

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: 2004.10.15	(73) Titular(es): QUALCOMM INCORPORATED 5775 MOREHOUSE DRIVE SAN DIEGO, CA 92121-1714 US
(30) Prioridade(s): 2003.10.15 US 511750 P 2003.10.15 US 511904 P 2003.10.21 US 513239 P 2003.12.01 US 526347 P 2003.12.01 US 526356 P	(72) Inventor(es): RODNEY J. WALTON US SANJIV NANDA US ARNAUD MEYLAN US
(43) Data de publicação do pedido: 2011.05.04	
(45) Data e BPI da concessão: 2013.06.05 164/2013	(74) Mandatário: ALBERTO HERMINIO MANIQUE CANELAS RUA VÍCTOR CORDON, 14 1249-103 LISBOA PT

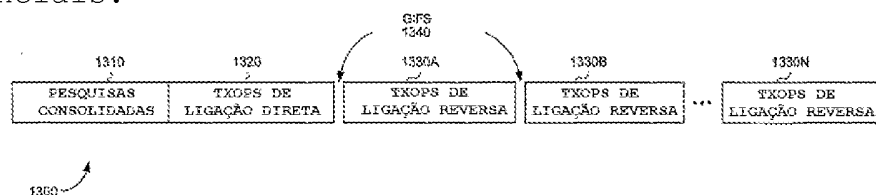
(54) Epígrafe: **CONTROLO DE ACESSO AO MEIO DE ALTA VELOCIDADE**

(57) Resumo:

MODELOS DE REALIZAÇÃO AQUI DIVULGADOS PARA O PROCESSAMENTO DE MAC PARA USO EFICIENTE DE SISTEMAS DE ALTO DÉBITO E QUE PODEM TER COMPATIBILIDADE COM VERSÕES ANTERIORES DE VÁRIOS TIPOS DE SISTEMAS LEGADOS. NUM ASPETO, UMA ESTRUTURA DE TRANSMISSÃO DE DADOS COMPREENDE UMA PESQUISA CONSOLIDADA E UMA OU MAIS TRAMAS TRANSMITIDAS DE ACORDO COM A PESQUISA CONSOLIDADA. NOUTRO ASPETO, UMA ESTRUTURA DE TRANSMISSÃO DE DADOS DE DUPLEXAGEM POR DIVISÃO NO TEMPO (TDD) COMPREENDE UM PILOTO, UMA PESQUISA CONSOLIDADA, E ZERO OU MAIS PONTOS DE ACESSO A TRAMAS DA ESTAÇÃO REMOTA DE ACORDO COM A PESQUISA CONSOLIDADA. NUM ASPETO, TRAMAS SÃO TRANSMITIDAS SEQUENCIALMENTE SEM ESPAÇAMENTO ENTRE TRAMAS OU COM ESPAÇAMENTO ENTRE TRAMAS SUBSTANCIALMENTE REDUZIDO. NOUTRO ASPETO, UM ESPAÇAMENTO ENTRE TRAMAS DE GUARDA PODE SER INTRODUZIDO ENTRE TRAMAS TRANSMITIDAS A PARTIR DE FONTES DIFERENTES, OU COM NÍVEIS DE ENERGIA SUBSTANCIALMENTE DIFERENTES. NOUTRO ASPETO, UM ÚNICO PREÂMBULO É TRANSMITIDO EM ASSOCIAÇÃO COM UMA OU MAIS TRAMAS. NOUTRO ASPETO, UMA CONFIRMAÇÃO DE BLOCO É TRANSMITIDA A SEGUIR À TRANSMISSÃO DE UMA OU MAIS TRAMAS SEQUENCIAIS.

RESUMO**"CONTROLO DE ACESSO AO MEIO DE ALTA VELOCIDADE"**

Modelos de realização aqui divulgados para o processamento de MAC para uso eficiente de sistemas de alto débito e que podem ter compatibilidade com versões anteriores de vários tipos de sistemas legados. Num aspeto, uma estrutura de transmissão de dados compreende uma pesquisa consolidada e uma ou mais tramas transmitidas de acordo com a pesquisa consolidada. Noutro aspeto, uma estrutura de transmissão de dados de Duplexagem por Divisão no Tempo (TDD) compreende um piloto, uma pesquisa consolidada, e zero ou mais pontos de acesso a tramas da estação remota de acordo com a pesquisa consolidada. Num aspeto, tramas são transmitidas sequencialmente sem espaçamento entre tramas ou com espaçamento entre tramas substancialmente reduzido. Noutro aspeto, um espaçamento entre tramas de guarda pode ser introduzido entre tramas transmitidas a partir de fontes diferentes, ou com níveis de energia substancialmente diferentes. Noutro aspeto, um único preâmbulo é transmitido em associação com uma ou mais tramas. Noutro aspeto, uma confirmação de bloco é transmitida a seguir à transmissão de uma ou mais tramas sequenciais.



DESCRIÇÃO

"CONTROLO DE ACESSO AO MEIO DE ALTA VELOCIDADE"

Reivindicação da Prioridade sob 35 U.S.C. 119

O pedido presente para prioridade das reivindicações de Patente para as seguintes Aplicações de Patente Provisórias U.S.:

Pedido provisório N° 60/511,750 intitulada "Method and Apparatus for Providing Interoperability and Backward Compatibility in Wireless Communication Systems" apresentada a 15 de Outubro de 2003;

Pedido provisório N° 60/511,904 intitulada "Method, Apparatus, and System for Medium Access Control in a High Performance Wireless LAN Environment" apresentada a 15 de Outubro de 2003;

Pedido provisório N° 60/513,239 intitulada "Peer-to-Peer Connections in MIMO WLAN System" apresentada a 21 de Outubro de 2003;

Pedido provisório N° 60/526,347 intitulada "Method, Apparatus, and System for Sub-Network Protocol Stack for Very High Speed Wireless LAN" apresentada a 1 de Dezembro de 2003;

Pedido provisório N° 60/526,356 intitulada "Method, Apparatus, and System for Multiplexing Protocol data Units in a High Performance Wireless LAN Environment" apresentada a 1 de Dezembro de 2003;

Pedido provisório N° 60/532,791 intitulada "Wireless Communications Medium Access Control (MAC) Enhancements" apresentada a 23 de Dezembro de 2003;

Pedido provisório N° 60/545,963 intitulada "Adaptive Coordination Function (ACF)" apresentada a 18 de Fevereiro de 2004;

Pedido provisório N° 60/576,545 intitulada "Method and Apparatus for Robust Wireless Network" apresentada a 2 de Junho de 2004;

Pedido provisório N° 60/586,841 intitulada "Method and Apparatus for Distribution Communication Resources Among Multiple Users" apresentada a 8 de Julho de 2004; e

Pedido provisório N° 60/600,960 intitulada "Method, Apparatus, and System for Wireless Communications" apresentada a 11 de agosto de 2004; todos atribuídos ao concessionário deste documento.

ANTECEDENTES

Campo

A presente invenção diz respeito a comunicações em geral, e mais especificamente a controlo de acesso ao meio.

Antecedentes

Sistemas de comunicação sem fios são amplamente utilizados para fornecer vários tipos de comunicação tal como voz e dados. Um sistema típico de dados sem fios, ou

rede, fornece acesso a múltiplos utilizadores para um ou mais recursos partilhados. Um sistema pode usar uma variedade de técnicas de acesso múltiplo tal como Multiplexagem por Divisão de Frequências (FDM), Multiplexagem por Divisão no Tempo (TDM), Multiplexagem por Distribuição do Código (CDM), e outros.

Exemplos de redes sem fios incluem sistemas de dados de base celular. A seguir encontram-se vários desses exemplos: (1) O "TIA/EIA-95-B Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System" (o padrão IS-95), (2) o padrão oferecido por um consórcio chamado "3rd Generation Partnership Project" (3GPP) e incorporado num conjunto de documentos incluindo Documentos N.ºs. 3G TS 25.211, 3G TS 25.212, 3G TS 25.213, e 3G TS 25.214 (o padrão W-CDMA), (3) o padrão oferecido por um consórcio chamado "3rd Generation Partnership Project 2" (3GPP2) e incorporado em "TR-45.5 Physical Layer Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems" (o padrão IS-2000), e (4) sistema de taxa de dados elevada (HDR) que está em conformidade com o padrão TIA/EIA/IS-856 (o padrão IS-856).

