



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(11) BR 112017019479-1 B1

(22) Data do Depósito: 29/02/2016

(45) Data de Concessão: 27/02/2024

(54) Título: MÉTODO E DISPOSITIVO PARA COMUNICAÇÃO SEM FIO

(51) Int.Cl.: H04W 4/00.

(30) Prioridade Unionista: 04/09/2015 US 14/846,630; 13/03/2015 US 62/132,665.

(73) Titular(es): QUALCOMM INCORPORATED.

(72) Inventor(es): PIYUSH GUPTA; JUNYI LI.

(86) Pedido PCT: PCT US2016020049 de 29/02/2016

(87) Publicação PCT: WO 2016/148886 de 22/09/2016

(85) Data do Início da Fase Nacional: 12/09/2017

(57) Resumo: Trata-se de sistemas e métodos de comunicação sem fio se referem à descoberta e seleção de dispositivos de retransmissão por meio de dispositivos de Internet de Todas as Coisas (IoT). Por exemplo, os dispositivos de IoT com baixa perda de percurso para uma estação-base pode difundir informações durante quadros de descoberta que permitem que outros dispositivos de IoT descubram os mesmos e selecione os mesmos como uma retransmissão, se for adequado. A mensagem de difusão de descoberta a partir de um dispositivo de IoT pode incluir informações para permitir que um dispositivo de IoT ouvinte selecione um dispositivo de IoT adequado para retransmitir seus dados que satisfazem os parâmetros de latência enquanto minimizam o impacto de energia da retransmissão. As estruturas de sinalização também são fornecidas para permitir que diferentes dispositivos de IoT selecionem partições para difusão no quadro de descoberta de uma maneira distribuída sem perturbar as difusões periódicas existentes. Outros aspectos, modalidades e recursos também são reivindicados e descritos.

"MÉTODO E DISPOSITIVO PARA COMUNICAÇÃO SEM FIO"

REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDOS RELACIONADOS E
REIVINDICAÇÃO DE PRIORIDADE

[0001] O presente pedido reivindica prioridade ao Pedido de Patente nº US 14/846.630, depositado em 04 de setembro de 2015, que reivindica o benefício do Pedido de Patente Provisória nº US 62/132.665, depositado em 13 de março de 2015, ambos dos quais são incorporados ao presente documento em sua totalidade.

CAMPO DA TÉCNICA

[0002] Este pedido se refere, em geral, a sistemas de comunicação sem fio e, mais particularmente, a descoberta e seleção de retransmissão por meio de dispositivos de "Internet de Todas as Coisas" (IoE) e outros dispositivos de comunicação sem fio.

INTRODUÇÃO

[0003] Os sensores que podem se vincular a outros sensores e sistemas de computação continuam a ser embutidos com mais e mais dispositivos ou objetos, resultando na "Internet de Todas as Coisas" (também referida como a "Internet das Coisas"). Esses dispositivos podem usar uma variedade de tecnologias de comunicação com fio e/ou sem fio. O crescimento na conectividade resulta em comunicações de máquina para máquina (M2M) ou dispositivo para dispositivo (D2D) sem a necessidade de intervenção humana. Alguns exemplos de integração incluem dispositivos que integram sensores ou medidores para capturar informações que são, então, retransmitidas para um sistema remoto, como um servidor central. Isso pode incluir medição inteligente, monitoramento de temperatura, monitoramento de pressão, monitoramento de fluxo de fluido, monitoramento de inventário, monitoramento de nível de água, monitoramento de equipamento, monitoramento de cuidados com a saúde,

monitoramento de vida selvagem, monitoramento de evento climático ou geológico, gerenciamento e rastreamento de frota, cidades inteligentes, cenários de condução inteligentes, captação de segurança remota, controle de acesso físico, carregamento de negócios baseados em transação e outros aplicativos.

[0004] Dada sua natureza, esses dispositivos IoE são tipicamente projetados para consumir baixas quantidades de potência e, em geral, têm baixo custo. Por exemplo, pode-se esperar que um sensor implantado em um medidor de gás (resultando em um "medidor inteligente") dure anos sem substituição ou recarga (se a recarga ainda for possível). Em contrapartida, um UE, como um dispositivo móvel, tem, significativamente, mais potência de transmissão que, juntamente com outros recursos do dado UE, consome potência suficiente que o UE espera recarregar a cada poucos dias, se não diariamente ou com mais frequência.

BREVE SUMÁRIO DE ALGUNS EXEMPLOS

[0005] O que segue resume alguns aspectos da presente revelação para fornecer uma compreensão básica da tecnologia discutida. Esse sumário não é uma visão geral extensiva de todos os recursos contemplados da revelação, e não é destinada a identificar elementos chaves ou críticos de todos os aspectos da revelação nem a delinear o escopo de qualquer um ou de todos os aspectos da revelação. O único propósito da mesma é apresentar alguns conceitos de um ou mais aspectos da revelação de uma forma resumida como um prelúdio para a descrição mais detalhada que é apresentada posteriormente.

[0006] Em um aspecto da revelação, um método para comunicação sem fio é fornecido que inclui receber, em um primeiro dispositivo de comunicação sem fio, mensagens de descoberta de um ou mais outros dispositivos de comunicação

sem fio durante um período de tempo de descoberta; selecionar, através do primeiro dispositivo de comunicação sem fio, um dispositivo de retransmissão dentre os um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio que satisfaz a latência de dados e parâmetros de energia com base nas mensagens de descoberta recebidas; e associar-se, através do primeiro dispositivo de comunicação sem fio, ao dispositivo de retransmissão selecionado durante um período de tempo de associação.

[0007] Em um aspecto adicional da revelação, um método para comunicação sem fio é fornecido que inclui escutar, através de um primeiro dispositivo de comunicação sem fio, para transmissões de um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio durante um novo tempo de difusão de partições de um quadro de descoberta; difundir, através do primeiro dispositivo de comunicação sem fio, uma mensagem de descoberta em uma partição de descoberta do quadro de descoberta se nenhuma transmissão dos um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio forem ouvidas durante a partição de descoberta; e associar-se, através do primeiro dispositivo de comunicação sem fio, a um segundo dispositivo de comunicação sem fio durante um período de tempo de associação, em que o segundo dispositivo de comunicação sem fio selecionou o primeiro dispositivo de comunicação sem fio como um dispositivo de retransmissão com base na mensagem de descoberta difundida através do primeiro dispositivo de comunicação sem fio durante a partição de descoberta do quadro de descoberta.

[0008] Em um aspecto adicional da revelação, um dispositivo de comunicação sem fio é fornecido que inclui um sensor configurado para gerar dados a partir de um evento detectado; um transceptor configurado para: receber mensagens de descoberta a partir de um ou mais outros

dispositivos de comunicação sem fio durante um período de tempo de descoberta; e transmitir uma mensagem de associação para um dispositivo de retransmissão selecionado durante um período de tempo de associação; e um processador configurado para selecionar o dispositivo de retransmissão dentre os um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio que satisfaz a latência de dados e parâmetros de energia com base nas mensagens de descoberta recebidas pelo transceptor.

[0009] Em um aspecto adicional da revelação, um dispositivo de comunicação sem fio é fornecido que inclui um transceptor configurado para: escutar transmissões de um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio durante um novo tempo de difusão de partições de um quadro de descoberta; difundir uma mensagem de descoberta em uma partição de descoberta do quadro de descoberta se nenhuma transmissão dos um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio forem ouvidas durante a partição de descoberta; e receber uma mensagem de associação de um segundo dispositivo de comunicação sem fio durante um período de tempo de associação, em que o segundo dispositivo de comunicação sem fio selecionou o dispositivo de comunicação sem fio como um dispositivo de retransmissão com base na mensagem de descoberta difundida durante a partição de descoberta do quadro de descoberta.

[0010] Em um aspecto adicional da revelação, um dispositivo de comunicação sem fio é fornecido que inclui meios para receber mensagens de descoberta de um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio durante um período de tempo de descoberta; meios para selecionar um dispositivo de retransmissão dentre os um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio que satisfaz a latência de dados e os parâmetros de energia com base nas mensagens de descoberta recebidas; e meios para se associar ao dispositivo de

retransmissão selecionado durante um período de tempo de associação.

[0011] Em um aspecto adicional da revelação, um dispositivo de comunicação sem fio é fornecido que inclui meios para escutar as transmissões de um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio durante um novo tempo de difusão de partições de um quadro de descoberta; meios para difundir uma mensagem de descoberta em uma partição de descoberta do quadro de descoberta se nenhuma transmissão dos um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio for escutada durante a partição de descoberta; e meios para se associar a um segundo dispositivo de comunicação sem fio durante um período de tempo de associação, em que o segundo dispositivo de comunicação sem fio selecionou o dispositivo de comunicação sem fio como um dispositivo de retransmissão com base na mensagem de descoberta difundida pelos meios para difusão durante a partição de descoberta do quadro de descoberta.

[0012] Em um aspecto adicional da revelação, um meio legível por computador que tem código de programa gravado no mesmo é fornecido que inclui código para fazer com que um computador realize um ou mais aspectos dos métodos descritos no presente documento.

[0013] Outros aspectos, recursos e modalidades da presente invenção se tornarão evidentes para aqueles versados na técnica, mediante a revisão da descrição a seguir de modalidades exemplificativas específicas da presente invenção em conjunto com as Figuras anexas. Muito embora os recursos da presente invenção possam ser discutidos em relação a determinadas modalidades e figuras abaixo, todas as modalidades da presente invenção podem incluir um ou mais dos recursos vantajosos discutidos no presente documento. Em outras palavras, muito embora uma ou mais modalidades possam

ser discutidas como tendo determinados recursos vantajosos, um ou mais de tais recursos também podem ser usados de acordo com as várias modalidades da invenção discutidas no presente documento. De maneira semelhante, muito embora as modalidades exemplificativas possam ser discutidas abaixo como modalidades de dispositivo, sistema ou método, deve-se compreender que tais modalidades exemplificativas podem ser implantadas em vários dispositivos, sistemas e métodos.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0014] A Figura 1 é um diagrama de um ambiente de comunicações sem fio exemplificativo de acordo com as modalidades da presente revelação.

[0015] A Figura 2 é um diagrama de blocos de um dispositivo IoE exemplificativo de acordo com as modalidades da presente revelação.

[0016] A Figura 3 é um diagrama de uma linha do tempo de quadro que ilustra um espaçamento de quadro de descoberta de acordo com as modalidades da presente revelação.

[0017] A Figura 4 é um diagrama de uma estrutura de quadro de um quadro de descoberta de acordo com as modalidades da presente revelação.

[0018] A Figura 5 é um diagrama de uma estrutura de partição dentro de um quadro de descoberta de acordo com as modalidades da presente revelação.

[0019] A Figura 6 é um diagrama de uma estrutura de quadro de um quadro de descoberta que inclui partições para descoberta e associação de acordo com as modalidades da presente revelação.

[0020] A Figura 7 é um diagrama de uma linha do tempo de quadro que ilustra a temporização entre um quadro de descoberta e um quadro de associação de acordo com as modalidades da presente revelação.

[0021] A Figura 8 é um diagrama de uma linha do tempo de quadro que ilustra a temporização entre um quadro de descoberta e um quadro de associação de acordo com as modalidades da presente revelação.

