



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

(21) **PI0709818-9 A2**

(22) Data de Depósito: 13/04/2007
(43) Data da Publicação: 26/07/2011
(RPI 2116)



(51) *Int.Cl.:*
H04L 12/40 2006.01

(54) Título: **LIMITES DINÂMICOS DE DETECÇÃO DE PORTADORA**

(30) Prioridade Unionista: 13/04/2006 US 60/792,141,
03/10/2006 US 60/827,908, 03/10/2006 US 60/827,908

(73) Titular(es): Qualcomm Incorporated

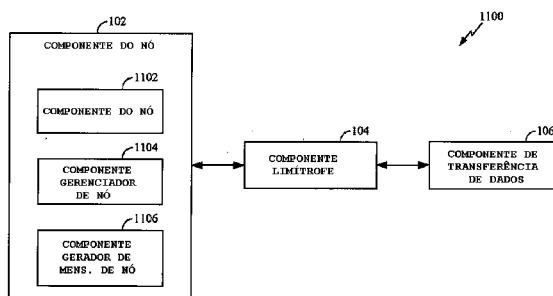
(72) Inventor(es): Sai Nandagopalan , Santosh Abraham

(74) Procurador(es): Montauray Pimenta, Machado &
Lioce S/C Ltda

(86) Pedido Internacional: PCT US2007066606 de 13/04/2007

(87) Publicação Internacional: WO WO2007/121340de
25/10/2007

(57) Resumo: LIMITES DINÂMICOS DE DETECÇÃO DE PORTADORA São descritos sistemas e metodologias que facilitam a comunicação em um ambiente de rede sem fio. Em particular, os pontos de acesso podem ajustar dinamicamente os limites de sensoriamento de portadora e/ou potência de transmissão para permitir a múltiplos pontos de acesso a se comunicar simultaneamente. Em certas modalidades, os pontos de acesso trocam informações de nodos, incluindo endereços de nodos e RSSI, de nodos próximos. As informações de nodos podem ser utilizadas para detectar nodos ocultos e estimar níveis de interferência. -Os limites de sensoriamento de portadoras e/ou potência de transmissão podem ser modificados em função da distância entre a fonte / origem e os pontos de acesso de destino, da interferência proveniente de nodos ocultos, das taxas de transmissão e/ou da perda em trajeto.



"LIMITES DINÂMICOS DE DETECÇÃO DE PORTADORA".**EMBASAMENTO****REFERÊNCIA CRUZADA**

O presente pedido de patente reivindica a
5 prioridade do Pedido Provisório de Patente U.S. Nº de Série
60/792 141, intitulado "METHOD AND SYSTEM TO SET THE
CARRIER SENSING THRESHOLDS IN WLAN SYSTEMS", depositado em
13 de abril de 2006, e do Pedido Provisório de Patente U.S.
Nº de Série 60/827 908, intitulado "HIERARCHICAL MESH
10 NETWORK ARCHITECTURE FOR PROVIDING 802.11-BASED SERVICES",
depositado em 3 de outubro de 2006, a totalidade dos quais
sendo aqui incorporada pela presente referência.

I. Campo

A descrição que se segue está de um modo geral
15 relacionada às comunicações sem fio e, entre outras coisas,
à reutilização espacial em redes sem fio.

II. Embasamento

Os sistemas de redes "wireless" ou sem fio se
tornaram um meio comum pelo qual a maioria das pessoas em
20 todo o mundo passaram a comunicar e transferir, acessar,
manipular e processar dados. Os consumidores se tornaram
dependentes de dispositivos sem fio, tais como telefones
celulares, assistentes de dados pessoais (PDAs),
computadores laptop e similares, demandando um serviço
25 confiável e áreas expandidas de cobertura para redes sem
fio.

Vários indivíduos e/ou organizações substituíram
ou suplementaram as redes cabeadas por sistemas de redes
wireless. Tipicamente, os terminais ou dispositivos
30 terminais se conectam a uma rede através de um conjunto de
pontos de acesso. Tais pontos de acesso podem estar ligados
por cabos à infraestrutura de rede. No entanto, nas redes
sem fio, tais como malhas de redes de área local sem fio

(WLANs), um subconjunto de pontos de acesso podem estar conectados de forma wireless à infraestrutura de rede. Uma vantagem das redes de malha ou wireless é a facilidade de implementação ou instalação. Uma vez instalada uma
5 infraestrutura cabeada, os pontos de acesso wireless podem ser distribuídos por toda a área de cobertura desejada para otimizar a cobertura. Ao contrário dos pontos de acesso cabeados, os pontos de acesso wireless podem ser facilmente reposicionados sem demandar a instalação de cabos ou fios
10 adicionais. Além disso, os usuários apreciam a maior flexibilidade.

Os pontos de acesso wireless repassam dados para pontos de acesso cabeados para facilitar a comunicação com uma rede. Os dados podem ser transmitidos através de
15 múltiplos pontos de acesso wireless. No entanto, os recursos de sistema disponíveis podem ser limitados e as transmissões por múltiplos pontos de acesso wireless pode causar interferência, reduzindo o desempenho do sistema e causando perda de dados.

20 **RESUMO**

O que se segue apresenta um resumo simplificado de uma ou mais modalidades, de modo a proporcionar uma compreensão básica de tais modalidades. O presente resumo não constitui uma completa visão geral de todas as
25 modalidades contempladas, não se destinando a identificar elementos chave ou críticos de todas as modalidades, nem a delinear o escopo de quaisquer ou de todas as modalidades. Seu único propósito é o de apresentar alguns conceitos de uma ou mais modalidades, de uma forma simplificada, como um
30 prelúdio para a descrição mais detalhada que será apresentada mais adiante.

De acordo com um ou mais aspectos e a correspondente descrição dos mesmos, vários aspectos serão descritos em conexão com a facilitação da comunicação em

uma rede sem fio. Mais particularmente, um ou mais aspectos maximizam ou aumentam a capacidade de transmissão de uma rede sem fio (por exemplo, uma rede em malha), simultaneamente minimizando a interferência. Tipicamente, os pontos de acesso monitoram o nível de ruído atual ou os níveis de portadora e comparam os níveis observados com um limite fixo, designado como o limite de sensoriamento de portadora (CST - Carrier Sensing Threshold). Caso o nível detectado esteja abaixo de um limite predeterminado, um ponto de acesso pode requisitar permissão para transmitir usando uma requisição para envio (RTS). Caso contrário, o ponto de acesso irá evitar transmitir até que o nível caia abaixo do limite de sensoriamento de portadora. Conseqüentemente, o número de pontos de acesso que podem se comunicar em um dado momento é limitado com base no limite de sensoriamento de portadora e na configuração dos pontos de acesso.

A rede pode aumentar a reutilização espacial permitindo que os pontos de acesso ajustem dinamicamente o limite de sensoriamento de portadora e a potência de transmissão. Em particular, pode ser determinado um limite de sensoriamento de portadora com base nas distâncias entre os pontos de acesso fonte e de destino. Os pontos de acesso podem trocar informações sobre o indicador de força de sinal recebido (RSSI), que podem ser usadas para computar as distâncias entre os pontos de acesso ou nodos com base nas informações de RSSI trocadas. Além disso, o RSSI pode ser usado para computar a interferência proveniente de nodos ocultos, bem como a potência de transmissão. Os limites de sensoriamento de portadora podem ser computados como uma função das distâncias entre os nodos e a potência de transmissão.

Em um aspecto a presente invenção provê um método que facilita a comunicação em um ambiente de rede sem fio, compreendendo obter informações de nodo relacionadas a um

nodo vizinho. O método compreende também determinar um limite de sensoriamento de portadora apropriado para otimizar a capacidade de transmissão da rede como uma função das informações de nodo. Além disso, o método
5 compreende controlar a transferência de dados com base, pelo menos em parte, no limite de sensoriamento de portadora.

Em outro aspecto, a presente invenção provê equipamento que facilita a comunicação em rede. O
10 equipamento compreendendo um processador que executa instruções para receber informações associadas a pelo menos um nodo de rede, selecionar um limite de sensoriamento de portadora como uma função das informações recebidas e gerenciar a comunicação de rede com base, pelo menos em
15 parte, no limite de sensoriamento de portadora. O equipamento compreende também uma memória acoplada ao processador.

De acordo com outro aspecto a presente invenção provê um equipamento que facilita a otimização da
20 capacidade de transmissão em rede, compreendendo dispositivos para obter dados de nodo relacionados a um nodo de rede. O equipamento compreende também dispositivos para ajustar um limite de sensoriamento de portadora como uma função dos dados de nodo, em que o limite de
25 sensoriamento de portadora é utilizado para ordenar transferências de dados entre um ponto de acesso fonte e um ponto de acesso de destino.

De acordo com outro aspecto a presente invenção provê um meio para leitura por computador, possuindo
30 instruções para receber informações de nodos provenientes de pelo menos um ponto de acesso, as informações de nodos incluindo informações de força de sinal relacionadas a pelo menos um nodo vizinho do ponto de acesso. O meio para leitura por computador inclui instruções para determinar um
35 limite de sensoriamento de portadora utilizado para

gerenciar transmissões de dados como uma função das informações de nodos recebidas.

De acordo com outro aspecto a presente invenção provê um processador que executa instruções executáveis por computador que facilitam as comunicações em rede. As 5 instruções compreendem receber um sinal periódico que inclui informações de nodos que listam pelo menos um nodo de rede e a força de sinal associada. As instruções podem também compreender ajustar um limite de sensoriamento de portadora como uma função das informações de nodos. Além 10 disso, as instruções podem compreender o controle de transferência de dados com base, pelo menos em parte, no limite de sensoriamento de portadora.

Para atingir as metas e acima e outras correlacionadas, as uma ou mais modalidades compreendem as 15 características que são a seguir completamente descritas e particularmente apontadas nas reivindicações. A descrição que se segue e os desenhos anexos apresentam em detalhes certos aspectos ilustrativos. No entanto, tais aspectos são 20 indicativos de apenas algumas das várias formas pelas quais os princípios de várias modalidades podem ser empregados, as modalidades descritas se destinando a incluir todos estes aspectos e seus equivalentes.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

25 A Figura 1 é um diagrama de blocos que ajusta dinamicamente um limite de sensoriamento de portadora de acordo com um ou mais aspectos aqui descritos.

A Figura 2 é um diagrama de blocos de uma rede sem fio em malha exemplar de acordo com um ou mais aspectos 30 aqui descritos.

A Figura 3 ilustra faixas relevantes para comunicações em redes sem fio.

A Figura 4 ilustra uma situação exemplar de interferência para uma rede sem fio.

A Figura 5 é um gráfico apresentando um modelo de perda em trajetória exemplar.

5 A Figura 6 é um gráfico apresentando a capacidade de transmissão de área com base em valores de ponto de ruptura / interrupção por perda em trajetória.

A Figura 7 é um gráfico apresentando a distância de interferência como uma função da SNIR requerida e da distância de ponto de interrupção por perda em trajetória.

10 A Figura 8 é um gráfico apresentando os efeitos da potência de transmissão sobre a capacidade de transmissão em área.

A Figura 9 é um gráfico ilustrando a capacidade de transmissão em área como uma função do limite de sensoriamento de portadora.

15 A Figura 10 ilustra uma metodologia exemplar para ajustar os limites de sensoriamento de portadora para otimizar as comunicações em uma rede sem fio de acordo com um ou mais aspectos aqui descritos.

20 A Figura 11 é um diagrama de blocos de um sistema que obtém e provê informações de vizinhos de acordo com um ou mais aspectos aqui descritos.

A Figura 12 ilustra uma metodologia para obtenção e gerenciamento de informações de nodos de acordo com um ou mais aspectos aqui descritos.

25 A Figura 13 ilustra uma metodologia para geração de uma mensagem de broadcast contendo informações de nodos de acordo com um ou mais aspectos aqui descritos.

30 A Figura 14 é um diagrama de blocos de um sistema que determina dinamicamente um limite de sensoriamento de portadora de acordo com um ou mais aspectos aqui descritos.

A Figura 15 ilustra uma metodologia para determinar uma potência de transmissão apropriada de acordo com um ou mais aspectos aqui descritos.

35 A Figura 16 é um diagrama de blocos de um sistema que utiliza um limite de sensoriamento de portadora

determinado dinamicamente para controlar a transferência de dados de acordo com um ou mais aspectos aqui descritos.

A Figura 17 ilustra uma metodologia para iniciar a comunicação com um ponto de acesso vizinho de acordo com
5 um ou mais aspectos aqui descritos.

A Figura 18 ilustra uma metodologia para responder a uma requisição de comunicação de acordo com um ou mais aspectos aqui descritos.

A Figura 19 ilustra quadros exemplares para
10 comunicação de informações de nodos e/ou limites de sensoriamento de portadora dinâmicos de acordo com um ou mais aspectos aqui descritos.

A Figura 20 é uma ilustração de um sistema de comunicação sem fio de acordo com um ou mais aspectos aqui
15 descritos.

A Figura 21 é uma ilustração de um ambiente de comunicação wireless que pode ser empregado em conjunto com os vários sistemas e métodos aqui descritos.

A Figura 22 é uma ilustração de um sistema que
20 facilita a comunicação sem fio usando limites de portadora dinâmicos de acordo com um ou mais aspectos aqui descritos.

DESCRIÇÃO DETALHADA

Serão agora descritas várias modalidades com referência aos desenhos, por todos os quais referências
25 numéricas semelhantes são usadas para se referir a elementos similares. Na descrição que se segue, com o propósito de explanação, vários detalhes específicos são apresentados de modo a propiciar uma completa compreensão de uma ou mais modalidades. No entanto, ficará claro que
30 tais modalidades podem ser praticadas sem tais detalhes específicos. Em outros casos, estruturas e dispositivos bem conhecidos são apresentados na forma de diagramas de blocos de modo a facilitar a descrição de uma ou mais modalidades.

Tal como usados no presente pedido, os termos "componente", "sistema" e similares se destinam a referenciar uma entidade relacionada a computadores, seja hardware, uma combinação de hardware e software, software, ou software em execução. Como exemplo, um componente pode ser, porém não fica limitado a ser, um processo rodando em um processador, um 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 cadeia de execução, e um componente pode estar localizado em um computador e/ou distribuído entre dois ou mais computadores. Além disso, tais componentes podem ser executados a partir de vários meios para leitura por computador, possuindo várias estruturas de dados neles armazenadas. Os componentes podem se comunicar por meio de processos locais e/ou remotos, por exemplo de acordo com um sinal possuindo um ou mais pacotes de dados (por exemplo, dados provenientes de um componente interagindo com outro componente em um sistema local, um sistema distribuído, e/ou através de uma rede, tal como a Internet, com outros sistemas, por meio do sinal).

Além disso, várias modalidades são aqui descritas em conexão com um terminal ou cliente. Um terminal pode também ser denominado como um sistema, uma unidade de assinante, uma estação móvel, telemóvel, estação remota, ponto de acesso, estação base, terminal remoto, terminal de acesso, terminal de usuário, agente de usuário, equipamento de usuário (UE), ou cliente. Um terminal pode ser um telefone celular, um telefone sem fio, um telefone de protocolo de inicialização de sessão (SIP), uma estação de sistema sem fio de circuito local (WLL), um assistente de dados pessoal (PDA), um dispositivo de mão possuindo capacidade de conexão "wireless", ou outro dispositivo de processamento conectado a um modem sem fio.

Além disso, vários aspectos, características ou recursos aqui descritos podem ser implementados na forma de um método, equipamento, ou artigo de fabricação, usando técnicas padrão de programação e/ou projeto. O termo
5 "artigo de fabricação", tal como é aqui utilizado, se destina a englobar um programa de computador acessível a partir de qualquer dispositivo, portador ou meio para leitura por computador. Como exemplo, os meios para leitura por computador podem incluir, porém não ficam limitados a,
10 dispositivos de armazenamento magnéticos (por exemplo, um disco rígido, disquete, fitas magnéticas, etc.), discos ópticos (por exemplo, um disco compacto (CD), um disco versátil digital (DVD), etc.), placas inteligentes, dispositivos de memória flash (por exemplo, placa, pente,
15 pen drive, etc.).

Vários protocolos de redes sem fio evitam a interferência através da detecção de transmissões por nodos vizinhos e evitando transmitir quando tais transmissões são detectadas. Em particular, os sistemas IEEE 802.11a/b/e/g/n
20 e os sistemas de banda ultra larga (UWB) se baseiam em múltiplo acesso por sensoramento de portadora com escape de colisão (CSMA / CA) e múltiplo acesso por sensoramento de preâmbulo com escape de colisão (PSMA / CA), respectivamente. No algoritmo CSMA / CA, a detecção de
25 transmissões de outros nodos está baseada na detecção de energia, portadora e/ou combinação de ambas. No algoritmo PSMA / CA, a detecção de transmissões por outros nodos está baseada na detecção da portadora ou preâmbulo de uma transmissão. Em ambos os protocolos, todos os nodos que
30 desejam transmitir ou acessar o meio, primeiramente amostram a energia no meio e determinam se outro nodo já está transmitindo no meio. Tal amostragem auxilia tais sistemas a determinar não somente a presença de energia, mas também processar tal energia. Os nodos podem ser
35 capazes de se sincronizar com o preâmbulo e o piloto (caso

exista uma transmissão de quadro no ar). Caso o nodo seja capaz de se sincronizar com o preâmbulo e piloto, o nodo pode então decodificar o header de controle de acesso a meio (MAC) para determinar se existia uma transmissão de
5 quadro no ar.

Em particular, a detecção de outras transmissões por outros nodos pode ser conseguida pelo uso de dois esquemas de sensoriamento de portadoras: (1) sensoriamento físico de portadora (PCS) e (2) sensoriamento virtual de
10 portadora (VCS). No esquema PCS, os pontos de acesso postergam as transmissões caso a energia no meio esteja acima de um certo limite predeterminado. Usando o mecanismo VCS, trocas de sinais ou quadros tais como requisição para envio (RTS) e liberado para envio (CTS) informam a todos os
15 nodos vizinhos para impedir a transmissão. O esquema VCS pode solucionar os problemas de nodos ocultos, uma vez que qualquer nodo que receba o CTS evita transmitir estando ou não o ponto de acesso transmissor informado sobre o nodo. Tal como é aqui utilizada, a expressão nodo oculto consiste
20 de qualquer nodo que seja desconhecido para o nodo transmissor. Conseqüentemente, as transmissões por nodos ocultos podem causar interferência. Apesar de o VCS poder solucionar os problemas causados por nodos ocultos, o VCS pode causar problemas para nodos expostos. De um modo
25 geral, os nodos ocultos causam a maior interferência para o receptor desejado e são impedidos de transmitir pelo vetor de alocação de rede (NAV) ativado nos esquemas VCS. No entanto, os nodos expostos que poderiam estar transmitindo sem causar interferência no receptor são impedidos de
30 transmitir devido ao VCS, reduzindo portanto a capacidade de transmissão espacial.

Nas redes MESH (por exemplo, as redes MESH IEEE 802.11), é vantajoso maximizar o número de nodos que podem operar simultaneamente de modo a dar suporte a uma maior
35 capacidade de transmissão de área. O limite de

sensoriamento de portadora / energia dinâmico e/ou a potência de transmissão podem ser usados para maximizar o número de nodos que se comunicam simultaneamente, otimizando a capacidade de transmissão de área.

5 Fazendo agora referência às Figuras, a Figura 1 apresenta um aspecto de um sistema 100 que facilita a comunicação entre um conjunto de pontos de acesso wireless. Tipicamente, tais sistemas utilizam potência de transmissão e limites de sensoriamento de portadora fixos. No entanto,
10 isto resulta em alguns nodos evitar a transmissão quando eles o poderiam fazer sem causar interferência, o que é aqui designado como o problema de nodo exposto. Pelo ajuste dinâmico da potência de transmissão, bem como dos limites usados pelos nodos para detectar a transmissão proveniente
15 de outros nodos, pode ocorrer um maior número de transmissões simultâneas sem causar interferência. Tal aumento resulta em um aumento na capacidade de transmissão total para a rede.

O sistema 100 pode incluir um componente de nodo
20 102 que pode receber e transmitir mensagens contendo dados relacionados a nodos vizinhos, aqui designadas como informações de nodos. As informações de nodos podem incluir um endereço de nodo, RSSI e quaisquer outras informações relacionadas a um nodo específico. Tal como é aqui
25 utilizado, o termo nodo é qualquer cliente, ponto de acesso, terminal, ou outro dispositivo. As mensagens podem ser irradiadas periodicamente e podem ser recebidas por quaisquer nodos próximos.

Em certas modalidades, o quadro de beacon
30 definido pelo protocolo IEEE 802.11 a/b/g/n MAC pode ser modificado para incluir tais informações de nodos. Em particular, a mensagem ou quadro de beacon podem incluir informações RSSI para nodos vizinhos de um ponto de acesso transmitindo o beacon. Tal modificação do quadro de beacon
35 para o protocolo pode se aplicar somente a quadros de

beacon para pontos de acesso em uma rede em malha, também designados como pontos de acesso à malha (MAPs) e portais de malha (MPs).