Outros exemplos de sistemas sem fios incluem Redes Locais Sem Fios (WLANs) tais como os padrões IEEE 802.11 (*i.e.* 802.11(a), (b), ou (g)). Melhorias sobre essas redes podem ser alcançadas implantando uma WLAN de Entrada Múltipla Saída Múltipla (MIMO) compreendendo técnicas de modulação de Multiplexagem por Divisão de Frequências

Ortogonais (OFDM). IEEE 802.11(e) tem sido introduzido para melhorar algumas das falhas dos padrões 802.11 anteriores.

À medida que os modelos de sistema sem fios têm avançado, tornaram-se disponíveis taxas de dados mais elevadas. Taxas de dados mais elevadas abriram a possibilidade de aplicações avançadas, entre as quais se encontram voz, vídeo, transferência de dados rápida, e várias outras aplicações. No entanto, várias aplicações podem ter diferentes requisitos para a sua respetiva transferência de dados. Muitos tipos de dados podem ter latência e requisitos de transferência, ou necessitam de alguma garantia de Serviço de Qualidade (QoS). Sem gestão de recursos, a capacidade de um sistema pode ser reduzida, e o sistema pode não operar eficazmente.

Protocolos de Controlo de Acesso ao Meio (MAC) são geralmente utilizados para alocar um recurso de comunicação partilhado entre um número de utilizadores. Protocolos de MAC geralmente ligam camadas superiores com a camada física usada para transmitir e receber dados. Para beneficiar de um aumento da taxa de dados, um protocolo de MAC deve ser projetado para utilizar os recursos partilhados eficazmente. Geralmente também é desejado manter a interoperacionalidade com padrões de comunicação alternados ou legados. Existe portanto uma necessidade na técnica para processamento de MAC para uso eficiente de sistemas de alto débito. Existe ainda uma necessidade na técnica de que tal processamento de MAC seja compatível com versões anteriores de vários tipos de sistemas legados.

É chamada a atenção para o documento US 6 547 237 B1 o qual diz respeito a um dispositivo de rede que inclui um injetor de preâmbulo legado com base numa indicação que o dispositivo legado é acoplado a uma rede comum. O injetor do preâmbulo legado insere o preâmbulo legado se um dispositivo legado é um dispositivo para comunicação de um dispositivo de rede. Alternativamente, um dispositivo pode ser adaptado para a saída de uma saída de carga de uma taxa nativa, por exemplo, se um dispositivo legado não é um alvo. Um sistema de Aliança da Rede da Linha de Telefone Privada inclui rede de linha de telefone e uma série de dispositivos acoplados à rede da linha de telefone.

SUMÁRIO

Modelos de realização aqui divulgados tratam da necessidade de processamento de MAC para utilização eficiente de sistemas de alto débito e que possam ser compatíveis com versões anteriores de vários tipos de sistemas legados. Num aspeto, uma estrutura de transmissão de dados compreende uma pesquisa consolidada e uma ou mais tramas transmitidas de acordo com a pesquisa consolidada. Noutro aspeto, uma estrutura de transmissão de dados de Duplexagem por Divisão no Tempo (TDD) compreende um piloto, uma pesquisa consolidada, e zero ou mais pontos de acesso a tramas de estação remota de acordo com a pesquisa consolidada.

Num aspeto, as tramas são transmitidas sequencialmente sem nenhum espaçamento entre tramas ou com espaçamento entre tramas reduzido substancialmente. Noutro aspeto, um espaçamento entre tramas de guarda pode ser introduzido entre tramas transmitidas a partir de fontes diferentes, ou com níveis de energia substancialmente diferentes. Noutro aspeto, um único preâmbulo é transmitido em associação com uma ou mais tramas. Noutro aspeto, uma confirmação de bloco é transmitida a seguir à transmissão de uma ou mais tramas sequenciais. Noutro aspeto, uma pesquisa consolidada é transmitida, e uma ou mais tramas são transmitidas em associação com esta. Vários outros aspetos também são apresentados.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

FIG. 1 é um exemplo de modelo de realização de um sistema incluindo uma WLAN de alta velocidade;

FIG. 2 retrata um exemplo de modelo de realização de um dispositivo de comunicação sem fios, que pode ser configurado como um ponto de acesso ou terminal de utilizador;

FIG. 3 retrata parâmetros de espaçamento entre tramas 802.11;

FIG. 4 retrata um exemplo de segmento de transmissão de camada física (PHY) ilustrando o uso de DIFS mais recuo para acesso de acordo com a DCF;

FIG. 5 retrata um exemplo de segmento de transmissão de camada física (PHY) ilustrando o uso de SIFS antes de um ACK, com prioridade mais elevada que um acesso DIFS;

FIG. 6 ilustra a segmentação de pacotes grandes em fragmentos mais pequenos associado a SIFS;

FIG. 7 retrata um exemplo de segmento de transmissão de camada física (PHY) ilustrando uma TXOP com confirmação por trama;

FIG. 8 ilustra uma TXOP com confirmação de bloco;

FIG. 9 retrata um exemplo de segmento de transmissão de camada física (PHY) ilustrando uma TXOP de pesquisa usando HCCA;

FIG. 10 é um exemplo de modelo de realização de uma TXOP incluindo múltiplas transmissões consecutivas sem quaisquer hiatos;

FIG. 11 retrata um exemplo de modelo de realização de uma TXOP ilustrando a redução de quantidade de transmissão de preâmbulo necessária;

FIG. 12 retrata um exemplo de modelo de realização de um método para incorporar vários aspetos,

incluindo preâmbulos de consolidação, removendo hiatos tais como SIFS, e inserindo GIFs como apropriado;

FIG. 13 retrata um exemplo de segmento de transmissão de camada física (PHY) ilustrando pesquisas consolidadas e suas respectivas TXOPs;

FIG. 14 retrata um exemplo de modelo de realização de um método para pesquisas consolidadas;

FIG. 15 ilustra um exemplo de trama de MAC;

FIG. 16 ilustra um exemplo de PDU de MAC;

FIG. 17 retrata um exemplo de comunicação par-a-par;

FIG. 18 retrata uma rajada de camada física da técnica anterior;

FIG. 19 retrata um exemplo de rajada da camada física, que pode ser implantada para transmissão par-par;

FIG. 20 retrata um exemplo de modelo de realização de uma trama de MAC incluindo um segmento opcional *ad hoc*;

FIG. 21 retrata um exemplo de rajada da camada física;

FIG. 22 retrata um exemplo de método para transmissão de dados par-par;

FIG. 23 retrata um exemplo de método para comunicação par-par;

FIG. 24 retrata um exemplo de método para fornecer taxa de retorno para usar em ligações par-par;

FIG. 25 ilustra ligações par-par geridas entre duas estações e um ponto de acesso;

FIG. 26 ilustra uma ligação par-par de base de contenção (ou *ad hoc*);

FIG. 27 retrata um exemplo de trama de MAC ilustrando comunicação par-par gerida entre estações;

FIG. 28 ilustra suporte a estações quer legadas quer de classe nova na mesma atribuição de frequência;

FIG. 29 ilustra a combinação de controlo de acesso ao meio legado e de classe nova;

FIG. 30 retrata um exemplo de método para obter uma oportunidade de transmissão;

FIG. 31 retrata um exemplo de método para partilhar uma única FA com múltiplos BSSs;

FIG. 32 ilustra sobreposição de BSSs usando uma única FA;

FIG. 33 retrata um exemplo de método para realizar comunicação par-par de alta velocidade em simultâneo com interoperacionalização com um BSS legado;