[0022] A Figura 9 é um diagrama que ilustra a sinalização entre dispositivos IoE para seleção de retransmissão de comunicação sem fio de acordo com vários aspectos da presente revelação.

[0023] A Figura 10 é um fluxograma que ilustra um método exemplificativo para comunicação sem fio, de acordo com vários aspectos da presente revelação;

[0024] A Figura 11 é um fluxograma que ilustra um método exemplificativo para comunicação sem fio, de acordo com vários aspectos da presente revelação;

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0025] A descrição detalhada estabelecida abaixo, em conjunto com os desenhos anexos é destinada como uma descrição de várias configurações e não é destinada a representar as únicas configurações nas quais os conceitos descritos no presente documento podem ser praticados. A descrição detalhada inclui detalhes específicos para a finalidade de fornecer uma compreensão completa dos vários conceitos. No entanto, será evidente para os versados na técnica que esses conceitos podem ser praticados sem esses detalhes específicos. Em algumas ocasiões, as estruturas e os componentes bem conhecidos são mostrados na forma de diagrama de blocos a fim de evitar obscurecer tais conceitos.

[0026] As técnicas descritas no presente documento podem ser usadas para várias redes de comunicações sem fio como CDMA, TDMA, FDMA, OFDMA, SC-FDMA e outras redes. Os termos "rede" e "sistema" são frequentemente usados de modo intercambiável. Uma rede CDMA pode implantar uma tecnologia de rádio como Acesso de Rádio Terrestre Universal

(UTRA), cdma2000, etc. A UTRA inclui CDMA de Banda Larga (WCDMA) e outras variantes de CDMA. cdma2000 cobre os padrões IS-2000, IS-95 e IS-856. Uma rede TDMA pode implantar uma tecnologia de rádio como Sistema Global para Comunicações Móveis (GSM). Uma rede OFDMA pode implantar uma tecnologia de rádio como UTRA Evoluída (E-UTRA), Banda Larga Ultramóvel (UMB), IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.16 (WiMAX), IEEE 802.20, Flash-OFDMA, etc. UTRA e E-UTRA são parte do Sistema de Telecomunicação Móvel Universal (UMTS). A Evolução a Longo Prazo (LTE) do 3 GPP e LTE Avançada (LTE-A) são novas versões do UMTS que usa E-UTRA. UTRA, E-UTRA, UMTS, LTE, LTE-A e GSM são descritos em documentos de uma organização chamada "Projeto de Parceria da 3ª Geração" (3GPP). CDMA2000 e UMB são descritos em documentos de uma organização chamada "Projeto de Parceria da 3ª Geração 2" (3GPP2). As técnicas descritas no presente documento podem ser usadas para as redes sem fio e as tecnologias de rádio mencionadas acima assim como outras redes sem fio e tecnologias de rádio, como uma próxima geração (por exemplo, rede da 5ª Geração (5G)). Ademais, os dispositivos também podem se comunicar entre si com o uso de várias tecnologias ponto a ponto como LTE-Direta (LTE-D), Bluetooth, Bluetooth com Baixo Consumo de Energia (BLE), ZigBee, identificação de radiofrequência (RFID) e/ou outras tecnologias ad-hoc ou de rede de malha.

[0027] Os dispositivos de Internet de Todas as Coisas (IoE) são projetados para despertar periodicamente para liberar dados para um servidor central ou outro dispositivo (ou dispositivos). No entanto, alguns dispositivos IoE podem ter perda de percurso significativamente maior para a estação base/porta do que outros dispositivos IoE. Por exemplo, isso pode ser causado pelo somreamento severo e/ou posicionamento do dispositivo (por exemplo, um dispositivo IoE no porão de um edifício).

Ademais, frequentemente, espera-se que os dispositivos IoE tenham, pouca ou nenhuma mobilidade, o que significa que os dispositivos IoE com maior perda de percurso podem ficar presos. Devido à potência de transmissão e/ou perda de percurso limitada devido ao sombreamento e/ou posicionamento do dispositivo, a vida útil de bateria dos dispositivos IoE correspondentes pode ser significativamente menor que outros dispositivos na rede, exigindo substituição de bateria frequente e/ou degradação do desempenho da rede. Como resultado, há uma necessidade de técnicas para permitir que um dispositivo IoE identifique e selecione um dispositivo de retransmissão que limita a quantidade de potência necessária do dispositivo IoE para realizar tais funções.

[0028] As modalidades da presente revelação introduzem sistemas e técnicas para intensificar as comunicações de dispositivo IoE através da descoberta e seleção de retransmissão. Em alguns aspectos, os dispositivos IoE sincronizam a temporização a partir de uma rede de longa distância (WAN) ou outra fonte externa para derivar quadros comuns, às vezes referidos como quadros de descoberta, na rede de IoE. Os dispositivos IoE com uma boa rota para uma estação base/porta (por exemplo, dispositivos IoE com baixa perda de percurso para a estação base) pode difundir informações nesses quadros de descoberta que permitem que outros dispositivos IoE descubram os mesmos e os selecione como uma retransmissão, se for adequado. A mensagem de difusão de descoberta a partir de um dispositivo IoE pode incluir informações para permitir que um dispositivo IoE ouvinte selecione um dispositivo IoE adequado para retransmitir seus dados que satisfazem as restrições de latência enquanto minimizam o impacto de energia da retransmissão. As estruturas de sinalização também são fornecidas para possibilitar que diferentes dispositivos IoE

selecionem partições para difusão no quadro de descoberta de uma maneira distribuída sem perturbar as difusões periódicas existentes.

[0029] A Figura 1 é um diagrama de um ambiente de comunicações sem fio exemplificativo 100 de acordo com as modalidades da presente revelação. O ambiente de comunicações 100 pode incluir inúmeros dispositivos IoE 102a-102e, inúmeras estações base 104a, uma rede principal 108, e um ou mais servidores de aplicativo 110.

[0030] O ambiente de comunicações 100 pode suportar a operação em múltiplas portadoras (por exemplo, sinais de forma de onda de diferentes frequências). Os transmissores de múltiplas portadoras podem transmitir sinais modulados simultaneamente nas múltiplas portadoras. Por exemplo, cada sinal modulado pode ser um canal de múltiplas portadoras modulado de acordo com as várias tecnologias de rádio descritas acima. Cada sinal modulado pode ser enviado em uma portadora diferente e pode carregar informações de controle (por exemplo, sinais pilotos, canais de controle, etc.), informações de sobrecarga, dados, etc. O ambiente de comunicações 100 pode ser uma rede de LTE de múltiplas portadoras com capacidade de alocar eficientemente recursos de rede. O ambiente de comunicações 100 é um exemplo de uma rede à qual vários aspectos da revelação se aplicam.

[0031] A estação base 104 pode incluir um Nó B evoluído (esnobe ou eNB), por exemplo. Uma estação base 104 também pode ser referida como uma estação base transceptora, porta ou um ponto de acesso. A Figura 1 ilustra uma única estação base 104 para fins de simplicidade apenas. Será reconhecido que poderia haver duas ou mais estações base, assim como uma variedade de diferentes tipos como macro, pico e/ou femto estações base. A estações base 104 pode se comunicar com o servidor de aplicativo 110 por meio de um

backhaul como rede principal 108. A estação base 104 também pode se comunicar com outras estações base, direta ou indiretamente, como por meio de rede principal 108.

[0032] Os dispositivos IoE 102 podem ser dispersos por todo o ambiente de comunicações 100, e cada dispositivo IoE 102 pode ser estacionário ou móvel. A Figura 1 ilustra dispositivos IoE 102a- 102e para fins de simplicidade de ilustração apenas. Mais ou menos pode ser implantado no ambiente de comunicações 100 conforme será compreendido por aqueles versados na técnica (ou técnicas) relevante. Os dispositivos IoE 102a-102e podem ser independentes ou integrados em outros dispositivos. Os dispositivos IoE 102 podem capturar informações que são então retransmitidas para um sistema remoto, como servidor de aplicativo 110 na Figura 1. Os dispositivos IoE 102 podem ter recursos de potência limitados devido ao fato de serem integrados com os dispositivos ou objetos, como para tornar esses dispositivos ou objetos "inteligentes" e precisam ter capacidade de operar por períodos de tempo longos sem substituição ou recarga, por exemplo, dias, semanas, meses ou anos. Como resultado, os dispositivos IoE 102 com potência de transmissão limitada, a alta perda de percurso, e/ou outras restrições podem descobrir e utilizar um outro dispositivo IoE 102 como uma retransmissão para a estação base 104, conforme discutido em mais detalhes abaixo, a fim de diminuir o consumo de potência.

[0033] A rede sem fio 100 também pode incluir um ou mais equipamentos de usuário (UEs) 106 que podem ser dispersos por toda a rede sem fio 100 e podem ser estacionários ou móveis. O UE 106 também pode ser referido como um terminal, uma estação móvel, uma unidade de assinante, etc. O UE 106 pode ser um telefone celular, um telefone inteligente, um assistente pessoal digital, um

modem sem fio, um computador do tipo laptop, um dispositivo de entretenimento, um computador do tipo tablet, um dispositivo de exercício/médico, um dispositivo industrial, um dispositivo de veículo/componente veicular, e muitos outros dispositivos de comunicação sem fio. Em algumas implantações, um UE 106, uma outra estação base, um ponto de acesso ou uma porta pode servir como uma retransmissão para a estação base 104 para um dispositivo IoE específico. Nesse sentido, enquanto a descrição a seguir irá focar no uso de um outro dispositivo IoE que serve como a retransmissão, fica compreendido que os conceitos são igualmente aplicáveis a outros tipos de dispositivos de comunicação sem fio que podem servir como uma retransmissão.

[0034] O servidor de aplicativo 110 pode ser um servidor central que os dispositivos IoE 102 estão tentando transmitir dados para o armazenamento e/ou análise. O servidor de aplicativo 110 pode receber dados conforme são conduzidos a partir da estação base 104 a partir de um ou mais dos dispositivos IoE 102 e faz uso de informações a partir dos dados e/ou apresenta as mesmas a um ou mais usuários que interagem com o servidor de aplicativo 110.

