telefones celulares sem fio pode ser dividida em canais, cada um dos quais pode  
30 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 de divisão de frequência ortogonal que particiona

de maneira eficaz a largura de banda total do sistema em várias subportadoras ortogonais. Estas subportadoras são também referidas como tons, portadoras, faixas e/ou canais de frequência. Com técnicas baseadas em divisão de tempo, 5 uma banda é dividida temporalmente em fatias de tempo ou partições de tempo seqüenciais. Cada usuário de um canal pode receber uma fatia de tempo para transmitir e receber informações à maneira round-robin (rodízio). Por exemplo, em qualquer tempo  $t$  dado, é dado a um usuário acesso ao 10 canal durante uma rajada curta. Em seguida, o acesso é comutado para outro usuário, que recebe uma rajada curta de tempo para transmitir e receber informações. O ciclo de "revezamentos" continua, e finalmente cada usuário recebe várias rajadas de transmissão e recepção.

15 As técnicas baseadas em divisão de código tipicamente transmitem os dados através de várias frequências disponíveis a qualquer momento em uma faixa. Em geral, os dados são digitalizados e espalhados através da largura de banda disponível, em que vários usuários podem 20 ser superpostos no canal e a respectivos usuários pode ser atribuído um código de seqüência único. Os usuários podem transmitir no mesmo pedaço de banda larga do espectro, em que o sinal de cada usuário é espalhado através da toda a largura de banda por seu respectivo código de espalhamento 25 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 por espalhamento espectral, em que o fluxo de bits de um usuário é codificado e espalhado 30 através de um canal muito largo de maneira pseudo-aleatória. O receptor é projetado para reconhecer o código de seqüência único associado e desfazer a aleatorização de

modo a coletar os bits para um usuário específico de maneira coerente.

Uma rede de comunicação sem fio típica (que utiliza técnicas de divisão de frequência, tempo e código, por exemplo) inclui uma ou mais estações base que apresentam uma área de cobertura e um ou mais terminais móveis (sem fio, por exemplo) que podem transmitir e receber dados dentro da área de cobertura. Uma estação base típica pode transmitir simultaneamente vários fluxos de dados para serviços de difusão (broadcast), multi-difusão (multicast) e/ou uni-difusão (unicast), em que um fluxo de dados é um fluxo de dados que pode ser de interesse de recepção independente para um terminal móvel. Um terminal móvel dentro da área de cobertura dessa estação base pode estar interessado em receber um, mais de um ou todos os fluxos de dados portados pelo fluxo composto. 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 mencionadas acima 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 uma 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 link direto (FL) quanto o link 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 de transmissores, do canal de propagação físico, da estrutura física do arranjo de antenas (inclusive o cabeamento) e a cadeia analógica de receptores.

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

#### Resumo da Invenção

A seguir é apresentado um sumário simplificado de uma ou mais modalidades de modo a obter um entendimento básico de tais modalidades. Este sumário não é uma visão 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 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 determinar uma calibração com base em pelo menos uma primeira e segunda técnicas de calibração e em seguida selecionar a calibração com base em uma das técnicas.

De acordo com outro aspecto, um equipamento de comunicação sem fio compreende pelo menos duas antenas e um processador acoplado com as pelo menos duas antenas. O processador é configurado para determinar a calibração para  
5 comunicação, inclusive à calibração das pelo menos duas antenas, com base em pelo menos uma primeira e segunda técnicas de calibração e em seguida selecionar a calibração com base em uma das técnicas.

De acordo com ainda outro aspecto, um equipamento  
10 pode compreender um dispositivo para determinar a calibração com base em pelo menos uma primeira e segunda técnicas de calibração e em seguida selecionar a calibração com base em uma das técnicas.

Para a consecução das finalidades precedentes e  
15 afins, a modalidade ou as modalidades compreendem as características completamente descritas a seguir e especificamente assinaladas nas reivindicações. A descrição seguinte e os desenhos anexos apresentam em detalhes determinados aspectos ilustrativos da modalidade ou das  
20 modalidades. Estes aspectos indicam, contudo, apenas algumas das diversas maneiras pelas quais os princípios de diversas modalidades podem ser empregados, e as modalidades descritas pretendem incluir todos os tais aspectos e seus equivalentes.

#### 25 Breve Descrição das Figuras

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

Figura 2 - mostra uma disposição de antenas que compreende uma cadeia de receptores e uma cadeia de  
30 transmissores de acordo com diversos aspectos aqui descritos.

Figura 3 - mostra aspectos de temporização para operações de calibração.

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

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

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

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

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

Figura 9 - mostra aspectos de um ponto de acesso.

Figura 10 - mostra aspectos de uma metodologia para determinar o tipo de calibração a ser aplicado.

#### Descrição Detalhada da Invenção

Diversas modalidades são agora descritas com referência aos desenhos, em que os mesmos números de referência são utilizados para referir os mesmos elementos em toda parte. Na descrição seguinte, para fins de explanação, numerosos 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 utilizado 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 objeto, um executável, uma cadeia de execução, um programa e/ou um computador. Um ou mais componentes podem residir dentro de um processo e/ou

5 cadeia 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 a partir de diversos meios legíveis por computador tendo diversas estruturas de dados armazenadas

10 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

15 através de uma rede tal 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,

20 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

25 Protocolo de Iniciação de Sessão (SIP), uma estação de loop 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.

30 Além do mais, diversos aspectos ou 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 dispositivo, portadora ou meio legível por computador. Por exemplo, os meios legíveis por computador podem incluir, 5 mas não estão limitados a, dispositivos de armazenamento magnéticos (como, por exemplo, disco rígido, disco flexível, tiras magnéticas...), discos ópticos (como, por exemplo, disco compacto (CD), disco versátil digital (DVD)...), cartões inteligentes, dispositivos de memória 10 flash (como, por exemplo, cartão, bastão, acionamento de chave...) e circuitos integrados, tais como memórias somente de leitura, memória somente de leitura programáveis e memórias somente de leitura programáveis eletricamente apagáveis.

15 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 células 2, 4 e 6. Na Figura 1, cada célula 2, 4 e 6 pode 20 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 setor diferente. Na célula 4, 25 grupos de antenas 18, 20 e 22 correspondem, cada um, a um setor diferente. Na célula 6, grupos de antenas 24, 26 e 28 correspondem, cada um, a um setor diferente.

Cada célula inclui vários terminais de acesso que estão em comunicação com um ou mais setores de cada ponto 30 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.

De modo a facilitar a calibração das transmissões para os terminais de acesso, é útil calibrar o loop de calibração de ganhos de ponto de acesso de modo a lidar com os descasamentos devido às cadeias de transmissão e recepção do ponto de acesso. Entretanto, devido ao ruído no canal, quaisquer estimativas de calibração baseadas nos sinais recebidos nos terminais de acesso, no link direto, e transmitidos a partir dos terminais de acesso, no link 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 link direto quando no link reverso para vários terminais de acesso. Sob determinados aspectos, várias transmissões para e a partir de cada terminal de acesso são levadas em conta para efetuar calibração de um dado setor.

Sob determinados aspectos, ou a cadeia de transmissão do ponto de acesso ou a cadeia de recepção do ponto de acesso pode ser calibrada. Isto pode ser feito,

por exemplo, com a utilização de uma relação de calibração 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 recepção.

5                   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 ou toda a funcionalidade de, uma estação base, um Nó B ou alguma outra terminologia. Um terminal de acesso pode ser  
10 também referido como, e incluir alguma 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  
15 setores físicos, isto é, que têm diferentes grupos de antenas para diferentes setores, outras abordagens podem ser utilizadas. 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  
20 combinação com, setores físicos. Tal abordagem é mostrada e revelada no pedido de patente norte-americano co-pendente N° de Série 11/260.895, intitulado "Adaptive Sectorization In Cellular System".

                  Com referência à Figura 2, uma disposição de  
25 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 de conversor descendente 106, que converte  
30 descendentemente um sinal em uma banda base quando do recebimento. O componente de conversor descendente 106 é operacionalmente conectado a uma funcionalidade de controle de ganho automático (AGC) 108, que acessa a intensidade do sinal recebido e ajusta automaticamente um ganho aplicado

ao sinal recebido de modo a manter a cadeia de receptor 102 dentro de sua faixa de operação linear associada e de modo a fornecer uma intensidade de sinal constante para transmitir através da cadeia de transmissor 104. Deve ficar  
5 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  
10 converte o sinal recebido em formato digital antes que o sinal seja suavizado por um filtro passa-baixas (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  
15 processa o sinal recebido e pode comunicar o sinal a um ou 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  
20 recebe um sinal que foi originalmente recebido pela cadeia 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  
25 transmitido de modo que o sinal possa ser formatado para estar dentro das limitações da largura de banda, ao mesmo tempo atenuando e/ou eliminando a interferência inter-simbólica. Uma vez formatado, o sinal pode passar por conversão digital-analógico (D/A) por um conversor D/A 120  
30 antes de ser submetido a um filtro passa-baixa (LPF) 122 operativamente associado na cadeia de transmissor 104 para suavização. Um componente de amplificador de pulsos (PA)

124 pode amplificar o pulso/sinal antes da conversão ascendente na banda base por um conversor ascendente 126.