FIG. 34 ilustra comunicação par-par usando técnicas de MIMO competindo para acesso num BSS legado;

FIG. 35 retrata encapsulação de uma ou mais tramas de MAC (ou fragmentos) dentro de uma trama agregada;

FIG. 36 retrata uma trama de MAC legada;

FIG. 37 ilustra um exemplo de trama descomprimida;

FIG. 38 ilustra um exemplo de trama comprimida;

FIG. 39 ilustra outro exemplo de trama comprimida;

FIG. 40 ilustra um exemplo de Cabeçalho de Agregação;

FIG. 41 ilustra um exemplo de modelo de realização de uma Trama de Período de Acesso Agendado (SCAP) para uso na ACF;

FIG. 42 ilustra como o SCAP pode ser usado em combinação com HCCA e EDCA;

FIG. 43 ilustra intervalos de Sinalização compreendendo um número de SCAPs intercalados com períodos de acesso com base de contenção;

FIG. 44 ilustra operação de latência reduzida com um grande número de STAs MIMO;

FIG. 45 ilustra um exemplo de mensagem SCHED;

FIG. 46 retrata um exemplo de Campo Gestão de Energia;

FIG. 47 retrata um exemplo de campo de MAP;

FIG. 48 ilustra um exemplo de tramas de controle SCHED para atribuição de TXOP;

FIG. 49 retrata uma PPDU 802.11 legada;

FIG. 50 retrata um exemplo de formato de PPDU de MIMO para transmissões de dados;

FIG. 51 retrata um exemplo de PPDU SCHED;

FIG. 52 retrata um exemplo de PPDU FRACH; e

FIG. 53 ilustra um modelo de realização alternativo de um método de interoperacionalidade com sistemas legados.

DESCRIÇÃO DETALHADA

São aqui divulgados exemplos de modelos de realização que suportam operação de alta eficácia em combinação com camadas físicas de taxas de *bit* muito elevadas para uma LAN sem fios (ou aplicações similares que usam tecnologias de transmissão emergentes recentes). O exemplo da WLAN suporta taxas de *bit* em excesso de 100 Mbps (mega *bits* por segundo) em larguras de banda de 20 MHz.

Vários exemplos de modelos de realização preservam a simplicidade e robustez da operação de coordenação distribuída de sistemas WLAN legados, exemplos que podem ser encontrados em 802.11 (a-e). A vantagem dos vários modelos de realização pode ser alcançada mantendo a compatibilidade de versões anteriores com sistemas legados. (Observe-se que, na descrição abaixo, sistemas 802.11 são descritos como exemplo de sistemas legados. Os que são peritos na técnica vão reconhecer que as melhorias também são compatíveis com sistemas e padrões alternativos.)

Um exemplo de WLAN pode compreender um pacote de protocolo de rede secundária. O pacote de protocolo de rede secundária pode suportar uma elevada taxa de dados, mecanismos de transporte da camada física de grande largura

de banda em geral, incluindo, mas não se limitando a, os baseados em modulação OFDM, técnicas de modulação de portadora única, sistemas que utilizam antenas de transmissão múltipla e de recepção múltipla (sistemas de Entrada Múltipla Saída Múltipla (MIMO), incluindo sistemas de Entrada Múltipla Saída Única (MISO)) para operação de eficiência de largura de banda muito grande, sistemas que utilizam antenas de transmissão e recepção múltipla em combinação com técnicas de multiplexagem espacial para transmitir dados para ou de terminais de múltiplos utilizadores durante o mesmo intervalo de tempo, e sistemas que utilizam técnicas de acesso múltiplo por diferença de código (CDMA) para permitir transmissões para múltiplos utilizadores em simultâneo. Exemplos alternativos incluem sistemas de Entrada Única Saída Múltipla (SIMO) e Entrada Única Saída Única (SISO).

Um ou mais modelos de realização exemplares aqui descritos são definidos no contexto de um sistema de comunicação de dados sem fios. Enquanto a utilização dentro deste contexto for vantajosa, diferentes modelos de realização da invenção podem ser incorporados em diferentes ambientes ou configurações. Em geral, os vários sistemas aqui descritos podem ser formados usando processadores de *software* controlados, circuitos integrados, ou lógica discreta. Os dados, instruções, comandos, informação, sinais, símbolos, e *chips* que podem ser referenciados ao longo da aplicação são de forma vantajosa representados por tensões, correntes, ondas eletromagnéticas, campos ou

partículas magnéticos, campos ou partículas óticos, ou uma sua combinação. Adicionalmente, os blocos mostrados em cada diagrama de bloco podem representar *hardware* ou passos do método. Passos do método podem ser trocados sem saírem do âmbito da presente invenção. A palavra "exemplar" é usada aqui para significar "servir como um exemplo, caso, ou ilustração." Qualquer modelo de realização aqui descrito como "exemplar" não deve necessariamente ser interpretado como preferido ou vantajoso em relação a outros modelos de realização.

FIG. 1 é um exemplo de modelo de realização do sistema 100, compreendendo um Ponto de Acesso (AP) 104 ligado a um ou mais Terminais de Utilizadores (UTs) 106A - N. De acordo com a terminologia 802.11, neste documento o AP e os UTs também são referenciados como estações ou STAs. O AP e os UTs comunicam via Rede Local Sem Fios (WLAN) 120. No exemplo de modelo de realização, WLAN 120 é um sistema OFDM de MIMO de alta velocidade. No entanto, WLAN 120 pode ser qualquer LAN sem fios. Ponto de acesso 104 comunica com qualquer número de dispositivos externos ou processos via rede 102. Rede 102 pode ser a Internet, uma intranet, ou qualquer outra rede por cabo, sem fios, ou rede de fibra ótica. Ligação 110 transporta os sinais da camada física da rede para o ponto de acesso 104. Dispositivos ou processos podem ser ligados à rede 102 ou como UTs (ou via ligações com ele) na WLAN 120. Exemplos de dispositivos que podem ser ligados tanto à rede 102 como à WLAN 120 incluem telefones, Agendas Digitais Pessoais (PDAs), computadores

de vários tipos (portáteis, computadores pessoais, postos de trabalho, terminais de qualquer tipo), dispositivos de vídeo tal como máquinas fotográficas, câmaras de vídeo, *webcams*, e virtualmente qualquer outro tipo de dispositivo de dados. Processos podem incluir voz, vídeo, comunicações de dados, etc. Vários fluxos de dados podem ter diferentes requisitos de transmissão, que podem ser acomodados utilizando diferentes técnicas de Serviço de Qualidade (QoS).

Sistema 100 pode ser utilizado com um AP 104 centralizado. Todos os UTs 106 comunicam com o AP num exemplo de modelo de realização. Num modelo de realização alternativo, comunicação direta par-a-par entre dois UTs pode ser acomodada, com modificações ao sistema, tal como será evidente para os peritos na técnica, cujos exemplos são ilustrados adiante. Acesso pode ser gerido por um AP, ou *ad hoc* (*i.e.* com base de contenção), como detalhado adiante.

Num modelo de realização, AP 104 fornece adaptações de Ethernet. Neste caso, um encaminhador de IP pode ser utilizado adicionalmente ao AP para fornecer ligação à rede 102 (detalhes não mostrados). Tramas Ethernet podem ser transferidas entre o encaminhador e os UTs 106 sobre a rede secundária WLAN (adiante detalhada). Adaptação e conectividade de Ethernet são bem conhecidas da técnica.

Num modelo de realização alternativo, o AP 104 fornece Adaptação IP. Neste caso, o AP atua como um encaminhador *gateway* para o conjunto de UTs ligados (detalhes não mostrados). Neste caso, datagramas IP podem ser encaminhadas pelo AP 104 para e a partir dos UTs 106. Adaptação e conectividade IP são bem conhecidas da técnica.