Os clientes e as estações sem fio (WSTAs) podem se conectar a MAPs usando um primeiro canal e os MAPs podem se conectar uns aos outros usando um segundo, e diferente, canal, de tal forma que o repasse de tráfego entre pontos de acesso e o tráfego recebido a partir de clientes não necessitem colidir. Tipicamente, cada MAP envia periodicamente uma mensagem de broadcast ou quadro de beacon para seus clientes. A mensagem de broadcast pode incluir informações de gerenciamento e sincronização de tempo e pode também ser transmitida através do canal de repasse para outros MAPs. Alternativamente, o controle de acesso a meio (MAC) do MAP pode transmitir uma mensagem ou beacon através do canal de repasse. A mensagem pode ser recebida e decodificada por todos os MAPs ou nodos próximos. O componente de nodo 102 do nodo receptor pode gravar as informações de nodos (por exemplo, RSSI) contidas na mensagem transmitida e calcular a perda em trajetória entre os nodos vizinhos e o MAP transmissor. As RSSI para um nodo podem ser mediadas entre um certo número de mensagens ou beacons recebidos usando-se um simples filtro de passagem baixa. Adicionalmente, o quadro de beacon MAC do MAP pode conter informações de nodos relacionadas a seus vizinhos e suas RSSI.

O sistema 100 pode incluir um componente de limite 104 que determina dinamicamente um limite de sensoriamento de portadora. O componente de limite 104 pode utilizar informações de vizinhos obtidas pelo componente de nodo 102 para determinar um limite de sensoriamento de portadora apropriado para otimizar a capacidade de transmissão de área, evitando simultaneamente uma interferência excessiva. Em particular, o componente de limite 104 pode prever a interferência proveniente de nodos

ocultos como uma função das informações de vizinhos e ajustar o limite de sensoriamento de portadora adequadamente.

O componente de transferência de dados 106 pode
5 utilizar o limite de sensoriamento de portadora computado para facilitar a transmissão e recepção de dados provenientes de nodos vizinhos. Tipicamente, os protocolos de rede (por exemplo, o protocolo IEEE 802.11, WLAN) são projetados para assegurar que o receptor desejado tenha um
10 mínimo de interferência proveniente dos nodos ou pontos de acesso vizinhos. O componente de transferência de dados 106 pode reduzir o problema de nodo exposto pela utilização do limite de sensoriamento de portadora (CST) dinâmico e ajuste da potência de transmissão. Além disso, o componente
15 de transferência de dados 106 pode incluir o limite de sensoriamento de portadora computado nas transmissões para os nodos vizinhos. O componente de transferência de dados 106 pode incluir um limite de sensoriamento de portadora nas transmissões de RTS e/ou CTS.

20 Fazendo agora referência à Figura 2, é ali apresentada uma rede sem fio em malha 200 exemplar. A rede 200 pode incluir um certo número de pontos de acesso, também designados como pontos de acesso à malha (MAPs) ou pontos da malha (MPs), que podem operar de acordo com um
25 protocolo baseado em 802.11 ou de outro tipo. Os pontos de acesso podem estar implantados em uma área (por exemplo, a área de um campus universitário, um centro urbano, um "shopping mall", ou outra "zona quente" / "hot zone", tipicamente caracterizada por densidade populacional mais
30 elevada). Para reduzir os custos de implantação e operação, apenas um subconjunto dos pontos de acesso 220 estão conectados diretamente à uma infraestrutura cabeada 210 (por exemplo, um "backbone"); em consequência, a comunicação em malha entre pontos de acesso é empregada
35 para conexão dos pontos de acesso ao backbone da rede.

Em uma rede em malha, os pontos de acesso à malha (MAPs) 230 repassam dados para os pontos de acesso cabeados 220. Os quadros (ou pacotes) passam de uma fonte / origem para o destino por rotas que consistem de MAPs 230.

5 Algoritmos de roteamento podem ser usados para determinar a sequência exata de MAPs 230 a ser percorrida por um quadro antes de alcançar seu destino. Caso o MAP 230 de repasse esteja congestionado, ele pode requisitar aos outros MAPs 230 que repassam seu tráfego para reduzir a velocidade de modo a descongestionar a rede 200.

Dentro da rede 200, os MAPs 230 e 220 podem ser projetados para operar em duas bandas simultaneamente (por exemplo, em um mesmo quadro ou em quadros consecutivos), usando duplexação por divisão de tempo (TDD) em cada banda.

15 Em um esquema exemplar para comunicação simultânea podem ser utilizadas duas bandas separadas. Uma banda de operação para acesso de cliente pode ser usada para as comunicações dos / para os clientes. A banda de clientes pode ser provida usando-se as bandas não licenciadas existentes de 2.4 e/ou 5.x que são comumente usadas para dar suporte a dispositivos 802.11 b, g, n e 802.11 a, n. Um ponto de acesso 220 ou 230, operando em uma única portadora de 20 MHz pode formar um BSS (Basic Service Set - conjunto de serviço básico) com os clientes que estejam registrados

20 junto a ele. Diferentes BSS podem operar de forma não coordenada e podem ser implementados na mesma portadora ou em portadoras RF distintas. O acesso de cliente pode estar baseado na norma 802.11.

Uma banda operacional de interconexão AP wireless separada pode ser utilizada para a comunicação entre MAPs.

30 Dado que apenas uma parte dos MAPs estão conectados à infraestrutura cabeada, a interconexão entre MAPs cabeados e sem fio é facilitada pela operação em uma portadora separada da banda usada para o acesso de clientes. Além disso, é possível operar a rede de interconexão de pontos

35

de acesso em uma banda licenciada que permita potência de transmissão mais elevada do que aquela permitida nas bandas não licenciadas. A interconexão AP - AP pode estar baseada em uma tecnologia similar àquela usada na 802.11n. O
5 sistema exemplar permite o uso de uma banda essencialmente para a comunicação MAP a cliente ou terminal, enquanto a outra é usada essencialmente para a comunicação entre MAPs.

De um modo geral, todos os APs podem prover o serviço baseado em 802.11 através da banda não licenciada.
10 Os Aps podem prover acesso através de uma única portadora de 20 MHz ou de múltiplas portadoras de 20 MHz. Para a rede de interconexão AP existem dois tipos básicos de APs na hierarquia de rede: roteadores e gateways. Um roteador é um MAP que pode ser implementado sem uma conexão cabeada ao
15 backbone. Os roteadores podem operar em uma portadora dedicada separada (possivelmente licenciada) que é usada exclusivamente para comunicação com um gateway de AP. Um gateway é um AP cabeado operando através de uma portadora dedicada separada (novamente, possivelmente licenciada),
20 usada exclusivamente para a comunicação com roteadores que se associaram a ela.

O Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) está desenvolvendo uma norma para redes de área local sem fio (WLAN) que promete uma infraestrutura de
25 rede em malha escalonável e de fácil implementação, baseada em tecnologias 802.11. As metas incluem sistemas adaptáveis e auto configuráveis que dão suporte a transportes broadcast, multicast e unicast, através de topologias de malha "multihop" / múltiplas transferências. Um ponto
30 relevante no desenvolvimento de uma IEEE 802.11 MESH WLAN eficiente consiste de otimizar a reutilização espectral e, portanto, maximizar sua capacidade de transmissão de área.

Fazendo agora referência à Figura 3, são ali apresentadas faixas importantes para comunicações em redes
35 sem fio. Um nodo fonte / origem 302 e um nodo de destino

304 estão separados por uma certa distância 306, designada como a distância origem / destino. A faixa de transmissão 308 é definida como a faixa em que a potência de sinal no receptor está acima de um certo limite para a decodificação apropriada de um quadro de tamanho L. A faixa de interferência 310 representa a faixa dentro da qual os nodos são capazes de interferir com o receptor e corromper os quadros recebidos. A faixa de ajuste NAV (não é mostrada) é a faixa dentro da qual as estações sem fio podem ajustar os NAVs corretamente com base nas informações de ID / duração portadas nos quadros RTS / CTS e que não vão interferir com a subsequente troca de dados / quadros ACK entre o nodo de origem 302 e o nodo de destino 304.

A faixa de avaliação de canal liberado (CCA) ocupado (não é mostrada) representa a faixa dentro da qual os nodos podem sensoriar fisicamente que o canal está ocupado durante a transmissão de dados e postergar suas próprias tentativas de transmissão. Existem dois métodos para que um nodo reporte o CCA ocupado na IEEE 802.11n. Um está baseado em detecção de portadora (-82 dBm), enquanto o outro está baseado em detecção de energia (-62 dBm), pelo qual um nodo irá reportar um meio ocupado quando da detecção de qualquer sinal acima do limite de detecção de energia (ED). Dependendo dos limites ajustados, os raios de tais faixas ou alcances variam. Na IEEE 802.11n PHY, a faixa de transmissão máxima é a distância em que um decodificador do receptor será capaz de receber um sinal com potência acima de -91,44 dBm, obtendo dessa forma uma SNIR acima de 0,6 dB. Para determinar a faixa de interferência, considera-se o pior caso.

Dependendo de vários limites ajustados, os raios de tais faixas / alcances variam. Na IEEE 802.11n PHY, a faixa de transmissão máxima é a distância em que um decodificador do receptor será capaz de receber um sinal com potência acima de -91,4 dBm, obtendo assim uma SNIR

acima de 0,6 dB. Para determinar a faixa de interferência, pode ser analisado o pior caso.

A Figura 4 ilustra um pior caso, em que existem seis interferentes ou interferentes potenciais 402 circundando um receptor 404 em comunicação com outro nodo 406. Os termos interferente e interferente potencial são aqui utilizados de forma intercambiável. Os interferentes 402 podem estar transmitindo simultaneamente e possuir a mesma potência de transmissão fixa. Para maior simplicidade, pode ser presumido que a distância entre todos os interferentes 402 e o receptor 404 seja a mesma e que a potência do ruído possa ser ignorada. Tal situação pode ser designada como o regime de interferência limitada, uma vez que a potência de interferência domina a potência de ruído.

Fazendo agora referência à Figura 5, está ali ilustrado um gráfico 500 apresentando um modelo de perda em trajetória exemplar. A perda em trajetória exerce um impacto significativo sobre a análise de interferência. A perda em trajetória a uma distância d (ou a potência recebida na distância d) pode ser modelada por um modelo de duas inclinações com ponto de ruptura ou "breakpoint" como se segue:

$$PL(d) = \alpha * d^{n_1}, \text{ se } d \leq R_b$$

$$PL(d) = \alpha * R_b^{n_1} \left(\frac{d}{R_b} \right)^{n_2} \text{ se } d > R_b \quad (1)$$

Tal modelo pode ser representativo de ambientes WLAN internos realistas. Neste caso, $a = 4\pi f/c$, f é a frequência portadora, c é a velocidade da luz, (n_1, n_2) são os dois coeficientes de perda em trajetória e R_b é a distância do ponto de ruptura.

Caso tanto a distância entre o receptor desejado e o transmissor, d , como a distância mínima entre um interferente e o receptor desejado, D_{min} , estejam acima do breakpoint do modelo de perda em trajetória, então podem ser aplicados um ou mais cálculos conhecidos. Como exemplo,

$$D_{min} \geq \sqrt[n_2]{6 * 10^{\frac{SNIR}{10}}} * d \quad (2)$$

Taxas de transmissão física mais elevadas demandariam SNIR muito elevada no receptor. Portanto, uma grande área em torno do receptor pode ser impedida de transmitir ou estar "fora de NAV". Caso a demanda de SNIR seja baixa, então os interferentes potenciais podem ser mantidos próximos ao receptor. Adicionalmente, D_{min} depende da distância entre o transmissor e o receptor.

Caso a distância tencionada entre o receptor e o transmissor, d , seja menor do que a distância do ponto de ruptura, e a distância do receptor desejado / interferentes seja maior do que o ponto de ruptura, então pode ser usada uma fórmula diferente para calcular a distância de interferência, D_{min} :

$$D_{min-BP} \geq \sqrt[n_2]{6 * 10^{\frac{SNIR}{10}}} (d * R_b)^{n_1} \quad (3)$$

Tal fórmula indica que a distância de interferência é também uma função da distância do ponto de ruptura R_b .

A Tabela I inclui computações exemplares de distâncias de interferência com base nas taxas PHY. Os valores incluídos na tabela são representativos e podem

variar para diferentes ambientes de propagação. Em particular, a tabela inclui distâncias de interferência nos pior e melhor casos, D_{min} , usando a tabela de taxas da IEEE 802.11n para operação em uma taxa PHY específica. Na

5 Tabela, a coluna 5 mostra que o raio de transmissão máximo, R_{max} , para operar um link em uma taxa PHY particular usando uma potência de transmissão de 23 dBm. A coluna 6 contém a razão da distância de interferência mínima para a distância do transmissor receptor para cada taxa PHY usando a equação

10 (2). A razão é diferente para diferentes taxas PHY devido às diferentes exigências de SNIR. A coluna 7 indica o melhor caso usando a equação (5). Tais razões permanecem fixas e são uma função da distância destino origem, porém são independentes da potência de transmissão. A tabela de

15 taxas é para uma única corrente. Algumas das taxas são similares à IEEE 802.11a/g para manter a retro compatibilidade. Taxas de códigos adicionais são introduzidas para prover maior eficiência espectral, incluindo o uso de 256 QAM. É suportado um máximo de quatro

20 correntes espaciais.

Tabela I: Determinação do raio de transmissão máximo (R_{max}) e distância de interferência mínima (D_{min}) para diferentes taxas PHY na IEEE 802.11n.

SNR	Taxa (MB/s)	Modulação	Taxa de código	R_{max} com breakpoint = 30 m e potência de transmissão = 23 dB	$X = D_{min}/R$ Equação (2)	$X = D_{min}/R$ Equação (5)
27.0	84	256-QUAM	7/8	42	8.71	5.37
24.9	72	256-QUAM	3/4	49	7.64	4.71

20.3	60	256-QUAM	5/8	60	5.74	3.56
19.0	54	64-QUAM	3/4	65	5.29	3.26
17.6	48	64-QUAM	2/3	70	4.85	3.00
16.5	42	64-QUAM	7/12	76	4.53	2.79
13.0	36	16-QUAM	1/2	87	3.64	2.25
11.5	30	16-QUAM	5/8	100	3.32	2.05
10.0	24	16-QUAM	3/4	112	3.02	1.86
6.3	18	QPSK	1/2	137	2.41	1.49
3.6	12	QPSK	3/4	163	2.03	1.25
2.1	9	BPSK	3/4	180	1.85	1.14
0.6	6	BPSK	1/2	193	1.68	1.04

Fazendo agora referência à Figura 6, está ali ilustrado um gráfico 600 apresentando várias capacidades de transmissão de área para diferentes valores de breakpoint / ponto de ruptura. Para um quadrado de área $A = L^2$ metros, o número máximo de transferências ou transmissões simultâneas bem sucedidas, de tal forma que todos os links possuam a mesma taxa física de transmissão, pode ser computado como uma função da distância de interferência. Para efetuar tal análise, pode ser determinada a distância, D_{min} , entre interferentes e transmissor. A distância entre interferentes pode ser obtida a partir da equação (2) ou da equação (3) acima. A distância horizontal entre dois interferentes é denotada por D_{min} , e a distância vertical entre interferentes é igual a $(3^{1/2}/2)D_{min}$. O número máximo de transferências simultâneas em uma área, A , pode ser computado como se segue:

$$N_{max} = \frac{2L^2}{\sqrt{3}D_{min}^2} \quad (4)$$

Neste caso, N_{max} foi derivado com base na hipótese do pior caso de interferência, em que seis interferentes circundam

o nodo receptor. O melhor caso ocorre quando existe apenas um interferente. No melhor caso, as equações (2) a (4) acima podem ser modificadas como se segue:

$$D_{\min}^{melhor} \geq \sqrt[n^2]{10 \frac{SINR}{10}} * \tau \quad (5)$$

$$D_{\min-BP}^{melhor} \geq \sqrt[n^2]{10 \frac{SINR}{10}} R_B \tau \quad (6)$$

$$N_{\max}^{melhor} = \frac{2L^2}{\sqrt{3}(D_{\min}^{melhor})^2} \quad (7)$$

Fazendo agora referência à Figura 7, está ali
 5 ilustrado um gráfico 700 apresentando a distância de interferência como uma função da SNIR requerida e do ponto de ruptura por perda em trajetória. Para compreender a influência do breakpoint sobre a capacidade de transmissão, pode ser usada a equação de capacidade de Shannon, baseada
 10 no teorema de Shannon-Hartley, para calcular a capacidade de transmissão de área, como se segue:

$$S_{teórico} = N_{\max} B \log_2(1 + SINR)$$

A capacidade de transmissão de área e a influência do breakpoint e da SNIR sobre Dmin estão ilustradas na Figura
 15 7 e na Tabela II que se segue. Além disso, fica claro pela Tabela II que a capacidade de transmissão de área aumenta quando a distância de breakpoint é reduzida. A potência do sinal interferente se reduz na potência de quatro após o breakpoint, levando a menor interferência no receptor

desejado devido ao fato de que a distância interferente / receptor é muito maior do que a distância transmissor / receptor. Para cada breakpoint existe uma distância de interferência ideal, D_{min} , variando entre duas ou três vezes a distância entre o transmissor e o receptor. Além disso, pela Tabela II fica claro que maiores breakpoints e maiores exigências de SNIR aumentam o valor de D_{min} . Maiores exigências quanto à SNIR têm origem na operação do nodo desejado em taxas PHY mais elevadas, e maiores breakpoints resultam em potência de interferência adicional no receptor desejado.

Tabela II: capacidade de transmissão de área para os melhor e pior casos, usando-se uma distância destino - origem de 40 metros.

Taxa (MB/s)	$X = D_{min}/ft$ Equação (2) (pior caso)	Número de nodos em operação simultânea	Capacidade de transmissão de área (pior caso)(Mbps)
84	8.71	38.045	1357.7
72	7.64	49.414	1644.1
60	5.74	87.599	2662.6
54	5.29	102.984	2959.6
48	4.85	122.588	3298.3
42	4.53	140.575	3495.6
36	3.64	217.318	4908.1
30	3.32	261.925	5242.0
24	3.02	315.689	5396.4
18	2.41	494.144	6795.0
12	2.03	700.173	69221.0
9	1.85	843.891	6510.9
6	1.68	1017.1	5453.7

A capacidade de transmissão real do sistema, considerando-se um tamanho de pacote L_{packet} e overheads

com origem na adição de header a cada pacote, bem como os overheads de backoff, em uma dada área A, pode ser computada como se segue:

$$S = N_{\max} \frac{L_{\text{pacote}}}{T + T_{\text{backoff}} + \frac{L_{\text{pacote}} + H}{R}} \quad (8)$$

Em que $T = 2T_{\text{preâmbulo}} + T_{\text{ack}} + T_{\text{IFS}} + T_{\text{SIFS}}$. Nesta equação, T representa os overheads fixos que são especificados pela norma, e T_{backoff} representa o valor médio de backoff, L_{pacote} é o tamanho de quadro em bits, e H representa os overheads devidos a MAC e camadas superiores adicionadas às informações em bits. R é a função da SNIR captada no receptor. $T_{\text{preâmbulo}}$ é dado por $T_{\text{preâmbulo}} = T_{\text{LCP preâmbulo}} + T_{\text{LCP sig}} = 20 \mu\text{s}$. Considerando-se esquemas de modulação e codificação diferentes e desprezando-se os overheads devidos às camadas superiores, a equação (8) pode ser simplificada para:

$$S = N_{\max} \frac{L_{\text{pacote}}}{T + T_{\text{backoff}} + \frac{288 + L_{\text{pacote}}}{R}} \quad (9)$$

Neste caso, H é igual a 288 bits. Ignorando-se o backoff exponencial (presumindo-se que existe apenas um estágio no processo de backoff), T_{backoff} é igual a 72 μs . No entanto, tal valor de T_{backoff} é função do número de estações, do número de estágios de backoff e da prioridade. T_{ack} , T_{SIFS} , T_{IFS} são dados e iguais a 28 μs , 16 μs e 34 μs , respectivamente. Portanto a equação (9) pode ser escrita como se segue:

$$S = N_{\max} \frac{L_{\text{pacote}}}{190\mu s + \frac{288 + L_{\text{pacote}}}{R}} \quad (10)$$

A Tabela II apresenta a capacidade de transmissão de área máxima que pode ser obtida usando-se as equações de interferência de pior caso para uma distância origem destino de 40 metros e usando-se o modelo de perda em trajetória apresentado na Figura 5. Taxas PHY mais elevadas requerem SNIR muito elevada no receptor. Portanto, o limite de sensoriamento de portadora pode "NAV out" mais nodos, resultando em capacidade de transmissão de área mais baixa. Por outro lado, taxas PHY mais baixas resultam em um limite de sensoriamento de portadora maior, resultando em mais nodos ativos e maior tolerância à interferência no receptor desejado. Caso o critério chave para o projeto da rede MESH for o de igualdade, então pode-se optar por taxas PHY mais baixas. Caso a qualidade de serviço seja mais importante, podem ser selecionadas taxas PHY mais altas, resultando em menor número de nodos ativos. Pode ser inferido que a operação em uma taxa PHY de 12 Mbps propicia a capacidade de transmissão ideal, uma vez que ela se equilibra entre um maior número de nodos ativos e a operação de cada nodo ativo em uma taxa PHY mais elevada.