O arranjo de antenas 100 pode existir para cada 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 delas, uma reciprocidade das variações de canal e/ou transmissor/receptor equivalentes pode não ser presumida. Quando se calibra um arranjo de antenas 100, um entendimento da magnitude de 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 facilitar o processo de calibração. Além disto, no caso de um arranjo 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 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 vários outros fatores. Tais descasamentos podem incluir, por exemplo, efeitos de acoplamento mútuo, efeitos de torre, conhecimento imperfeito da localização dos elementos, descasamentos de amplitude e/ou fase devidos ao cabeamento da(s) antena(s) e semelhantes. Além disto, os descasamentos podem ser devidos a elementos de hardware na cadeia de transmissor 104 e/ou na cadeia de receptor 102 de cada antena 100. Por exemplo, tais descasamentos podem

estar associados a filtros analógicos, desequilíbrio I e Q, descasamento de fase e/ou ganho de um amplificador de baixo ruído ou um amplificador de pulsos nas cadeias, diversos fatores de não-linearidade, etc.

5                    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 complexo e potencialmente difícil de executar. Além disto, 10 qualquer realimentação específica, para transmissão no link direto, ou pilotos, utilizados para transmissão no link reverso, para qualquer dado terminal de acesso, estão sujeitos ao ruído para esse usuário. Portanto, para qualquer dada razão de calibração estimada com base tanto 15 no link direto quanto no link reverso, há algum erro introduzido pela variação e o pelo ruído no canal. Portanto, sob vários aspectos, uma ou mais razões de calibração estimadas para vários terminais de acesso diferentes são combinadas de modo a obter uma única razão 20 de calibração a ser utilizada pelo ponto de acesso para transmissão para um ou todos os terminais de acesso. Sob determinados aspectos, a combinação pode constituir uma média de todas as razões de calibração para cada terminal de acesso que se comunica com o ponto de acesso, ou algum 25 subconjunto predeterminado. Sob outro aspecto, a combinação pode ser feita à maneira de otimização conjunta, em que as medições de canal de e para cada terminal de acesso são combinadas para estimar uma única razão de calibração, que é uma combinação dos descasamentos dos ganhos para cada 30 terminal de acesso, sem calcular uma razão de calibração individual para cada terminal de acesso.

Para cada dado terminal de acesso, o ponto de acesso utiliza suas estimativas de canal de link reverso

para esse terminal de acesso assim como as estimativas de canal de link direto, que são efetuadas no terminal de acesso e realimentadas para o ponto de acesso, de modo a se estimar ou calcular a razão de calibração, com base nesse terminal de acesso.

Uma estimativa de canal de link direto,  $\hat{h}_{AT}^{(i)}$ , pode ser efetuada no terminal de acesso para transmissões 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 link direto pode ser então escrita da seguinte maneira:

$$\hat{h}_{AT}^{(i)} = \beta_{AT} \cdot \alpha_{AP}^{(i)} \cdot h_i + n_i \quad (1)$$

↑	↑	↑	↑
<i>Descasamento de Ganho de Cadeia de Recepção AT</i>	<i>Descasamento de Ganho de Cadeia de Transmissão AP</i>	<i>Canal Físico</i>	<i>Ruído de medição</i>

Na Equação 1, a estimativa de canal é uma função do descasamento de ganhos  $\beta_{AT}$  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 sendo medido, e do ruído  $n_i$  do canal que é parte da estimativa de canal.

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

$$\hat{h}_{AP}^{(i)} = \alpha_{AT} \cdot \beta_{AP}^{(i)} \cdot h_i + v_i \quad (2)$$

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

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

Na Equação 2, esta estimativa de canal é uma função do descasamento dos ganhos  $\alpha_{AT}$  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 sendo medido e do ruído  $v_i$  do canal que é parte da estimativa de canal.

De modo a 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 calibração 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 razão de descasamento total entre as transmissões no link reverso e a transmissão no link direto,  $\gamma$  é a razão de descasamento dos ganhos entre as cadeias de transmissão e recepção do terminal de acesso e  $\eta_i$  é a razão de descasamento das cadeias de transmissão e recepção para a  $i$ -ésima antena no ponto de acesso. Deve-se observar que  $\gamma$  é substancialmente constante para cada par de antenas no ponto de acesso. Além disto, algumas

considerações à Equação 3 são idealizadas, uma vez que a estimativa de ruído não está incluída nela.

As razões de calibração  $c_i, i = 1, \dots, M$ , 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 calibração".

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

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  $\tilde{\mathbf{c}}$  podem ser números complexos que incluem o descasamento tanto de amplitude quanto de fase para cada cadeia de transmissão e recepção do arranjo de antenas do ponto de acesso assim como 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 calibração 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  $\gamma_u$  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.

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

Nesta abordagem, cada estimativa de vetor de calibração inclui um fator de multiplicação,  $\gamma_u$ , que é diferente para terminais de acesso diferentes. No caso em que um ou mais terminais de acesso têm um descasamento de ganhos muito grande  $\gamma_u$ , a simples realização de média pode levar a resultados que fazem a média pender a favor dos terminais de acesso possuindo o maior descasamento de ganhos  $\gamma_u$ .

Sob outro aspecto, cada estimativa de vetor de calibração, que corresponde a um terminal de acesso específico, é normalizado 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 elevado  $\gamma_u$ . Este processo é mostrado abaixo na Equação 6.

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

Deve-se observar que, sob determinados aspectos, o elemento normalizador pode ser qualquer elemento do vetor de calibração, desde que seja o mesmo elemento para cada estimativa de vetor de calibração, como, por exemplo, o primeiro elemento. A soma dos elementos normalizados é então dividida pelo número total de elementos  $U$  do vetor  $\tilde{c}$ .

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

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

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

Conforme exemplificado nas três abordagens acima, uma razão de calibração é geralmente estimada em duas etapas. Em primeiro lugar, os valores que correspondem aos elementos dos vetores de calibração são calculados para o arranjo de antenas, ou para as antenas de interesse, com relação aos terminais de acesso individuais. Os vetores de calibração são em seguida combinados de acordo com um ou mais processos matemáticos diferentes.

Uma alternativa para calcular vários vetores de calibração 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 link direto  $\mathbf{g}_{i,k,u}$ , medida no terminal de acesso, pode estar relacionada com a estimativa de vetor de canal de link reverso  $\mathbf{h}_{i,k,u}$ , medida no ponto de acesso. Uma abordagem, que utiliza o vetor de calibração  $\boldsymbol{\eta}$  e o descasamento do terminal de acesso  $\gamma_u$ , é mostrada na Equação 8 abaixo.

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

Na Equação 8,  $\mathbf{Z}_{i,k,u}$  é uma matriz diagonal cujos elementos diagonais são os elementos da estimativa de vetor de canal

de link reverso  $\mathbf{h}_{i,k,u}$  e  $\gamma_{i,u} = \gamma_u \cdot e^{-j\omega_i \tau_u}$ . Os subscritos  $i, k, u$  são os índices de tom, tempo e usuário, respectivamente. Na equação acima, as incógnitas são o vetor de calibração  $\boldsymbol{\eta}$  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  $\boldsymbol{\eta}$  e  $\gamma_{i,k,u}$  é utilizar uma abordagem de erro elevado ao quadrado médio mínimo (MMSE), conforme mostrado na Equação 9.

$$\rho \square \sum_{i,k,u} \|\bar{\gamma}_{i,k,u} \cdot \mathbf{g}_{i,k,u} - \mathbf{Z}_{i,k,u} \cdot \boldsymbol{\eta}\|^2 \quad (9)$$

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

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

15  $\boldsymbol{\eta} \square$  autovetor mínimo de  $F = \sum_u F_u = \sum_{i,k,u} \mathbf{Z}_{i,k,u}^* \cdot \prod_{\mathbf{g}_{i,k,u}}^1 \mathbf{Z}_{i,k,u}$

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

onde, para um vetor  $\mathbf{x}$ , o operador de projeção ortogonal  $\prod_{\mathbf{x}}^1$  pode ser definido como:

$$\prod_{\mathbf{x}}^1 = \mathbf{I} - \frac{\mathbf{x}\mathbf{x}^*}{\mathbf{x}^*\mathbf{x}} \quad (11)$$

Para compensar os descasamentos, as razões de calibração 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  
 5 fazer com que ele case à cadeia de receptor ou, de maneira equivalente, para alterar o ganho da cadeia de recepção do ponto de acesso de modo a fazer com que ele case à cadeia de transmissão.

Sob determinados aspectos, pode ser desejável  
 10 calibrar o ganho com relação à fase apenas ou tanto à fase quanto à amplitude. Isto é porque, em determinadas ocorrências, qualquer técnica de calibração pode fazer o descasamento de amplitude pior. Isto pode ser facilmente visto considerando-se um caso extremo, no qual não existe  
 15 descasamento de fase e apenas descasamento de amplitude está presente nos descasamentos de ganhos. Neste caso, o ganho de conformação de feixes com calibração é pior que o ganho de conformação de feixes sem calibração, o que significa que o descasamento de amplitude é agora pior. Um  
 20 método de aperfeiçoamento consiste em utilizar calibração apenas de fase para conformação de feixes, em vez de uma calibração que utiliza tanto a amplitude quanto a fase para calcular as ponderações de calibração. Neste caso, as ponderações calibradas para conformação de feixes são  
 25 calculados somente para fase. Um aspecto desta abordagem para conformação de feixes MRC é mostrado na Equação 14 abaixo.

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

onde  $\text{diag}(\eta_\phi) = \text{diag}(\square \eta)$ .

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  
5 pode ser utilizado tanto na cadeia de receptor 102 quanto na cadeia de transmissor 104. Além disto, diferentes dispositivos e estruturas também podem ser substituídos.

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

Como se pode ver a partir da Figura 3, se várias estimativas de canal de vários terminais de acesso forem utilizadas, o ruído e a variação associados podem ser  
30 reduzidos ou pelo menos amostrados dentro de uma faixa de tempos e cadeias de recepção.