[0035] A estação base 104 pode ter uma área de cobertura suficientemente grande que um ou mais dos dispositivos IoE 102a-102e e/ou UE 106 pode receber dados, de um ou de ambas as estações base 104a e 104b, por meio de um enlace descendente. O enlace descendente (ou enlace direto) se refere ao enlace de comunicação a partir de uma estação base 104 para os dispositivos IoE 102 e/ou UEs 106. Embora tenha capacidade de estabelecer um enlace descendente com uma estação base 104, em algumas ocasiões, um ou mais dos dispositivos IoE 102 pode não ter potência suficiente para ter capacidade de estabelecer um enlace ascendente para uma estação base 104. O enlace ascendente (ou enlace reverso)

se refere ao enlace de comunicação a partir de um dispositivo IoE 102 (ou um UE 106) para uma estação base 104. Ademais, em algumas ocasiões, um dispositivo IoE 102 pode não ter capacidade de estabelecer um enlace ascendente ou uma conexão de enlace descendente com uma estação base 104. Em tais ocasiões, o dispositivo IoE 102 pode utilizar comunicações com outros dispositivos IoE 102 e/ou UEs 106 para facilitar a comunicação indireta com uma estação base 104. Os exemplos de tais abordagens de comunicação indireta são descritos no Pedido de Patente n° US 14/107.195, depositado em 16 de dezembro de 2013 e intitulado "A HYBRID RELAY SCHEME", Pedido de Patente n° US 14/107.221, depositado em 16 de dezembro de 2013 e intitulado "RELAY BETWEEN NARROW FREQUENCY BAND AND BROAD FREQUENCY BAND DEVICES", Pedido de Patente Provisória n° US 62/078.755, depositado em 12 de novembro de 2014 e intitulado "OPPORTUNISTIC IOE MESSAGE DELIVERY VIA SENSOR-TRIGGERED FORWARDING", e/ou Pedido de Patente Provisória n° US 62/078.711, depositado em 12 de novembro de 2014 e intitulado "OPPORTUNISTIC IOE MESSAGE DELIVERY VIA WAN-TRIGGERED FORWARDING", cada um dos quais é expressamente incorporado ao presente documento em sua totalidade.

[0036] Na Figura 1, o dispositivo IoE 102a é mostrado como tendo uma faixa de transmissão representada pela área 112. Conforme ilustrado, a área 112 não chega à estação base 104. Dessa maneira, o dispositivo IoE 102a pode ser necessário para aumentar a potência de transmissão (se possível) em um esforço de se comunicar diretamente com a estação base 104, que afetaria adversamente o consumo de energia e/ou tempo de vida útil de bateria do dispositivo IoE 102a. De acordo com os aspectos da presente revelação, o dispositivo IoE 102 pode descobrir e selecionar um outro dispositivo IoE (por exemplo, dispositivo IoE 102b ou 102c) para utilizar como uma retransmissão para se comunicar com

a estação base 104 de uma maneira que conserve a potência e justifique quaisquer parâmetros de latência dos dados a serem comunicados a partir do dispositivo IoE 102a para a estação base 104.

[0037] Os dispositivos IoE 102 podem ter capacidade de se vincular ou associar uns aos outros, por exemplo, por meio de enlaces de D2D. Em algumas ocasiões, os dispositivos IoE 102 se vinculam uns aos outros ao enviar mensagens de descoberta e/ou escutar mensagens de descoberta para determinar quais outros dispositivos IoE 102 podem estar dentro de uma vizinhança e/ou ter parâmetros operacionais suficientes para servir como um relé para a estação base 104. Os dispositivos IoE 102 na rede 100 podem ser sincronizados por tempo com o enlace descendente de uma WAN (por exemplo, rede celular), através de sinalização em banda ou fora de banda, seja diretamente a partir da WAN ou a partir de uma estação base ou porta projetada. A estação base ou porta projetada pode fornecer cobertura a todos os dispositivos IoE 102 na rede 100 para facilitar a sincronização de todos os dispositivos IoE. Em algumas implantações, os dispositivos IoE 102 podem utilizar uma fonte externa (por exemplo, transmissão de rádio do tempo de UTC pela estação NIST em Fort Collins, CO, ou temporização de Sistema de Posicionamento Global) para derivar uma temporização comum para sincronizar quadros de descoberta. Ademais, em algumas ocasiões, o dispositivo IoE 102 pode não ter capacidade de receber um sinal de WAN da estação base 104. Por exemplo, muitos dispositivos IoE 102 são fabricados para ser extremamente de baixo custo e, portanto, podem não incluir tecnologia de WAN. Dessa maneira, em algumas implantações, um outro dispositivo IoE 102, um UE 106, um ponto de acesso, uma porta e/ou outro dispositivo de comunicação sem fio pode comunicar informações de

temporização para o dispositivo IoE 102 com o uso de um protocolo de rádio específico e em um canal associado ao dispositivo IoE 102 (por exemplo, WLAN, Bluetooth, ZigBee, etc.). Independentemente de como o dispositivo IoE 102 recebe a temporização, a temporização comum pode ser usada para enviar difusões de descoberta e/ou escutar difusões de descoberta a partir da estação base 104 e/ou outros dispositivos IoE 102 em tempos predeterminados e/ou periodicidade conforme descrito em mais detalhes abaixo.

[0038] Um dispositivo IoE 102 recentemente introduzido na rede 100, ou dispositivo IoE 102 de saída que busca uma retransmissão, pode utilizar um ou mais quadros de descoberta para aprender sobre a estação base 104 e/ou outros dispositivos de comunicação sem fio potenciais (por exemplo, outros dispositivos IoE, UEs, pontos de acesso, portas, estações base, etc.) para retransmitir para a estação base 104. Ao ter uma temporização sincronizada e predeterminada para quadros de descoberta, um dispositivo IoE 102 pode realizar a descoberta com mínimo gasto de energia ao estar no modo de economia de energia até o um ou mais próximos quadros de descoberta. Os aspectos adicionais da estrutura de quadro de descoberta e temporização serem descritos abaixo em relação às Figuras 3 a 8.

[0039] A Figura 2 é um diagrama de blocos de um dispositivo IoE 102 exemplificativo de acordo com as modalidades da presente revelação. O dispositivo IoE 102 pode ter qualquer uma de muitas configurações para vários aplicativos de IOE descritos acima. O dispositivo IoE 102 pode incluir um processador 202, uma memória 204, um sensor 208, um módulo de retransmissão 210, um transceptor 212 e uma antena 218. Esses elementos podem estar em comunicação direta ou indireta entre si, por exemplo, por meio de um ou mais barramentos.

[0040] O processador 202 pode ter inúmeros recursos. Por exemplo, o processador 202 pode incluir uma unidade de processamento central (CPU), um processador de sinal digital (DSP), um circuito integrado de aplicação específica (ASIC), um controlador, um arranjo de porta programável em campo (FPGA) dispositivo, um outro dispositivo de hardware, um dispositivo de firmware ou qualquer combinação dos mesmos configurada para realizar as operações descritas no presente documento com referência aos dispositivos IoE 102 introduzidos acima com relação à Figura 1 e discutidos em mais detalhes abaixo. O processador 202 também pode ser implantado como uma combinação de dispositivos de computação, por exemplo, uma combinação de um DSP e um microprocessador, uma pluralidade de microprocessadores, um ou mais microprocessadores em conjunto com um núcleo de DSP, ou qualquer outra tal configuração.

[0041] A memória 204 pode ter inúmeras características. Por exemplo, a memória 204 inclui uma memória em cache (por exemplo, uma memória em cache do processador 442), memória de acesso aleatório (RAM), RAM magnetorresistiva (MRAM), memória somente de leitura (ROM), memória somente de leitura programável (PROM), memória somente de leitura programável e apagável (EPROM), memória somente de leitura eletricamente programável e apagável (EEPROM), memória flash, dispositivo de memória de estado sólido, unidades de disco rígido, outras formas de memória volátil ou não volátil ou uma combinação de diferentes tipos de memória. Em uma modalidade, a memória 204 inclui um meio legível por computador não transitório. A memória 204 pode armazenar instruções 206. As instruções 206 podem incluir instruções que, quando executadas pelo processador 202, fazem com que o processador 202 realize as operações

descritas no presente documento com referência ao dispositivo IoE 102 em conexão com as modalidades da presente revelação. As instruções 206 também podem ser referidas como código. Os termos "instruções" e "código" devem ser interpretados amplamente para incluir qualquer tipo de declaração (ou declarações) legível por computador. Por exemplo, os termos "instruções" e "código" podem se referir a um ou mais programas, rotinas, sub-rotinas, funções, procedimentos, etc. As "instruções" e o "código" podem incluir uma única declaração legível por computador ou muitas declarações legíveis por computador.

[0042] O sensor 208 pode ser qualquer sensor ou medidor com capacidade de perceber e capturar informações sobre algum aspecto de seu ambiente. Isso poderia incluir medição de serviço (por exemplo, para serviços públicos de gás), monitoramento de temperatura, monitoramento de pressão, monitoramento de fluxo de fluido, monitoramento de nível de inventário, monitoramento de nível de água, monitoramento de situação de equipamento, rastreamento de vida selvagem, monitoramento de evento climático, monitoramento de evento geológico, monitoramento do meio ambiente, rastreamento de frota e carregamento de negócios baseados em transação, para citar apenas alguns. O sensor 208 pode enviar quaisquer informações que o mesmo captura como dados para o transceptor 212 para transmissão para um local remoto, como servidor de aplicativo 110. O sensor 208 também pode enviar quaisquer informações que o mesmo captura como dados para a memória 204 para armazenamento temporário ou permanente.

[0043] O módulo de retransmissão 210 pode ser usado para realizar uma ou mais das várias funções relacionadas à detecção e seleção de um dispositivo de retransmissão de acordo com a presente revelação. Por

exemplo, o módulo de retransmissão 210 pode gerar uma mensagem de descoberta para difusão pelo dispositivo IoE 102. Nesse sentido, a mensagem de descoberta pode incluir informações para permitir que um outro dispositivo IoE 102 determine se o dispositivo IoE é adequado para servir como um relé. Por exemplo, a mensagem de descoberta pode incluir tais informações como o ID do dispositivo IoE, a programação de ativação e/ou transmissão do dispositivo, taxa atual de consumo de energia, bateria restante, energia necessária para transmitir um pacote de determinado comprimento (ou comprimentos), e/ou outras informações. Semelhantemente, o módulo de retransmissão 210 pode analisar mensagens de descoberta recebidas de outros dispositivos IoE 102, uma estação base 104 e/ou UE 106 para determinar se o dispositivo de comunicação sem fio de transmissão pode servir como um relé para o dispositivo IoE 102. As técnicas exemplificativas para avaliar e/ou selecionar uma retransmissão com base em uma mensagem de descoberta recebida são descritas em mais detalhes abaixo. Em algumas ocasiões, o módulo de retransmissão 210 pode não ser um componente separado do dispositivo IoE 102, mas, ao invés disso, pode ser definido por uma combinação de hardware, software e/ou firmware associados a outros componentes ou elementos do dispositivo IoE 102, como o processador 202, a memória 204, o sensor 208, o transceptor 212 e/ou a antena 218.

[0044] O transceptor 212 pode incluir um subsistema de modem 214 e uma unidade de radiofrequência (RF) 216. O transceptor 212 é configurado para se comunicar bidirecionalmente com outros dispositivos, como outro dispositivo IoE 102, estação base 104 e/ou UE 106. O subsistema de modem 214 pode ser configurado para modular e/ou codificar os dados do sensor 208 e/ou do módulo de retransmissão 210 de acordo com um esquema de modulação e

criptografia (MCS), por exemplo, um esquema de criptografia de verificação de paridade de baixa densidade (LDPC), um esquema de criptografia de turbo, um esquema de criptografia convolucional, etc. A unidade de RF 216 pode ser configurada para processar (por exemplo, realizar conversão de analógico para digital ou conversão de digital para analógico, etc.) dados modulados/codificados a partir do subsistema de modem 214 (em transmissões de saída) ou de transmissões originárias de uma outra fonte como um outro dispositivo IoE 102, uma estação base 104 ou um UE 106. Embora mostrado como integrado junto no transceptor 212, o subsistema de modem 214 e a unidade de RF 216 podem ser dispositivos separados que são acoplados juntos no dispositivo IoE 102 para possibilitar que o dispositivo IoE 102 se comunique com outros dispositivos.