Voltando ao sistema exemplar, para uma distância origem destino origem de 40 metros, a faixa de sensoriamento de portadora pode ser ajustada para cobrir uma distância de 348,4 metros para obtenção de uma taxa PHY de 84 Mbps. Uma distância de sensoriamento de portadora pode ser enviada para cobrir uma distância de 67 metros para obtenção de uma taxa PHY de 6 Mbps. Para obter os 84 Mbps, o interferente mais próximo pode sensoriar o sinal a 93,15 dBm (presumindo-se uma potência de transmissão de 23

dBm e uma distância transmissor / receptor de 40 metros). No entanto, isto pode ser impossível caso os dispositivos não possam decodificar um sinal abaixo de 82 dBm. Tipicamente, os dispositivos WLAN podem sensoriar os sinais a 92 dBm no front-end de rádio frequência (RF). No entanto, a perda de implementação fixa de 10 dB reduz ainda mais a potência de sinal disponível para o decodificador, que determina o que foi transmitido.

Fazendo agora referência à Figura 8, está ali ilustrado um gráfico 800 apresentando os efeitos da potência de transmissão sobre a capacidade de transmissão de área. Os cálculos de perda em trajetória com base na equação (2) são independentes da potência de transmissão do nodo. No entanto, caso seja usada uma maior potência de transmissão, a área de cobertura do sinal ordenando aos nodos para evitar transmitir seria maior. Conseqüentemente, o número de transmissões simultâneas seria reduzido. Ao contrário, caso seja usada menor potência de transmissão, a área de cobertura seria menor. Isto iria permitir que mais nodos se comunicassem simultaneamente, aumentando desse modo a reutilização espacial, bem como a interferência potencial. Com maiores potências de transmissão, fica claro que as mensagens RTS / CTS serão decodificadas por vários outros nodos vizinhos dentro de uma grande área, dessa forma "NAving out" mais nodos e reduzindo a reutilização espacial. Além disso, uma grande potência de transmissão propicia maiores raios de comunicação entre um par fonte / destino para manter uma taxa PHY específica. Ao contrário, uma potência de transmissão menor provê menores raios de comunicação entre um par fonte / destino para manutenção de uma taxa PHY específica.

Para melhor compreensão deste efeito, pode ser analisada uma simulação de rede exemplar. Em uma simulação simples, nodos IEEE 802.11n/s MESH WLANs são posicionados nas bordas ou limites de uma célula hexagonal com o raio do

hexágono ajustado em 100 metros. Os nodos podem ser implementados de tal forma que cada nodo possui seis vizinhos em uma área geográfica de 4000 x 4000 metros. É também presumido que o transmissor está em (0, 0) e está em
 5 comunicação com o receptor localizado em (100, 0). Os resultados da capacidade de transmissão de área e do efeito da potência e da densidade de nodos ativos estão na Figura 8. Neste caso, as potências de transmissão para os nodos variam entre 10 e 30 dBm. Uma potência de transmissão mais
 10 elevada em cada nodo resulta no mecanismo RTS / CTS da IEEE 802.11n NAVing out áreas maiores.

Para melhor compreensão do efeito do controle da potência de transmissão, a potência de transmissão pode ser modelada como uma função da elevação sobre térmico. A
 15 elevação sobre térmico (ROT) pode ser definida por:

$$ROT = \frac{P_{Termal} + P_{Interferência}}{P_{Termal}} \quad (11)$$

Pode ser inferido que a ROT é uma função da carga em torno do receptor que contribui para a interferência. Presumindo-se que os nodos de origem e destino em questão gostariam de se comunicar em uma taxa PHY, i , e presumindo-se uma perda em trajetória simples baseada em distância, a
 20 potência de transmissão requerida para a obtenção de uma certa taxa PHY entre a origem e o destino pode ser calculada usando-se a seguinte fórmula exemplar:

$$\begin{aligned} P_{TPC}^i &= \frac{SINR(i)(P_{Termal} + P_{Interferência})}{d^{-\gamma}} \\ &= P_{Termal} * SINR(i) * ROT * d^{\gamma} \end{aligned} \quad (12)$$

Na equação acima, P_{TPC}^i é a potência de transmissão ideal no transmissor para obtenção de uma taxa PHY particular com o receptor desejado, e $SNIR(i)$ é a SNIR mínima requerida para obtenção de uma taxa PHY, i . Da equação acima, fica claro
 5 que se a ROT for maior do que um, então será necessária mais potência para contrabalançar a interferência. Caso ROT seja igual a um, então o sistema estará operando com interferência zero. Caso a ROT esteja mais próxima a um, então a equação acima pode ser usada para reduzir a
 10 potência do transmissor dado que a interferência percebida no receptor é mínima.

Como indicado nos parágrafos precedentes, a distância transmissor / receptor exerce um papel importante no ajuste do limite de sensoriamento de portadora.
 15 Considere-se um exemplo simples: caso o par origem - destino separado por uma distância de 40 metros devesse operar a 84 Mbps, então os nodos fora do alcance de interferência, $D_{min} = 348,4$, podem ser autorizados a transmitir (presumindo-se um layout regular e uma
 20 interferência no pior caso proveniente de seis transmissores, tal como mostrado na Figura 4). Como foi acima mencionado, os nodos não podem tipicamente decodificar transmissões abaixo de -82 dBm ou -81,4 dBm para decodificar apropriadamente a ID de duração no quadro
 25 RTS / CTS. Portanto, a potência de transmissão pode ser elevada de tal forma que um nodo interferente posicionado a 348,3 metros possa receber o sinal transmitido a -81,4 dBm e evitar transmitir para que o receptor receba o sinal usando a taxa PHY de 84 Mbps. A equação de perda em
 30 trajetória pode ser usada para determinar a potência de transmissão. Neste exemplo, o CTS pode ser transmitido a 34,77 dBm (ou 3 watts), que está acima dos limites ajustados para transmissões em 2,4 GHz ou 5 GHz. Alternativamente, isto sugere que pelo uso de uma potência

de transmissão de 23 dBm, nunca se poderá chegar a 84 Mbps sob os protocolos atuais.

Um limite de sensoriamento de portadora ideal pode ser computado com base na distância entre os nodos de origem e destino e na perda em trajetória. Uma razão, γ , pode ser definida como a razão da sensibilidade de recepção em um esquema de modulação específico ($RS(i)$) para a sensibilidade de recepção a 6 Mbps ($RS(6)$), que é o limite de sensoriamento de portadora ($CStresh = -84$ dBm). Foi determinado que:

$$P_T D_{\min}^{-\gamma} = CS_{trilha} \quad (13)$$

$$P_T \tau^{-\gamma} = RS(i) \quad (14)$$

Em que P_T representa a potência de transmissão, a distância entre a origem e o destino é representada por r , e γ denota a perda em trajetória. Por rearranjo das equações acima, γ pode ser representado como se segue:

$$\gamma = \frac{RS(i)}{CS_{trilha}} = \left(\frac{D_{\min}}{r} \right)^{\gamma} = X^{\gamma} \quad (15)$$

Em que $X = D_{\min}/r$. Dado que X varia para diferentes taxas PHY, X_i será usado para fazer referência a uma taxa PHY particular R_i . X_i é uma constante para uma taxa PHY particular, R_i . Dado que X_i é constante, γ_i também é constante para uma taxa PHY particular. Neste caso, γ_i se refere a um valor de γ para uma taxa PHY particular R_i . A equação anterior pode ser modificada para produzir:

$$\frac{P_T r^{-\gamma}}{\gamma_i} = CS_{trilha} = \frac{P_R}{\gamma_i} \quad (16)$$

Em que P_R é a potência recebida no receptor desejado devido à transmissão de um quadro RTS por um nodo de origem ou emissor. O receptor desejado pode determinar a taxa PHY correspondente em que o emissor deseja se
 5 comunicar e usar tal informação para responder por meio da transmissão de um quadro CTS em uma potência dada por:

$$P_T^{CTS} = CS_{trilha} (D_{\min}^i)^\gamma \quad (17)$$

A equação acima presume que a capacidade de sensoriamento da WLAN possa estar na faixa acima de -81,4 dBm. O índice para o termo $D_{\min}^i$ denota que diferentes taxas PHY possuirão
 10 uma distância de interferência, $D_{\min}$, diferente e, portanto, o limite de sensoriamento de portadora varia como uma função da distância entre o emissor e o receptor.

A Figura 9 apresenta um gráfico 900 ilustrando a capacidade de transmissão de área como uma função do limite de sensoriamento de portadora. Para descrever o desempenho do limite de sensoriamento de portadora acima mencionado, pode ser efetuada uma simulação simples para um layout aleatório de nodos em Matlab. Durante a simulação, a origem é mantida em [100, 0] e o destino é mantido em [0, 0]. O
 15 modelo de perda em trajetória da Figura 5 é escolhido de modo a representar uma simulação realista. Fica claro pela Figura 9 que potências de transmissão mais altas com limites de sensoriamento de portadora mais baixos propiciam capacidade de transmissão de área mais baixa. O efeito está
 20 baseado no fato de que potências mais elevadas com limites
 25

de sensoriamento de portadora mais baixos "NAV-out" uma grande área geográfica, resultando em menos nodos ativos em qualquer instante. Caso sejam usadas potências mais baixas com o mesmo limite de sensoriamento de portadora, a

5 capacidade de transmissão de área melhora pois mais nodos podem transmitir simultaneamente. Potências de transmissão menores e limite de sensoriamento de portadora muito elevado propicia a maior capacidade de transmissão de área. Caso a potência de transmissão seja fixa, ocorre um salto

10 ascendente após um certo limite de sensoriamento de portadora. Isto é devido ao fato de que a taxa de operação para um limite cai rapidamente dada a restrição de SNIR. Isto sugere também que a escolha de um limite de sensoriamento de portadora é complexa, porém propicia

15 vantagens para um típico layout aleatório de nodos. Fica também claro que a elevação do limite de sensoriamento de portadora proporciona o benefício de redução da área de cobertura. Dado que o par fonte - destino considerado é mantido a 100 metros, qualquer faixa de sensoriamento de

20 portadora que alcance o receptor não é considerada na simulação acima.

A Figura 10 ilustra uma metodologia 1000 exemplar para ajuste de limites de sensoriamento de portadora para otimizar as comunicações em uma rede sem fio de acordo com

25 uma ou mais modalidades aqui descritas. Em 1002, podem ser obtidas informações de nodos relacionadas aos nodos vizinhos. As informações de nodos podem incluir endereços de nodos, RSSI, ou quaisquer outras informações relacionadas aos nodos. Em certas modalidades, os pontos de

30 acesso podem irradiar as informações de nodos periodicamente, tal como em um quadro de beacon. As distâncias relativas entre o ponto de acesso receptor e os nodos podem ser computadas com base nas informações de nodos.

Em 1004, pode ser determinada a potência de transmissão como uma função das informações de nodo obtidas. A potência de transmissão pode ser ajustada para assegurar que um nodo de acesso colimado receba as transmissões. Adicionalmente, a potência de transmissão pode ser determinada para assegurar que os nodos dentro de uma distância de interferência sejam notificados para que evitem transmitir. Os nodos para além da distância de interferência podem transmitir sem que suas transmissões afetem a recepção no nodo de destino. O comprimento ou duração de um sinal para outros nodos pode ser selecionado de modo a controlar a duração de tempo em que os nodos devem evita transmitir.

Em 1006, pode ser computado um limite de sensoramento de portadora. O limite de sensoramento de portadora pode ser determinado de tal modo que as transmissões abaixo do limite não afetem a recepção e decodificação das transmissões provenientes de um nodo fonte. Em 1008, a potência de transmissão e o limite de sensoramento de portadora computados podem ser utilizados para controlar as transmissões de dados para um nodo de acesso. O ajuste dinâmico do limite e da potência de transmissão permite que um número ideal de pontos de acesso se comuniquem simultaneamente.

Fazendo agora referência à Figura 11, está ali ilustrado uma modalidade do sistema de comunicação apresentado na Figura 1. O componente de nodo 102 pode incluir um componente de análise 1102 que analisa os sinais (por exemplo, broadcast ou quadros de beacon) recebidos a partir de pontos de acesso vizinhos. Em particular, o componente de análise 1102 pode determinar um RSSI para o sinal recebido. Além disso, o componente de análise 1102 pode determinar a perda em trajetória entre o nodo transmissor e o ponto de acesso atual. O componente de

análise 1102 pode também avaliar os sinais recebidos para obter informações de nodos contidas dentro dos sinais.

O componente gerenciador de nodos 1104 pode manter RSSI ou outras informações de sinal, incluindo
5 informações de nodos, computações de perda em trajetória, computações de distância, potência recebida a partir de cada nodo computada, bem como a potência total e quaisquer outras informações correlacionadas. O componente gerenciador de nodos 1104 pode atualizar as informações
10 mantidas, adicionar ou apagar informações a medida que sinais adicionais sejam recebidos e analisados.

O componente gerador de mensagem de nodo 1106 pode gerar mensagens incluindo informações de nodos a serem transmitidas para outros pontos de acesso. As informações
15 de nodos podem ser incluídas em mensagens de broadcast e transmitidas periodicamente. Em particular, as informações de nodos podem ser incluídas em um quadro de beacon.

A Figura 12 ilustra uma modalidade de uma metodologia 1200 para obtenção e gerenciamento de
20 informações de nodos. Em 1202, é recebida uma transmissão incluindo informações de nodos. A transmissão pode ser irradiada periodicamente, ou pode ser transmitida sob requisição. As informações de nodos podem incluir dados relacionados a um conjunto de nodos próximos ao ponto de
25 acesso que transmite as informações de nodos. Em particular, as informações de nodos podem incluir endereços de nodos, bem como RSSI indicativas da força de sinais recebidos no ponto de acesso transmissor provenientes dos nodos.

30 Em 1204, podem ser analisadas a transmissão e informações de nodos recebidas. Em particular, podem ser determinadas as RSSI a partir da transmissão recebida. Além disso, pode ser determinada a perda em trajetória a partir do nodo transmissor. A transmissão recebida pode ser
35 analisada e as informações de nodos podem ser adicionadas a

um conjunto de informações de nodos mantido em um ponto de acesso 1206. Os dados associados a um nodo específico podem ser atualizados para cada transmissão recebida. Quaisquer novos nodos podem ser adicionados ao conjunto de informações de nodos. Além disso, caso não tenham sido recebidas quaisquer informações para um nodo em particular por um certo período de tempo, pode ser inferido que o nodo se movimentou para fora de alcance, ou que cessou suas transmissões. As informações de nodos associadas a tais nodos podem ser apagadas do conjunto de informações de nodos mantidas.

A Figura 13 ilustra uma modalidade de uma metodologia 1300 para a geração e transmissão de informações de nodos. Em 1302, podem ser recebidos um ou mais sinais. Para cada sinal recebido podem ser gravados, em 1304, o endereço do nodo e sua força de sinal. Podem também ser gravadas quaisquer outras informações relevantes referentes ao nodo.

Em 1306, pode ser computada a força média de sinal para cada um dos nodos a partir dos quais foi recebida uma transmissão. A média pode ser determinada com base em todos os sinais recebidos a partir de um nodo. Alternativamente, pode ser computada uma média para um subconjunto de transmissões. Como exemplo, podem ser mediadas a últimas dez transmissões provenientes de um nodo. Em 1308, pode ser gerada uma mensagem ou transmissão incluindo informações de nodos. A transmissão pode ser irradiada periodicamente, ou pode ser transmitida sob requisição.

Fazendo agora referência à Figura 14, está ali ilustrada outra modalidade da comunicação do sistema da Figura 1 que utiliza limites de sensoriamento de portadora dinâmicos para facilitar as comunicações sem fio. O componente de limite 104 pode incluir um componente de potência 1402 que avalia as informações de nodos mantidas pelo componente

gerenciador de nodos 1104 e determina a potência e/ou interferência recebida a partir de nodos ocultos. Em particular, as informações de nodos podem incluir uma RSSI entre cada um dos nodos vizinhos e o nodo transmissor. Tais

5 informações de nodos podem ser usadas para determinar o número de nodos ocultos para o ponto de acesso corrente. Além disso, a distância e a interferência proveniente de nodos vizinhos podem ser estimadas, tal como será descrito em maiores detalhes mais adiante.

10 O componente de potência 1402 pode utilizar informações de nodos para avaliar o número de nodos ocultos para um MAP que recebe as informações de nodos, designado como um AP receptor. As RSSI provenientes de um nodo oculto para o AP receptor podem ser estimadas usando-se o

15 algoritmo representado no pseudo código que se segue:

```

Inicio()
{
  Receber informação do nó;
  Computar o número de nós ocultos;
20 Para (cada nó oculto j)
    {
      Determinar RSSI do nó oculto j para o MAP de transmissão;
      Converter RSSI para percorrer a distância do MAP de transmissão
      para o MAP de recepção;
25 Converter o sinal RSSI para distância do MAP de transmissão para o
      MAP de recepção
      Usar a fórmula da distância para estimar a distância entre o nó
      oculto j e o MAP de recepção;
      Converter esta distância para a potência recebida, assumindo uma
30 potência de transmissão fixa.
      Para (cada nível de potência de transmissão k)
        {
          Computar a potência recebida;
        }
35 Adicionar a potência total no MAP de recepção se todos os nós ocultos
      descritos pelo MAP de transmissão são levados em conta;
    }
  }

```

Tal processo pode ser repetido para cada MAP vizinho que forneça informações de nodos para o MAP receptor. A potência total acumulada recebida é equivalente à interferência total observada pelo MAP receptor a partir de todos os nodos ocultos. A interferência proveniente dos MAPs transmissores não é computada, dado que o limite de sensoramento de portadora corrente levará tais MAPs a evitar a transmissão quando RTS ou CTS são trocados a partir de tal vizinho.

10 A interferência cumulativa proveniente de nodos ocultos pode ser prevista e incluída nas requisições de transmissão sempre que o ponto de acesso receptor transmita uma requisição para transmissão ou um sinal de liberado / pronto para transmitir, um RTS ou CTS. Caso o ponto de
15 acesso receptor esteja emitindo o CTS, o nodo saberá a taxa de transmissão física desejada para a comunicação com um ponto de acesso vizinho. O ponto de acesso pode elevar a potência de transmissão de tal forma que os nodos ocultos evitem transmitir quando ele estiver recebendo transmissões
20 provenientes de quaisquer dos MAPs transmissores vizinhos.

O componente de limite 104 pode incluir um componente gerador de limite 1404 que determina um limite de sensoramento de portadora (CST) dinâmico com base, pelo menos em parte, na análise das informações de nodos
25 recebidas, obtidas pelo componente de nodo 102. O limite de sensoramento de portadora computado pode ser selecionado para aumentar o número de pontos de acesso que podem se comunicar aproximadamente ao mesmo tempo, impedindo porém níveis excessivos de interferência.

30 Nos sistemas IEEE 802.11 a/g/n, caso a camada física para um nodo não foi capaz de detectar a presença de preâmbulo e piloto, o nodo pode elevar seu limite de detecção de energia 20 dB acima do limite de recepção de -82 dBm a 6 Mbps. Em tais sistemas, é o 6 Mbps (modulação
35 BPSK) que limite o desempenho de detecção. Em tais redes,

caso um par de nodos (por exemplo, um par de transreceptores WLAN) deve se comunicar em uma taxa de transmissão física muito elevada (por exemplo, um esquema de codificação e modulação mais elevado), quantidades
 5 relativamente pequenas de interferência podem causar erros e corrupção de dados ou perda potencial. Conseqüentemente, outros nodos podem se comunicar somente se eles estiverem afastados o suficiente do par de nodos para evitar a interferência. O nodo interferente potencial ou
 10 interferente potencial pode estar relativamente afastado do receptor, de tal forma que o quadro possa ser decodificado com baixa probabilidade de erro.

Uma fórmula exemplar que determina o limite de sensoriamento de portadora como uma função da taxa PHY de
 15 operação e do número de interferentes é dados por:

$$D_{CSTilha}^{(m)} \approx dx \sqrt{N_{INT} \times 10^{\frac{SNIR(m)}{10}}}$$

Na equação acima, d representa a distância entre o nodo de origem e o nodo de destino, também designada como a distância origem - destino, γ é o coeficiente de perda em trajetória, N_{INT} representa o número de nodos ocultos que
 20 podem interferir com o receptor desejado quando ele estiver recebendo os dados, e $SNIR(m)$ representa a razão de sinal para ruído mais interferência (SNIR) mínima necessária para obtenção de certa taxa de modulação / codificação (m).