A Figura 4 mostra aspectos da lógica que facilita a calibração de um arranjo de antenas para compensar o

descasamento de ganhos. O sistema 300 compreende um componente de calibração 302, que inclui um componente de estimação 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 uma 5 unidade de cálculo e determinação de calibração 306 utiliza várias técnicas de calibração para gerar ponderações de calibração, como, por exemplo, utilizando o vetor  $\eta$  para diferentes tipos de calibração e em seguida seleciona um 10 tipo de calibração com base na extensão do descasamento que resulta da utilização dos diferentes tipos de calibração. Sob determinados aspectos, isto pode ser feito utilizando-se estimativas apenas de fase para calcular as ponderações de calibração ou utilizando-se estimativas de fase e 15 amplitude para calcular as ponderações de calibração.

A Figura 5 mostra aspectos de um sistema que facilita a calibração de um arranjo de antenas para compensar o descasamento dos ganhos. O sistema 400 20 compreende um processador 402 que é operacionalmente acoplado a um arranjo de antenas 404. O processador 402 pode determinar as ponderações de calibração com base em várias técnicas de calibração. O processador 402 compreende ainda um componente de calibração 406, que seleciona um tipo de calibração com base na extensão do descasamento que 25 resulta da utilização dos diferentes tipos de calibração.

O sistema 400 pode adicionalmente compreender uma memória 408, que é operacionalmente acoplada ao processador 402 e que armazena informações relacionadas com a calibração do arranjo, geração de razões, diferentes tipos 30 de técnica de calibração, critérios para selecionar diferentes tipos de técnica de calibração e quaisquer outras informações adequadas relacionadas com a calibração 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 adicionalmente armazenar protocolos associados à geração de cópias e modelos/representações de sinais, estimações de 10 descasamento, etc., de modo que o sistema 400 possa empregar protocolos e/ou algoritmos armazenados para obter calibração de antenas, seleção de técnicas e/ou compensação de descasamento, conforme aqui descrito. Deve ficar entendido que os componentes de armazenamento de dados 15 (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 somente 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 (SRAM), RAM dinâmica (DRAM), DRAM síncrona (SDRAM), SDRAM de dupla taxa de dados (DDR SDRAM), SDRAM aperfeiçoada (ESDRAM), DRAM Synchlink (SLDRAM) e RAM Rambus direta (DRRAM). A memória 408 dos presentes sistemas e métodos 30 destina-se a compreender, sem estar limitada a, estes e quaisquer outros tipos adequados de memória.

Com referência à Figura 6, é mostrada uma metodologia referente à geração de atribuições de recursos

de sistema suplementares. Por exemplo, as metodologias podem referir-se à calibração de arranjos de antenas em um ambiente TDMA, um ambiente OFDM, um ambiente OFDMA, um ambiente CDMA ou qualquer outro ambiente sem fio adequado.

5 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 pela ordem dos atos, uma vez que alguns atos podem, de acordo com uma ou mais modalidades, ocorrer em ordens

10 diferentes e/ou simultaneamente com outros atos que não os aqui mostrados e descritos. Por exemplo, os versados na técnica entenderão que uma metodologia pode ser alternativamente representada como uma série de estados ou eventos inter-relacionados, tal como em um diagrama de

15 estados. Além do mais, nem todos os atos mostrados podem ser necessários para implementar uma metodologia de acordo com uma ou mais modalidades.

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

20 isto é, nível de amplificação, do AGC. Sob tais aspectos, para cada transmissão o processador 402 pode acessar o vetor de calibração  $\tilde{c}_u$  para o estado AGC sem efetuar uma calibração. A decisão quanto a efetuar uma calibração adicional ou acessar um vetor de calibração  $\tilde{c}_u$  anterior

25 para uma dada transmissão pode ser baseada em um período de tempo ou número de transmissões, uma vez que o vetor de calibração  $\tilde{c}_u$  para o estado AGC foi obtido. Isto pode ser parâmetro de sistema ou pode variar com base nas condições do canal, como, por exemplo, o carregamento do canal.

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

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

Depois que as estimativas de canal tanto de link direto quanto de link reverso forem coletadas, as razões de calibração 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 link direto e a de canal de link reverso mais recentes uma com relação à outra no tempo são utilizadas para formar uma razão de calibração. 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 link direto e link 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 razão de calibração pode ser determinada para um dado terminal de acesso com base nas estimativas de canal das transmissões de link direto e de link reverso que podem ser ou não consecutivas no tempo.

As razões de calibração são então combinadas para formar uma estimativa de calibração através de vários terminais de acesso, bloco 506. Esta razão de calibração combinada pode incluir razões de calibração para alguns ou todos os terminais de acesso em um dado setor ou célula e ter um número desigual ou igual de razões de calibração

para cada terminal de acesso para o qual uma ou mais razões de calibração estão sendo obtidas.

A razão de calibração combinada pode ser obtida pela simples realização de média das razões de calibração 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.

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

Além disto, sob alguns aspectos, as ponderações de calibração são utilizadas para um estado AGC específico e 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 link direto são recebidas de terminais de acesso, bloco 600. Conforme discutido acima, estas estimativas de canal podem ser geradas a partir de pilotos de link direto pelo ponto de acesso. Além disto, as estimativas de canal para as informações de link reverso, como, por exemplo, pilotos de canal de link reverso, são geradas pelo ponto de acesso, bloco 602.

Depois que as estimativas de canal de link direto e link reverso são coletadas, uma razão de calibração que utiliza várias estimativas de canal para vários terminais de acesso, bloco 604. Sob determinados aspectos, as  
5 estimativas de canal de link direto e de link reverso mais recentes são utilizadas uma com relação à outra. 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 link direto e link reverso.

10 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 600 e 602 pode ocorrer de maneira substancialmente simultânea ou em diferentes momentos para os mesmos ou  
15 diferentes terminais de acesso. Portanto, as estimativas de canal podem ser determinadas para um dado terminal de acesso com base nas estimativas de canal das transmissões de link direto e link reverso que podem ser ou não consecutivas no tempo.

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

Cada transmissão de cada cadeia de transmissão do  
25 ponto de acesso é então ponderada com ponderações com base na razão de calibração conjunta para essa cadeia de transmissão. Além disto, um conjunto combinado ou unido de ponderações de calibração pode ser utilizado para uma ou mais cadeias de transmissão do ponto de acesso.  
30 Alternativamente, é possível transmitir esta razão de calibração conjunta ou uma instrução de calibração com base na razão de calibração conjunta para um ou mais terminais de acesso. Os terminais de acesso aplicariam então as

ponderações baseadas na razão de calibração conjunta à decodificação das transmissões recebidas no terminal de acesso.

Além disto, sob alguns aspectos as ponderações de calibração são utilizadas para um estado AGC específico e não para outros estados AGC. Sendo assim, o bloco 608 seria 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 simplicidade. Entretanto, deve ficar entendido que o sistema 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 terminal podem empregar 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 agora à Figura 8, em uma transmissão de link direto, no ponto de acesso 1310, um processador de dados de transmissão (TX) 1344 recebe, formata, codifica, intercala e modula (ou mapeia em símbolos) dados de tráfego e gera símbolos de modulação ("símbolos de dados"). Um modulador de símbolos 1346 recebe e processa os símbolos de dados e símbolos de piloto e gera um fluxo de símbolos. O modulador de símbolos 1346 multiplexa símbolos de piloto e de dados nas subportadoras apropriadas, fornece um valor de sinal de zero para cada subportadora não-utilizada e obtém um conjunto de N símbolos de transmissão para as N subportadoras para cada período de símbolos. Cada símbolo de transmissão pode ser um símbolo de dados, um símbolo de piloto ou um valor de

sinal de zero. Os símbolos de piloto podem ser enviados continuamente em cada período de símbolos. Deve ficar entendido que os símbolos de piloto podem ser multiplexados por divisão de tempo (TDM), multiplexados por divisão de frequência (FDM), multiplexados por divisão de frequência ortogonal (OFDM), multiplexados por divisão de código (CDM), etc. O modulador de símbolos 1346 pode transformar cada conjunto de N símbolos de transmissão para o domínio do tempo utilizando uma IFFT de N pontos de modo a obter um símbolo "transformado" que contém N chips no domínio do tempo. O modulador de símbolos 1346 repete tipicamente uma parte de cada símbolo transformado de modo a obter um símbolo correspondente. A parte repetida é conhecida como um prefixo cíclico e é utilizada para combater o espalhamento de retardo no canal sem fio.

Uma unidade transmissora (TMTR) 1322a recebe e converte o fluxo de símbolos em um ou mais sinais analógicos e ainda condiciona (amplifica, filtra e converte ascendentemente em frequência, por exemplo) os sinais analógicos de modo a gerar um sinal de link direto adequado para transmissão através do canal sem fio. O sinal de link direto é então transmitido aos terminais através de uma antena 1324a. No terminal 1320, uma antena 1352a recebe o sinal de link direto e envia um sinal recebido a uma unidade receptora (RCVR) 1354a. A unidade receptora 1354a condiciona (filtra, amplifica e converte descendentemente em frequência, por exemplo) o sinal recebido e digitaliza o sinal condicionado para obter amostras. Um demodulador de símbolos 1360 remove o prefixo cíclico anexado a cada símbolo, transforma cada símbolo transformado recebido para o domínio da frequência utilizando uma FFT de N pontos, obtém N símbolos recebidos para as N subportadoras para cada período de símbolos e envia símbolos de piloto

recebidos para um processador 1370 para estimação de canal. O demodulador de símbolos 1360 recebe ainda uma estimativa de resposta à frequência para o link direto do processador 1370, efetua demodulação de dados nos símbolos de dados  
5 recebidos para obter estimativas de símbolos de dados (que são estimativas dos símbolos de dados transmitidos) e fornece as estimativas de símbolos de dados a um processador de dados RX 1360, que demodula (demapeia símbolos), desintercala e decodifica as estimativas de  
10 símbolos de dados para recuperar os dados de tráfego transmitidos. O processamento pelo demodulador de símbolos 1360 e pelo processador de dados RX 1360 é complementar ao processamento pelo modulador de símbolos 1346 e pelo processador de dados TX 1344, respectivamente, no ponto de  
15 acesso 1310.