FIG. 2 retrata um exemplo de modelo de realização de um dispositivo de comunicação sem fios, que pode ser configurado como um ponto de acesso 104 ou terminal de utilizador 106. Uma configuração de ponto de acesso 104 é mostrada na FIG. 2. Emissor-recetor 210 recebe e transmite na ligação 110 de acordo com os requisitos da camada física da rede 102. Dados de ou para dispositivos ou aplicações ligados à rede 102 são entregues ao processador de MAC 220. Estes dados são aqui referenciados como fluxos 260. Fluxos podem ter características diferentes e podem necessitar de processamentos diferentes com base no tipo de aplicação associada ao fluxo. Por exemplo, vídeo ou voz podem ser caracterizados como fluxos de latência reduzida (geralmente o vídeo tem maiores requisitos de transferência do que a voz). Muitas aplicações de dados são menos sensíveis à latência, mas podem ter requisitos de integridade de dados mais elevados (*i.e.*, voz pode ser tolerada para algumas perdas de pacotes, transferência de ficheiro é geralmente intolerante para perdas de pacotes).

Processador de MAC 220 recebe fluxos 260 e processa-os para transmissão na camada física. Processador

de MAC 220 recebe também dados da camada física e processa os dados para formar pacotes para fluxos de saída 260. Controlo interno e sinalização também são comunicados entre o AP e os UTs. Unidades de Dados de Protocolo de MAC (PDUs de MAC), também referenciadas como Unidades de Dados de Protocolo (PPDUs) da Camada Física (PHY), ou tramas (na linguagem 802.11) são entregues para e recebidas a partir de emissor-recetor LAN sem fios 240 na ligação 270. Exemplos de técnicas para conversão a partir de fluxos e comandos para PDUs de MAC, e vice-versa, encontram-se adiante detalhadas. Modelos de realização alternativos podem empregar qualquer técnica de conversão. Retorno 280 correspondendo aos vários IDs de MAC pode ser devolvido a partir da camada física (PHY) 240 ao processador de MAC 220 para vários propósitos. Retorno 280 pode compreender qualquer informação da camada física, incluindo taxas suportáveis para canais (incluindo canais *multicast* bem como como *unicast*), formato de modulação, e vários outros parâmetros.

Num exemplo de modelo de realização, a camada de Adaptação (ADAP) e a camada de Controlo de Ligação de Dados (DLC) são realizadas no processador de MAC 220. A camada física (PHY) é realizada no emissor-recetor de LAN sem fios 240. Os peritos na técnica vão reconhecer que a segmentação das várias funções pode ser realizada em qualquer configuração de uma variedade de configurações. Processador de MAC 220 pode realizar algum ou todo o processamento para a camada física. Um emissor-recetor de LAN sem fios pode

incluir um processador para realizar processamento de MAC, ou suas sub-partes. Qualquer número de processadores, *hardware* de propósito específico, ou sua combinação podem ser implantados.

Processador de MAC 220 pode ser um microprocessador de propósito geral, um processador de sinal digital (DSP), ou um processador de propósito especial. Processador de MAC 220 pode ser ligado com *hardware* de propósito especial para auxiliar em várias tarefas (detalhes não mostrados). Várias aplicações podem ser executadas em processadores ligados externamente, tal como um computador ligado externamente ou sobre uma ligação de rede, pode ser executado num processador adicional dentro do ponto de acesso 104 (não mostrado), ou pode ser ele próprio executado em processador de MAC 220. Processador de MAC 220 é mostrado ligado com memória 255, a qual pode ser usada para armazenar dados bem como instruções para realizar os vários procedimentos e métodos aqui descritos. Os peritos na técnica vão reconhecer que a memória 255 pode ser composta por um ou mais componentes de memória de vários tipos, que podem ser integrados como um todo ou em parte no processador de MAC 220.

Para além do armazenamento de instruções e dados para realizar funções aqui descritas, a memória 255 pode também ser usada para armazenar dados associados com várias filas.

Emissor-recetor de LAN sem fios 240 pode ser qualquer tipo de emissor-recetor. Num exemplo de modelo de realização, emissor-recetor de LAN sem fios 240 é um emissor-recetor OFDM, que pode ser operado com uma interface de MIMO ou de MISO. OFDM, de MIMO, e de MISO são conhecidas dos peritos na técnica. Vários exemplos de emissores-recetores OFDM, de MIMO e de MISO são detalhados no também co-pendente Pedido de Patente U.S. N°. de Série 10/650,295, intitulado "FREQUENCY-INDEPENDENT SPATIAL-PROCESSING FOR WIDEBAND MISO AND MIMO SYSTEMS", apresentada em 27 de Agosto de 2003, cedido ao requerente da presente invenção. Modelos de realização alternativos podem incluir sistemas de SIMO ou de SISO.

Emissor-recetor de LAN sem fios 240 é mostrado ligado com antenas 250 A-N. Qualquer número de antenas pode ser suportado em vários modelos de realização. Antenas 250 podem ser usadas para transmitir e receber numa WLAN 120.

Emissor-recetor de LAN sem fios 240 pode compreender um processador espacial ligado a cada uma de uma ou mais antenas 250. O processador espacial pode processar os dados para transmissão independentemente para cada antena ou processar juntamente os sinais recebidos em todas as antenas. Exemplos do processamento independente podem ser baseados em estimativas de canal, retorno do UT, inversão de canal, ou uma variedade de outras técnicas conhecidas da técnica. O processamento é realizado usando qualquer uma das técnicas de uma variedade de técnicas de

processamento espacial. Vários emissores-recetores deste tipo podem usar formação do feixe, orientação do feixe, orientação própria, ou outras técnicas espaciais para aumentar o rendimento para e a partir de um dado terminal de utilizador. Num exemplo de modelo de realização, no qual símbolos OFDM são transmitidos, o processador espacial pode compreender processadores sub-espaciais para processar cada um dos subcanais OFDM, ou amostras de período.

Num exemplo de sistema, o AP pode ter N antenas, e um exemplo de UT pode ter M antenas. Há assim $M \times N$ caminhos entre as antenas do AP e do UT. Uma variedade de técnicas espaciais para melhorar o rendimento usando estes caminhos múltiplos são conhecidas da técnica. Num sistema de Diversidade de Transmissão de Tempo Espaço (STTD) (também aqui referenciado como "diversidade"), dados de transmissão são formatados e codificados e enviados através de todas as antenas como um único fluxo de dados. Com M antenas de transmissão e N antenas de receção pode haver canais independentes $\min(M, N)$ que podem ser formados. Multiplexagem espacial explora estes caminhos independentes e pode transmitir dados diferentes em cada um dos caminhos independentes, para aumentar a taxa de transmissão.

Várias técnicas são conhecidas para aprendizagem ou adaptação às características do canal entre o AP e um UT. Pilotos únicos podem ser transmitidos de cada antena de transmissão. Os pilotos são recebidos em cada antena de receção e medidos. Retorno de informação de estado do canal

pode então ser devolvido ao dispositivo de transmissão para utilização na transmissão. Decomposição própria da matriz do canal medido pode ser realizada para determinar os modos normais do canal. Uma técnica alternativa, para evitar decomposição própria da matriz do canal no recetor, deve ser usada para orientação própria do piloto e dados para simplificar processamento espacial no recetor.

Assim, dependendo das condições do canal atual, diferentes taxas de dados podem estar disponíveis para transmissão para vários terminais de utilizadores em todo o sistema. Em particular, a ligação específica entre o AP e cada UT pode ter maior desempenho que uma ligação *multicast* ou difusão que pode ser partilhada a partir do AP para mais do que um UT. Exemplos disto estão detalhados mais adiante. O emissor-recetor da LAN sem fios 240 pode determinar a taxa suportável com base em qualquer processamento espacial que esteja a ser usado para as ligações físicas entre o AP e o UT. Esta informação pode ser retornada na ligação 280 para uso em processamento de MAC.

O número de antenas pode estar implantado dependendo das necessidades de dados do UT bem como do tamanho e do fator forma. Por exemplo, um aparelho de visualização de alta definição pode compreender, por exemplo, quatro antenas, devido aos requisitos de largura de banda elevada, enquanto um PDA pode estar satisfeita com duas. Um exemplo de ponto de acesso pode ter quatro antenas.