[0045] A unidade de RF 216 pode fornecer os dados modulados e/ou processados, por exemplo, pacotes de dados (ou, de modo mais geral, mensagens de dados que podem conter um ou mais pacotes de dados e outras informações), para a antena 218 para transmissão para um ou mais outros dispositivos. Isso pode incluir, por exemplo, a transmissão de mensagens de dados para um outro dispositivo IoE 102 para retransmissão para a estação base 104, para um UE 106 para retransmissão para a estação base 104 ou diretamente para a estação base 104, de acordo com as modalidades da presente revelação. A antena 218 pode receber adicionalmente mensagens de dados transmitidas a partir de um outro dispositivo IoE 102, uma estação base 104 e/ou UE 106 e fornecer as mensagens de dados recebidas para processamento e/ou demodulação no transceptor 212. Embora a Figura 2 ilustra a antena 218 como uma única antena, a antena 218 pode incluir múltiplas antenas de projetos semelhantes ou diferentes a fim de sustentar múltiplos enlaces de

transmissão.

[0046] Compreende-se que hardware, software, e/ou firmware associados aos vários componentes ou elementos do dispositivo IoE 102, como o processador 202, a memória 204, o sensor 208, o módulo de retransmissão 110, o transceptor 212 e/ou a antena 218 podem ser utilizados individualmente e/ou em combinação para realizar as várias funções descritas no presente documento. Por exemplo, em algumas implantações o transceptor 212 e/ou a antena 218 são utilizados para escutar, receber, transmitir e/ou difundir sinais, mensagens e/ou outras informações. Ademais, em algumas implantações, o processador 202 e/ou a memória 204 são utilizados para processar, avaliar, filtrar, selecionar, calcular, executar código, executar algoritmos e/ou, de outro modo, manipular dados/sinais obtidos pelo dispositivo IoE (por exemplo, por meio do sensor 208, transceptor 212 e/ou antena 218) no contexto da presente revelação.

[0047] A Figura 3 é um diagrama de uma linha do tempo de quadro 300 que ilustra um espaçamento entre quadros de descoberta de acordo com as modalidades da presente revelação. Conforme mostrado, os quadros de descoberta (F_0 e F_D) ocorrem em tempos predeterminados e/ou com periodicidade. Os quadros de descoberta (F_0 e F_D) podem ser enviados em determinados tempos (por exemplo, com base em um relógio de referência), em determinados intervalos de tempo (por exemplo, uma vez por x minutos, horas, dias, semanas, meses, etc.), em determinados intervalos de quadro (por exemplo, a cada D quadros na modalidade ilustrada) e/ou outra técnica de temporização adequada. Durante os quadros de descoberta (F_0 e F_D), cada dispositivo IoE 102 em uma posição age como um relé que difunde uma mensagem de descoberta que inclui informações para permitir que outros dispositivos IoE determinem se é adequado servir como um relé para esse

dispositivo IoE de recebimento específico. Por exemplo, a mensagem de descoberta pode incluir tais informações como uma ID de dispositivo, uma programação de ativação, uma programação de transmissão, uma taxa atual de consumo de energia, potência de bateria restante, a quantidade de energia necessária para transmitir um pacote de determinado comprimento (ou comprimentos) e/ou outras informações sobre o dispositivo de transmissão.

[0048] A Figura 4 é um diagrama de uma estrutura de quadro 400 de um quadro de descoberta (F_D) de acordo com as modalidades da presente revelação. Conforme mostrado, o quadro de descoberta (F_D) pode ser dividido em uma pluralidade de partições ($D_1 - D_m$). De acordo com a presente revelação, cada um dos dispositivos IoE 102 pode selecionar uma partição específica no quadro de descoberta (F_D) para difundir sua mensagem de descoberta sem perturbar ou interferir com as difusões de outros dispositivos IoE 102. Em algumas ocasiões, os dispositivos IoE 102 utilizam captação de portadora para identificar uma partição adequada ($D_1 - D_m$) no quadro de descoberta (F_D) para difundir sua mensagem de descoberta.

[0049] Por exemplo, a Figura 5 é um diagrama de uma estrutura de partição 500 de uma partição (D_x) dentro de um quadro de descoberta (F_D) de acordo com as modalidades da presente revelação. Conforme mostrado, durante a partição (D_x) um dispositivo IoE 102 pode realizar inicialmente a captação de portadora durante um novo tempo de difusão (NBT). Se o dispositivo IoE 102 captar uma difusão a partir de um outro dispositivo de comunicação sem fio, como um outro dispositivo IoE 102, durante o NBT, então, o dispositivo IoE não irá transmitir durante a partição (D_x). O dispositivo IoE 102 pode realizar novamente a captação de portadora durante o NBT de uma subsequente partição, que pode ser a próxima partição (D_{x+1}) ou partição posterior (D_{x+y}), e

repetir esse processo para cada subsequente partição até que o dispositivo IoE 102 não capte uma difusão a partir de um outro dispositivo durante uma partição.

[0050] Se o dispositivo IoE 102 não captar uma difusão de um outro dispositivo de comunicação sem fio durante o NBT, então, o dispositivo IoE 102 irá realizar uma retirada (isto é, escutar as comunicações de outros dispositivos poro uma duração de tempo). O período de backoff pode ser por uma duração de tempo aleatória (isto é, variável) ou fixa. Quando o período de backoff for uma retirada aleatória, o comprimento da retirada pode ser selecionado por meio de hardware e/ou software do dispositivo de comunicação sem fio. Novamente, se o dispositivo IoE 102 captar uma difusão a partir de um outro dispositivo de comunicação sem fio durante o período de backoff aleatório, então, o dispositivo IoE não transmitirá durante a partição (D_x) e procederá para monitorar uma partição subsequente, que pode ser a próxima partição (D_{x+1} ;) ou última partição (D_{x+y}). No entanto, se o dispositivo IoE 102 não captar uma difusão de um outro dispositivo de comunicação sem fio durante o período de backoff aleatório, então, o dispositivo IoE 102 transmitirá sua mensagem de descoberta durante o período de difusão de descoberta seguindo o período de backoff aleatório, conforme mostrado. Dessa maneira, se dois dispositivos IoE 102 estiverem simultaneamente buscando uma partição para difundir nela, o dispositivo IoE 102 com um período de backoff aleatório mais longo adiará para o dispositivo IoE 102 com o período de backoff aleatório mais curto para a partição disponível. Dessa maneira, o período de backoff aleatório pode resolver contenções entre dispositivos IoE 102 competidores que buscam uma partição disponível. Em algumas implantações, um período de backoff aleatório não está incluído (ou o tempo de retirada aleatório

é ajustado para zero) de modo que o dispositivo IoE 102 transmita sua mensagem de descoberta imediatamente seguindo o NBT se uma difusão de um outro dispositivo de comunicação sem fio não for captada durante o NBT.

[0051] Uma vez que um dispositivo IoE 102 encontra uma partição disponível (D_x) para difundir sua mensagem de descoberta, o mesmo pode continuar a utilizar essa mesma partição em quadros de descoberta subsequentes (F_D) sem precisar realizar a captação de portadora durante o NBT ou realizar a retirada aleatória. Nesse sentido, quaisquer dispositivos IoE 102 recentemente introduzidos ou outros dispositivos IoE que buscam uma partição para transmitir sua mensagem de descoberta detectará que a partição está ocupada como um resultado da realização da captação de portadora e/ou retirada aleatória conforme descrito acima. Dessa maneira, os dispositivos IoE 102 podem escolher partições para suas respectivas difusões de descoberta de uma maneira distribuída sem perturbar as difusões periódicas existentes. Nesse sentido, em algumas ocasiões, um dispositivo IoE 102 difunde apenas uma mensagem de descoberta se satisfizer o limite de potência de bateria, consumo de energia, perda de percurso e/ou outros valores indicativos de que o dispositivo IoE 102 é adequado para servir como um relé para outros dispositivos IoE. Dessa maneira, os dispositivos IoE 102 que não satisfazem tal valor (ou valores) limite podem não difundir uma mensagem de descoberta, mas, ao invés disso, escutar as difusões de outros dispositivos IoE 102 em um esforço de descobrir e selecionar um dispositivo adequado para servir como um relé para a estação base 104.

[0052] A Figura 6 é um diagrama de uma estrutura de quadro 600 de um quadro de descoberta (F_D) que inclui partições de descoberta ($D_1, D_2, D_3, \dots$) e partições de

associação ($A_1, A_2, A_3, \dots$) de acordo com as modalidades da presente revelação. Em vez de ocupar todo o quadro de descoberta (F_D) com partições de tempo para difusões de mensagem de descoberta, uma ou mais partições do quadro de descoberta (F_D) podem ser reservadas para associação entre dispositivos IoE 102. Por exemplo, durante uma partição de associação ($A_1, A_2, A_3, \dots$) um dispositivo IoE 102 que busca uma retransmissão pode se associar a um outro dispositivo IoE 102 (ou outro dispositivo de comunicação sem fio) identificado como sendo uma retransmissão adequada com base em uma mensagem de descoberta recebida do outro dispositivo IoE 102 durante uma das partições de descoberta ($D_1, D_2, D_3, \dots$). Em geral, os dispositivos IoE 102 podem utilizar quaisquer técnicas conhecidas ou que serão desenvolvidas futuramente para se associarem uns aos outros. Em algumas implantações, os dispositivos IoE 102 utilizam um handshake de RTS/CTS para se associarem entre si. Ao ter partições de descoberta ($D_1, D_2, D_3, \dots$) e partições de associação ($A_1, A_2, A_3, \dots$) em um único quadro de descoberta (F_D), a latência de associação é encurtada. No entanto, tal abordagem pode resultar na resolução de maior contenção devido aos múltiplos dispositivos IoE em uma área que busca se associar ao mesmo dispositivo de retransmissão e/ou a diferentes dispositivos de retransmissão na área.

[0053] Com referência agora às Figuras 7 e 8, são mostradas nas mesmas linhas do tempo de quadro que ilustram a associação de dispositivos IoE 102 que são realizados em um quadro separado do quadro de descoberta. Por exemplo, a Figura 7 ilustra uma linha do tempo de quadro 700 que mostra um quadro de associação (F_A) que segue imediatamente um quadro de descoberta (F_D), enquanto a Figura 8 ilustra uma linha do tempo de quadro 800 que mostra o quadro de associação (F_A) espaçado do quadro de descoberta

(F_D) por um ou mais quadros intervenientes. Nas modalidades das Figuras 7 e 8, todas as partições no quadro de descoberta (F_D) podem ser reservadas para difusões de descoberta ou todas as partições de associação (A₁, A₂, A₃,...) do quadro de descoberta podem ter sido utilizadas por outros dispositivos de modo que a associação entre os dispositivos IoE ocorra durante um quadro subsequente, indicado como um quadro de associação (F_A). Nesse sentido, o quadro de associação (F_A) pode ser o quadro imediatamente seguinte (conforme mostrado na Figura 7) ou um quadro subsequente (conforme mostrado na Figura 8). Nesse sentido, em algumas implantações, o quadro de associação (F_A) é selecionado com base em quando o dispositivo IoE identificado como sendo adequado para servir como um relé estará alerta em seguida (por exemplo, conforme indicado em sua programação de ativação na difusão de descoberta), que pode ser segundos, minutos, horas, dias, semanas, etc. seguindo o quadro de descoberta (F_D). Essa abordagem de associação atrasada pode reduzir significativamente a contenção entre dispositivos IoE para o tempo de associação em comparação com a abordagem de quadro único da Figura 6 por causa de diferentes IoEs que podem ter competido para partições de associação de tempo comuns poder iniciar a associação em diferentes momentos com base nas programações de ativação dos diferentes dispositivos IoE que devem servir como nós de retransmissão. No entanto, essa abordagem pode resultar em latência de maior associação devido ao atraso entre o quadro de descoberta e o quadro de associação.