O componente gerador de limite 1404 pode
 25 determinar dinamicamente um limite de sensoriamento de portadora (CST) apropriado como uma função da potência de transmissão, da distância de interferência e da perda em trajetória. O CST pode ser computado sempre que um ponto de acesso gere um quadro RTS para um MAP de destino. O nodo de

destino pode computar a interferência potencial com base em nodos vizinhos e computar um novo limite de sensoriamento de portadora. O nodo de destino pode enviar o CTS e o novo nível de potência para "NAV out" os interferentes.

5 A Figura 15 ilustra uma metodologia 1500 exemplar para a determinação de uma potência de transmissão apropriada. Em 1502, o número de nodos ocultos é computado com base em informações de nodos obtidas a partir de um ou mais pontos de acesso vizinhos. As informações RSSI para um
10 nodo podem ser obtidas em 1504. Como exemplo, o componente gerenciador de nodos 1104 pode recuperar as informações RSSI para um nodo oculto específico. Em 1506, pode ser computada a distância entre o nodo oculto e o ponto de acesso que proveu as informações de nodos, como uma função
15 das RSSI.

 A distância entre o nodo oculto e o ponto de acesso receptor pode ser computada em 1508. Tal distância pode ser computada com base na distância entre o nodo oculto e o nodo que proveu as informações de nodos e a
20 distância entre o nodo provedor e o ponto de acesso que recebe as informações de nodos. A fórmula de distância pode ser usada para computar tal distância.

 Em 1510, pode ser computada a potência recebida no ponto de acesso receptor com base nas transmissões
25 provenientes de tal nodo oculto. Tal potência pode ser adicionada à potência proveniente das transmissões recebidas a partir de outros nodos ocultos para obtenção da potência total observada pelo ponto de acesso receptor em 1512. Em 1514, pode ser efetuada uma determinação sobre se
30 existem nodos adicionais a processar. Caso existam, o processo retorna a 1504, em que são obtidas as informações RSSI para o próximo nodo oculto. Caso contrário, o processo pode terminar, tendo computado a potência total proveniente de nodos ocultos para um ponto de acesso receptor
35 específico. Tal potência pode ser usada para computar a

interferência observada pelo ponto de acesso receptor e determinar limites de sensoriamento de portadora apropriados e/ou a potência de transmissão.

Fazendo agora referência à Figura 16, está ali
5 ilustrada outra modalidade do sistema da Figura 1. O componente de transferência de dados 106 pode incluir um componente de receptor de dados 1602 que recebe requisições para comunicação e/ou transmissões de dados, tal como um RTS. O RTS recebido pode incluir um limite de sensoriamento
10 de portadora, tal como determinado pelo ponto de acesso de envio. Uma vantagem de incluir informações de limite de sensoriamento de portadora no sinal RTS é a de que nodos vizinhos são informados a respeito do esquema do transmissor. Os nodos ocultos que recebem a requisição
15 podem determinar se suas transmissões têm a possibilidade de causar interferência no receptor desejado, o qual pode ou não estar oculto para ele. O limite de sensoriamento de portadora dinâmico pode também ser incluído no CTS.

O componente de transferência de dados 106 pode
20 também incluir o componente de transmissão de dados 1604 que pode transmitir dados. Em particular, o componente de transmissão de dados 1604 envia um sinal RTS ou CTS para facilitar a comunicação com outros pontos de acesso. O componente de transmissão de dados 1604 pode utilizar o
25 limite, tal como determinado pelo componente gerador de limite 1504, para detectar a transmissão proveniente de outros nodos e determinar se deve evitar transmitir.

O componente de transmissão de dados 1604 pode
utilizar a potência, tal como determinada pelo componente
30 de potência 1402, para transmitir RTS, CTS e quaisquer outros sinais ou mensagens. Além disso, o componente de transmissão 1604 pode sinalizar aos nodos vizinhos, incluindo nodos ocultos, pela transmissão em uma potência específica após o sinal CTS. O sinal pode ordenar aos nodos
35 vizinhos que evitem transmitir durante um período

específico. A potência de transmissão é limitada pelas normas e pelos regulamentos da Federal Communications Commission (FCC). Para entrar em contacto com nodos, mantendo porém a potência de transmissão abaixo dos níveis
 5 máximos especificados pela FCC, o componente de transmissão de dados 1604 pode transmitir através de um subconjunto de portadoras.

Após transmitir o quadro CTS, de forma contínua, o componente de transmissão de dados 1604 pode transmitir
 10 em uma potência fixa através de sub-tons seleccionados. A potência pode ser uma função da taxa física de comunicação entre o transmissor MAP desejado e o ponto de acesso receptor. Quando a mesma potência total é aplicada a certos subconjuntos de tons de multiplexação por divisão de
 15 frequência ortogonal (OFDM), é elevada a densidade de potência espectral (PSD). Tal elevação resulta em sinal alcançar uma distância maior do que se toda a potência fosse aplicada a todos os tons (exceto os tons de guarda). Em particular, existem 64 portadoras no protocolo IEEE
 20 802.11 a/g/n e a densidade espectral de potência máxima pode ser obtida quando da transmissão de toda a potência total através de uma sub-portadora. Isto iria representar a distância máxima que poderia ser coberta pelo sistema IEEE 802.11 a/g/n. A PSD conformada pode ser transmitida por um
 25 período de tempo predeterminado, longo o suficiente para permitir que interferentes potenciais amostram a energia da PSD conformada e evitem transmitir durante a duração da comunicação entre o AP transmissor e o AP receptor. Como exemplo, a PSD conformada pode ser transmitida por pelo
 30 menos 4 microssegundos.

A duração da transmissão da PSD conformada pode ser usada para controlar o período em que os nodos irão evitar transmitir. A PSD conformada pode ser transmitida por um dentre um conjunto de períodos de tempo
 35 predeterminados (por exemplo, 4 microssegundos, 8

microssegundos e assim por diante). Tipicamente, 4 microssegundos é o tempo mínimo em que o algoritmo de detecção funciona em todos os receptores. Dependendo da duração da transmissão PSD conformada, os nodos receptores
5 vão evitar transmitir por um período predefinido de tempo. Como exemplo, podem ser definidos quatro níveis de transmissões PSD. Caso a transmissão possua duração de 4 microssegundos, então os interferentes potenciais são ordenados a evitar transmitir por um certo período de
10 tempo, t_1 . Caso a forma de onda PSD seja transmitida por 8 micro segundos, então o interferente potencial é ordenado a deixar de transmitir por um segundo período predefinido, t_2 , e assim por diante.

A Figura 17 apresenta uma metodologia 1700
15 exemplar para iniciar a comunicação com um ponto de acesso vizinho. Em 1702, pode ser computado um limite de sensoriamento de portadora com base na interferência proveniente de nodos ocultos, na distância até o ponto de acesso receptor e/ou a taxa de transmissão desejada. Em
20 1704, o meio pode ser monitorado usando-se o limite computado para determinar se uma transmissão pode ser enviada. Uma vez determinado que ele está liberado para transmitir, uma requisição para transmitir ou RTS pode ser enviada ao ponto de acesso 1706 desejado. A RTS pode
25 incluir informações de limites, provendo a quaisquer nodos receptores informações com referência às transmissões provenientes do ponto de acesso. A RTS pode também sinalizar uma taxa PHY desejada para o ponto de acesso colimado.

30 Em 1708, pode ser efetuada uma determinação sobre se o ponto de acesso recebeu um sinal CTS concedendo a permissão para transmitir. Caso negativo, o processo retorna a 1704, em que o ponto de acesso monitora o meio aguardando pela próxima oportunidade para requisitar a
35 comunicação. Caso positivo, o ponto de acesso pode iniciar

a transferência de dados em 1710. O sinal CTS recebido pode também incluir um limite de sensoriamento de portadora tal como determinado pelo ponto de acesso desejado.

5 Fazendo agora referência à Figura 18, está ali
ilustrada uma metodologia 1800 exemplar para responder a
uma requisição de comunicação. Em 1802, pode ser recebida
uma RTS ou outra requisição para comunicação. Em 1804, pode
ser determinado o limite de sensoriamento de portadora. O
limite pode ser computado como uma função da interferência
10 recebida a partir de nodos ocultos, determinada com base em
informações de nodos recebidas. O limite pode também ser
uma função da taxa PHY requisitada, a qual pode ser
determinada com base na RTS. A distância entre os pontos de
acesso de origem e destino pode também afetar a computação
15 do nível de limite apropriado.

Em 1806, o ponto de acesso de destino pode
monitorar o meio para determinar se existe uma transmissão
que irá interferir com a comunicação com o ponto de acesso
de origem. Em 1808, pode ser efetuada uma determinação
20 sobre se o meio está liberado para transmissão. Caso
negativo, o processo pode terminar até que seja recebida
outra RTS. Caso positivo, a potência de transmissão
apropriada para o sinal CTS pode ser determinada em 1810. a
potência de transmissão pode estar baseada em informações
25 com referência a nodos ocultos, na distância entre os
pontos de acesso de origem e destino e quaisquer outras
informações relevantes. Em 1812, pode ser transmitido um
sinal CTS para o ponto de acesso de origem, concedendo a
permissão para a transferência de dados. A CTS pode também
30 incluir o limite de sensoriamento de portadora computado,
informando quaisquer nodos receptores.

Além disso, em 1814, pode ser transmitido um
sinal para notificar os nodos próximos para que não
transmitam durante a transferência de dados a partir do
35 ponto de acesso de origem. A potência do sinal pode ser uma

função da taxa física de comunicação entre o ponto de acesso de origem desejado e o ponto de acesso de destino. O sinal pode ser um sinal PSD conformado e a duração da transmissão do PSD conformado pode ser usada para controlar o período em que os nodos devem evitar transmitir. O PSD conformado pode ser transmitido para um dentro um conjunto de períodos de tempo predeterminados (por exemplo, 4 microssegundos, 8 microssegundos e assim por diante). Tipicamente, 4 microssegundos é o tempo mínimo em que o algoritmo de detecção funciona em todos os receptores. Dependendo da duração da transmissão do PSD conformado, os nodos receptores irão evitar transmitir por um período de tempo predefinido.

Fazendo agora referência à Figura 19, estão ali ilustrados quadros exemplares para comunicação de informações de nodos e/ou limites de sensoriamento de portadora dinâmicos. Um quadro de sinal de requisição para transmitir (RTS) 1900 modificado pode incluir um byte adicional que especifica o limite de sensoriamento de portadora (CST) computado. Tal quadro RTS pode ser transmitido a partir de um ponto de acesso de origem / fonte para um ponto de acesso de destino com o qual a origem deseja se comunicar. O ponto de acesso de destino pode conceder permissão através da transmissão de um sinal de liberado / pronto para transmitir (CTS) modificado. O quadro CTS modificado 1902 pode também incluir o limite de sensoriamento de portadora (CST) computado.

Podem ser providas informações de nodo para pontos de acesso vizinhos utilizando-se uma mensagem de broadcast, tal como o sinal de beacon do protocolo 802.11. uma mensagem de broadcast modificada ou quadro de beacon 1904 pode incluir um elemento de informações dentro do corpo do quadro. O elemento de informações pode incluir informações de nodos para nodos vizinhos do ponto de acesso que transmite o quadro de beacon. Em particular, o elemento

de informações pode incluir um endereço e RSSI para cada nodo vizinho.

Apesar de que, com o propósito de simplificar a explanação, as metodologias acima são apresentadas e descritas como uma série de atos, deve ficar claro que as metodologias não ficam limitadas pela ordem dos atos, uma vez que alguns atos podem, de acordo com um a ou mais modalidades, ocorrer em ordens diferentes e/ou simultaneamente com outros atos daquela aqui descrita e apresentada. Como exemplo, os técnicos na área notarão que uma metodologia poderia ser alternativamente apresentada na forma de uma série de estados ou eventos inter-relacionados, tal como em um diagrama de estado. Além disso, nem todos os atos ilustrados podem ser utilizados para implementar uma metodologia de acordo com uma ou mais modalidades.

Será notado que podem ser feitas inferências com referência à classificação de terminais, etc. Tal como é aqui utilizado, o termo "inferir" ou "inferência" se refere de um modo geral ao processo de raciocinar a respeito ou inferir estados do sistema, ambiente e/ou usuário a partir de um conjunto de observações captadas através de eventos e/ou dados. A inferência pode ser empregada para identificar um uma ação ou contexto específico, ou pode gerar uma distribuição de probabilidades por estados, por exemplo. A inferência pode ser probabilística, isto é, a computação de uma distribuição de probabilidades por estados de interesse com base em uma consideração de dados e eventos. A inferência pode também se referir às técnicas empregadas para compor eventos em níveis superiores a partir de um conjunto de eventos e/ou dados. Tal inferência resulta na construção de novos eventos ou ações a partir de um conjunto de eventos observados e/ou dados de eventos armazenados, estejam ou não os eventos correlacionados em

proximidade temporal e os eventos e dados provêm de uma ou várias fontes de dados e eventos.

A Figura 20 é uma ilustração de um sistema 2000 que facilita o uso de limites de sensoriamento de portadora dinâmicos em um ambiente de comunicação de acordo com 5 várias modalidades. O sistema 2000 compreende um ponto de acesso 2002 com um receptor 2010 que recebe sinais provenientes de um ou mais terminais 2004 através de uma ou mais antenas de recepção 2006, e transmite para os um ou 10 mais terminais 2004 através de uma ou mais antenas de transmissão 2008. Em uma ou mais modalidades, as antenas de recepção 2006 e as antenas de transmissão 2008 podem ser implementadas usando-se um único conjunto de antenas. O receptor 2010 pode ser um receptor baseado em MMSE, ou 15 algum outro receptor adequado para separar os terminais a ele designados, como saberão os técnicos na área. De acordo com várias modalidades, podem ser empregados múltiplos receptores (por exemplo, um por antena de recepção) e tais receptores podem se comunicar entre si para prover melhores 20 estimativas de dados de usuários.

O ponto de acesso 2002 compreende também um componente de comunicação 2022, que pode ser um processador diferente do, ou integrado ao, receptor 2010. O componente de comunicação 2022 pode analisar e avaliar informações de 25 nodos e computar uma potência de transmissão e um limite de sensoriamento de portadora dinâmico para otimizar a capacidade de transmissão da rede.

Os símbolos demodulados são analisados por um processador 2014. O processador 2014 está acoplado a uma 30 memória 2016 que armazena informações relacionadas à equalização, tais como a função do equalizador, matrizes do equalizador e quaisquer outros dados relacionados à equalização. Será notado que os componentes de armazenamento de dados (por exemplo, memórias) aqui 35 descritos podem ser de memória volátil ou memória não

volátil, ou podem incluir tanto memórias voláteis como não voláteis. Como exemplo, mas não limitação, a memória não volátil pode incluir uma memória apenas para leitura (ROM), ROM programável (PROM), ROM eletricamente programável (EPROM), memória apenas para leitura programável eletricamente apagável (EEPROM), ou memória flash. A memória volátil pode incluir uma memória de acesso aleatório (RAM), que atua como uma memória cache externa. Como exemplo, mas não limitação, a RAM está disponível em várias formas, tais como RAM síncrona (SRAM), memória de acesso aleatório dinâmico (DRAM), memória de acesso aleatório dinâmica síncrona (SDRAM), SDRAM de taxa de dados dupla (DDR SDRAM), SDRAM ampliada (ESDRAM), DRAM Synchlink (SLDRAM) e RAM Rambus direta (DRRAM). A memória 2010 dos sistemas e métodos em questão compreende, sem qualquer limitação, estes e outros tipos adequados de memória. A saída do receptor para cada antena pode ser processada em conjunto pelo receptor 2010 e/ou processador 2014. Um modulador 2018 pode multiplexar o sinal para transmissão por um transmissor 2020 através de antenas de transmissão 2008 para terminais 2004.

Fazendo referência à Figura 21, está ali ilustrada uma modalidade de um transmissor e receptor em um sistema de comunicação sem fio de múltiplo acesso 2100. No sistema transmissor 2110, dados de tráfego para um certo número de correntes de dados são providos a partir de uma fonte de dados 2112 para um processador de dados de transmissão (TX) 2114. Em uma modalidade, cada corrente de dados é transmitida através de uma respectiva antena de transmissão. O processador de dados TX 2114 formata, codifica e intercala os dados de tráfego para cada corrente de dados com base em um esquema de codificação específico, selecionado para tal corrente de dados para prover dados codificados. Em algumas modalidades, o processador de dados TX 2114 aplica pesos de pré-codificação aos símbolos das

correntes de dados com base no usuário e na antena a partir da qual os símbolos estão sendo transmitidos. Em algumas modalidades, os pesos de pré-codificação podem ser gerados com base em um índice para um livro código / codebook
 5 gerado no transreceptor 2154 e providos na forma de retroalimentação para o transreceptor 2122, que possui conhecimento do livro código e seus índices. Além disso, nos casos de transmissões programadas, o processador de dados TX 2114 pode selecionar o formato de pacote com base
 10 em informações de ordem ou hierarquia que são transmitidas a partir do usuário.

Os dados codificados para cada corrente de dados podem ser multiplexados com dados de piloto usando-se técnicas OFDM. Os dados de piloto são tipicamente um padrão
 15 de dados conhecido que é processado de maneira conhecida e que pode ser usado no sistema receptor para estimar a resposta de canal. Os dados de piloto e codificados multiplexados para cada corrente de dados são a seguir modulados (por exemplo, mapeados para símbolos) com base em
 20 um esquema de modulação específico (por exemplo, BPSK, QPSK, M-PSK, ou M-QAM) selecionado para tal corrente de dados para prover símbolos de modulação. A taxa de dados, codificação e modulação para cada corrente de dados podem ser determinadas por instruções efetuadas pelo processador
 25 2130.

Os símbolos de modulação para todas as correntes de dados são a seguir providos para um processador MIMO TX 2120, que pode processar adicionalmente os símbolos de modulação (por exemplo, para OFDM). O processador MIMO TX
 30 2120 a seguir provê N_T correntes de símbolos de modulação para N_T transreceptores (TMTR) 2122a a 2122t. Em certas modalidades, o processador MIMO TX 2120 aplica pesos de pré-codificação aos símbolos das correntes de dados com base no usuário para o qual os símbolos estão sendo
 35 transmitidos e na antena a partir da qual o símbolo está

sendo transmitido a partir das informações de resposta de canal de tal usuário.

Cada transreceptor 2122 recebe e processa uma respectiva corrente de símbolos para prover um ou mais
5 sinais analógicos e condiciona adicionalmente (por exemplo, amplifica, filtra e converte para transmissão) os sinais analógicos para prover um sinal modulado adequado para transmissão através do canal MIMO. N_T sinais modulados provenientes dos transreceptores 2122a a 2122t são a seguir
10 transmitidos a partir de N_T antenas 2124a a 2124t, respectivamente.

No sistema receptor 2150, os sinais modulados transmitidos são recebidos por N_R antenas 2152a a 2152r e o sinal recebido proveniente de cada antena 2152 é provido a
15 um respectivo transreceptor (RCVR) 2154. Cada transreceptor 254 condiciona (por exemplo, filtra, amplifica e converte para recepção) um respectivo sinal recebido, digitaliza o sinal condicionado para prover amostras e processa adicionalmente as amostras para prover uma correspondente
20 corrente de símbolos "recebida".

Um processador de dados RX 2160 a seguir recebe e processa as N_R correntes de símbolos recebidas provenientes de N_R transreceptores 2154 com base em uma técnica de processamento de receptor específica para prover N_T
25 correntes de símbolos "detectadas". O processamento pelo processador de dados RX 2160 será descrito em maiores detalhes mais adiante. Cada corrente de símbolos detectada inclui símbolos que são estimativas dos símbolos de modulação transmitidos para a corrente de dados
30 correspondente. O processador de dados RX 2160 a seguir demodula, deintercala e decodifica cada corrente de símbolos detectada para recuperar os dados de tráfego para a corrente de dados. O processamento pelo processador de dados RX 2160 é complementar àquele efetuado pelo

processador MIMO TX 2120 e pelo processador de dados TX 2114 no sistema transmissor 2110.