Um terminal de utilizador 106 pode ser implantado de forma semelhante ao ponto de acesso 104 descrito na FIG. 2. Em vez de ter fluxos 260 ligados com um emissor-recetor LAN (embora um UT possa incluir tal emissor-recetor, tanto por cabo como sem fios), fluxos 260 são geralmente recebidos de ou entregues a uma ou mais aplicações ou processos que operam no UT ou num dispositivo a si ligado. Os níveis mais elevados ligados quer ao AP 104 quer ao UT 106 podem ser de qualquer tipo. Camadas aqui descritas são apenas ilustrativas.

802.11 MAC Legado

Tal como acima mencionado, vários modelos de realização aqui detalhados podem ser implantados de modo a serem compatíveis com sistemas legados. O conjunto de recursos de IEEE 802.11(e) (que é compatível com versões anteriores de padrões 802.11), inclui várias funcionalidades que vão ser resumidas nesta secção, juntamente com funcionalidades introduzidas em padrões anteriores. Para uma descrição detalhada destas funções, remeter para o respetivo padrão IEEE 802.11.

O MAC 802.11 básico consiste num Acesso Múltiplo por Vigilância da Portadora com Prevenção de Colisões (CSMA/CA) com base na Função de Coordenação Distribuída (DCF) e uma Função de Coordenação de Ponto (PCF). A DCF permite o acesso ao meio sem controlo central. A PCF é

implantada num AP para fornecer controlo central. A DCF e PCF utilizam vários hiatos entre transmissões consecutivas para evitar colisões. Transmissões são referidas como tramas, e um hiato entre tramas é referido como um Espaçamento Entre Tramas (IFS). Tramas podem ser tramas de dados do utilizador, tramas de controlo ou tramas de gestão.

Durações de tempo do Espaçamento Entre Tramas variam dependendo do tipo de hiato inserido. FIG. 3 retrata parâmetros de espaçamento entre tramas 802.11: um Espaçamento Entre Tramas Curto (SIFS), um Espaçamento Entre Tramas de Ponto (PIFS), e um Espaçamento Entre Tramas de DCF (DIFS). Observe-se que $SIFS < PIFS < DIFS$. Assim, uma transmissão após uma curta duração de tempo vai ter uma prioridade mais elevada do que uma que tem de esperar mais antes de tentar aceder o canal.

De acordo com a funcionalidade de deteção da portadora (CSMA) da CSMA/CA, uma estação (STA) pode obter acesso ao canal depois de detetar que o canal está inativo durante pelo menos uma duração DIFS. (Tal como aqui utilizado, o termo STA pode referir-se a qualquer estação que acede a uma WLAN, e pode incluir pontos de acesso bem como terminais de utilizador). Para evitar colisão, para além de DIFS cada STA espera um recuo selecionado aleatoriamente antes de aceder ao canal. STAs com um recuo mais longo vão notar quando uma STA de prioridade maior começa a transmitir no canal, e assim evitar a colisão com

essa STA. (Cada STA que está à espera pode reduzir o seu respectivo recuo pela quantidade de tempo que esperou antes de detetar uma transmissão alternativa no canal, mantendo assim a sua prioridade relativa.) Assim, após a funcionalidade de prevenção de colisão (CA) do protocolo, a STA recua por um período de tempo aleatório entre $[0, CW]$ onde CW é inicialmente escolhido para ser CW_{min} , mas aumenta um ou dois fatores em cada colisão, até um valor máximo de CW_{max} .

FIG. 4 retrata um exemplo de segmento de transmissão da camada física (PHY) 400, que ilustra o uso de DIFS mais recuo para acesso de acordo com a DCF. Uma transmissão existente 410 utiliza o canal. Neste exemplo, quando a transmissão 410 termina, nenhum acesso prioritário mais elevado ocorre, e então começa nova transmissão 420 depois de DIFS e do período de recuo associado. Na discussão abaixo, diz-se que a transmissão realizada na STA 420 obteve esta oportunidade para transmitir, neste caso através de contenção.

SIFS é usado durante uma sequência de trama em que apenas uma STA específica é esperada para responder à transmissão atual. Por exemplo, quando um Aviso de Receção (ACK) é transmitido em resposta a uma trama de dados recebida, esse ACK pode ser transmitido imediatamente a seguir aos dados recebidos mais SIFS. Outras sequências de transmissão podem também usar SIFS entre tramas. Uma trama de Pedido para Enviar (RTS) pode seguir-se a SIFS com uma

trama Livre Para Enviar (CTS), então os dados podem ser transmitidos uma SIFS depois de CTS, após o qual um ACK pode seguir os dados depois de SIFS. Como observado, tais sequências de tramas são todas intercaladas com SIFS. A duração de SIFS pode ser usada para (a) a detecção de energia no canal, e para determinar se a energia acabou (*i.e.*, canal desocupado), (b) tempo para descodificar as mensagens anteriores e determinar se uma trama ACK vai indicar que a transmissão foi recebida corretamente, e (c) tempo para o emissor-recetor STA mudar de recepção para transmissão, e vice versa.

FIG. 5 retrata o exemplo de segmento de transmissão da camada física (PHY) 500, que ilustra o uso de SIFS antes de um ACK, com prioridade mais elevada do que um acesso DIFS. Uma transmissão 510 existente utiliza o canal. Neste exemplo, quando a transmissão 510 termina, ACK 520 segue-se ao fim da transmissão 510 depois de um SIFS. Observe-se que ACK 520 começa antes de um DIFS expirar, pelo que qualquer outra tentativa das STAs para adquirir uma transmissão não vai ter êxito. Neste exemplo, depois da conclusão de ACK 520, não ocorre nenhum acesso de prioridade mais alta, e assim começa nova transmissão 530 depois do DIFS e do período de recuo associado, se houver algum.

A sequência da trama RTS/CTS (para além de proporcionar funcionalidades de controlo de fluxo) pode ser usada para melhorar a proteção para a transmissão da trama

de dados. O RTS e CTS contêm informação da duração para a posterior trama de dados e ACK e qualquer SIFS interveniente. STAs que ouvem quer o RTS quer o CTS marcam a duração ocupada no seu Vetor de Alocação de Rede (NAV) e tratam o meio como ocupado para a duração. Tipicamente, tramas mais longas que um tamanho especificado estão protegidas com RTS/CTS, enquanto tramas mais curtas são transmitidas sem proteção.

A PCF pode ser usada para permitir que um AP forneça controlo centralizado do canal. Um AP pode obter controlo do meio depois de detetar o meio para estar inativo durante uma duração PIFS. O PIFS é mais curto que a DIFS e desta forma tem prioridade mais elevada que DIFS. Uma vez obtido acesso ao canal por parte do AP, ele pode fornecer oportunidades de acesso livre de contenção a outras STAs e assim melhorar eficiência de MAC em comparação com DCF. Observe-se que SIFS tem prioridade mais elevada que PIFS, de modo que a PCF tem de esperar até à conclusão de quaisquer sequências SIFS antes de ter controlo do canal.

Uma vez obtido o acesso ao meio por parte do AP usando o PIFS ele pode estabelecer um Período Livre de Contenção (CFP) durante o qual o AP pode proporcionar acesso de pesquisa a STAs associadas. A pesquisa livre de contenção (CF-Poll), ou simplesmente pesquisa, é transmitida pelo AP e é seguida por uma transmissão a partir da STA de pesquisa para o AP. Mais uma vez, a STA

tem de esperar por uma duração SIFS seguindo-se a CF-Poll, embora a STA de pesquisa não necessite esperar por DIFS, ou por qualquer recuo. 802.11 (e) introduziu várias melhorias, incluindo melhorias na pesquisa, um exemplo do qual é mais detalhado adiante remetendo para a FIG. 9.