[0054] A abordagem específica utilizada para associação entre dispositivos IoE 102 pode ser selecionada com base nos objetivos ou nas prioridades específicos da rede e/ou das funcionalidades disponíveis dos dispositivos IoE 102. Por exemplo, em algumas implantações, a baixa

associação de latência entre dispositivos IoE 102 pode ser importante de modo que um quadro que tem tanto partições de descoberta quanto partições de associação seja preferencial. Em outras ocasiões, evitar contenções entre dispositivos IoE 102 pode ser importante de modo que a utilização de quadros de descoberta e quadros de associação separados seja preferencial.

[0055] Em algumas ocasiões, múltiplos dispositivos IoE 102 podem tentar se conectar ao mesmo dispositivo IoE de retransmissão. No entanto, o dispositivo IoE de retransmissão 102 pode não ter capacidade de aguentar o serviço como um relé para múltiplos dispositivos e/ou mediante a associação a um outro dispositivo IoE, o dispositivo IoE de retransmissão pode não ser mais o relé mais adequado para um dispositivo IoE específico que tem outras opções de retransmissão. Dessa maneira, em algumas implantações, um dispositivo IoE 102 pode difundir uma mensagem de descoberta atualizada cada vez que um outro dispositivo IoE se associa ao mesmo. A mensagem de descoberta atualizada pode incluir informações atualizadas que refletem os efeitos do dispositivo IoE que serve como um relé. Semelhantemente, um dispositivo IoE 102 pode permitir que apenas um outro dispositivo IoE se associe ao mesmo durante qualquer um período de tempo de descoberta e associação (seja dentro de um único quadro ou através de um quadro de descoberta e um quadro de associação) para impedir a sobrecarga de um dispositivo IoE 102 continuamente disponível. Durante sua próxima difusão de descoberta, as informações incluídas na mensagem de difusão irão refletir os efeitos da associação com um outro dispositivo IoE a partir do período de descoberta e associação anterior.

[0056] Conforme notado cima, um dispositivo IoE 102 que busca uma retransmissão pode detectar e selecionar

um dispositivo de retransmissão adequado com base na de descoberta (ou mensagens) difundida por outros dispositivos IoE 102 da rede 100. Em algumas implantações, um dispositivo IoE 102 que busca um relé implanta uma aproximação gulosa distribuída para identificar um dispositivo IoE 102 para servir como um relé. Por exemplo, o dispositivo IoE 102 pode identificar o dispositivo dentro de sua faixa de transmissão que está de acordo ou satisfaz quaisquer parâmetros de latência de dados e terá a menor carga de energia em relação à potência de bateria restante para servir como um relé.

[0057] Com referência novamente à Figura 1, o dispositivo IoE 102a pode estar buscando uma retransmissão adequada para facilitar as comunicações com estação base 104. Dessa maneira, o dispositivo IoE 102a pode identificar inicialmente os outros dispositivos IoE 102 dentro de sua faixa. Nesse sentido, os dispositivos IoE 102 dentro da faixa podem ser determinados com o uso de qualquer técnica adequada, incluindo com base na perda de percurso (por exemplo, com base em uma comparação de uma resistência de um sinal piloto recebido em relação à resistência de transmissão conhecida do sinal piloto). Na Figura 1, o dispositivo IoE 102e está fora da faixa 112 de dispositivo IoE 102a, enquanto os dispositivos IoE 102b, 102c e 102d estão dentro da faixa 112 de dispositivo IoE 102a.

[0058] O dispositivo IoE 102a também pode determinar quais dos dispositivos IoE 102b, 102c e 102d dentro de sua faixa 112 têm uma programação de transmissão que satisfaz um requisito de latência dos dados a serem transmitidos pelo dispositivo IoE 102a. Por exemplo, se o dispositivo IoE 102d não tiver um período de alerta e/ou período de transmissão programado dentro do quadro de tempo em que o dispositivo IoE 102a precisa transmitir seus dados para a estação base, então, o dispositivo IoE 102d não será

adequado para servir como um relé. Em algumas ocasiões, o dispositivo IoE 102a determina se um dispositivo IoE específico satisfaz suas exigências de latência com base nas informações (por exemplo, programação de ativação, programação de transmissão, etc.) incluídas na mensagem de descoberta difundida por esse dispositivo IoE específico.

[0059] O dispositivo IoE 102a também pode determinar quais dos dispositivos IoE 102b e 102c que estão dentro de sua faixa 112 e tem uma programação de transmissão que satisfaz sua exigência de latência terá a carga de energia mínima como resultado do serviço como um relé. Nesse sentido, o dispositivo IoE 102a pode utilizar a fórmula a seguir para identificar o dispositivo IoE que terá a carga de energia mínima quando servir como um relé,

$$\min_j (E_j (t-1) + E_{D2D-Rx} (ij) + E_{D-eNB} (j))/B_j \text{ (EQ. 1)}$$

[0060] em que $E_j (t-1)$ é a taxa existente de consumo de energia no dispositivo IoE j (por exemplo, dispositivo IoE 102b ou dispositivo IoE 102c), $E_{D2D-Rx} (ij)$ é a taxa de consumo de energia no dispositivo IoE j que resultaria do recebimento de dados periódicos do dispositivo IoE i (por exemplo, dispositivo IoE 102a), $E_{D-eNB} (j)$ é a taxa de consumo de energia para transmitir os dados recebidos do IoE i para a estação base (por exemplo, estação base 104), e B_j é a energia de bateria restante de dispositivo IoE j . Alternativamente, o inverso da razão mostrada em EQ. 1, que corresponde à vida útil de bateria projetado IoE j , pode ser maximizado para determinar qual dispositivo IoE serviria como um relé. Novamente, o dispositivo IoE 102a pode determinar qual dispositivo IoE minimiza a carga de energia (ou maximiza a expectativa de vida útil de bateria) com base nas informações (por exemplo, taxa atual de consumo de energia, bateria restante, energia necessária para

transmitir um pacote de determinado comprimento (ou comprimentos), etc.) incluído nas mensagens de descoberta difundidas pelos dispositivos IoE.

[0061] Em algumas ocasiões, o dispositivo IoE 102a determina ou calcula uma economia de potência, vida útil de bateria e/ou outro parâmetro associado à utilização de um relé em comparação com uma comunicação de percurso direto com a estação base 104. Se o uso do relé não fornecer pelo menos um aprimoramento pré-especificado (por exemplo, que satisfaz um limite) através da comunicação de percurso direto, então, o dispositivo IoE 102a pode manter a comunicação de percurso direto e não usar o relé.

[0062] Uma vez que o dispositivo IoE 102a descobre e seleciona o dispositivo IoE 102 ideal (por exemplo, dispositivo IoE 102c) para servir como um relé, o mesmo se associa àquele dispositivo IoE 102c durante uma partição de associação ou quadro de associação e utiliza subsequentemente o dispositivo IoE 102c como um relé. Nesse sentido, o dispositivo IoE 102a pode continuar a utilizar o dispositivo IoE 102c como um relé indefinidamente. Alternativamente, o dispositivo IoE 102a pode reavaliar cada um com frequência. Em algumas ocasiões, a quantidade de tempo entre a reavaliação e/ou a resseleção de um relé adequado se baseia pelo menos em parte na mobilidade esperada/real dos dispositivos IoE 102 da rede 100 e/ou na variabilidade no número de dispositivos IoE 102 que são parte da rede 100. Por exemplo, quando se esperar que os dispositivos IoE 102 sejam estacionários e quando se esperar que os vários dispositivos IoE na rede permaneçam constantes (por exemplo, múltiplos medidores inteligentes em um edifício), então, o dispositivo IoE 102a pode passar longos períodos de tempo (por exemplo, dias, semanas, meses, anos, etc.) sem reavaliar sua conexão de retransmissão. Por outro lado, em redes em

que um ou mais dos dispositivos IoE 102 é esperado que seja móvel e/ou os vários dispositivos IoE 102 são esperados que mudem regularmente (por exemplo, através das introdução e/ou remoção dos dispositivos IoE), então, o dispositivo IoE 102a pode reavaliar com uma base mais frequente (por exemplo, meses, semanas, dias, minutos, etc.).

[0063] A Figura 9 é um diagrama que ilustra a sinalização 900 entre dispositivos IoE para seleção de retransmissão de comunicação sem fio de acordo com vários aspectos da presente revelação. Em particular, a Figura 9 mostra a sinalização associada a um dispositivo IoE 102a que seleciona um dispositivo de retransmissão a partir de uma pluralidade de dispositivos IoE 102b, 102c, ..., 102i disponíveis. Conforme mostrado, cada um dos dispositivos IoE 102b, 102c, ..., 102i difunde uma mensagem de descoberta durante uma partição diferente de um quadro de descoberta. Por exemplo, o dispositivo IoE 102b é mostrado difundindo uma mensagem de descoberta 902 durante a partição b de um quadro de descoberta, o dispositivo IoE 102c é mostrado difundindo uma mensagem de descoberta 904 durante a partição c do quadro de descoberta, e o dispositivo IoE 102i é mostrado difundindo uma mensagem de descoberta 906 durante a partição i do quadro de descoberta. Fica compreendido que qualquer número de dispositivos IoE pode difundir as mensagens de descoberta durante o quadro de descoberta. Cada um dos dispositivos IoE 102b, 102c, ..., 102i pode selecionar a partição específica durante a qual o mesmo difunde sua mensagem de descoberta utilizando as várias técnicas descritas no presente documento, incluindo aquelas descritas acima em relação à Figura 5 e abaixo em relação à Figura 11, assim como quaisquer outras técnicas adequadas.

[0064] Na ação 908, o dispositivo IoE 102a seleciona um dispositivo de retransmissão a partir da

pluralidade de dispositivos IoE 102b, 102c,..., 102i disponíveis com base nas mensagens de descoberta recebidas 902, 904,..., 906. O dispositivo IoE 102a pode selecionar o dispositivo de retransmissão que utiliza as várias técnicas descritas no presente documento, incluindo a identificação dos dispositivos IoE que satisfazem a faixa, latência e/ou parâmetros de energia necessários. Uma vez que o dispositivo IoE 102a selecionou um dispositivo de retransmissão, o dispositivo IoE 102a se associa ao dispositivo de retransmissão selecionado na ação 910. Por exemplo, a Figura 9 mostra associações 910b, 910c e 910z para associação com dispositivos IoE 102b, 102c e 102i, respectivamente. Conforme notado acima, os dispositivos IoE podem utilizar quaisquer técnicas conhecidas ou que serão desenvolvidas futuramente para se associarem uns aos outros. Uma vez associado, o dispositivo IoE 102a pode utilizar o dispositivo de retransmissão selecionado para se comunicar através da rede.