As estimativas de resposta de canal as estimativas de resposta de canal geradas pelo processador RX 2160 podem ser usadas para efetuar o processamento espacial, espaço / tempo no receptor, ajustar níveis de potência, modificar taxas ou esquemas de modulação, ou outras ações. O processador RX 2160 pode também estimar as razões de sinal para ruído mais interferência (SNIR) das correntes de símbolos detectadas e possivelmente outras características de canal, e prover tais valores a um processador 2170. O processador de dados RX 2160 ou o processador 2170 pode também derivar uma estimativa da SNIR "operacional" para o sistema. O processador 2170 a seguir provê CSI estimadas, que podem compreender vários tipos de informações com referência ao link de comunicação e/ou à corrente de dados recebida. Como exemplo, as CSI podem consistir apenas da SNIR operacional. As CSI são a seguir processadas por um processador de dados TX 2178, que também recebe dados de tráfego para um certo número de correntes de dados a partir de uma fonte de dados 2176 modulados por um modulador 2180, condicionados por transreceptores 2154a a 2154r e transmitidos de volta ao sistema transmissor 2110.

No sistema transmissor 2110, os sinais modulados provenientes do sistema receptor 2150 são recebidos pelas antenas 2124, condicionados por receptores 2122, demodulados por um demodulador 2140 e processados por um processador de dados RX 2142 para recuperar as CSI reportadas pelo sistema receptor. As informações quantificadas reportadas (por exemplo, CQI) são a seguir providas ao processador 2130 e usadas para (1) determinar as taxas de dados e esquemas de codificação e modulação a serem usados para as correntes de dados e (2) para gerar

vários controles para o processador de dados TX 2114 e o processador MIMO TX 2120.

As técnicas aqui descritas podem ser implementadas por vários meios. Como exemplo, tais técnicas podem ser implementadas em hardware, software, ou uma combinação de tais. Para uma implementação em hardware, as unidades de processamento para tais técnicas podem ser implementadas dentro de um ou mais circuitos integrados específicos para aplicação (ASICs), processadores de sinais digitais (DSPs), dispositivos processadores de sinais digitais (DSPDs), dispositivos lógicos programáveis (PLDs), arranjos de porta programáveis no campo (FPGAs), processadores, controladores, micro controladores, microprocessadores, outras unidades eletrônicas projetadas para efetuar as funções aqui descritas, ou uma combinação de tais.

Fazendo agora referência à Figura 22, está ali ilustrada uma modalidade de um sistema 2200 que facilita a otimização da capacidade de transmissão da rede sem fio. O sistema 2200 inclui um módulo 2202 que obtém dados de nodos relacionados a nodos vizinhos. Em particular, pontos de acesso podem transmitir broadcasts periódicos que listam nodos próximos e incluem dados de nodos. Tais dados de nodos podem incluir indicadores de força de sinal relativa (RSSI). Além disso, tais dados de nodos podem ser incorporados a quadros de beacon utilizados para controlar a sincronização com clientes de pontos de acesso. Os quadros de beacon podem ser transmitidos para pontos de acesso vizinhos, bem como para clientes.

O sistema 2200 pode também incluir um módulo 2204 que determina um limite de sensoriamento de portadora apropriado com base, pelo menos em parte, nos dados de nodo obtidos. Os dados de nodo podem ser usados para estimar os números de nodos ocultos e a interferência de nodos percebida por um ponto de acesso. Um limite de

sensoriamento de portadora pode ser selecionado com base em tal interferência, na distância entre os pontos de acesso de origem / destino, na taxa PHY e outras informações relevantes. A seleção de um limite de sensoriamento de portadora apropriado propicia mais comunicações simultâneas na rede sem fio, aumentando a capacidade de transmissão da rede.

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

O que foi acima descrito inclui uma ou mais modalidades exemplares. Naturalmente não é possível descrever cada combinação concebível de componentes ou metodologias com o propósito de descrever as modalidades acima mencionadas, porém os técnicos na área notarão que várias outras combinações e permutações de modalidades são possíveis. Assim sendo, tais modalidades tencionam englobar todas estas alterações, modificações e variações que se insiram no espírito e escopo das reivindicações anexas. Além disso, no grau em que o termo "inclui" é utilizado, seja na descrição detalhada ou nas reivindicações, tal termo tenciona ser abrangente, de forma similar ao termo "compreende", tal como "compreende" é interpretado quando empregado como uma palavra de transição em uma reivindicação.

REIVINDICAÇÕES

1. Um método que facilita a comunicação em um ambiente de rede sem fio, compreendendo:

5 obter informações de nodo relacionadas a um nodo vizinho;

determinar um limite de sensoriamento de portadora apropriado para otimizar a capacidade de transmissão da rede como uma função das informações de nodo; e

10 controlar a transferência de dados com base, pelo menos em parte, no limite de sensoriamento de portadora.

2. O método, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo também receber as informações de nodos em uma mensagem de broadcast periódica.

15 3. O método, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo também:

identificar um nodo oculto a partir das informações de nodos; e

20 computar a interferência proveniente do nodo oculto como uma função das informações de nodos, o limite de sensoriamento de portadora sendo determinado como uma função da interferência.

4. O método, de acordo com a reivindicação 3, compreendendo também computar a distância até o nodo oculto
25 como uma função de um indicador de força do sinal recebido incluído nas informações de nodos, a interferência sendo uma função da distância.

5. O método, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo também determinar uma potência de transmissão
30 para a transferência de dados como uma função de uma taxa de transferência.

6. O método, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo também incluir o limite de sensoriamento de portadora em uma requisição para transferência de dados.

7. O método, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo também incluir o limite de sensoriamento de portadora em um sinal que concede permissão para transferência de dados.

5 8. O método, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo também:

adaptar a densidade espectral de potência para uma mensagem de controle que sinaliza ao nodo vizinho para evitar transmitir durante a transferência de dados; e
10 transmitir a mensagem de controle.

9. O método, de acordo com a reivindicação 8, no qual o comprimento da mensagem de controle é indicativo da duração de tempo em que o nodo vizinho deve evitar transmitir.

15 10. O método, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo também:

gravar um indicador de força de sinal recebido proveniente de pelo menos um nodo;
gerar um quadro de beacon incluindo o indicador
20 de força de sinal recebido; e
transmitir o quadro de beacon.

11. Um equipamento que facilita a comunicação em rede, compreendendo:

um processador que executa instruções para
25 receber informações associadas a pelo menos um nodo de rede, selecionar um limite de sensoriamento de portadora como uma função das informações recebidas e gerenciar a comunicação de rede com base, pelo menos em parte, no limite de sensoriamento de portadora; e
30 uma memória acoplada ao processador.

12. O equipamento, de acordo com a reivindicação 11, no qual o processador executa também instruções para computar a interferência potencial como uma função de um indicador de força de sinal recebido incluído nas
35 informações de nodos, sendo o limite de sensoriamento de

portadora selecionado com base, pelo menos em parte, na interferência computada.

13. O equipamento, de acordo com a reivindicação 11, no qual o processador executa também instruções para
5 computar a distância até um nodo oculto como uma função do indicador de força de sinal recebido, sendo a interferência baseada, pelo menos em parte, na distância.

14. O equipamento, de acordo com a reivindicação 11, no qual o processador executa também instruções para
10 transmitir um sinal de controle que ordena a um nodo oculto evitar transmitir, em que o comprimento do sinal de controle determina a duração de tempo em que o nodo oculto deve evitar transmitir.

15. O equipamento, de acordo com a reivindicação 11, no qual o limite de sensoriamento de portadora é
15 incluído em uma requisição para comunicação em rede.

16. O equipamento, de acordo com a reivindicação 11, no qual o limite de sensoriamento de portadora é
incluído em uma concessão de permissão para comunicação em
20 rede.

17. Um equipamento que facilita a otimização da capacidade de transmissão em rede, compreendendo:

dispositivos para obter dados de nodo relacionados a um nodo de rede; e

25 dispositivos para ajustar um limite de sensoriamento de portadora como uma função dos dados de nodo, em que o limite de sensoriamento de portadora é utilizado para ordenar transferências de dados entre um ponto de acesso fonte e um ponto de acesso de destino.

30 18. O equipamento, de acordo com a reivindicação 17, compreendendo também dispositivos para receber uma mensagem de broadcast periódica contendo os dados de nodos.

19. O equipamento, de acordo com a reivindicação 17, compreendendo também dispositivos para determinar a
35 interferência proveniente do nodo de rede como uma função

dos dados de nodo, o limite de sensoriamento de portadora estando baseado, pelo menos em parte, na interferência.

20. O equipamento, de acordo com a reivindicação 17, compreendendo também dispositivos para transmitir uma
5 requisição de transferência de dados que inclui o limite de sensoriamento de portadora.

21. O equipamento, de acordo com a reivindicação 17, compreendendo também dispositivos para transmitir um
10 sinal de controle que ordena ao nodo de rede a evitar transmitir, o comprimento do sinal sendo indicativo da duração de tempo em que o nodo deve evitar transmitir.

22. Um meio para leitura por computador, possuindo instruções para:

15 receber informações de nodos provenientes de pelo menos um ponto de acesso, as informações de nodos incluindo informações de força de sinal relacionadas a pelo menos um nodo vizinho do ponto de acesso; e

determinar um limite de sensoriamento de portadora utilizado para gerenciar transmissões de dados
20 como uma função das informações de nodos recebidas.

23. O meio para leitura por computador, de acordo com a reivindicação 22, compreendendo também instruções para computar a interferência proveniente do
25 pelo menos um nodo vizinho como uma função das informações de força de sinal recebidas, em que o limite de sensoriamento de portadora está baseado, pelo menos em parte, na interferência.

24. O meio para leitura por computador, de acordo com a reivindicação 22, compreendendo também
30 instruções para:

receber uma requisição para transmissão a partir de um ponto de acesso fonte;

computar uma potência de transmissão como uma função da taxa de transmissão;

utilizar o limite de sensoriamento de portadora para determinar se deve ser concedida a permissão para transmissão; e

transmitir um sinal de permissão para transmitir
5 utilizando a potência de transmissão.

25. O meio para leitura por computador, de acordo com a reivindicação 24, compreendendo também instruções para a transmissão de um sinal de controle que ordena o pelo menos um nodo vizinho a evitar a transmissão
10 durante a comunicação proveniente do ponto de acesso fonte.