A Sinalização transmitida pelo AP estabelece a duração do CFP. Isto é semelhante à utilização de RTS ou CTS para prevenir o acesso de contenção. No entanto, problemas de terminais ocultos podem ainda ocorrer a partir de terminais que são incapazes de ouvir a Sinalização, mas cujas transmissões podem interferir com transmissões agendadas pelo AP. É possível maior proteção através do uso de um CTS-próprio por cada terminal que começa uma transmissão no CFP.

É permitido que ACKs e CF-Poll sejam incluídos numa trama, e podem ser incluídos com trama de dados para melhorar a eficiência de MAC. Observe-se que a relação $SIFS < PIFS < DIFS$ fornece um mecanismo de prioridade determinístico para o acesso ao canal. O acesso de contenção entre STAs na DCF é probabilístico com base no mecanismo de recuo.

Padrões 802.11 anteriores também proporcionaram segmentação de pacotes grandes em fragmentos mais pequenos. Um benefício de tal segmentação é que um erro num segmento necessita menos retransmissão que um erro num pacote maior. Uma desvantagem da segmentação nestes padrões é, para uma

transmissão de aviso de recepção, o requisito de ter de transmitir um ACK para cada segmento, com SIFS adicional que corresponde às transmissões ACK e transmissões de fragmentos adicionais. Isto é ilustrado na FIG. 6. O exemplo de segmento de transmissão da camada física (PHY) 600 ilustra a transmissão de N segmentos e os seus respetivos avisos de recepção. Transmissão 610 existente é transmitida. No fim da transmissão 610, uma primeira STA espera DIFS 620 e recuo 630 para obter acesso ao canal. A primeira STA transmite N fragmentos 640A - 640N para uma segunda STA, após o que respetivamente N atrasos de SIFS 650A - 650N devem acontecer. A segunda STA transmite N tramas de ACKs 660A - 660N. Entre cada fragmento, a primeira STA deve esperar SIFS, de forma a haver também N-1 SIFS 670A - 670N-1. Assim, em contraste com o envio de um pacote, um ACK, e um SIFS, um pacote segmentado necessita do mesmo tempo de transmissão de pacote, com N ACKs e 2N-1 SIFS.

O padrão 802.11 (e) acrescenta aperfeiçoamentos para melhorar o MAC anterior do 802.11 (a), (b), e (g). 802.11 (g) e (a) são ambos sistemas OFDM, os quais são muito similares, mas operaram em bandas diferentes. Várias funcionalidades de protocolos MAC de velocidade mais baixa, tal como 802.11 (b), foram transportadas para sistemas com taxas de *bit* muito mais elevadas, introduzindo ineficiências, detalhadas mais abaixo.

Em 802.11 (e), a DCF é melhorada e referida como

o Acesso de Canal Distribuído Melhorado (EDCA). As melhorias de Serviço de Qualidade (QoS) primário do EDCA são a introdução de um Espaçamento Entre Tramas de Arbitragem (AIFS). AIFS[i] está associado com uma Classe de Tráfego (TC) identificada com índice i. O AP pode usar valores AIFS[i] diferentes dos valores AIFS[i] que são permitidos usar pelas outras STAs. Apenas o AP pode usar um Valor AIFS[i] que é igual ao PIFS. De outro modo AIFS[i] é maior que ou igual a DIFS. Por defeito, o AIFS para classes de tráfegos de "voz" e "vídeo" é escolhido para ser igual a DIFS. Um AIFS maior implicando prioridade mais baixa é escolhido pelo "melhor esforço" e "antecedentes" das classes de tráfego.

O tamanho da janela de contenção é também tornado uma função da TC. É permitido à mais alta classe de prioridade definir o $CW=1$, i.e., nenhum recuo. Para outras TCs, os diferentes tamanhos da janela de contenção proporcionam uma prioridade relativa probabilística, mas não podem ser usados para alcançar garantias de atraso.

802.11(e) introduziu a Oportunidade de Transmissão (TXOP). Para melhorar a eficiência de MAC, quando uma STA adquire o meio através de EDCA ou através de um acesso de pesquisa em HCCA, pode ser permitido à STA transmitir mais do que uma única trama. Uma ou mais tramas são referidas como a TXOP. O tamanho máximo de uma TXOP no meio depende da classe de tráfego e é estabelecida pelo AP. Também, no caso de uma TXOP de pesquisa, o AP indica a

duração permitida da TXOP. Durante a TXOP, a STA pode transmitir uma série de tramas, intercaladas com SIFS e ACKs do destino. Adicionalmente à remoção da necessidade de esperar DIFS mais recuo por cada trama, a STA que obteve uma TXOP tem a certeza que pode reter o canal para transmissões posteriores.

Durante a TXOP, ACKs de destino podem ser por trama (como em MACs 802.11 anteriores), ou podem usar um bloco ACK imediato ou com atraso tal como discutido abaixo. Para além disso, nenhuma política ACK é permitida para certos fluxos de tráfego, e.g., difusão ou *multicast*.

FIG. 7 retrata um exemplo de segmento de transmissão da camada física (PHY) 700, ilustrando uma TXOP com aviso de receção por trama. Uma transmissão 710 existente é transmitida. Após a transmissão 710, e depois de esperar DIFS 720 e recuo 730, se existir algum, uma STA obtém TXOP 790. TXOP 790 compreende N tramas 740A - 740N, cada trama seguida respetivamente pelo N SIFS 750A - 750N. A STA recebida responde com ACKs do respetivo N 760A - 760N. Os ACKs 760 são seguidos por N-1 SIFS 770A-770N-1. Observe-se que cada trama 740 compreende um preâmbulo 770 bem como cabeçalho e pacote 780. Exemplos de modelos de realização, detalhados abaixo, permitem a enorme redução da quantidade de tempo de transmissão reservado para preâmbulos.

FIG. 8 ilustra uma TXOP 810 com confirmação do

bloco. A TXOP 810 pode ser obtida através de contenção ou pesquisa. TXOP 810 compreende N tramas 820A - 820N, cada trama seguida pelo respetivo N SIFS 830A - 830N. Após a transmissão das tramas 820 e SIFS 830, um pedido de ACK do bloco 840 é transmitido. A STA recebida responde ao pedido de confirmação do bloco num tempo no futuro. O ACK do Bloco pode ser imediatamente após a conclusão da transmissão de um bloco de tramas, ou pode ser atrasado para permitir processamento do recetor em *software*.

Exemplos de modelos de realização, adiante detalhados, permitem a redução enorme da quantidade de tempo da transmissão entre tramas (SIFS neste exemplo). Em alguns modelos de realização, não existe necessidade de atraso entre transmissões consecutivas (*i.e.* tramas).

Observe-se que, em 802.11 (a) e noutros padrões, para certos formatos de transmissão, é definida uma extensão de sinal que acrescenta atraso adicional ao final de cada trama. Embora não incluídos tecnicamente na definição de SIFS, vários modelos de realização, adiante detalhados, também permitem a remoção das extensões de sinal.

A funcionalidade ACK do bloco proporciona eficiência melhorada. Num exemplo, podem ser transmitidas por uma STA até 64 Unidades de Dados do Serviço (SDUs) do MAC (cada uma possivelmente fragmentada em 16 fragmentos) correspondendo a 1024 tramas, enquanto se permite que o

destino da STA seja proporcionar uma única resposta no fim do bloco de tramas indicando o estado do ACK de cada uma das 1024 tramas. Tipicamente, a taxas elevadas, a SDU de MAC não vai ser fragmentada, e para latência reduzida, menos de 64 SDUs de MAC podem ser transmitidas antes de exigir um ACK do loco do destino. Num tal caso, para transmitir M tramas, o total de tempo é reduzido de M tramas + M SIFS + M ACKs + M-1 SIFS, para M tramas + M SIFS + ACK de bloco: Modelos de realização adiante detalhados acrescentam melhorias adicionais à eficiência ACK do bloco.