No link reverso, um processador de dados TX 1378 processa dados de tráfego e gera símbolos de dados. Um modulador de símbolos 1380 recebe e multiplexa os símbolos de dados com símbolos de piloto, efetua modulação e gera um  
20 fluxo de símbolos. Os símbolos de piloto podem ser transmitidos em subportadoras que foram atribuídas ao terminal 1320 para transmissão de pilotos, onde o número de subportadoras piloto para o link reverso pode ser o mesmo ou diferente do número de subportadoras piloto para o link  
25 direto. Uma unidade transmissora 1354r em seguida recebe e processa o fluxo de símbolos de modo a gerar um sinal de link reverso, que é transmitido pela antena 1352r para o ponto de acesso 1310.

No ponto de acesso 1310, o sinal de link reverso  
30 do terminal 1320 é recebido pela antena 1324t e processado por uma unidade receptora 1322t de modo a obterem amostras. Um demodulador de símbolos 1390 processa então as amostras e gera símbolos de piloto recebidos e estimativas de

símbolos de dados para o link reverso. Um processador de dados RX 1392 processa as estimativas de símbolos de dados de modo a recuperar os dados de tráfego transmitidos pelo terminal 1320. Um processador 1330 efetua estimação de canal para cada terminal ativo que transmite no link reverso.

O processador 1330 pode ser também configurado para utilizar várias técnicas de calibração de modo a calcular as ponderações para calibração e selecionar as ponderações calculadas de acordo com uma das técnicas, conforme discutido com relação às Figuras 2 e 10.

Os processadores 1330 e 1370 orientam (por exemplo, controlam, coordenam, gerenciam, etc.) o funcionamento no ponto de acesso 1310 e no terminal 1320, respectivamente. Os respectivos processadores 1330 e 1370 podem ser associados a unidades de memória (não mostradas) que armazenam códigos de programa e dados. Os processadores 1330 e 1370 podem também executar computação de modo a derivarem estimativas de resposta à frequência e ao impulso para o link reverso e o link direto, respectivamente.

Com referência à Figura 9, um ponto de acesso pode compreender uma unidade principal (MU) 1450 e uma unidade de 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 de IF digital 1410 processa digitalmente dados de rádio-canál 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 rádio-unidade 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 aparelho correspondente. Uma rádio-unidade serve tipicamente a um setor específico em um sistema de comunicação. Por exemplo, 5 a RU 1475 pode incluir um ou mais receptores 1430 conectados a uma ou mais antenas 1435a-t para receber comunicações de rádio das unidades de assinante móveis. Sob um aspecto, um ou mais amplificadores de potência 1482a-t são acoplados a uma ou mais antenas 1435a-t. Conectado ao 10 receptor 1430 está um conversor analógico-digital (A/D) 1425. O conversor A/D 1425 converte as comunicações de rádio analógicas recebidas pelo receptor 1430 em entrada digital para transmissão para o componente de banda base 1405 por meio da unidade de processamento de IF digital 15 1410. A RU 1475 pode incluir também um ou mais transmissores 1420 conectados ou à mesma ou a uma diferente antena 1435 para transmitir comunicações de rádio para terminais de acesso. Conectado ao transmissor 1420 está um conversor digital-analógico (D/A) 1415. O conversor D/A 20 1415 converte as comunicações digitais recebidas do componente de banda base 1405 por meio da unidade de processamento de IF digital 1410 em saída analógica para transmissão para as unidades de assinante móveis. Sob alguns aspectos, um multiplexador 1484 para multiplexação 25 de sinais de múltiplos canais e multiplexação de uma variedade de sinais, inclusive um sinal de voz e um sinal de dados. Um processador central 1480 é acoplado à unidade principal 1450 e a Rádio-Unidade para controlar diversos processamentos, que incluem o processamento de sinal de voz 30 ou dados.

A Figura 10 mostra aspectos de uma metodologia para determinar o tipo de calibração a ser aplicado. As ponderações de calibração são determinadas para abordagens

que são executadas utilizando-se informações de descasamento somente de fase, bloco 1500, e utilizando-se informações de descasamento de fase e amplitude, bloco 1502. As informações somente de fase podem incluir apenas a fase dos vetores de calibração, estimativas de canal ou semelhantes para calcular as ponderações de calibração. As informações de fase e amplitude podem incluir as informações de fase e amplitude dos vetores de calibração, estimativas de canal ou semelhantes para calcular as ponderações de calibração. As ponderações de calibração podem ser calculadas com base nas informações de vários terminais de acesso, conforme descrito com relação às Figuras 6 e 7. Alternativamente, eles podem ser de informações para um terminal de acesso único.

É feita em seguida uma seleção quanto a qual conjunto de ponderações aplicar, bloco 1504. Esta determinação pode ser feita com base em se o descasamento de amplitude após a utilização das ponderações de calibração, que podem ser calculadas no ponto de acesso, é agora pior do que sem calibração. Sob alguns aspectos, isto pode ser baseado na Equação 13 seguinte:

$$\sigma_{\max}^2 = \max(\sigma_{\alpha}^2, \sigma_{\beta}^2) \text{ e } \sigma_{\min}^2 = \min(\sigma_{\alpha}^2, \sigma_{\beta}^2) \quad (13)$$

Na Equação 13,  $\sigma_{\alpha}$  representa a diferença de amplitude entre ponderações não-calibradas e calibradas para a cadeia de transmissão da antena do ponto de acesso e  $\sigma_{\beta}$  representa a diferença de amplitude entre as ponderações não-calibradas e calibradas para a cadeia de recepção da antena do ponto de acesso. Em seguida, pode-se determinar se estes ultrapassam algum limite para sua relação. Por exemplo, o mínimo é maior que o máximo em algum fator calculado predeterminado ou de sistema, como, por exemplo,

3. Em outros casos, determina-se se um ou ambos  $\sigma_a$  e  $\sigma_b$  ultrapassam algum limite predeterminado. Em outros casos, podem ser utilizadas diferentes medições de descasamento de calibração, limites ou relação. As ponderações selecionadas  
5 são então aplicadas, bloco 1506.

Para um sistema de acesso múltiplo (por exemplo, um sistema de acesso múltiplo por divisão de frequência (FDMA), um sistema de acesso múltiplo por divisão de frequência ortogonal (OFDMA), um sistema de acesso múltiplo  
10 por divisão de código (CDMA), um sistema de acesso múltiplo por divisão de tempo (TDMA), etc.), vários terminais podem transmitir simultaneamente no link reverso. Para tal sistema, as subportadoras piloto podem ser compartilhadas entre diferentes terminais. As técnicas de estimação de  
15 canal podem ser utilizadas nos casos em que as subportadoras piloto para cada terminal se 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 frequência para cada  
20 terminal. As técnicas aqui descritas podem ser implementadas por diversos meios. 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  
25 canal podem ser implementadas dentro de um ou mais circuitos integrados de aplicação específica (ASICs), processadores de sinais digitais (DSPs), dispositivos de processamento de sinais digitais (DSPDs), dispositivos de lógica programável (PLDs), arranjos de portas programáveis  
30 em campo (FPGAs), processadores, controladores, microcontroladores, microprocessadores, outras unidades eletrônicas projetadas 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 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 escopo 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 "que compreende(m)" como "que compreende(m)" é interpretado quando utilizado como uma palavra de transição em uma reivindicação.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para calibrar um arranjo de antenas (404), compreendendo:

5 - determinar ponderações de calibração para um arranjo de antenas (404) com base em uma primeira técnica de calibração;

10 - determinar ponderações de calibração para um arranjo de antenas (404) com base em uma segunda técnica de calibração que é diferente da primeira técnica de calibração; e

- determinar se aplica as ponderações de calibração de uma dentre a primeira técnica ou a segunda técnica,

15 em que determinar com base na primeira técnica de calibração e determinar com base na segunda técnica de calibração compreende determinar com base na informação somente de um único terminal de acesso ou somente de múltiplos terminais de acesso.

20 2. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que determinar com base na primeira técnica de calibração compreende determinar com base em informações somente de fase.

25 3. Método, de acordo com a reivindicação 2, em que determinar com base na segunda técnica de calibração compreende determinar com base em informações de fase e amplitude.

4. Método, de acordo com a reivindicação 2, em que as informações somente de fase compreendem informações de estimativa de canal.

30 5. Método, de acordo com a reivindicação 2, em que as informações somente de fase compreendem um componente de um vetor de calibração que inclui informações de fase e amplitude.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que determinar compreende determinar com base em uma razão de uma saída fornecida pela primeira técnica de calibração com relação a uma saída fornecida pela segunda técnica de calibração.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que determinar compreende determinar uma diferença entre um descasamento de amplitude entre uma transmissão não-calibrada e uma saída da primeira técnica de calibração e uma transmissão não-calibrada e uma saída da segunda técnica de calibração.

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que determinar compreende determinar uma diferença entre uma razão de uma diferença entre um mínimo de um descasamento de amplitude entre uma transmissão não-calibrada e uma saída da primeira técnica de calibração e uma transmissão não-calibrada e uma saída da segunda técnica de calibração, e um máximo de um descasamento de amplitude entre uma transmissão não-calibrada e uma saída da primeira técnica de calibração e transmissão não-calibrada e uma saída da segunda técnica de calibração.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que determinar com base na primeira técnica de calibração compreende determinar com base em informações de fase e amplitude.