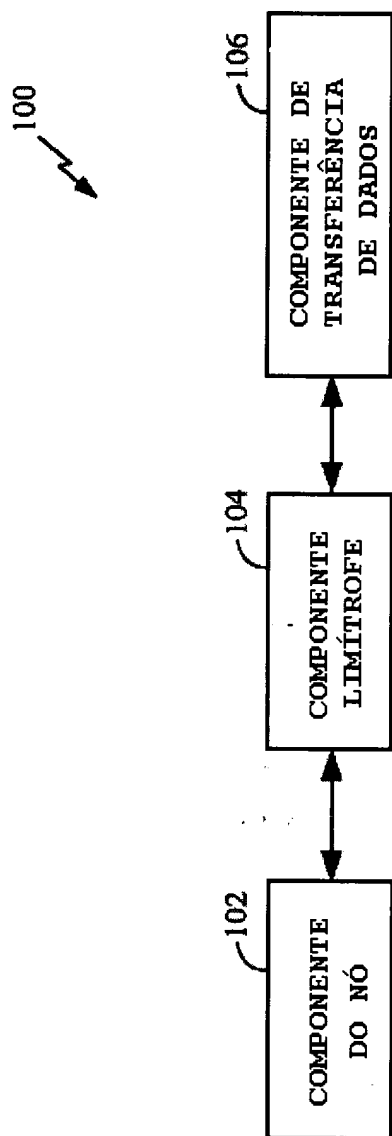


FIG. 1

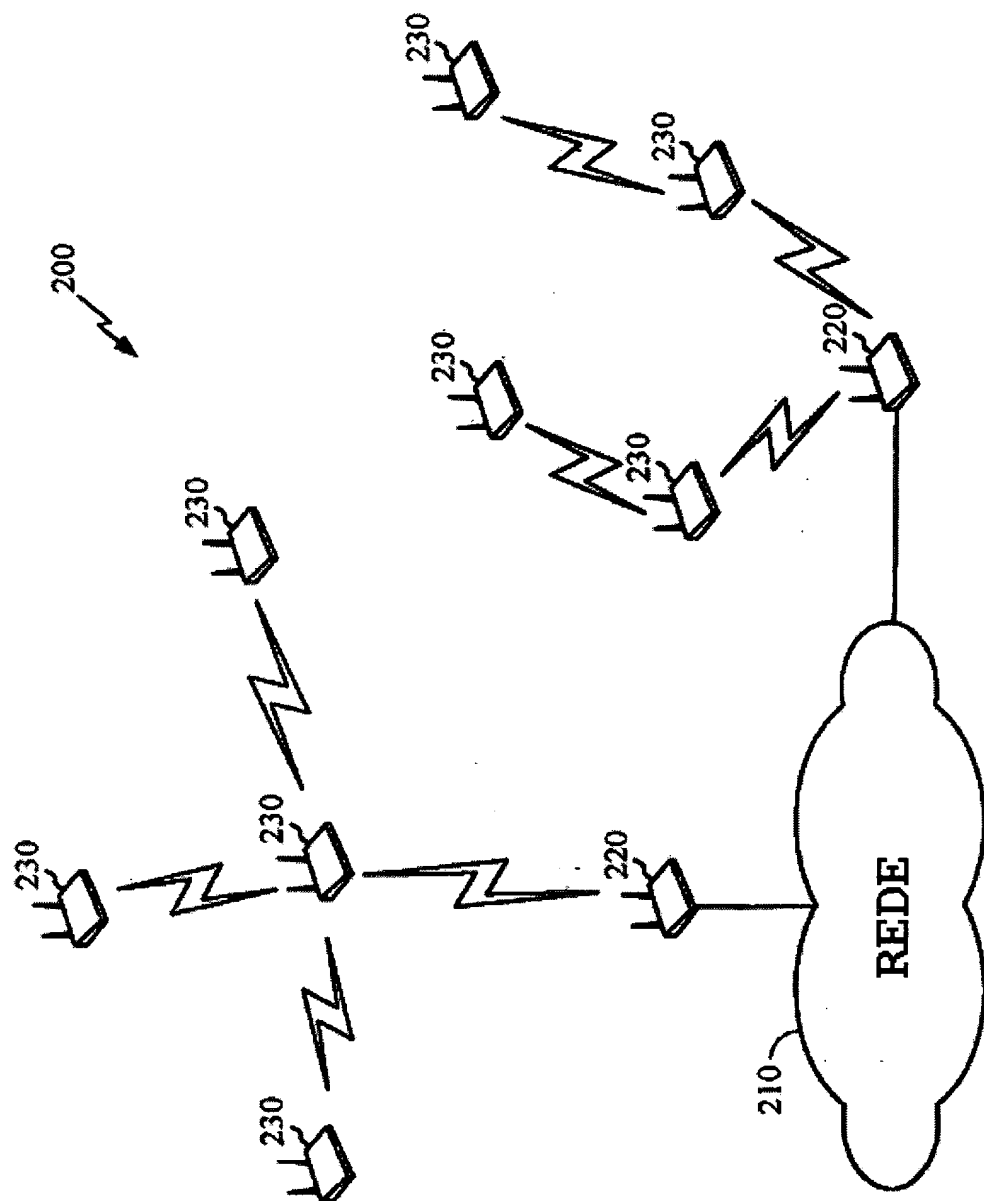


FIG. 2

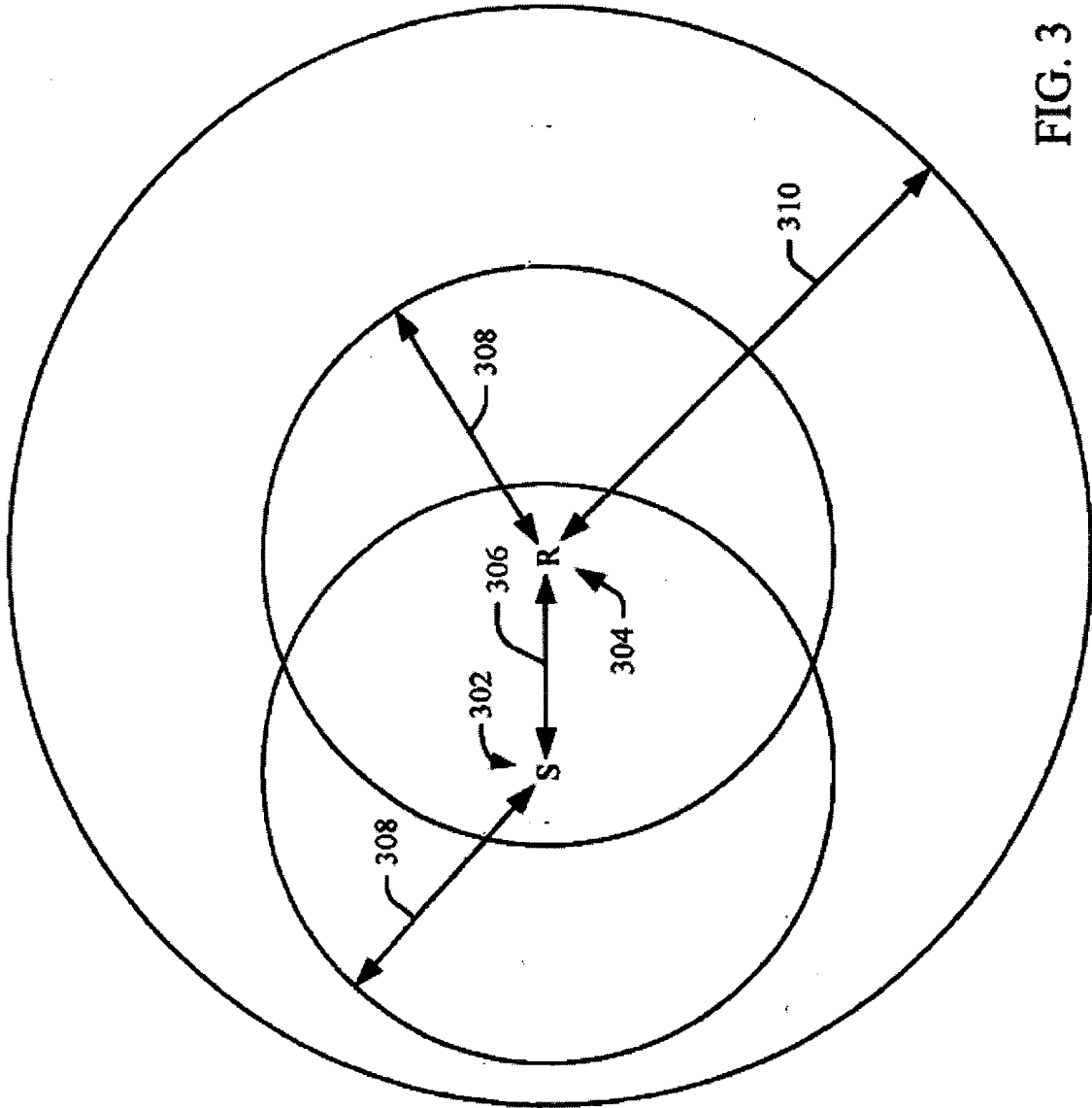


FIG. 3

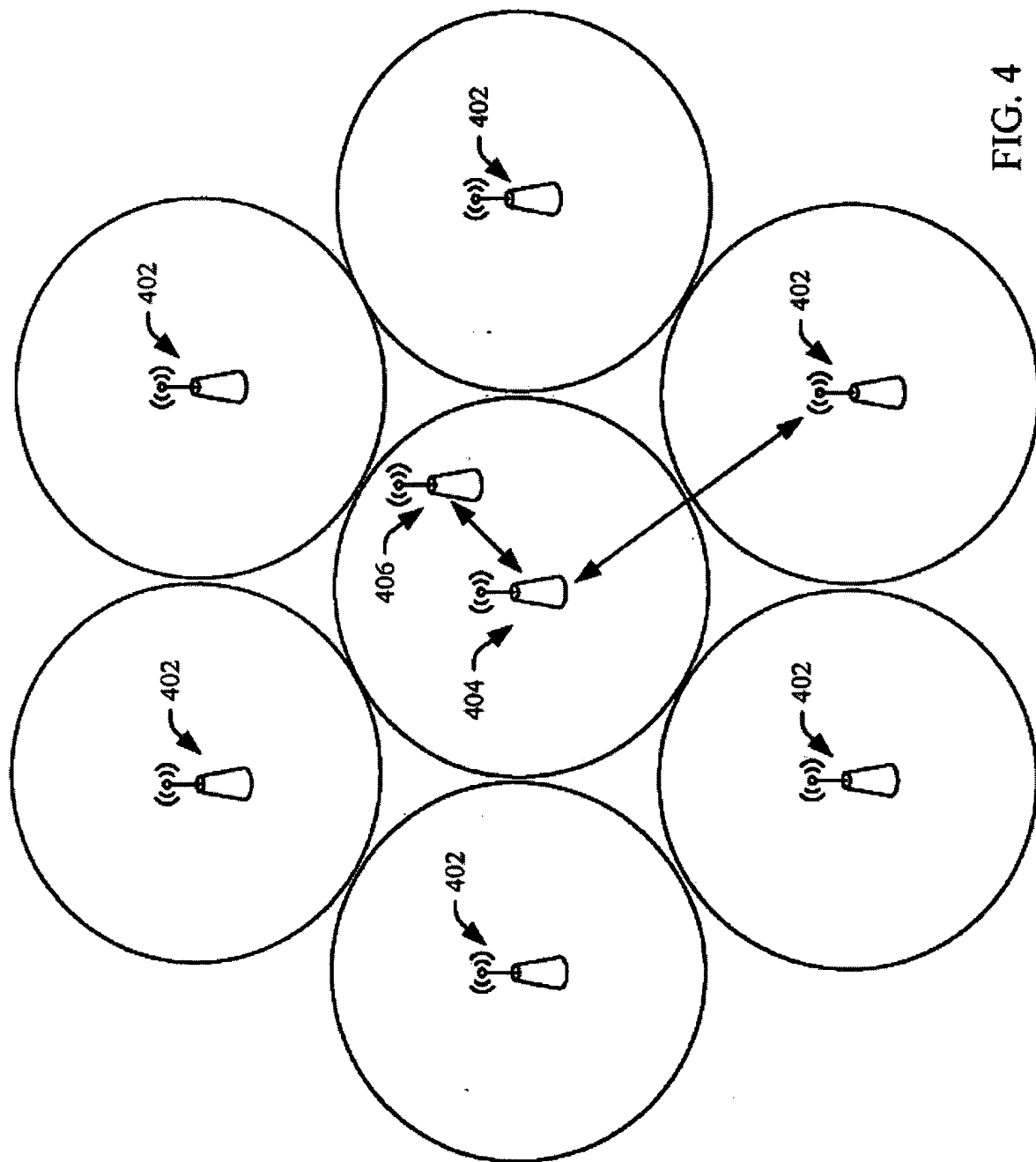
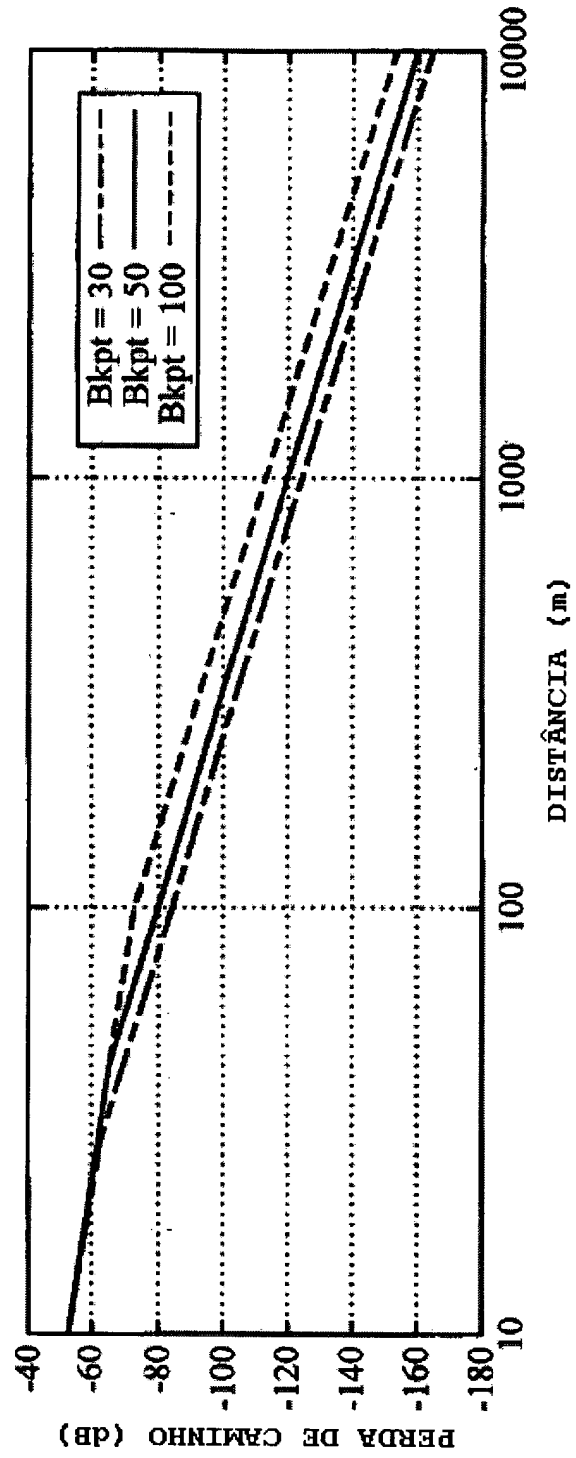