O Protocolo de Ligação Direta (DLP), introduzido por 802.11(e), permite que uma STA encaminhe as tramas diretamente para outra STA de destino dentro de um Conjunto de Serviço Básico (BSS) (controlado pelo mesmo AP). O AP pode fazer uma TXOP de pesquisa disponível para esta transferência direta de tramas entre STAs. Antes da introdução desta funcionalidade, durante o acesso de pesquisa, o destino das tramas da STA de pesquisa foi sempre o AP, que por sua vez encaminhou as tramas para a STA de destino. Eliminando os dois saltos de encaminhamento da trama, a eficiência média é melhorada. Modelos de realização adiante detalhados acrescentam eficiência substancial às transferências de DLP.

O 802.11(e) também introduz uma PCF melhorada, chamada Função de Coordenação Híbrida (HCF). No Acesso de Canal Controlado da HCF (HCCA), é permitido ao AP aceder ao canal em qualquer momento quer para estabelecer uma Fase de

Acesso Controlado (CAP), que é como o CFP e é usada para fornecer oportunidades de transmissão em qualquer momento da fase de contenção, não apenas imediatamente após a Sinalização. O AP acede ao meio esperando por um PIFS sem nenhum recuo.

FIG. 9 retrata um exemplo de segmento de transmissão da camada física (PHY) 800, ilustrando uma TXOP de pesquisa usando HCCA. Neste exemplo, o AP compete pela pesquisa. Uma transmissão 910 existente é transmitida. Após a transmissão 910, o AP espera PIFS, e então transmite pesquisa 920, dirigida a uma STA. Observe-se que outras STAs competindo pelo canal teriam de esperar pelo menos DIFS, o que não acontece devido à pesquisa 920 transmitida, tal como mostrado. A STA de pesquisa transmite TXOP de pesquisa 940 seguida da pesquisa 920 e SIFS 930. O AP pode continuar a pesquisar, esperando PIFS entre cada TXOP de pesquisa 940 e pesquisa 920. Num cenário alternativo, o AP pode estabelecer uma CAP esperando PIFS a partir de uma transmissão 910. O AP pode transmitir uma ou mais pesquisas durante a CAP.

Melhorias de MAC

Tal como descrito acima, várias funcionalidades ineficientes de versões anteriores de MACs foram antecipadas para versões posteriores. Por exemplo, preâmbulos muito longos, projetados para 11 Mbps vs. 64 Mbps, introduziam ineficiência. À medida que a Unidade de

Dados de Protocolo de MAC (MPDU) continua a encolher enquanto as taxas aumentam, manter constantes os vários espaçamentos entre tramas e/ou preâmbulos significa uma diminuição correspondente na utilização do canal. Por exemplo, uma transmissão de MPDU de MIMO de taxa de dados elevada pode durar apenas alguns microssegundos, comparada com 802.11(g), que tem um preâmbulo de 72µs. Eliminar ou reduzir atrasos, tal como SIFS, extensões de sinal, e/ou preâmbulos irá aumentar o rendimento e a utilização do canal.

FIG. 10 é um exemplo de modelo de realização de uma TXOP 1010 incluindo transmissões consecutivas múltiplas sem quaisquer hiatos. TXOP 1010 compreende N tramas 1020A - 1020N que são transmitidas sequencialmente sem quaisquer hiatos (comparar isto com o SIFS necessário em TXOP 810, descrito na FIG. 8). O número de tramas na TXOP é limitado apenas pelo *buffer* e pela capacidade de descodificação do recetor. Quando uma STA está a transmitir tramas consecutivas com um ACK de bloco numa TXOP 1010, é desnecessário intercalar durações SIFS uma vez que nenhuma outra STA precisa de obter acesso ao meio entre tramas consecutivas. Um pedido opcional de confirmação do bloco 1030 é anexado às N tramas. Certas classes de tráfego podem não necessitar de aviso de receção. Um pedido de confirmação do bloco pode ser respondido imediatamente após a TXOP, ou pode ser transmitido posteriormente. As tramas 1020 não necessitam de extensões de sinal. TXOP 1010 pode ser implantada em qualquer um dos modelos de realização aqui detalhados onde uma TXOP é requerida.

Como mostrado na FIG. 10, a transmissão de SIFS entre tramas consecutivas numa TXOP, quando todas as tramas são transmitidas pela mesma STA, pode ser eliminada. Em 802.11(e), tais hiatos foram retidos para limitar o requisito de complexidade no recetor. No padrão 802.11(e), o período de 10 μ s SIFS e a extensão de sinal OFDM de 6 μ s proporciona ao recetor um total de 16 μ s para processamento da trama recebida (incluindo desmodulação e descodificação). No entanto, com taxas PHY elevadas, estes 16 μ s resultam em ineficiência significativa. Em alguns modelos de realização, com a introdução de processamento de MIMO, mesmo os 16 μ s podem ser insuficientes para completar o processamento. Em alternativa, neste exemplo de modelo de realização, a extensão de sinal SIFS e OFDM entre transmissões consecutivas de uma STA para o AP ou para outra STA (usando o Protocolo de Ligação Direta) é eliminada. Assim, um recetor exigindo um período adicional depois da conclusão da transmissão, para processamento do recetor de MIMO e descodificação de canal (e.g. descodificação turbo/convolucional/LDPC) pode realizar aquelas funções enquanto o meio é utilizado para transmissão adicional. Um aviso de receção pode ser transmitido num momento posterior, tal como descrito acima (usando ACK de bloco, por exemplo).

Devido a atrasos de propagações diferentes entre STAs, transmissões entre diferentes pares de STAs podem ser separadas por tempos de guarda para evitar colisões num

recetor entre transmissões consecutivas no meio das STAs diferentes (não mostradas na FIG. 10, mas mais detalhadas adiante). Num exemplo de modelo de realização, um tempo de guarda de um símbolo OFDM (4µs) é suficiente para todos os ambientes de operação para 802.11. Transmissões a partir da mesma STA para diferentes STAs de destino não precisam de ser separadas por períodos de guarda (como mostrados na FIG. 10). Estes períodos de guarda, detalhados mais adiante, podem ser referidos como Espaçamentos Entre Tramas de Banda de Guarda (GIFS).

Em alternativa à utilização de SIFS e/ou extensão de sinal, o tempo necessário de processamento do recetor (para processamento e descodificação de MIMO, por exemplo) pode ser proporcionado através do uso de um esquema ARQ com base de janela (e.g. *go back N* ou *selective repeat*), técnicas conhecidas dos peritos na técnica. O ACK de camada de MAC parar-e-esperar do 802.11 legado tem sido melhorado em 802.11(e) para um mecanismo semelhante ao da janela com até 1024 tramas e ACK de bloco, neste exemplo. Pode ser preferível introduzir um mecanismo ARQ com base de janela padrão em vez do esquema de ACK de bloco *ad hoc* projetado em 802.11(e).

A janela máxima permitida pode ser determinada pela complexidade e *buffering* de processamento do recetor. Pode ser permitido ao emissor transmitir dados suficientes para preencher a janela do recetor no pico de taxa PHY alcançável entre o par emissor-recetor. Por exemplo, uma

vez que o processamento do recetor pode não ser capaz de acompanhar a taxa PHY, o recetor pode necessitar de armazenar saídas de desmodulador suaves até que possam ser decodificadas. Assim, os requisitos de *buffering* para processamento da camada física no pico de taxa PHY podem ser usados para determinar a janela máxima permitida.

Num exemplo de modelo de realização, o recetor pode advertir para o máximo de tamanho do bloco PHY permitido que pode processar a uma dada taxa PHY sem passar a capacidade dos seus *buffers* da camada física. Em alternativa, o recetor pode advertir para o máximo do tamanho do bloco PHY permitido que pode processar na máxima taxa PHY sem passar a capacidade dos seus *buffers* da camada física. Com taxas PHYs mais baixas, tamanhos de bloco mais longos podem ser processados sem passar a capacidade do *buffer*. Uma fórmula conhecida pode ser usada por emissores para calcular o máximo do tamanho do bloco PHY permitido para uma dada taxa PHY, a partir do máximo advertido em relação ao tamanho do bloco PHY permitido à máxima taxa PHY.