10. Equipamento de comunicação sem fio (400), compreendendo:

- pelo menos duas antenas (404); e
- um processador (402) acoplado a pelo menos duas antenas (404), o processador (402) configurado para determinar um tipo de calibração a ser aplicado, para comunicação com as duas antenas (404), de pelo menos dois tipos de calibração, em que o processador (402) é

configurado para determinar o tipo de calibração com base na informação somente de um único terminal de acesso ou somente de múltiplos terminais de acesso.

5 11. Equipamento de comunicação sem fio (400), de acordo com a reivindicação 10, em que um tipo de calibração compreende a calibração com base em informações somente de fase.

10 12. Equipamento de comunicação sem fio (400), de acordo com a reivindicação 11, em que outro tipo de calibração compreende um tipo de calibração com base em informações de fase e amplitude.

15 13. Equipamento de comunicação sem fio (400), de acordo com a reivindicação 10, em que o processador (402) é configurado para determinar o tipo de calibração com base em uma razão de uma saída fornecida por uma primeira técnica de calibração com relação a uma saída fornecida por uma segunda técnica de calibração.

20 14. Equipamento de comunicação sem fio (400), de acordo com a reivindicação 10, em que o processador (402) é configurado para determinar o tipo de calibração com base em uma diferença entre um descasamento de amplitude entre uma transmissão não-calibrada e uma saída de uma primeira técnica de calibração e uma transmissão não-calibrada e uma saída de uma segunda técnica de calibração.

25 15. Equipamento de comunicação sem fio (400), de acordo com a reivindicação 10, em que o processador (402) é configurado para determinar o tipo de calibração com base em uma diferença entre uma razão de uma diferença entre um mínimo de um descasamento de amplitude entre transmissão não-calibrada e uma saída de uma primeira técnica de calibração e transmissão não-calibrada e uma saída de uma segunda técnica de calibração, e um máximo de um descasamento de amplitude entre uma transmissão não-

30

calibrada e uma saída da primeira técnica de calibração e transmissão não-calibrada e uma saída da segunda técnica de calibração.

5 16. Equipamento de comunicação sem fio (400), de acordo com a reivindicação 11, em que um tipo de calibração compreende a calibração com base em informações de fase e amplitude.

17. Equipamento (400) para calibrar um arranjo de antenas, compreendendo:

10 - meios para determinar ponderações de calibração para um arranjo de antenas com base em uma primeira técnica de calibração;

15 - meios para determinar ponderações de calibração para um arranjo de antenas com base em uma segunda técnica de calibração que é diferente da primeira técnica de calibração; e

- meios para determinar se aplica as ponderações de calibração de uma dentre a primeira técnica ou a segunda técnica,

20 em que determinar com base na primeira técnica de calibração e determinar com base na segunda técnica de calibração compreende determinar com base na informação somente de um único terminal de acesso ou somente de múltiplos terminais de acesso.

25 18. Equipamento (400), de acordo com a reivindicação 17, em que os meios para determinar com base na primeira técnica de calibração compreendem meios para determinar com base em informações somente de fase.

30 19. Equipamento (400), de acordo com a reivindicação 18, em que os meios para determinar com base na segunda técnica de calibração compreendem meios para determinar com base em informações de fase e amplitude.

20. Equipamento (400), de acordo com a reivindicação 17, em que os meios para determinar compreendem meios para determinar com base em uma razão de uma saída fornecida pela primeira técnica de calibração com relação a uma saída fornecida pela segunda técnica de calibração.

21. Equipamento (400), de acordo com a reivindicação 17, em que os meios para determinar compreendem meios para determinar uma diferença entre um descasamento de amplitude entre transmissão não-calibrada e uma saída da primeira técnica de calibração e transmissão não-calibrada e uma saída da segunda técnica de calibração.

22. Equipamento (400), de acordo com a reivindicação 20, em que os meios para determinar compreendem meios para determinar uma diferença entre uma razão de uma diferença entre um mínimo de um descasamento de amplitude entre transmissão não-calibrada e uma saída da primeira técnica de calibração e transmissão não-calibrada e uma saída da segunda técnica de calibração, e um máximo de um descasamento de amplitude entre transmissão não-calibrada e uma saída da primeira técnica de calibração e transmissão não-calibrada e uma saída da segunda técnica de calibração.

23. Equipamento (400), de acordo com a reivindicação 17, em que os meios para determinar com base na primeira técnica de calibração compreendem meios para determinar com base em informações de fase e amplitude.

24. Instruções legíveis por processador, armazenadas em uma mídia legível por processador, para fazer com que um processador (402) opere para:

- determinar ponderações de calibração para um arranjo de antenas com base em uma primeira técnica de calibração;

- determinar ponderações de calibração para um arranjo de antenas com base em uma segunda técnica de calibração que é uma técnica de calibração diferente; e

5 - determinar se aplica as ponderações de calibração de uma dentre a primeira técnica ou a segunda técnica,

em que determinar com base na primeira técnica de calibração e determinar com base na segunda técnica de calibração compreende determinar com base na informação  
10 somente de um único terminal de acesso ou somente de múltiplos terminais de acesso.

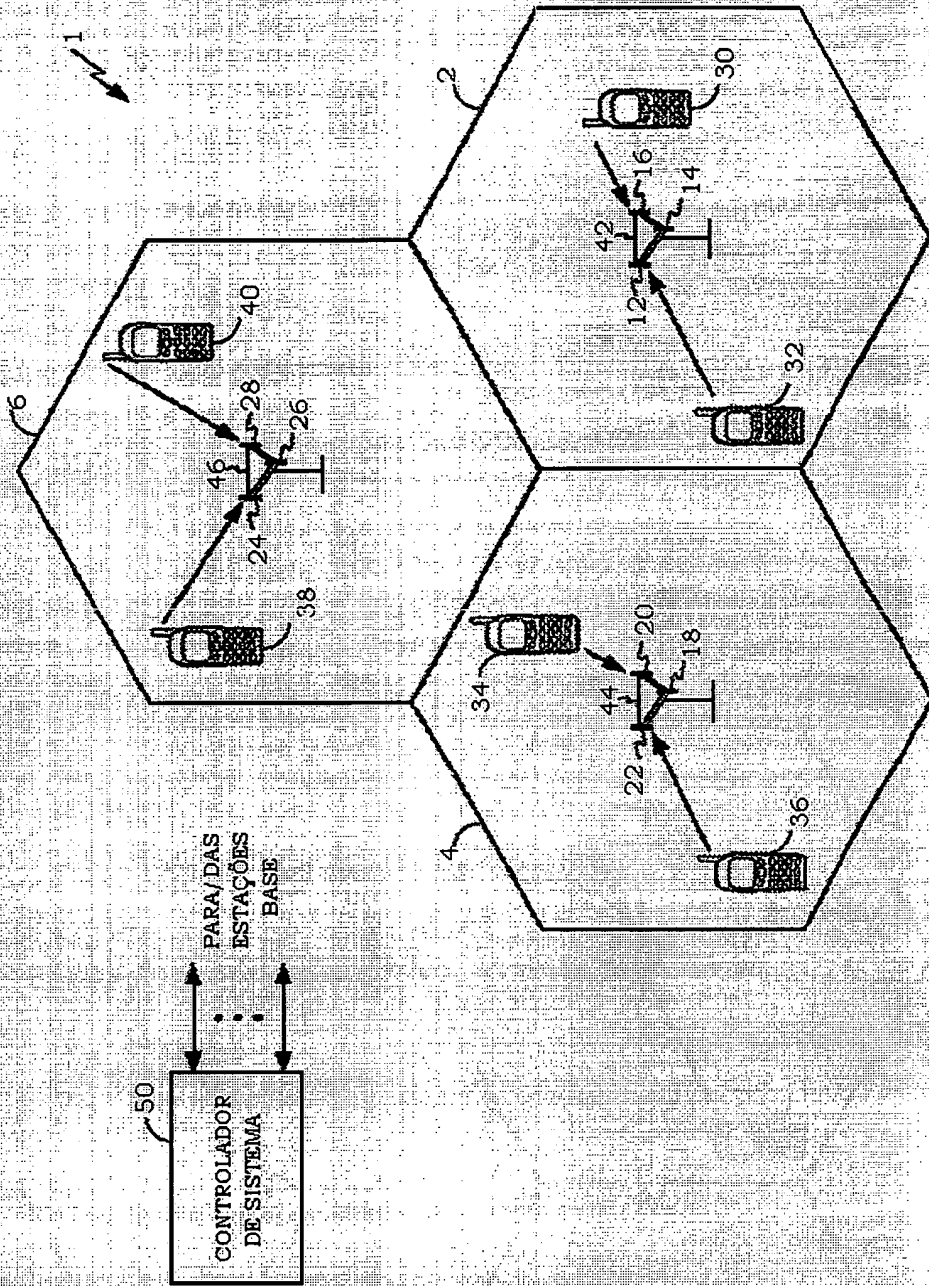
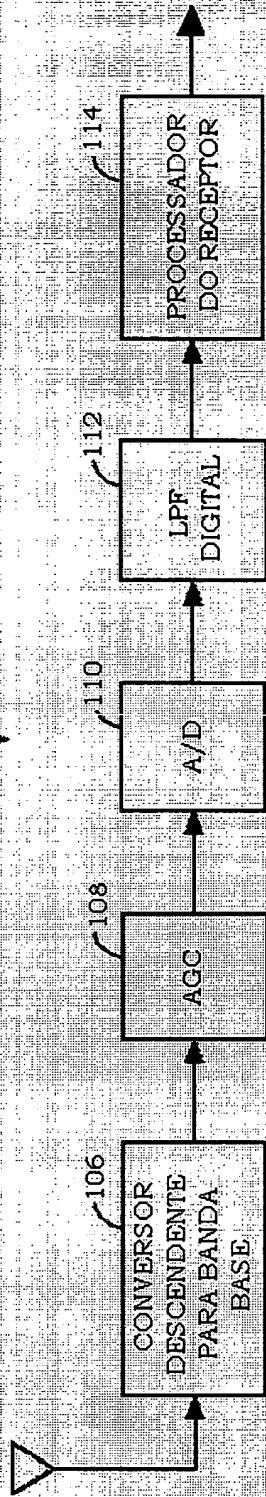