FIG. 4



500

FIG. 5

600

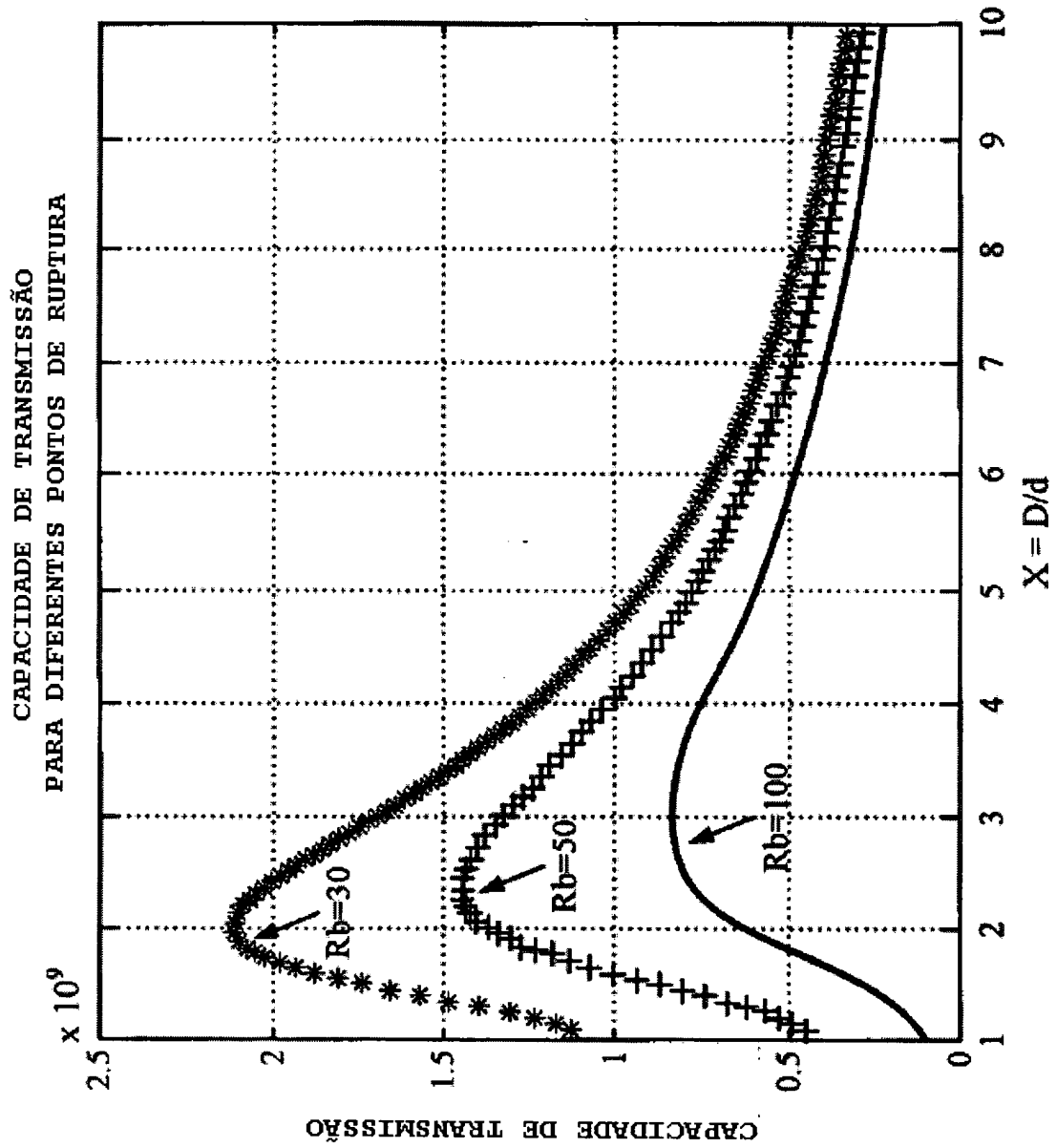


FIG. 6

D_{min} COMO UMA FUNÇÃO DO PONTO DE RUPTURA E SINR

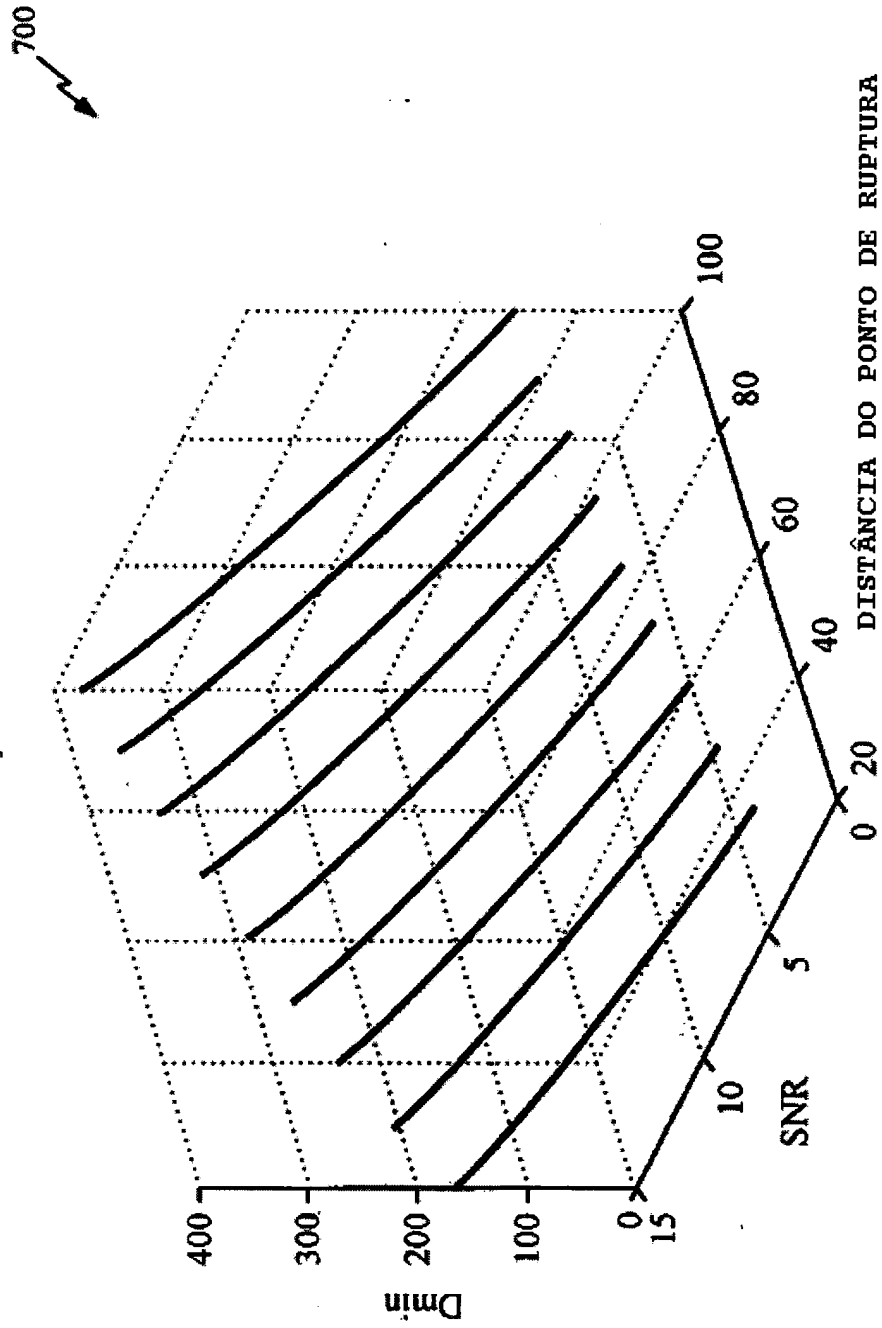


FIG. 7

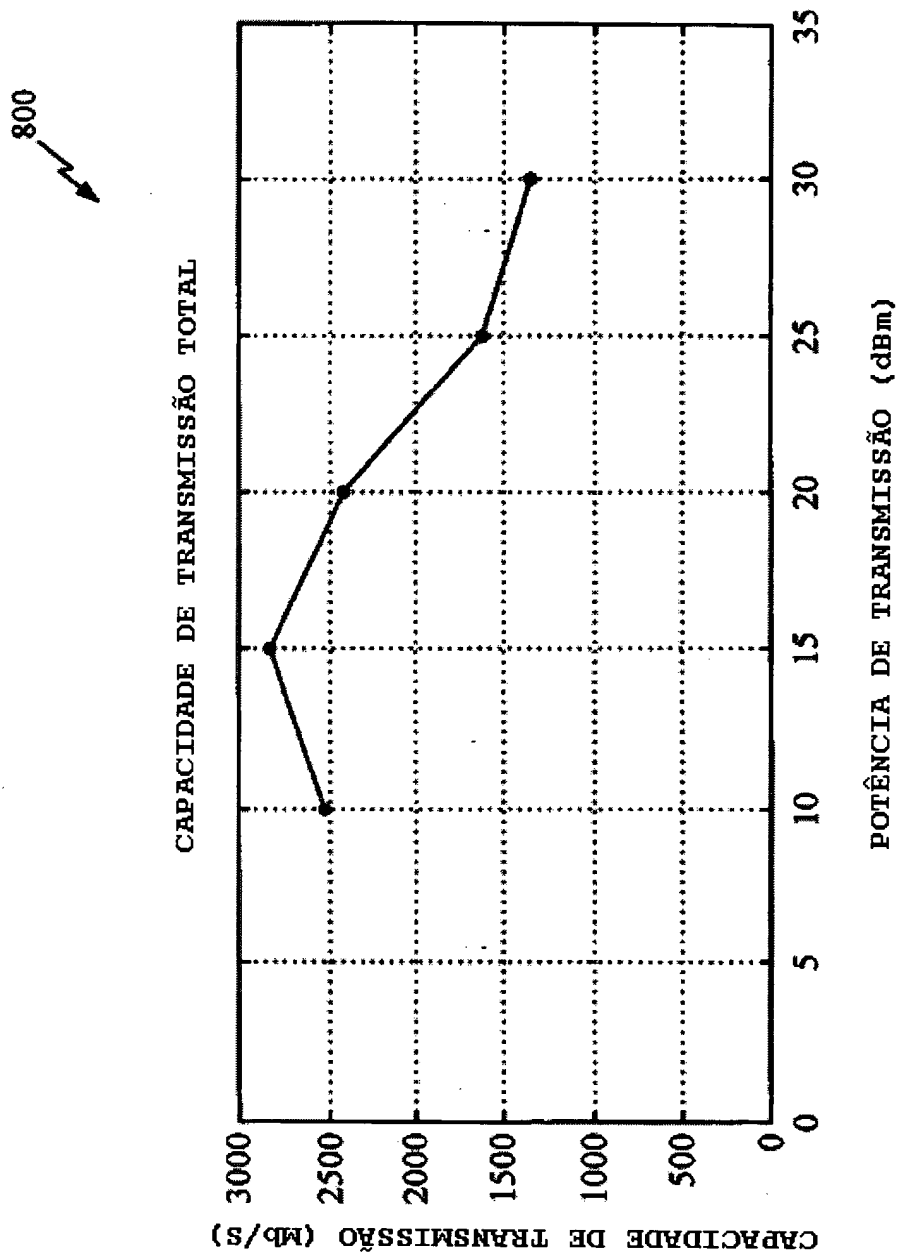


FIG. 8

CAPACIDADE DE TRANSMISSÃO DE ÁREA PARA DIFERENTES
POTÊNCIAS DE LAYOUT RANDÔMICOS

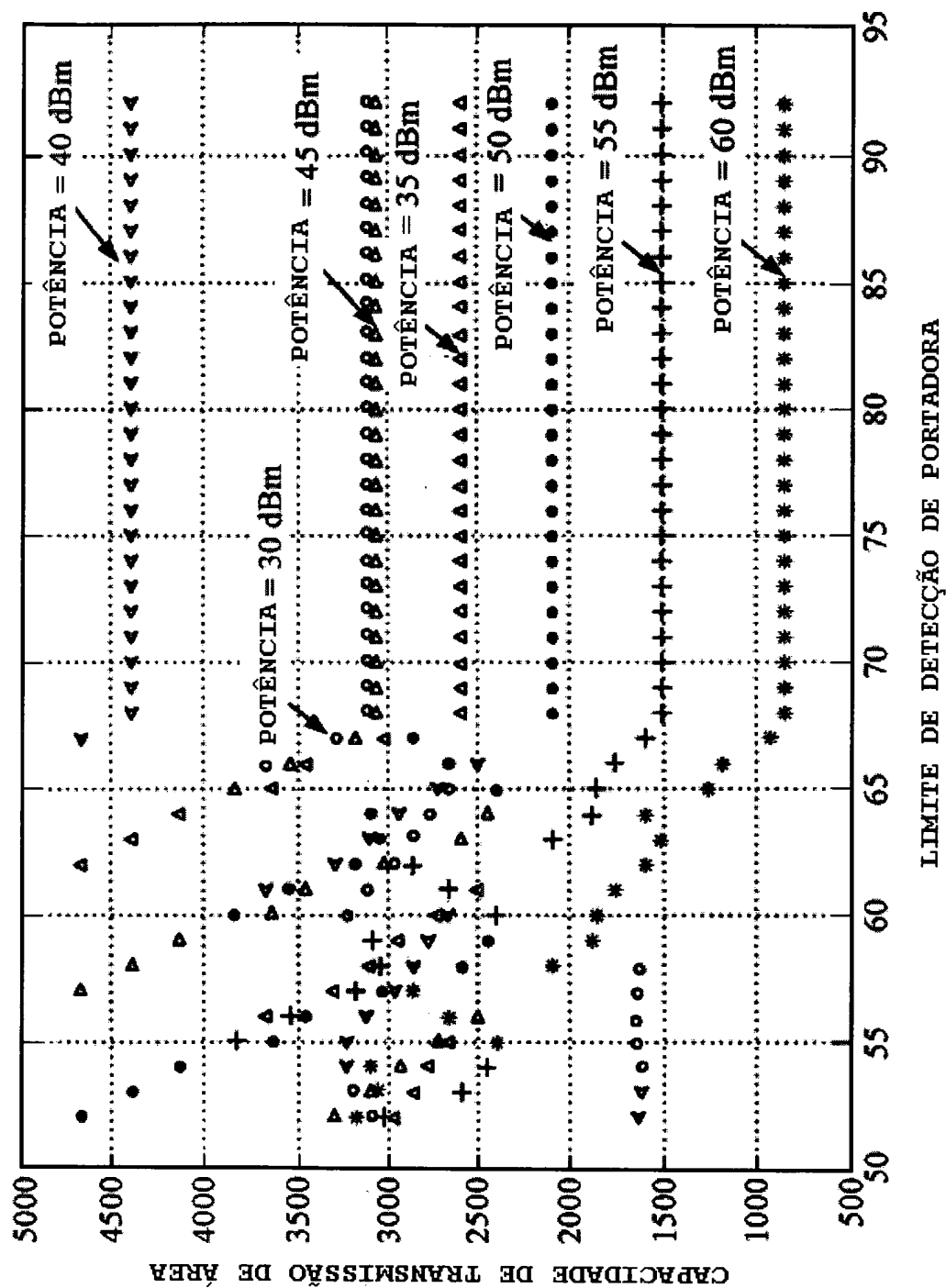


FIG. 9

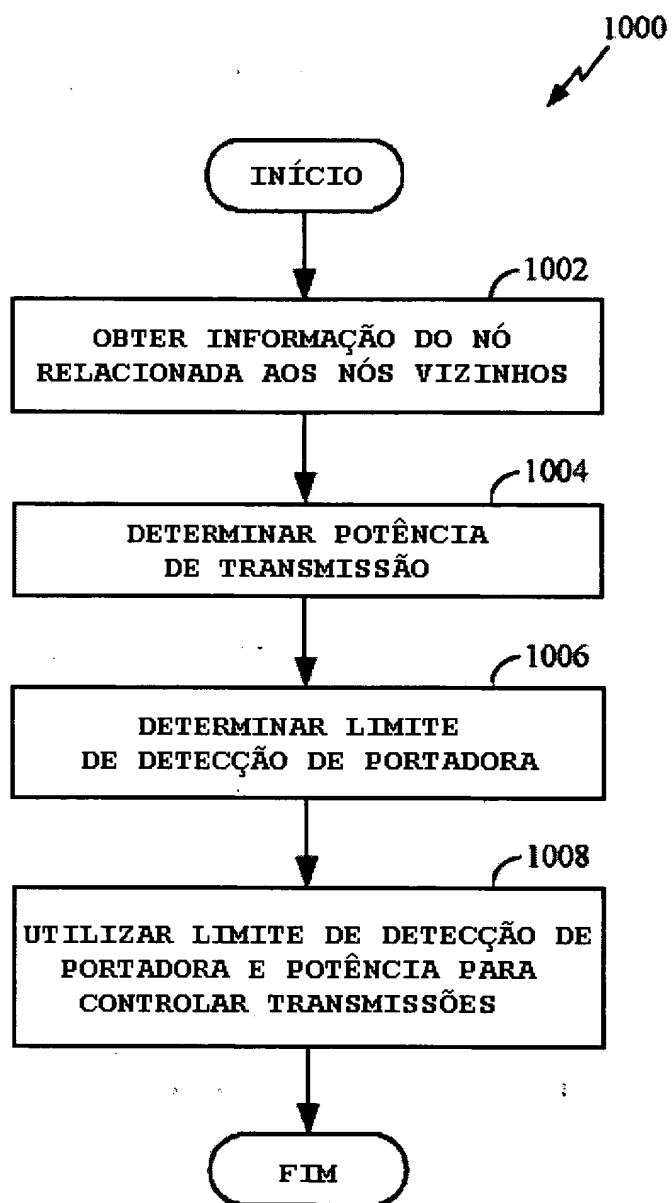


FIG. 10

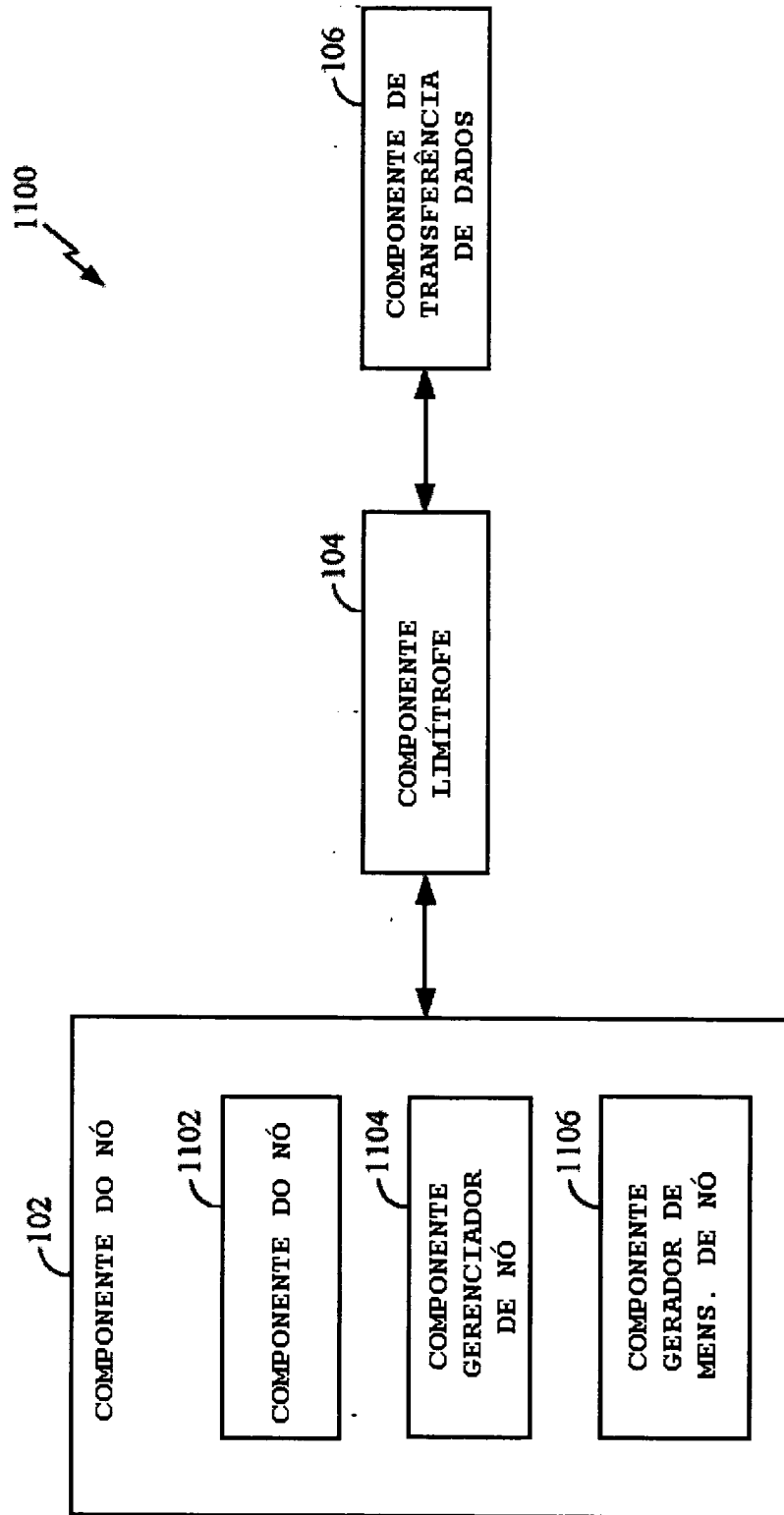


FIG. 11

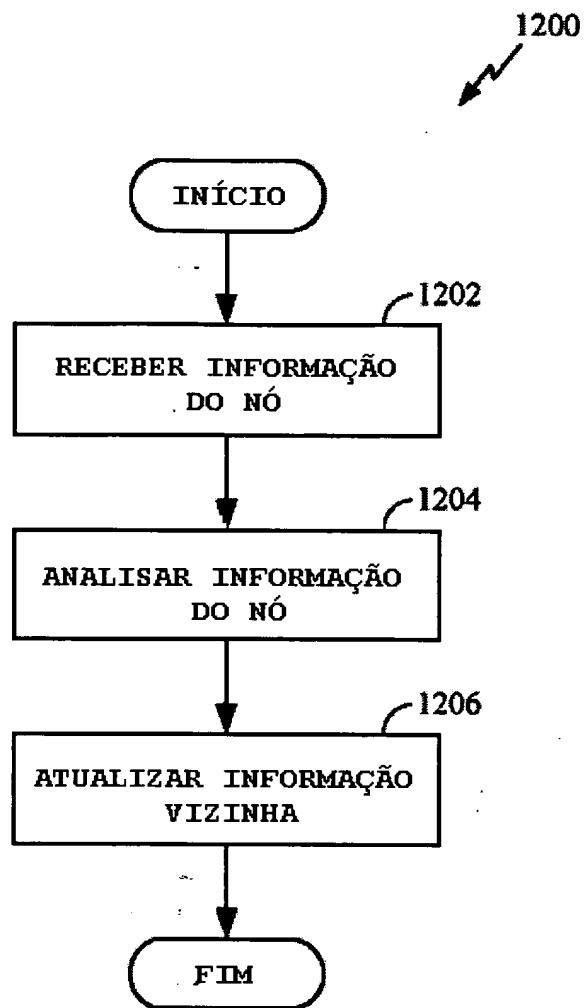


FIG. 12

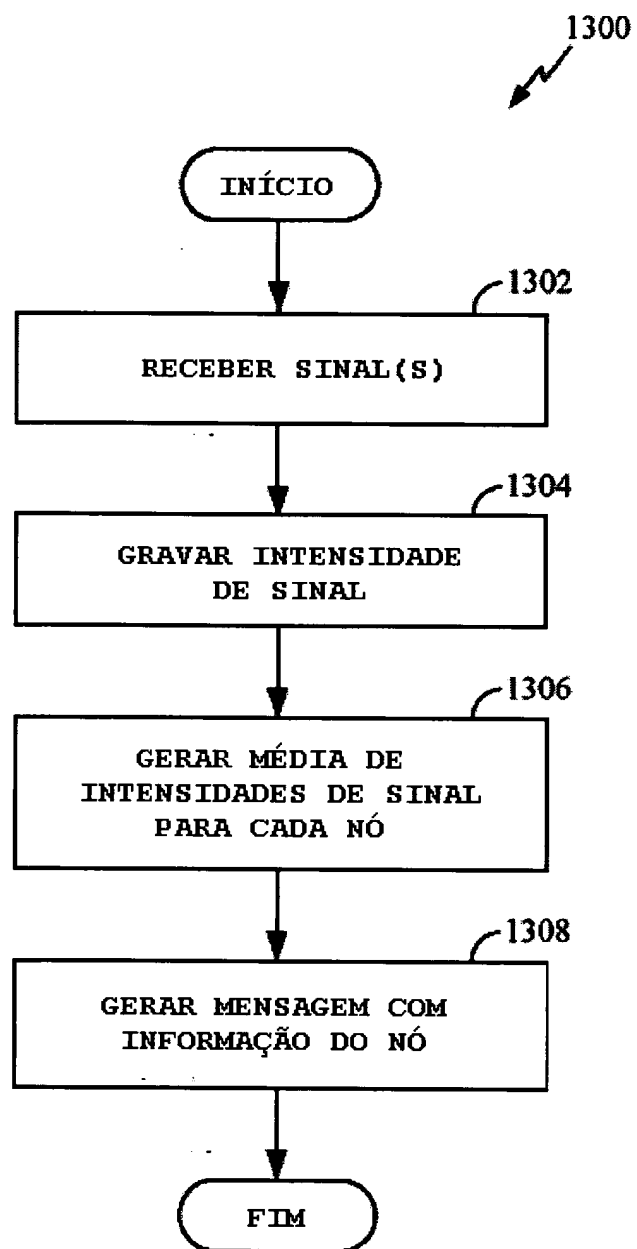


FIG. 13

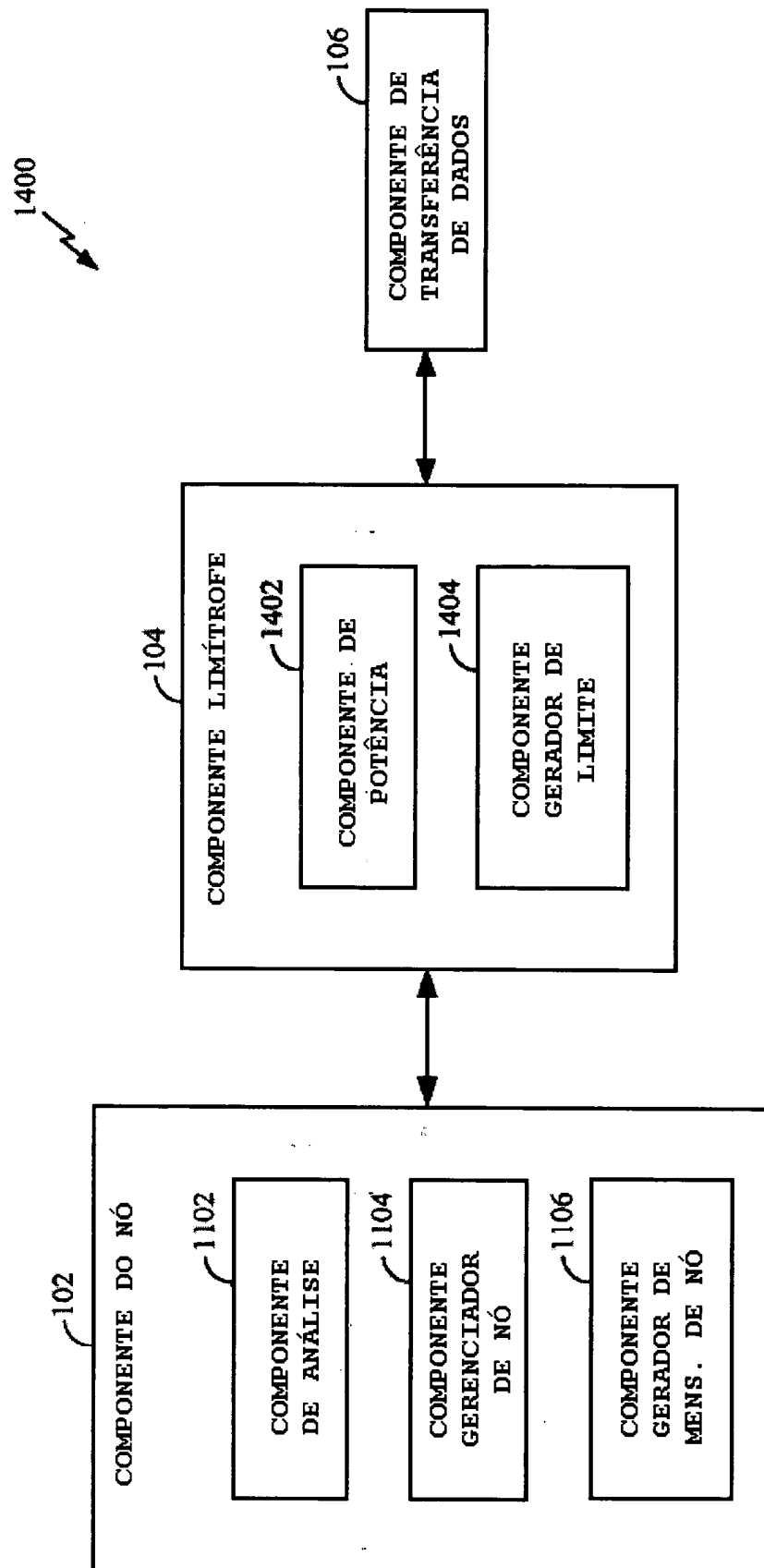


FIG. 14

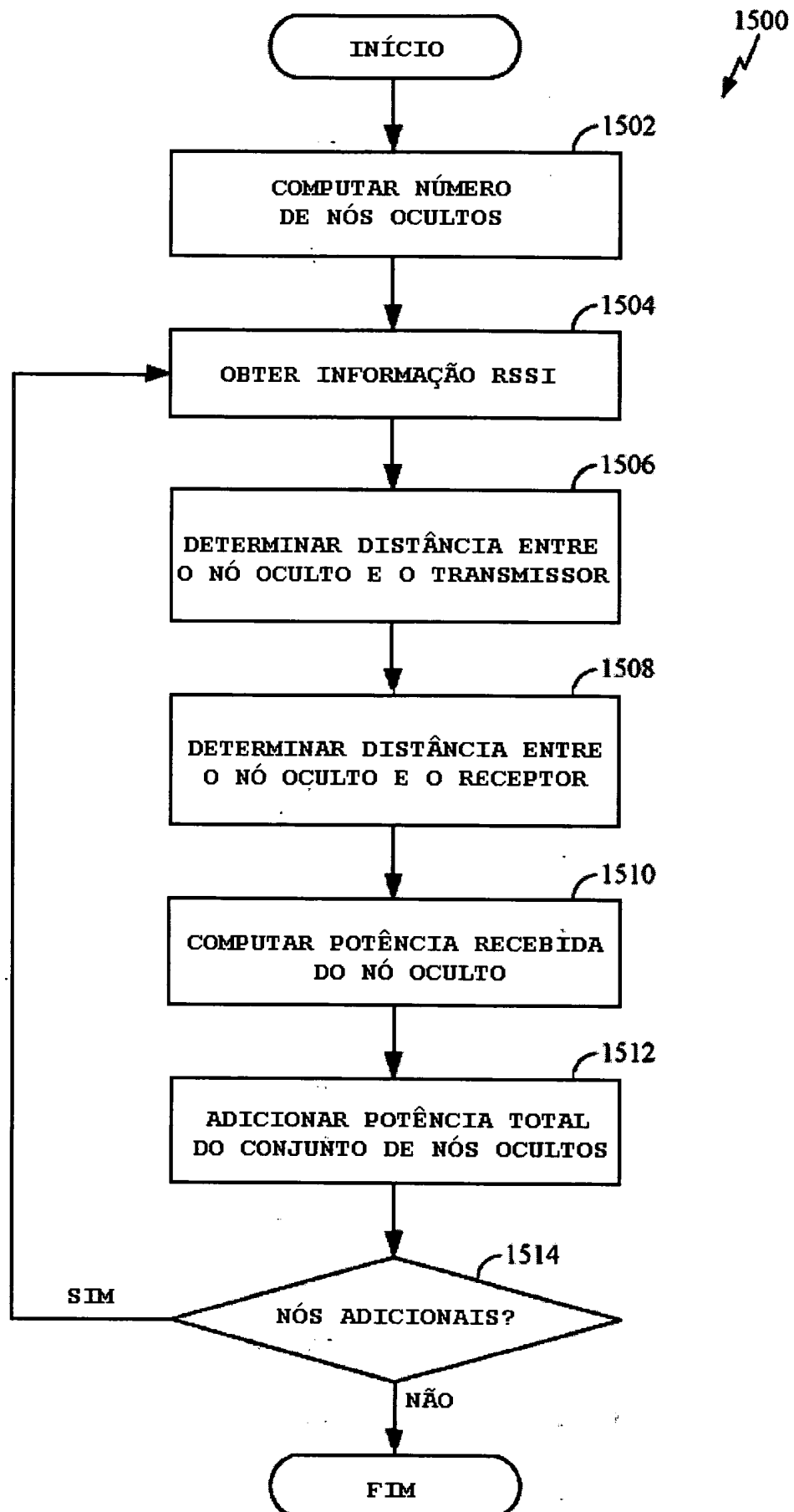


FIG. 15

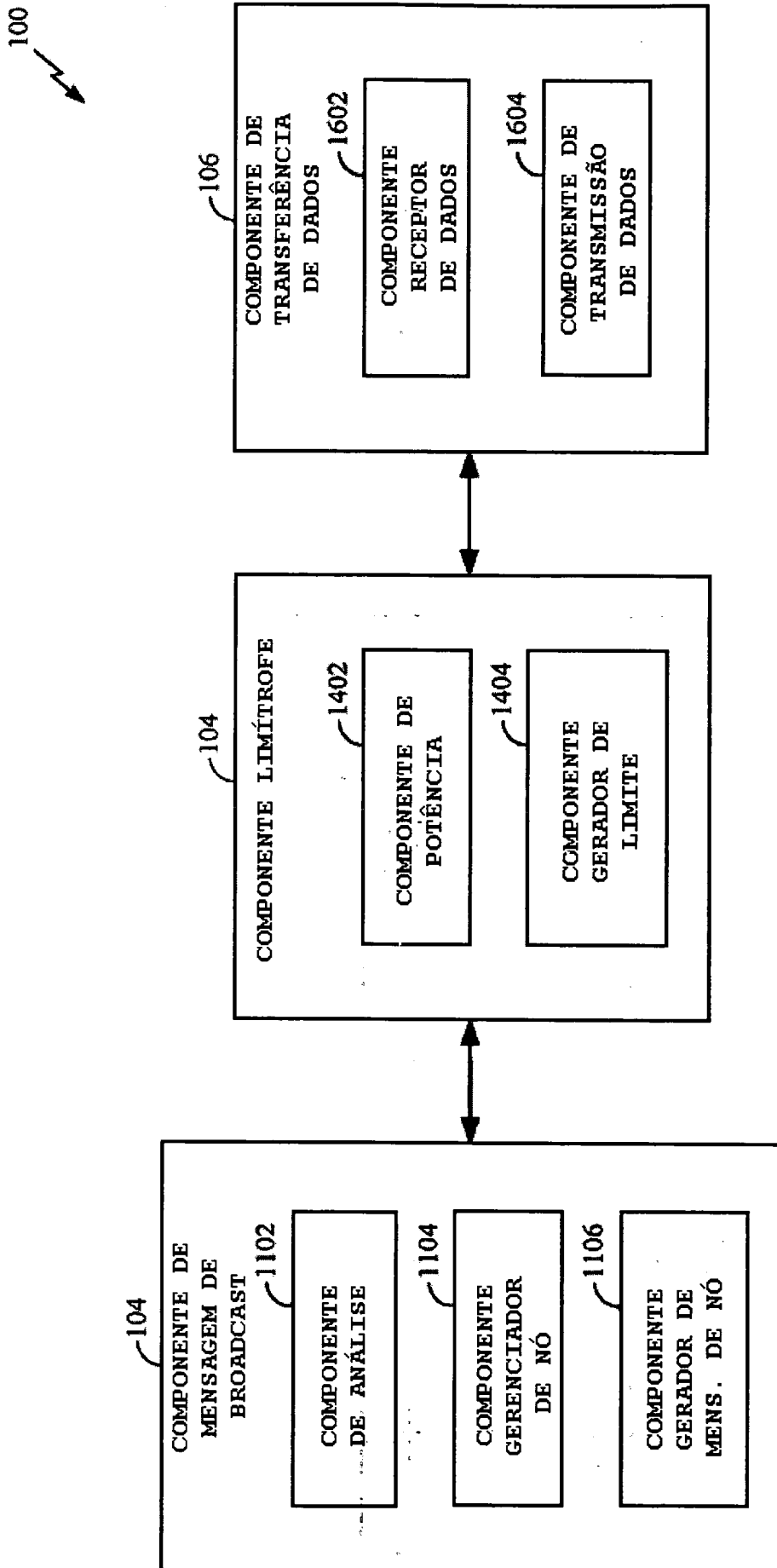


FIG. 16

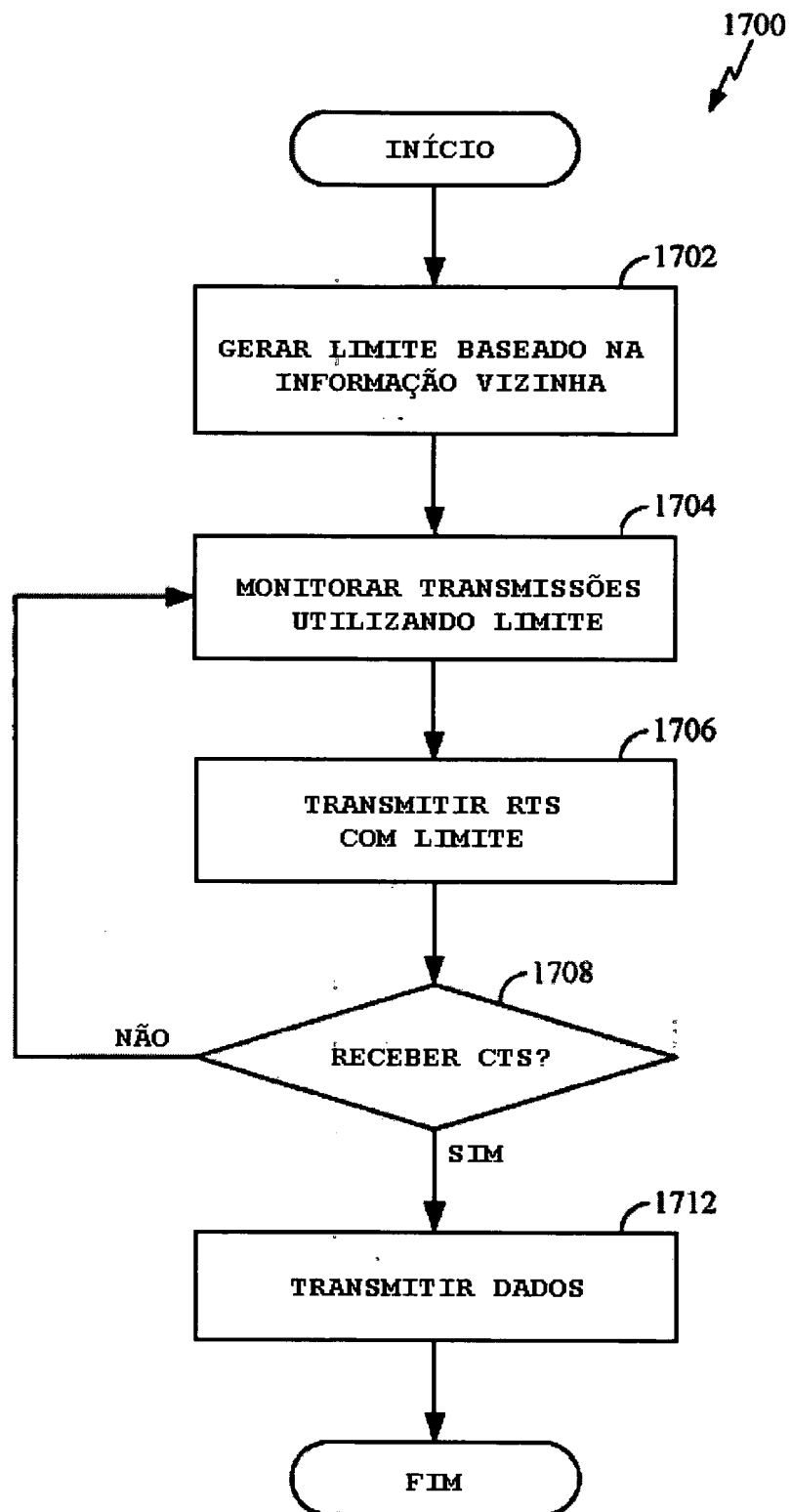


FIG. 17

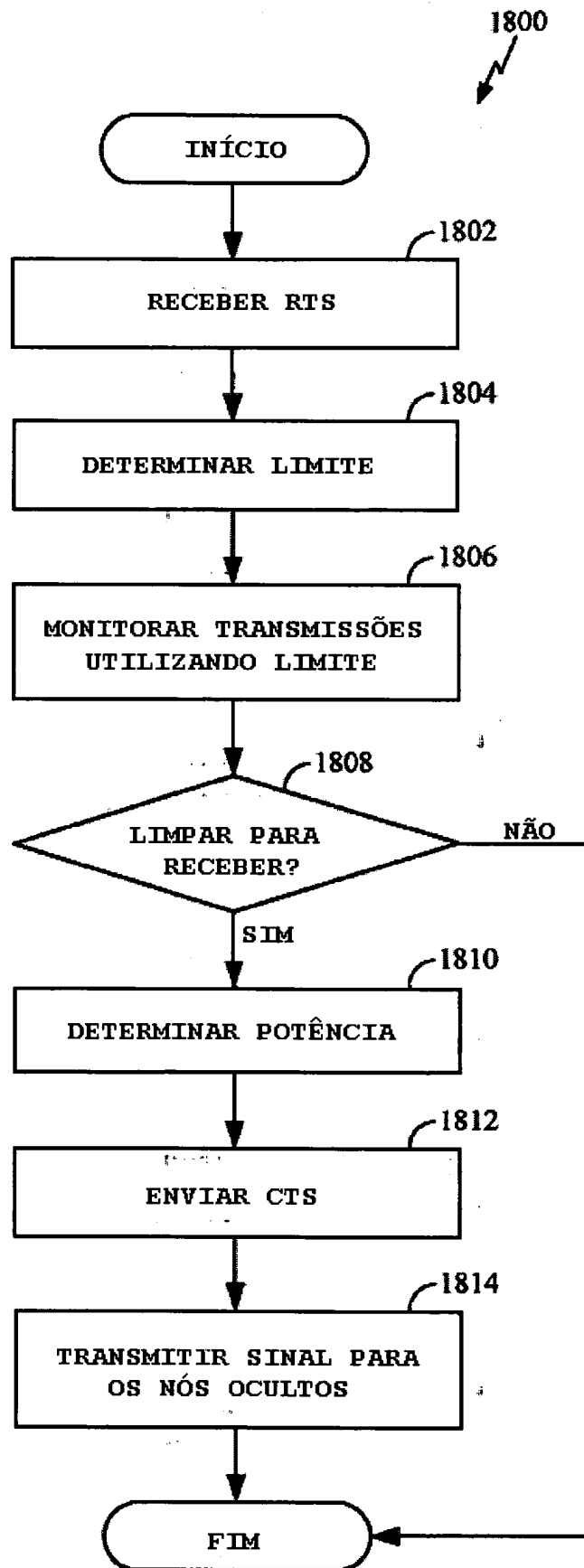


FIG. 18

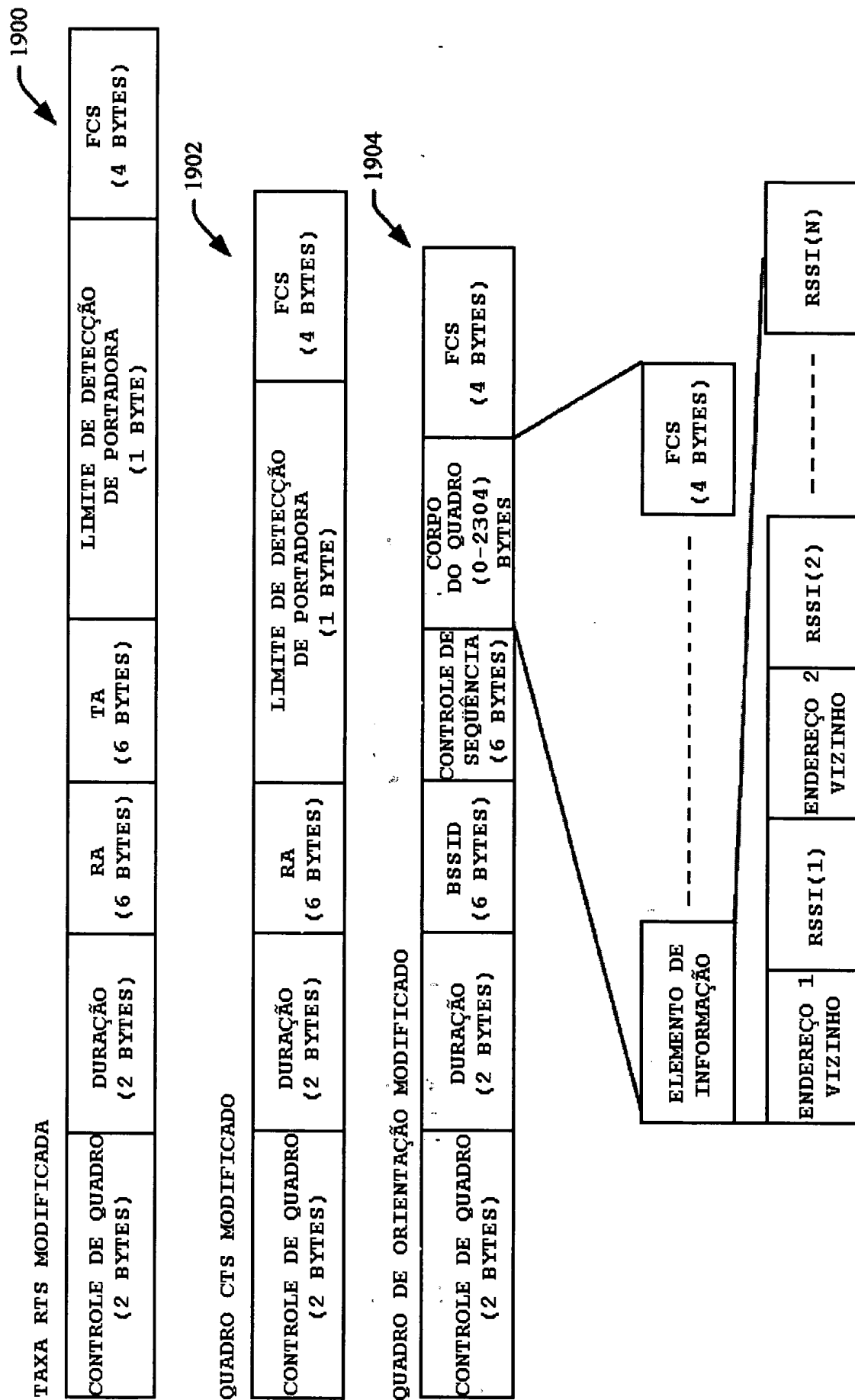


FIG. 19

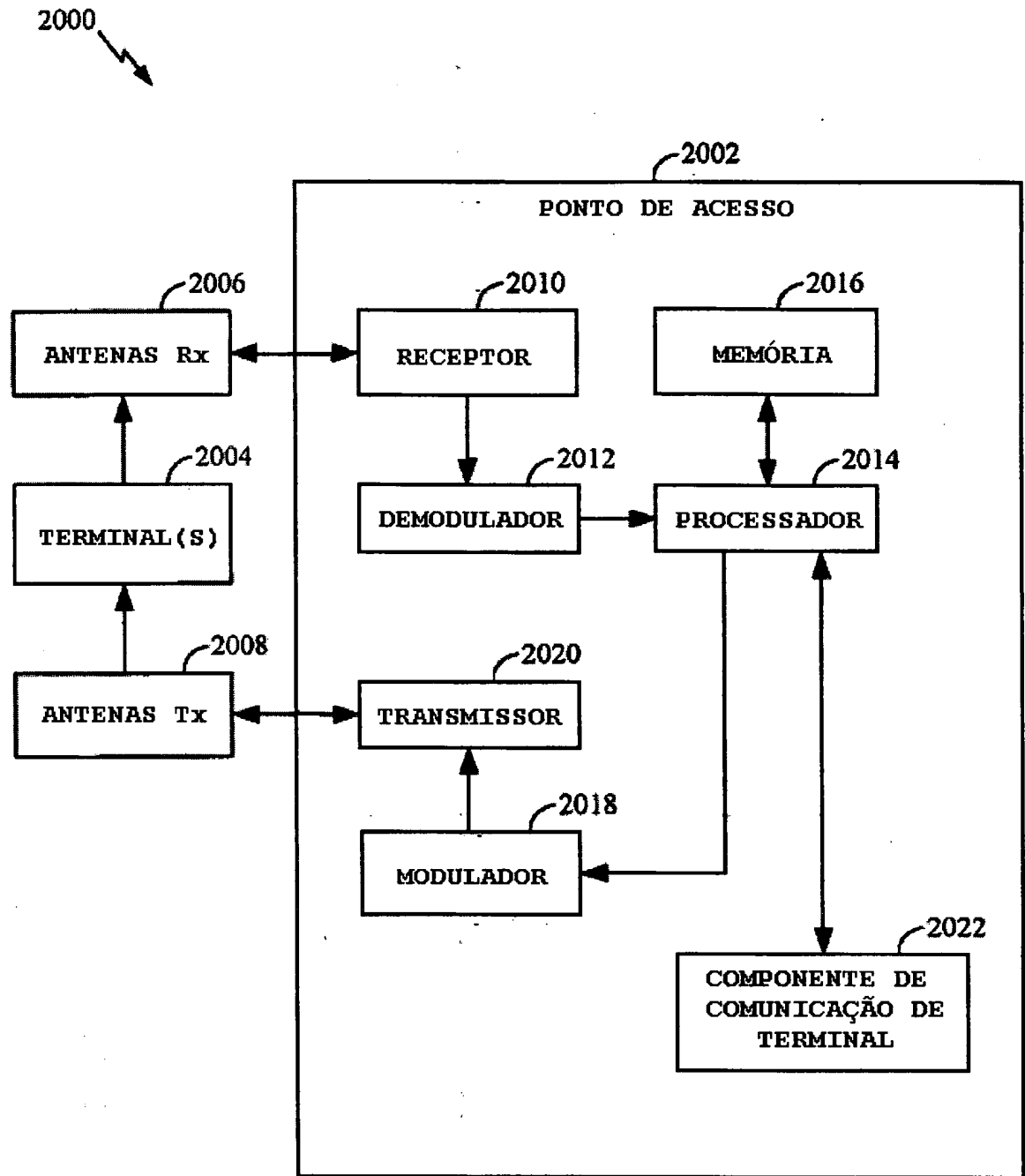


FIG. 20