[0065] A Figura 10 é um fluxograma que ilustra um método 1000 exemplificativo para seleção de retransmissão de comunicação sem fio, de acordo com vários aspectos da presente revelação; Em particular, o método 1000 ilustra a seleção de um dispositivo de retransmissão dentre uma pluralidade de dispositivos de retransmissão disponíveis de acordo com as modalidades da presente revelação. O método 1000 pode ser implantado em um dispositivo IoE 102 (por exemplo, qualquer um discutido acima em relação às Figuras 1 e 2). É compreendido que as etapas adicionais podem ser fornecidas antes, durante e depois das etapas do método 1000, e que algumas das etapas descritas podem ser substituídas ou eliminadas do método 1000.

[0066] Na ação 1002, um dispositivo de comunicação sem fio, como um dispositivo IoE, recebe uma

mensagem de descoberta de um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio durante um período de tempo de descoberta. O período de tempo de descoberta pode ser um quadro de descoberta. As mensagens de descoberta podem ser recebidas durante as partições separadas do quadro de descoberta. As mensagens de descoberta podem incluir um ou mais de uma ID do dispositivo de comunicação sem fio, uma programação de ativação do dispositivo de comunicação sem fio, uma programação de transmissão do dispositivo de comunicação sem fio, uma taxa atual de consumo de energia do dispositivo de comunicação sem fio, uma vida útil de bateria restante do dispositivo de comunicação sem fio e/ou uma quantidade de energia necessária para o dispositivo de comunicação sem fio transmitir um pacote de dados de um determinado comprimento.

[0067] Na ação 1004, o dispositivo de comunicação sem fio seleciona um dispositivo de retransmissão dentre os um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio com base nas mensagens de descoberta recebidas. Por exemplo, o dispositivo de comunicação sem fio pode selecionar um dispositivo que satisfaz o alcance/proximidade, latência de dados, energia e/ou outros parâmetros. Por exemplo, o dispositivo de comunicação sem fio pode identificar os outros dispositivos de comunicação sem fio (i) dentro de uma determinada faixa com base em uma perda de percurso entre os dispositivos de comunicação sem fio, (ii) satisfaz uma exigência de latência de dados com base em uma programação de ativação do outro dispositivo de comunicação sem fio; e/ou (iii) satisfazer e/ou otimizar um parâmetro de energia selecionado a partir do grupo de parâmetros de energia que consiste em um consumo de energia ou uma vida útil de bateria do outro dispositivo de comunicação sem fio.

[0068] Na ação 1006, o dispositivo de comunicação sem fio se associa ao outro dispositivo de comunicação sem fio selecionado para servir como o dispositivo de retransmissão. A associação pode ocorrer durante um quadro de associação separado do quadro de descoberta ou durante pelo menos uma partição do quadro de descoberta. Uma vez associado, o dispositivo de comunicação sem fio pode utilizar o dispositivo de retransmissão selecionado para se comunicar através da rede.

[0069] A Figura 11 é um fluxograma que ilustra um método 1100 exemplificativo para comunicação sem fio, de acordo com vários aspectos da presente revelação; Em particular, o método 1100 ilustra a seleção de uma partição dentro de um quadro de descoberta para difundir as mensagens de descoberta que podem ser utilizadas por outros dispositivos de comunicação sem fio para seleção de retransmissão de acordo com as modalidades da presente revelação. O método 1100 pode ser implantado em um dispositivo IoE 102 (por exemplo, qualquer um discutido acima em relação às Figuras 1 e 2). É compreendido que as etapas adicionais podem ser fornecidas antes, durante e depois das etapas do método 1100, e que algumas das etapas descritas podem ser substituídas ou eliminadas do método 1100.

[0070] Na ação 1102, um dispositivo de comunicação sem fio, como um dispositivo IoE, escuta as transmissões de um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio durante um tempo de difusão de uma partição de descoberta de um quadro de descoberta.

[0071] Na ação 1104, o dispositivo de comunicação sem fio determina se quaisquer transmissões foram recebidas durante o tempo de difusão da partição de descoberta. Se uma transmissão fosse recebida, então, o método retorna para a ação 1102 e o dispositivo de

comunicação sem fio escuta as transmissões de um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio durante um tempo de difusão de uma partição de descoberta de um quadro de descoberta, que pode ser uma partição de descoberta diferente dentro do mesmo quadro de descoberta ou a partição de descoberta dentro de um quadro de descoberta diferente. Dessa maneira, o dispositivo de comunicação sem fio pode escutar as transmissões de outros dispositivos de comunicação sem fio em uma pluralidade de partições de descoberta dentro de um único quadro de descoberta.

[0072] Se nenhuma transmissão fosse recebida durante o tempo de difusão, então, o método continua a ação 1106 em que o dispositivo de comunicação sem fio escuta as transmissões de um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio durante um período de backoff da partição de descoberta do quadro de descoberta. O período de backoff pode seguir imediatamente o tempo de difusão durante que nenhuma transmissão foi recebida. O período de backoff pode ser por uma duração de tempo aleatória (isto é, variável) ou fixa. Quando o período de backoff for uma retirada aleatória, o comprimento da retirada pode ser selecionado por meio de hardware e/ou software do dispositivo de comunicação sem fio.

[0073] Na ação 1108, o dispositivo de comunicação sem fio determina se quaisquer transmissões foram recebidas durante o período de backoff da partição de descoberta. Se uma transmissão fosse recebida, então, o método retorna para a ação 1102 e o dispositivo de comunicação sem fio escuta as transmissões de um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio durante um tempo de difusão de uma partição de descoberta de um quadro de descoberta, que pode ser uma partição de descoberta diferente dentro do mesmo quadro de descoberta ou a partição de

descoberta dentro de um quadro de descoberta diferente.

[0074] Se nenhuma transmissão fosse recebida durante o período de backoff, então, o método continua a ação 1110 em que o dispositivo de comunicação sem fio difunde uma mensagem de descoberta durante um período de difusão de descoberta da partição de tempo do quadro de descoberta. A mensagem de descoberta difundida pode incluir um ou mais de uma ID do dispositivo de comunicação sem fio, uma programação de ativação do dispositivo de comunicação sem fio, uma programação de transmissão do dispositivo de comunicação sem fio, uma taxa atual de consumo de energia do dispositivo de comunicação sem fio, uma vida útil de bateria restante do dispositivo de comunicação sem fio e/ou uma quantidade de energia necessária para o dispositivo de comunicação sem fio transmitir um pacote de dados de um determinado comprimento. Ademais, em algumas ocasiões, o dispositivo de comunicação sem fio difunde uma mensagem de descoberta em uma partição de descoberta de um quadro de descoberta subsequente sem escutar as transmissões de outros dispositivos de comunicação sem fio no quadro de descoberta subsequente. Nesse sentido, uma vez que o dispositivo de comunicação sem fio identifica uma partição de descoberta disponível para difundir sua mensagem de descoberta, o mesmo pode continuar a difundir durante essa mesma partição de descoberta de quadros de descoberta subsequentes.

[0075] Na ação 1112, o dispositivo de comunicação sem fio se associa a um outro dispositivo de comunicação sem fio que selecionou o mesmo para servir como um dispositivo de retransmissão com base na mensagem (ou mensagens) de descoberta difundida. A associação pode ocorrer durante um quadro de associação separado do quadro de descoberta ou durante pelo menos uma partição do quadro de descoberta. Uma vez associado, o dispositivo de

comunicação sem fio serve como dispositivo de retransmissão para o outro dispositivo de comunicação sem fio par facilitar as comunicações através da rede.

[0076] Em algumas ocasiões, o método 1100 não inclui ações 1106 e 1108 de modo que o dispositivo de comunicação sem fio proceda com a difusão de uma mensagem de descoberta durante um período de difusão de descoberta na partição de tempo do quadro de descoberta contanto que nenhuma transmissão seja recebida durante o tempo de difusão da partição de descoberta.

[0077] As informações e os sinais podem ser representados com o uso de qualquer uma dentre uma variedade de tecnologias e técnicas de acordo com a presente revelação. Por exemplo, os dados, as instruções, os comandos, as informações, os sinais, os bits, os símbolos e os chips que podem ser referenciados ao longo da descrição acima podem ser representados por tensões, correntes, ondas eletromagnéticas, por campos magnéticos ou por partículas, campos ópticos ou partículas, ou qualquer combinação dos mesmos.

[0078] Os vários blocos e módulos ilustrativos descritos em conjunto com a presente revelação podem ser implantados ou realizados com um processador para fins gerais, um DSP, um ASIC, uma FPGA ou outro dispositivo lógico programável (PDL), porta discreta ou lógica de transistor, componentes de hardware discretos ou qualquer combinação dos mesmos projetados para realizar as funções descritas no presente documento. Um processador para fins gerais pode ser um microprocessador, mas alternativamente, o processador pode ser qualquer processador, controlador, microcontrolador ou máquina de estado convencional. Um processador também pode ser implantado como uma combinação de dispositivos de computação (por exemplo, uma combinação de um DSP e um

microprocessador, múltiplos microprocessadores, um ou mais microprocessadores em conjunto com um núcleo de DSP, ou qualquer outra tal configuração).

[0079] As funções descritas no presente documento podem ser implantadas em hardware, software, executadas por um processador, firmware ou qualquer combinação dos mesmos. Caso implantadas em software executadas por um processador, as funções podem ser armazenadas ou transmitidas através de uma ou mais instruções ou códigos em um meio legível por computador. Outros exemplos e outras implantações estão dentro do escopo da revelação e das reivindicações anexas. Por exemplo, devido à natureza do software, as funções descritas acima podem ser implantadas com o uso de software executado por um processador, hardware, firmware, conexões físicas, ou combinações de qualquer um desses. Os recursos que implanta funções também podem estar fisicamente localizados em várias posições, incluindo sendo distribuídos de modo que as porções das funções sejam implantadas em diferentes locais físicos. Também, conforme usado no presente documento, incluindo nas reivindicações, "ou" conforme usado em uma lista de itens (por exemplo, uma lista de itens pré-faceada por uma expressão como "pelo menos um dentre ou "um ou mais dentre) indica uma lista inclusiva de modo que, por exemplo, uma lista de [pelo menos um dentre A, B, ou C] signifique A ou B ou C ou AB ou AC ou BC ou ABC (isto é, A e B e C).