FIGURA 1

100

102



104

120

122

124

126

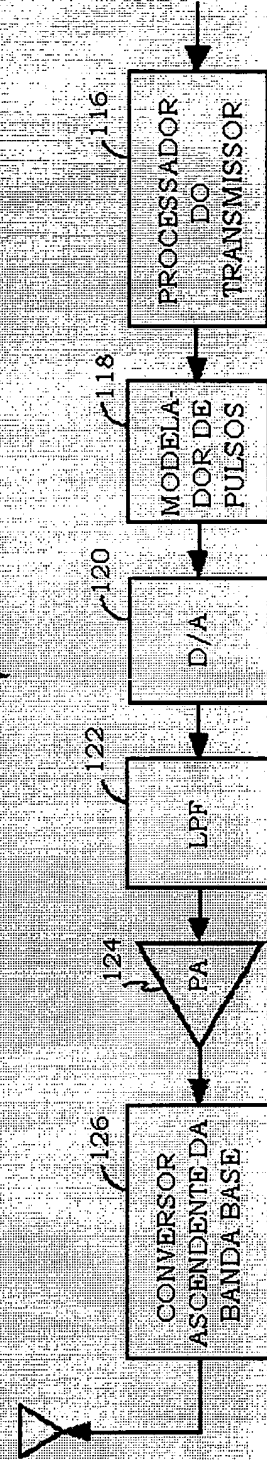


FIGURA 2

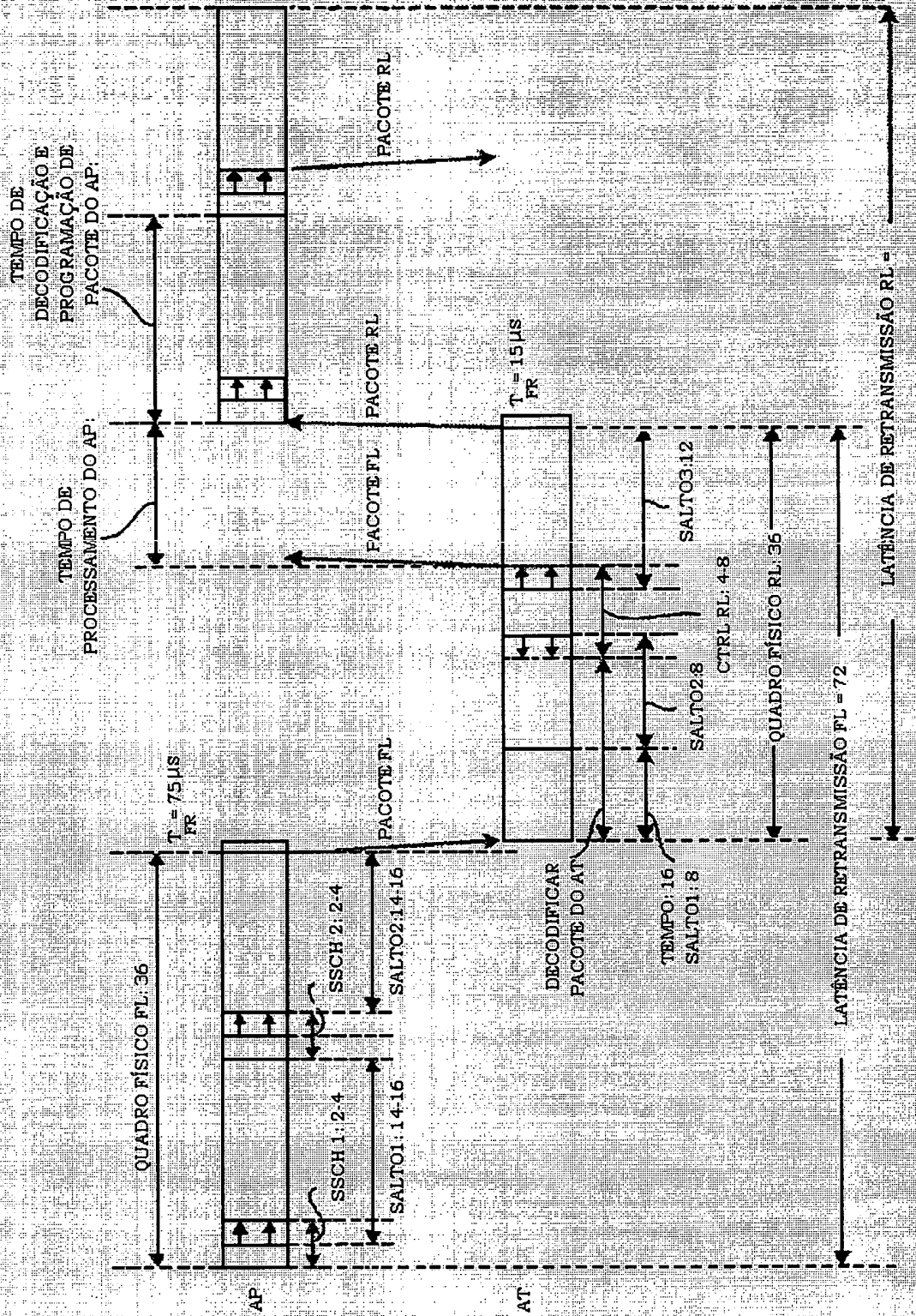
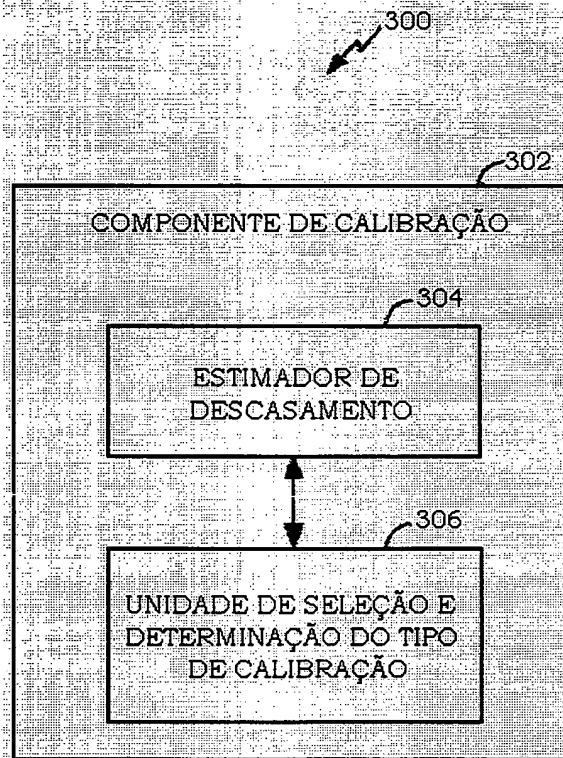