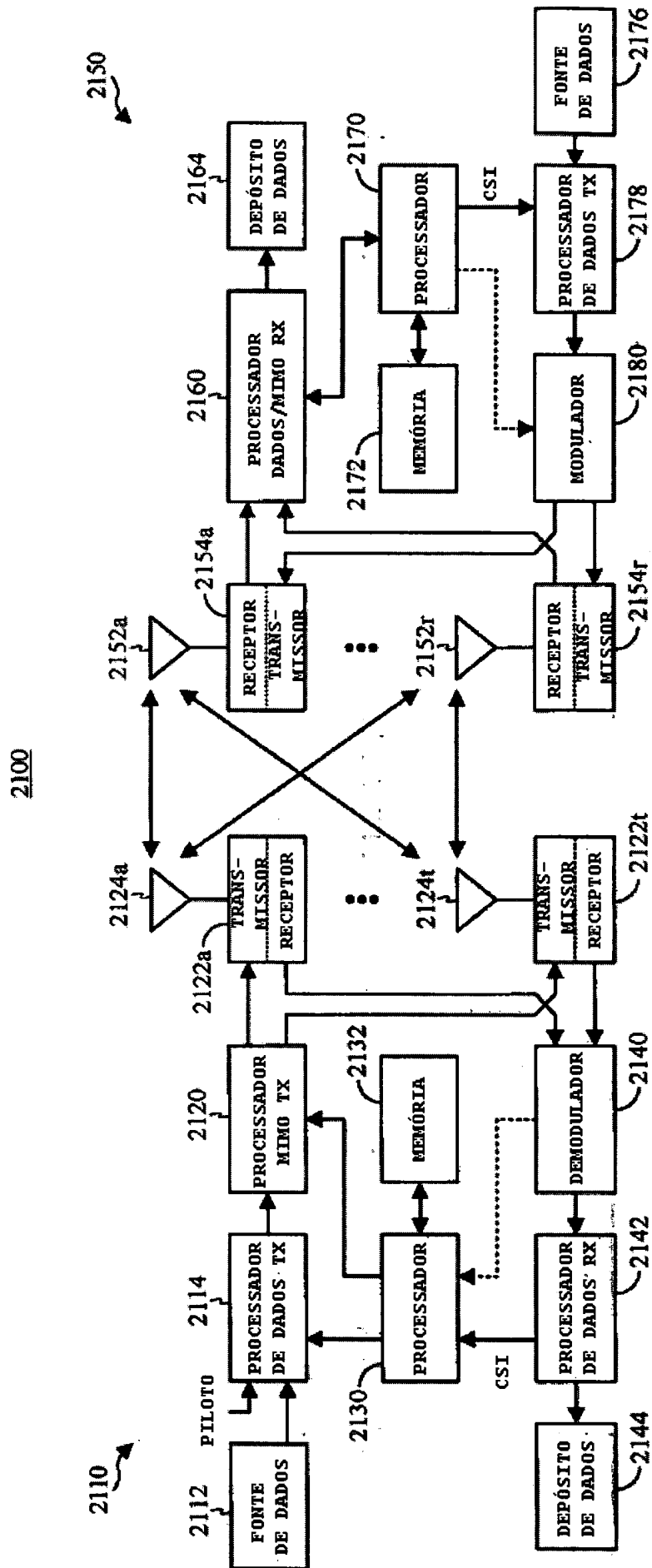


FIG. 21

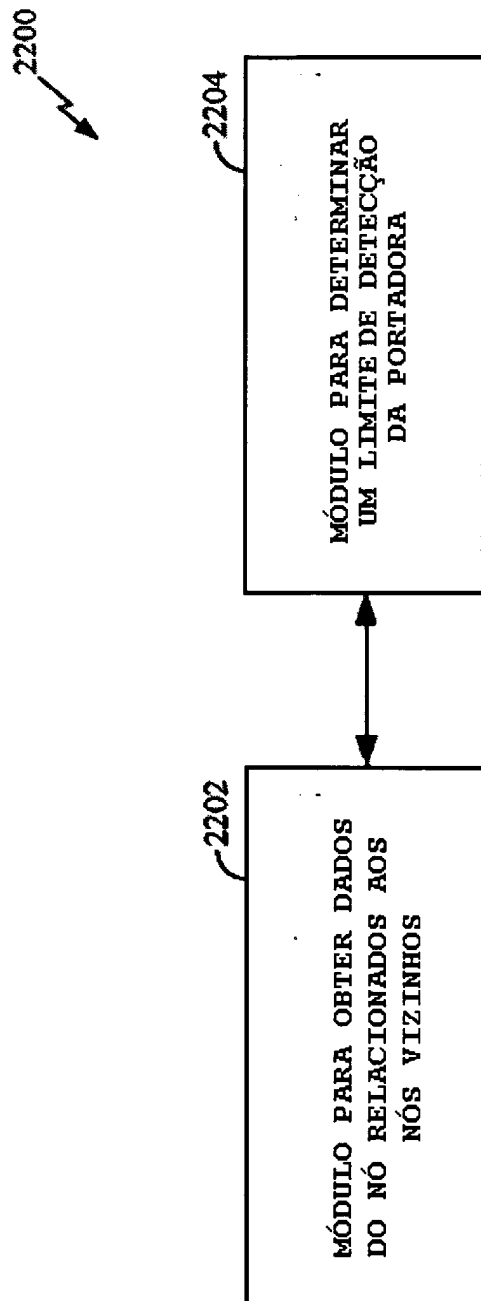


FIG. 22

RESUMO**"LIMITES DINÂMICOS DE DETECÇÃO DE PORTADORA".**

São descritos sistemas e metodologias que facilitam a comunicação em um ambiente de rede sem fio. Em particular, os pontos de acesso podem ajustar dinamicamente os limites de sensoriamento de portadora e/ou potência de transmissão para permitir a múltiplos pontos de acesso a se comunicar simultaneamente. Em certas modalidades, os pontos de acesso trocam informações de nodos, incluindo endereços de nodos e RSSI, de nodos próximos. As informações de nodos podem ser utilizadas para detectar nodos ocultos e estimar níveis de interferência. Os limites de sensoriamento de portadoras e/ou potência de transmissão podem ser modificados em função da distância entre a fonte / origem e os pontos de acesso de destino, da interferência proveniente de nodos ocultos, das taxas de transmissão e/ou da perda em trajeto.