[0080] Conforme aqueles com alguma habilidade na técnica irão observar agora e dependendo da aplicação específica antecipada, muitas modificações, substituições e variações podem ser feitas aos materiais, aparelhos, configurações e métodos de uso dos dispositivos da presente revelação sem que se afaste do espírito e do escopo da mesma. À luz disso, o escopo da presente revelação não deveria ser

limitado àquele das modalidades específicas ilustradas e descritas no presente documento, à medida que são meramente por meio de alguns exemplos dos mesmos, mas, ao invés disso, devem ser totalmente adequados àqueles das reivindicações anexas doravante e seus equivalentes funcionais.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para comunicação sem fio, o método caracterizado pelo fato de que compreende:

receber (1002), em um primeiro dispositivo de comunicação sem fio, mensagens de descoberta de um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio durante um período de tempo de descoberta, a mensagem de descoberta compreendendo uma energia de bateria restante e uma taxa atual de consumo de energia associada a um ou mais outros dispositivos e uma programação de ativação de um ou mais outros dispositivos, em que as mensagens de descoberta são recebidas durante um ou mais slots separados do período de tempo de descoberta;

determinar, no primeiro dispositivo de comunicação sem fio, qual dos um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio terá uma carga de energia mínima como resultado de servir como um relé com base na energia restante da bateria recebida e taxa atual de consumo de energia;

selecionar (1004), pelo primeiro dispositivo de comunicação sem fio, um dispositivo de retransmissão dentre os um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio com base em uma programação de ativação de um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio e a determinação da carga de energia; e

associar-se (1006), pelo primeiro dispositivo de comunicação sem fio, ao dispositivo de retransmissão selecionado durante um período de tempo de associação, em que a associação inclui adicionalmente transmitir, pelo primeiro dispositivo de comunicação sem fio para o dispositivo de retransmissão selecionado, uma mensagem de associação durante o período de tempo de associação.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o período de tempo de

associação ocupa pelo menos um dentre:

um quadro de associação separado do período de tempo de descoberta; ou

pelo menos uma partição do período de tempo de descoberta.

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

identificar um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio dentro de uma faixa do primeiro dispositivo de comunicação sem fio com base em uma perda de percurso entre o primeiro dispositivo de comunicação sem fio e os um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio.

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

selecionar o período de tempo de associação com base na programação de ativação do dispositivo de retransmissão selecionado.

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

identificar os um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio que otimizam um parâmetro de energia selecionado a partir do grupo de parâmetros de energia que consistem em um consumo de energia dos um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio ou uma vida útil de bateria dos um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio.

6. Dispositivo para comunicação sem fio caracterizado pelo fato de que compreende:

um sensor configurado para gerar dados a partir de um evento detectado;

um transceptor configurado para receber mensagens de descoberta de um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio durante um período de tempo de

descoberta; e transmitir uma mensagem de associação a um dispositivo de retransmissão selecionado durante um período de tempo de associação, a mensagem de descoberta compreendendo uma energia restante da bateria e uma taxa atual de consumo de energia associada a um ou mais outros dispositivos e uma programação de ativação de um ou mais outros dispositivos, em que as mensagens de descoberta são recebidas durante um ou mais dispositivos separados do período de tempo de descoberta; e

transmitir uma mensagem de associação para um dispositivo de retransmissão selecionado durante um período de tempo de associação; e

um processador configurado para:

determinar qual dos um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio terá uma carga de energia mínima como resultado de servir como um relé com base na energia restante da bateria recebida e taxa atual de consumo de energia; e

selecionar o dispositivo de retransmissão dentre os um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio com base em uma programação de ativação de um ou mais outros dispositivos de comunicação sem fio e a determinação da carga de energia.

7. Memória legível por computador caracterizada pelo fato de que compreende instruções armazenadas na mesma, que, quando executada por um computador realiza o método conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 5.