FIGURA 3



**FIGURA 4**

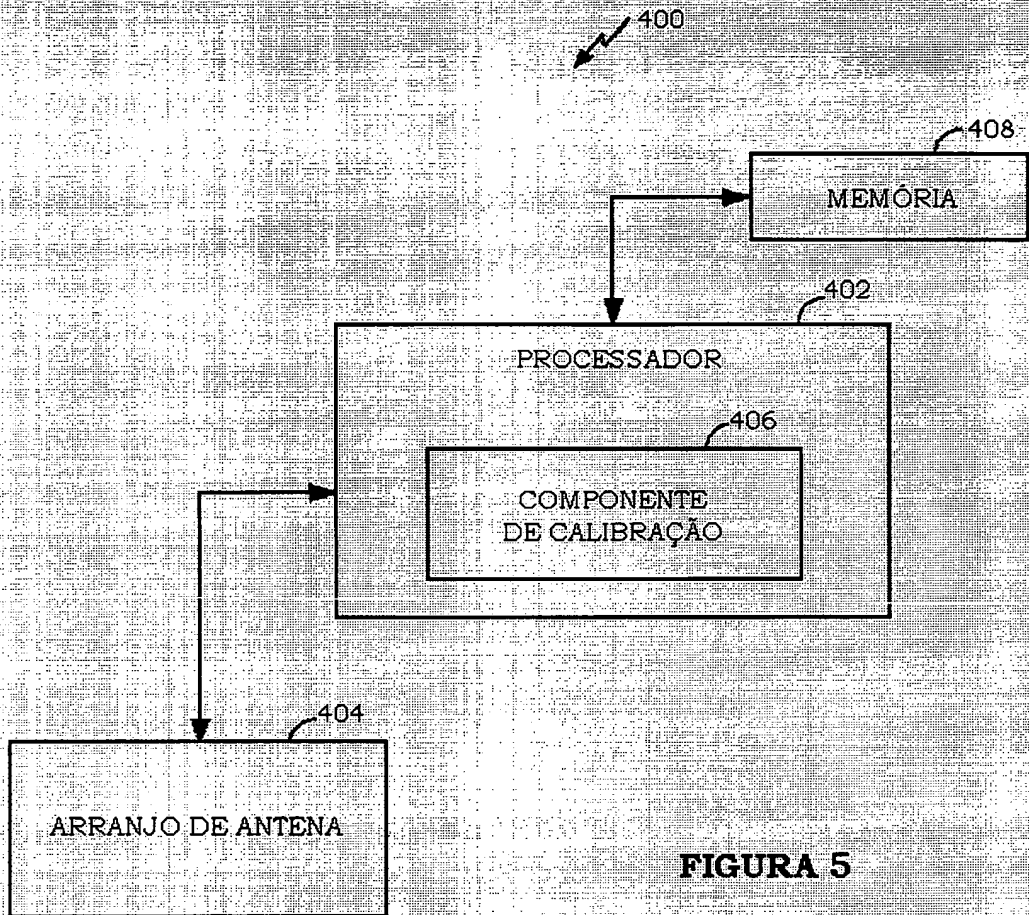


FIGURA 5

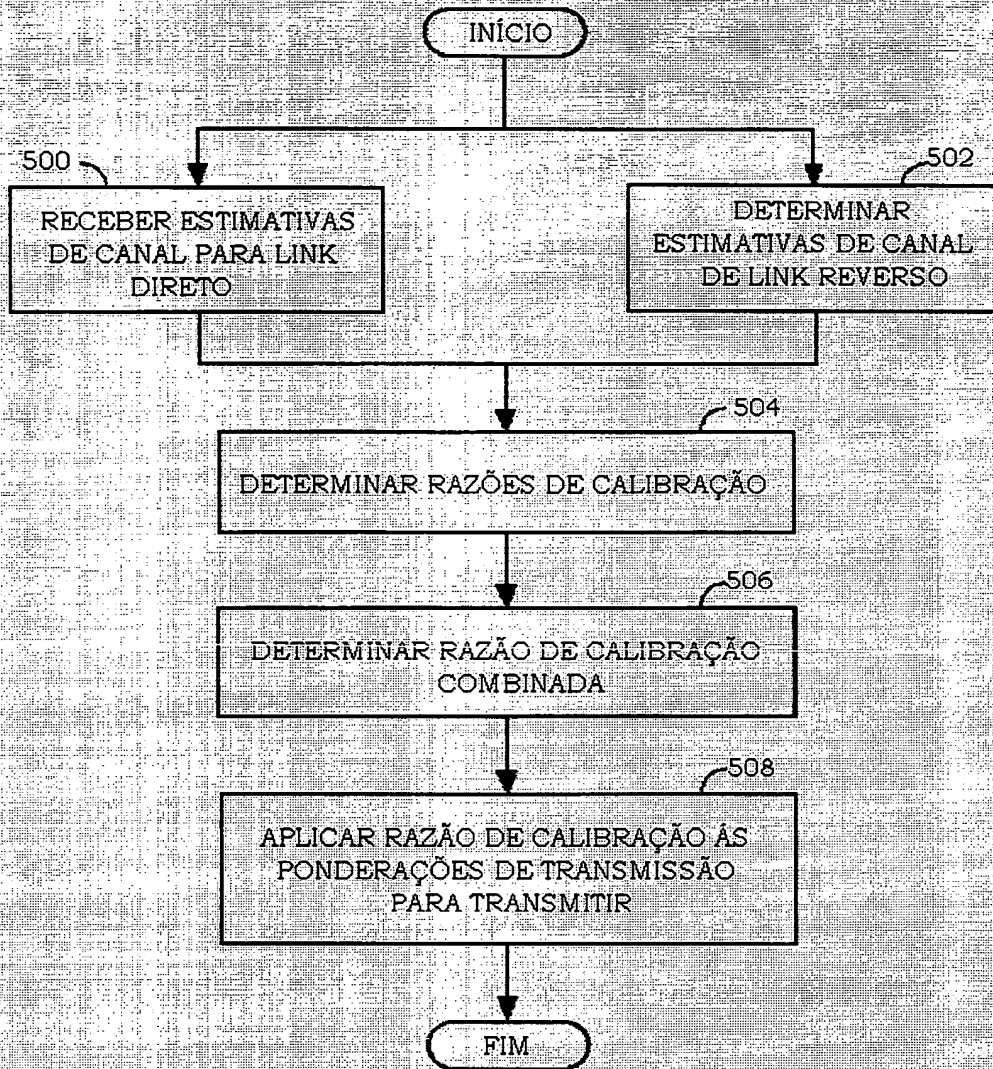


FIGURA 6

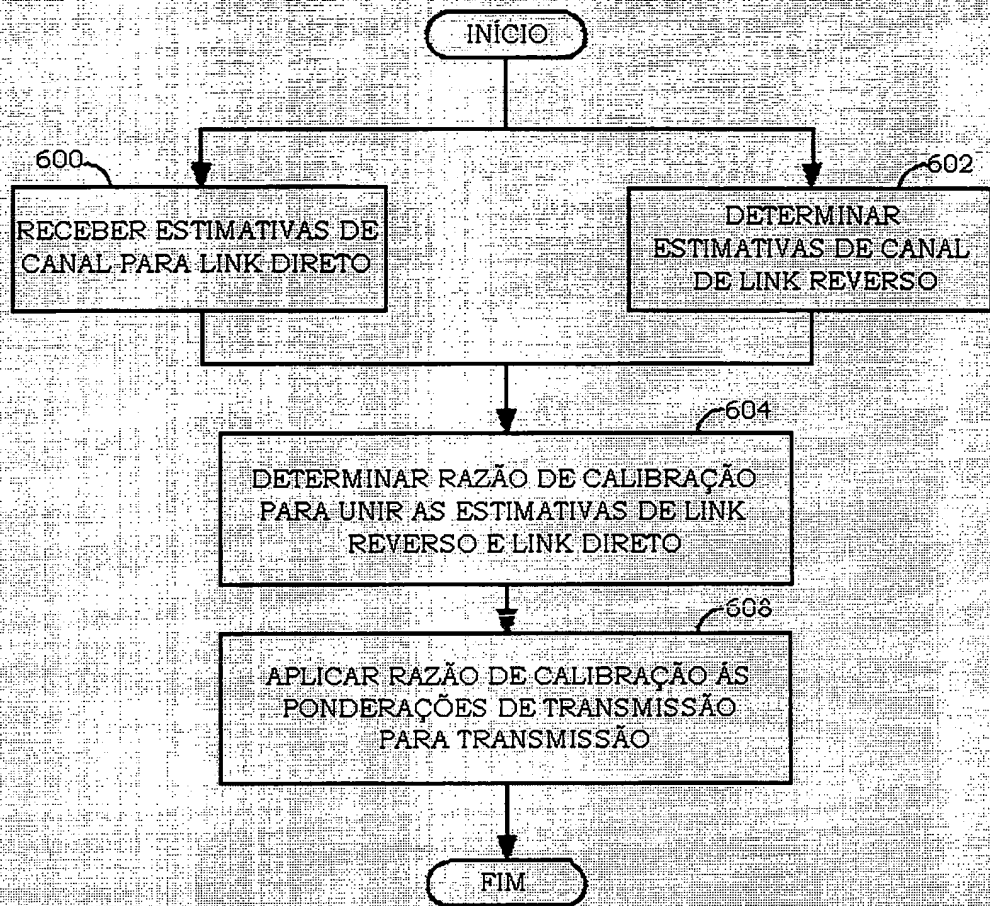


FIGURA 7

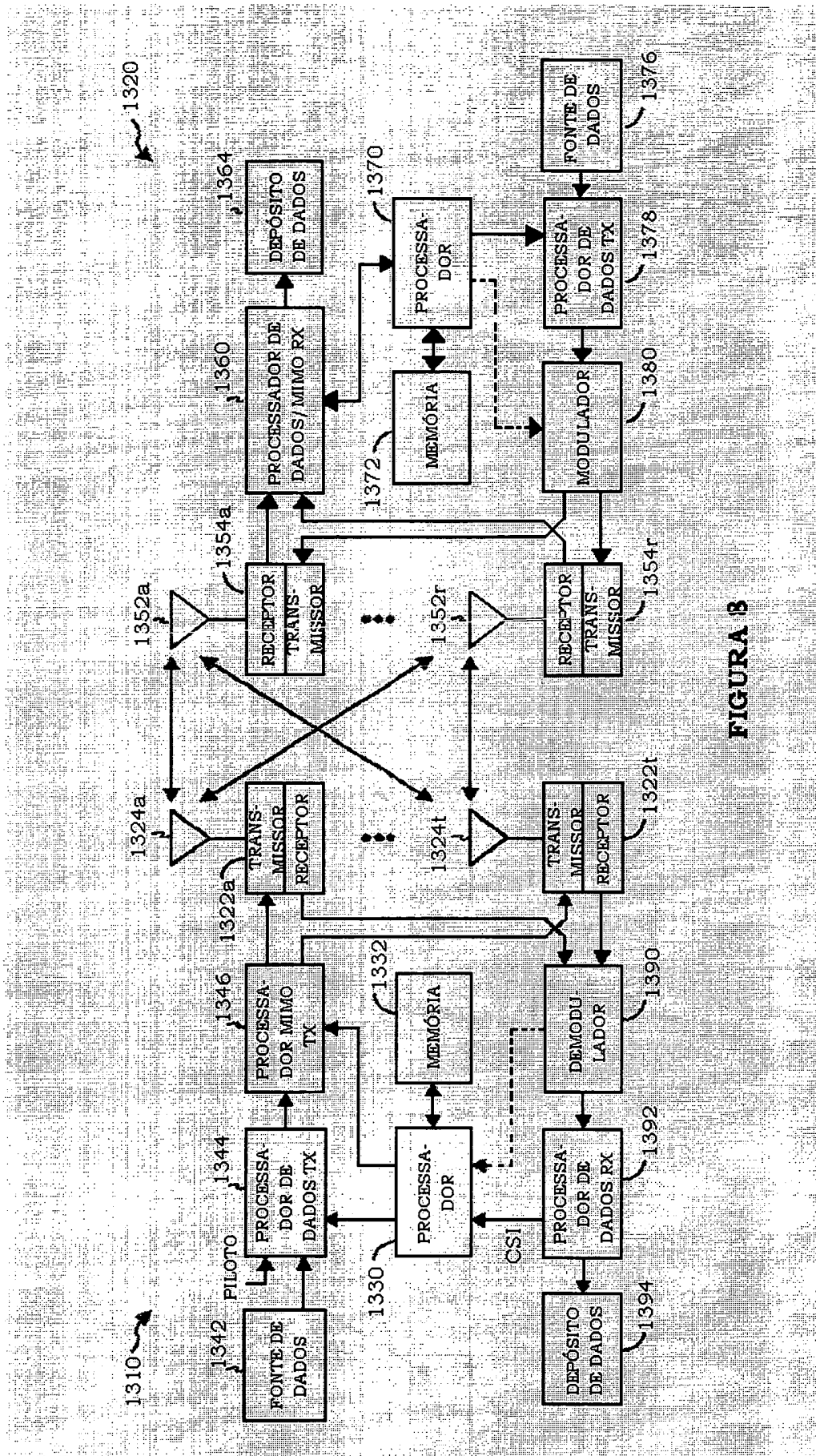


FIGURA 8

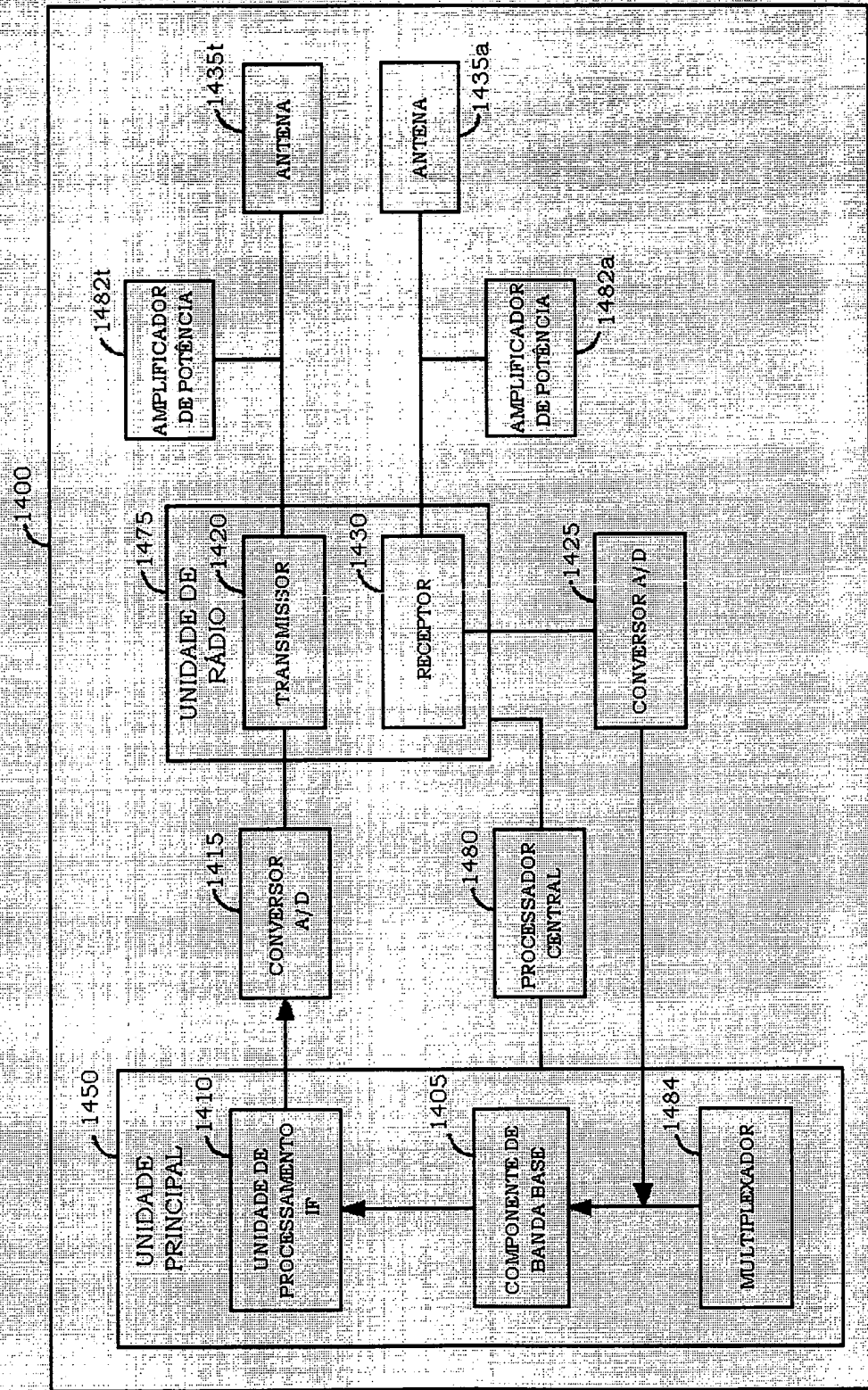


FIGURA 9

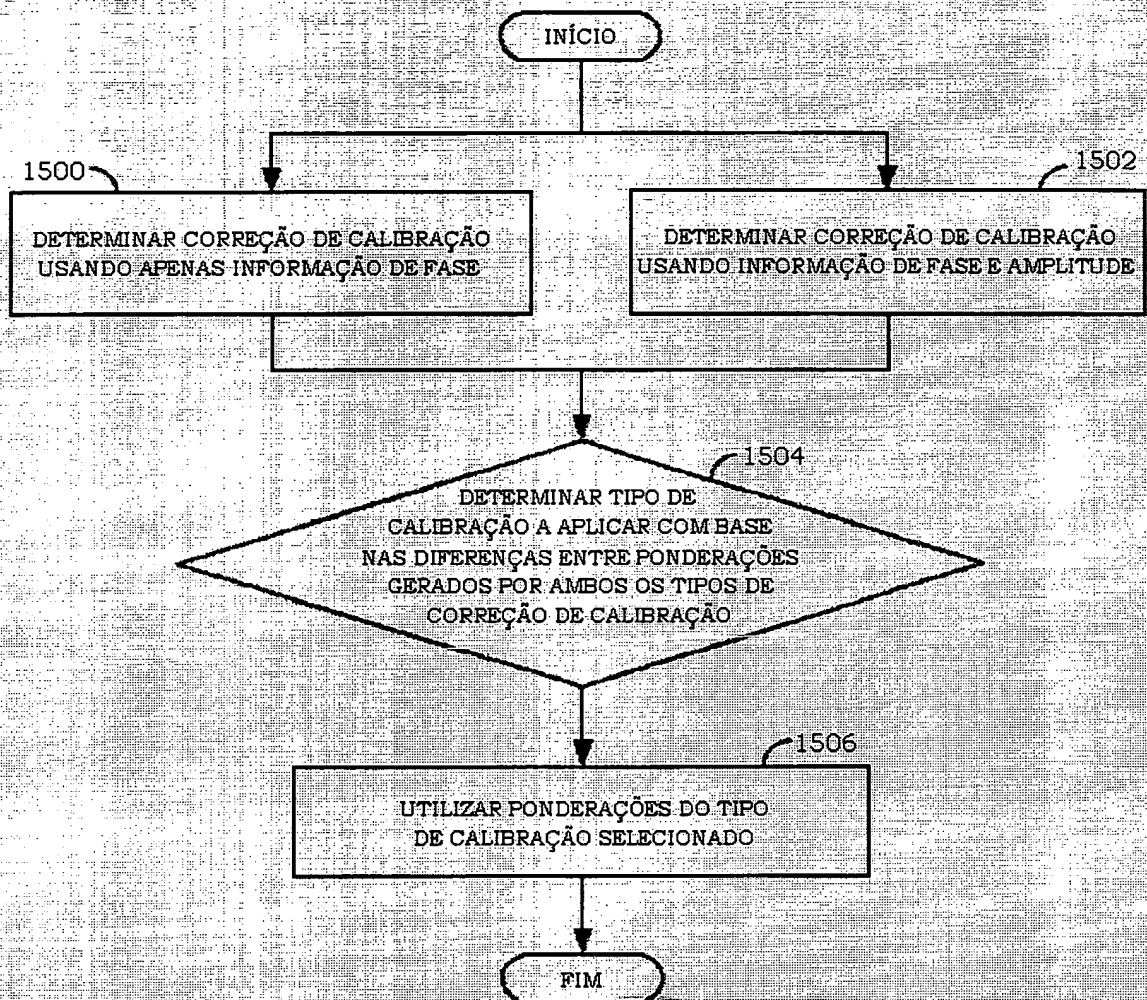


FIGURA 10

PI 0618183-0

RESUMO

**"CALIBRAÇÃO DE ARRANJO DE ANTENAS PARA SISTEMAS DE  
COMUNICAÇÃO SEM FIO".**

A calibração para uma cadeia de transmissão de  
5 um dispositivo que transmite informações para múltiplos  
dispositivos através de links sem fio inclui selecionar  
dentre duas ou mais técnicas de determinação de  
calibração. Sob determinados aspectos, as técnicas  
incluem calibração somente de fase e calibração de fase e  
10 amplitude.