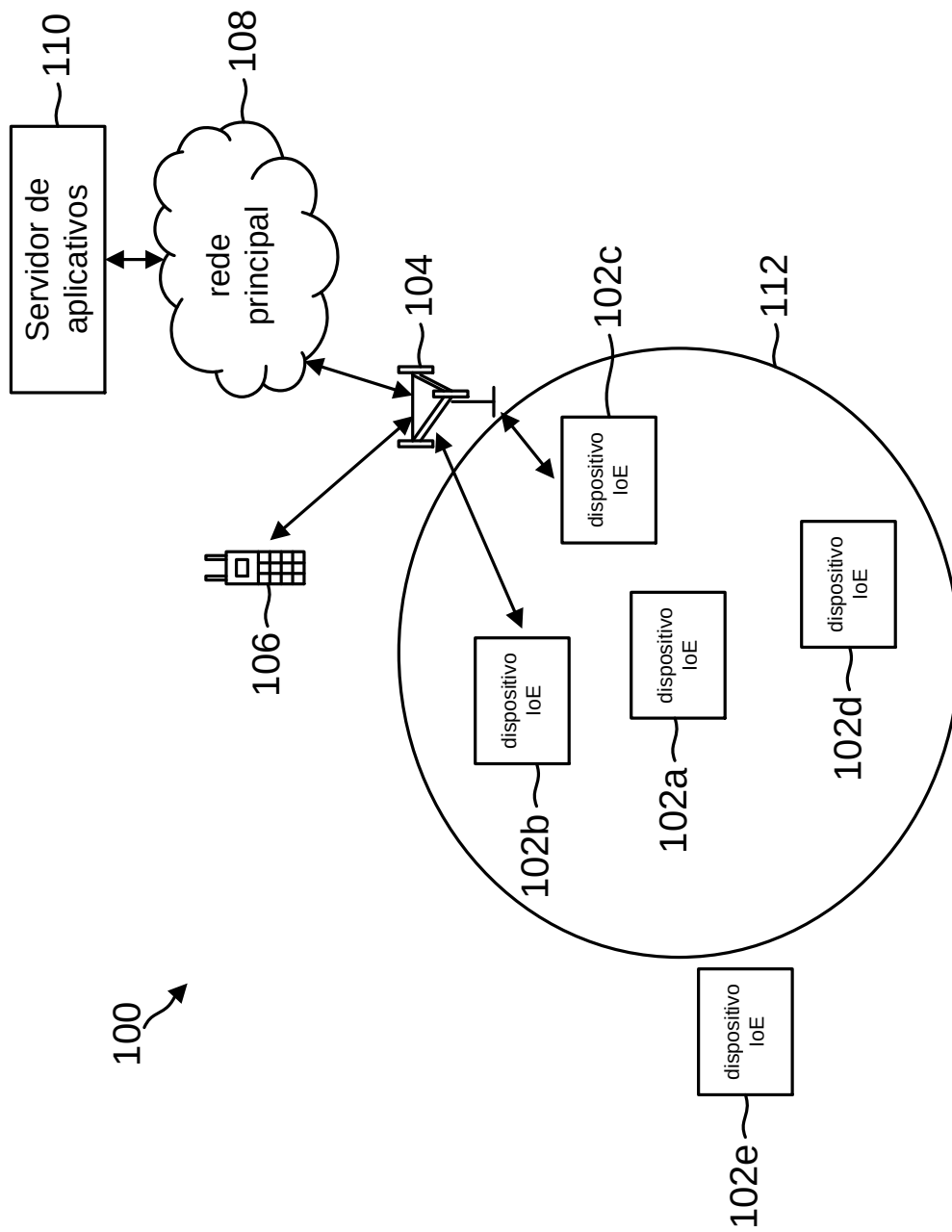


FIG. 1

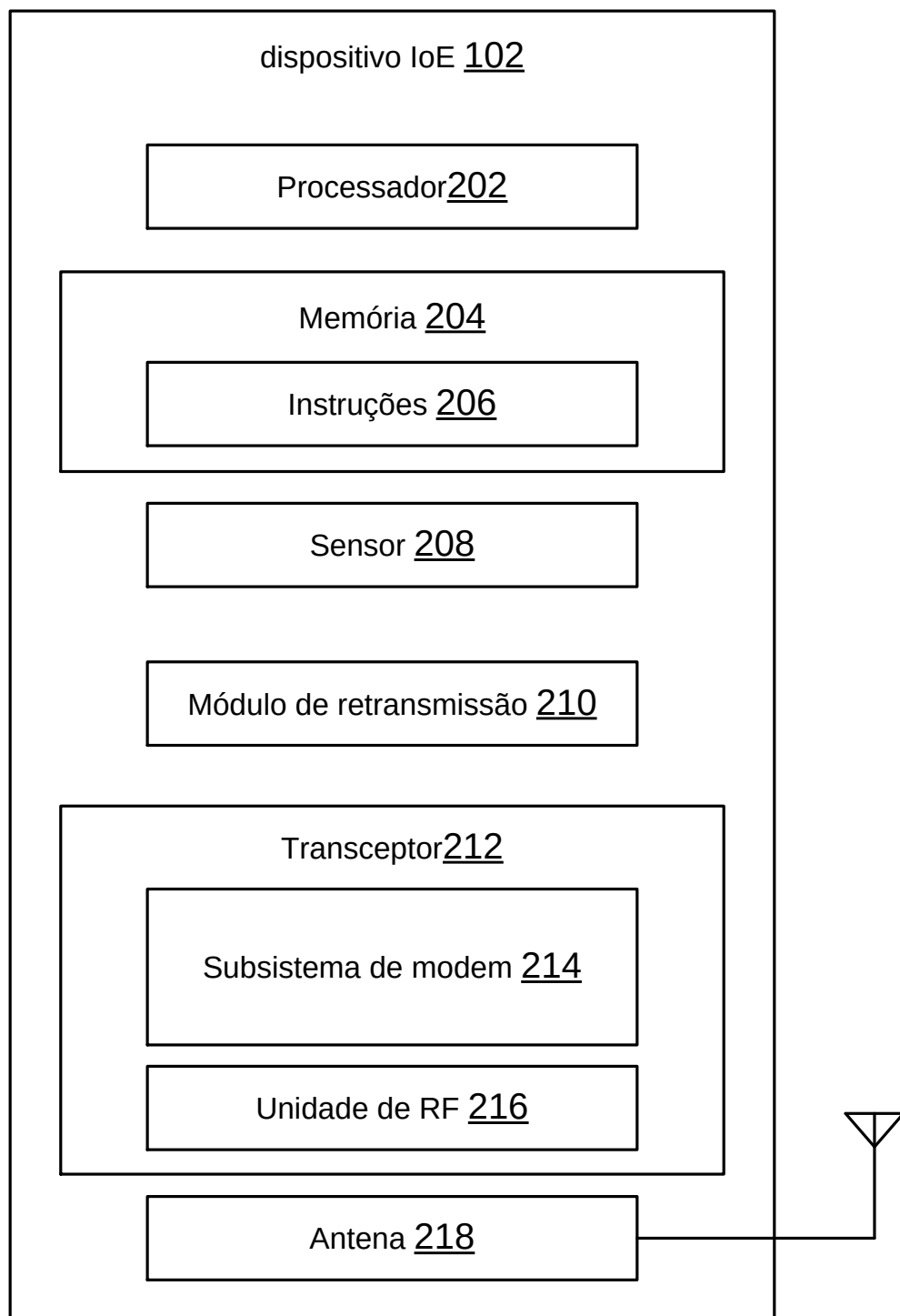


FIG. 2

300

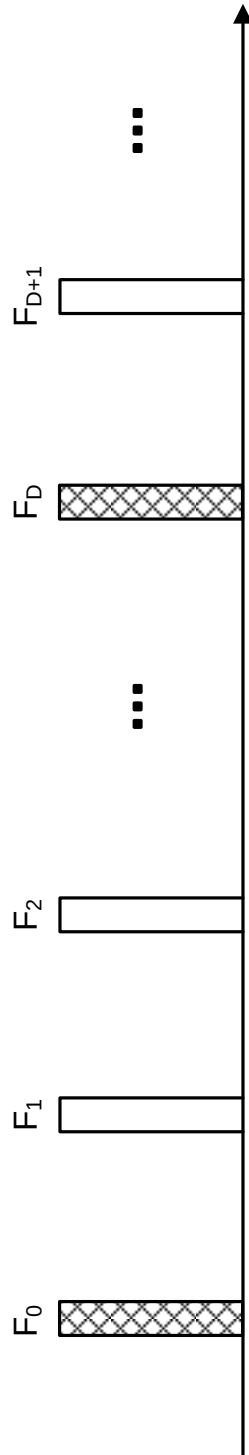


FIG. 3

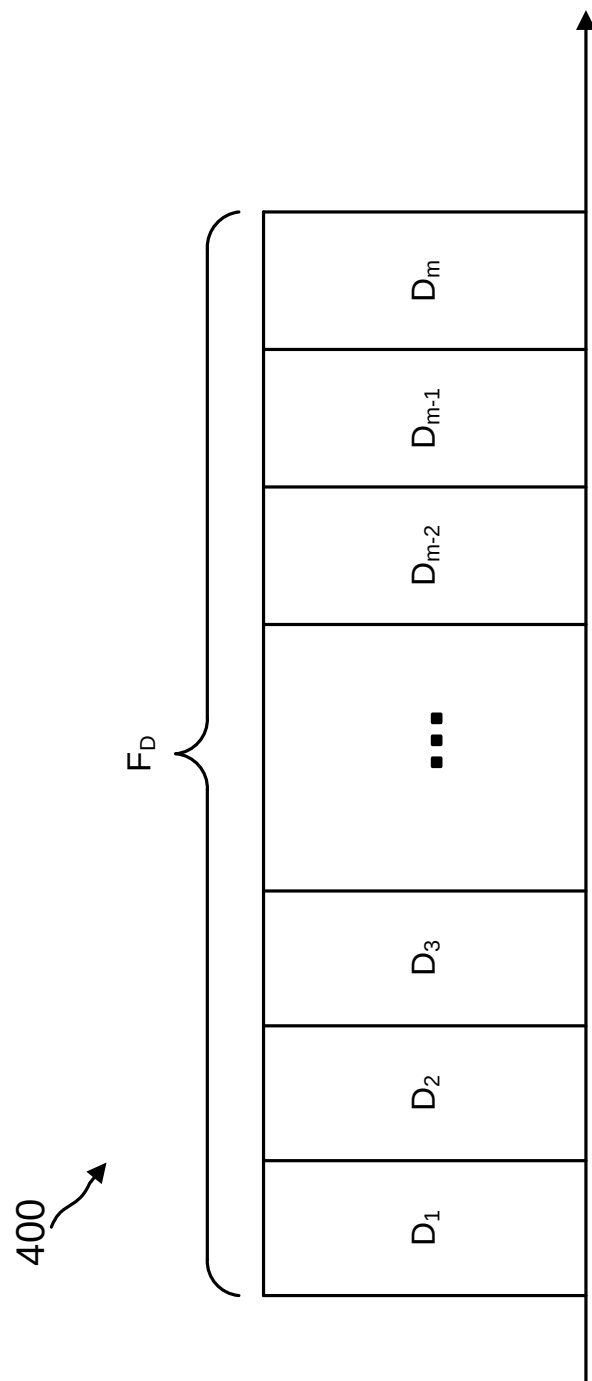


FIG. 4

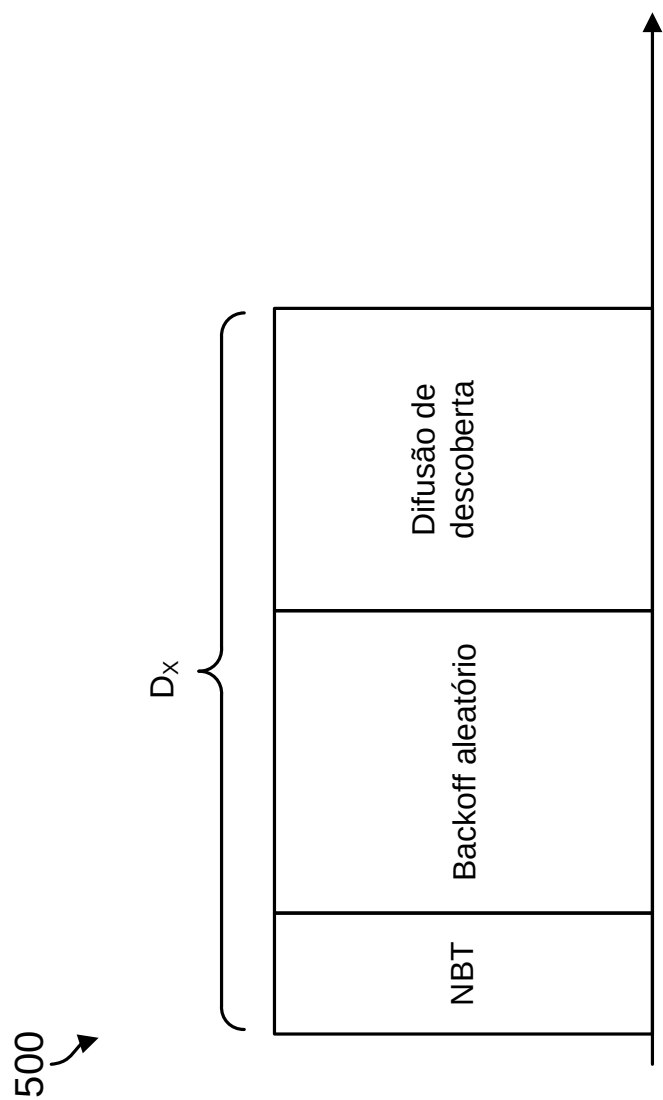


FIG. 5

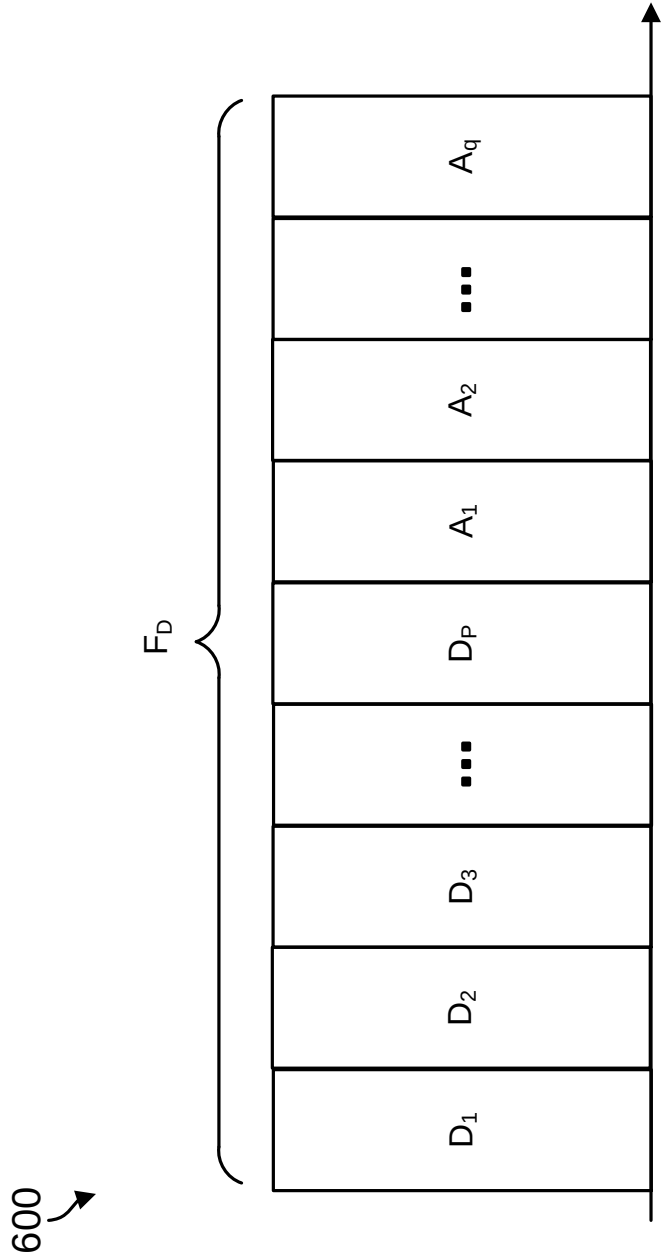
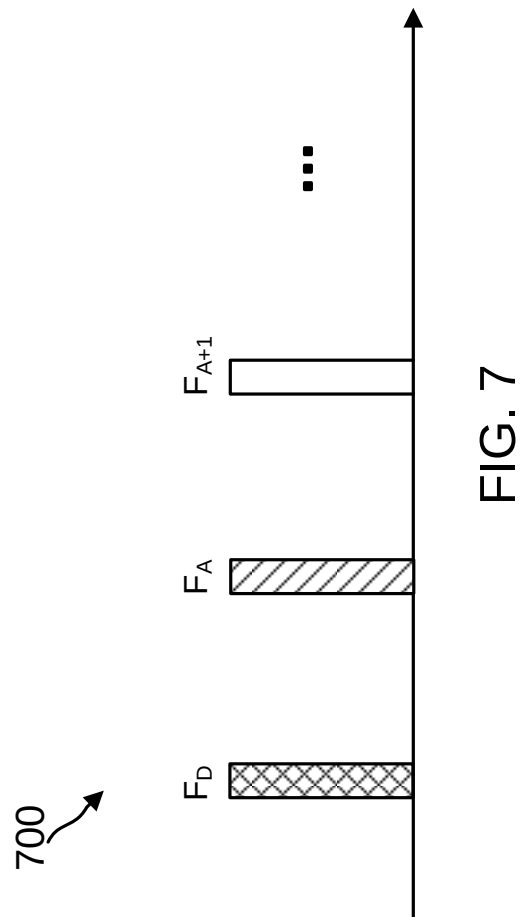


FIG. 6



800

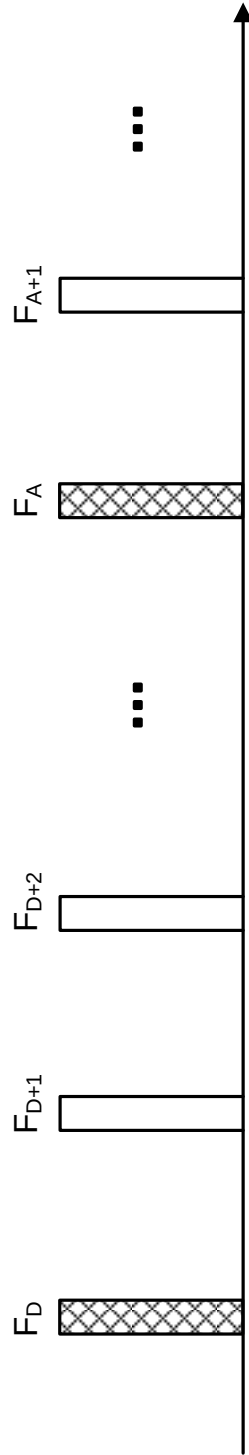


FIG. 8