Se o tamanho do bloco PHY máximo advertido é um parâmetro estático, então a quantidade de tempo antes dos *buffers* da camada física poderem ser processados e o recetor estar pronto para a próxima rajada PHY é outro parâmetro do recetor que pode ser conhecido no emissor e também no gestor de tarefas. Em alternativa, o tamanho máximo advertido do bloco PHY pode ser variado

dinamicamente de acordo com a ocupação dos *buffers* da camada física.

O atraso do processamento do recetor pode ser usado para determinar o atraso de ida e volta do ARQ, que por sua vez pode ser usado para determinar os atrasos vistos pelas aplicações. Assim, para permitir serviços de latência reduzida, o tamanho do bloco PHY permitido pode ser limitado.

FIG. 11 retrata um exemplo de modelo de realização de uma TXOP 1110 ilustrando redução da quantidade de transmissão de preâmbulo necessária. TXOP 1110 compreende preâmbulo 1120 seguido de N transmissões consecutivas 1130A - 1130N. Um pedido opcional de ACK do bloco 1140 pode ser anexado. Neste exemplo, uma transmissão 1130 compreende um cabeçalho e um pacote. Contraste TXOP 1110 com TXOP 790 da FIG. 7, em que cada trama 740 compreende um preâmbulo, adicionalmente ao cabeçalho e pacote. Ao enviar um único preâmbulo, a transmissão de preâmbulo necessária é um preâmbulo em vez de N preâmbulos, para a mesma quantidade de dados transmitidos.

Assim, o preâmbulo 1120 pode ser eliminado de transmissões sucessivas. O preâmbulo 1120 inicial pode ser usado pelo recetor para adquirir o sinal, bem como para aquisição de frequência fina para OFDM. Para transmissões de MIMO, o preâmbulo 1120 inicial pode ser alargado comparado com o preâmbulo OFDM atual para permitir ao

recetor estimar os canais espaciais. No entanto, tramas posteriores dentro da mesma TXOP podem não necessitar de preâmbulos adicionais. Sinais de piloto dentro dos símbolos OFDM são geralmente suficientes para perseguição do sinal. Num modelo de realização alternativo, símbolos adicionais (semelhantes ao preâmbulo) podem ser intercalados periodicamente durante a TXOP 1110. No entanto, a sobrecarga de preâmbulo global pode ser significativamente reduzida. O preâmbulo pode ser enviado apenas à medida que for necessário, e pode ser enviado diferenciadamente com base na quantidade de tempo decorrido desde um preâmbulo transmitido anteriormente.

Observe-se que a TXOP 1110 pode incorporar também funcionalidades de sistemas legados. Por exemplo, o ACK de bloco é opcional. ACKs mais frequentes podem ser suportados. Ainda assim, um hiato menor, tal como GIFS, pode ser substituído por SIFS mais longos (mais extensão de sinal, se usado). As transmissões 1130 consecutivas podem também incluir segmentos de um pacote maior, tal como descrito acima. Observe-se ainda que o cabeçalho para transmissões 1130 consecutivas para a mesma STA de recepção podem ser comprimidas. Um exemplo de cabeçalhos comprimidos é detalhado mais adiante.

FIG. 12 retrata um exemplo de modelo de realização de um método 1200 para incorporar vários aspetos acabados de descrever, incluindo preâmbulos de consolidação, removendo hiatos tais como SIFS, e inserindo

GIFs de forma adequada. O processo começa no bloco 1210, onde uma STA obtém uma TXOP usando qualquer uma das técnicas aqui detalhadas. No bloco 1220, um preâmbulo é transmitido como necessário. Novamente, o preâmbulo pode ser mais longo ou mais curto que um preâmbulo legado, e pode variar dependendo de vários parâmetros tal como o tempo decorrido desde o último preâmbulo transmitido como necessário para permitir que a STA de recepção faça a estimativa do canal espacial de MIMO. No bloco 1230, a STA transmite um ou mais pacotes (ou, mais geralmente, transmissões consecutivas de qualquer género), para um destino. Observe-se que preâmbulos adicionais não necessitam de ser transmitidos. Num modelo de realização alternativo, um ou mais preâmbulos adicionais podem opcionalmente ser transmitidos, ou um símbolo semelhante a preâmbulo pode ser intercalado como desejado. No bloco 1240, a STA pode opcionalmente transmitir para uma STA de recepção adicional. Neste caso, um GIFS é inserido conforme necessário, e uma ou mais transmissões consecutivas podem ser transmitidas para a STA de recepção adicional. Então o processo pode parar. Em vários modelos de realização, a STA pode continuar a transmitir para mais que duas STAs, inserindo GIFS e/ou preâmbulos conforme necessário para o nível de desempenho desejado.

Consequentemente, como descrito acima, eficiência de MAC pode ser ainda melhorada através da consolidação de transmissões de uma STA para múltiplas STA de destino em transmissões consecutivas, eliminando assim muitos ou todos

os períodos de guarda e reduzindo a sobrecarga do preâmbulo. Um único preâmbulo (ou transmissão piloto) pode ser usado para transmissões consecutivas múltiplas a partir da mesma STA para diferentes STA de destino.

Eficiência adicional pode ser obtida através de consolidação da pesquisa. Num exemplo de modelo de realização, algumas das pesquisas podem ser consolidadas numa canal de controlo, casos estes que exemplificados e detalhados adiante. Num exemplo, o AP pode transmitir para múltiplas STAs de destino um sinal incluindo mensagens de pesquisa para especificar TXOPs. Em contraste, em 802.11(e), cada TXOP é precedida por uma CF-Poll do AP seguida por um SIFS. Resulta eficiência melhorada quando diversas de tais mensagens de CF-Poll são consolidadas numa única mensagem de canal de controlo (a que se faz referência como uma mensagem SCHED num exemplo de modelo de realização, adiante detalhado) usado para especificar diversas TXOPs. Num modelo de realização geral, qualquer período de tempo pode ser alocado para pesquisas consolidadas e suas respectivas TXOPs. Um exemplo de modelo de realização é detalhado adiante remetendo para a FIG. 15, e mais exemplos são também aqui incluídos.

Uma mensagem de canal de controlo (*i.e.* SCHED) pode ser codificada com um estrutura de taxa em camadas para acrescentar melhoraria à eficiência. Em concordância, uma mensagem de pesquisa para qualquer STA pode ser codificada de acordo com a qualidade do canal entre o AP e

a STA. A ordem da transmissão das mensagens de pesquisa não necessita ser a ordem das TXOPs atribuídas, mas pode ser ordenada de acordo com a robustez da codificação.

FIG. 13 retrata um exemplo do segmento de transmissão da camada física (PHY) 1300, ilustrando pesquisas consolidadas e suas respectivas TXOPs. Pesquisas consolidadas 1310 são transmitidas. As pesquisas podem ser transmitidas usando uma estrutura de canal de controle, exemplos que são aqui detalhados, ou podem ser transmitidos usando uma miríade de técnicas alternativas, que vão ser prontamente evidentes para um perito na técnica. Neste exemplo, para eliminar a necessidade de espaçamento entre tramas entre as pesquisa e quaisquer TXOPs de ligação direta, TXOPs 1320 de ligação direta são transmitidas diretamente depois das pesquisas consolidadas 1310. Posteriormente às TXOPs 1320 de ligação direta, várias TXOPs 1330A - 1330N de ligação reversa são transmitidas, com GIFS 1340 inserido de forma apropriada. Observe-se que GIFS não necessita ser incluído quando transmissões sequenciais a partir de uma STA são feitas (de forma semelhante à falta de requisitos GIFS para transmissões de ligação direta emanando do AP para várias STAs). Neste exemplo, TXOPs de ligação reversas incluem TXOPs STA a STA (*i.e.* par a par) (usando DLP, por exemplo). Observe-se que a ordem de transmissão mostrada é apenas ilustrativa. TXOPs de ligação direta ou reversa (incluindo transmissão par a par) podem ser trocadas, ou intercaladas. Algumas configurações podem não resultar na eliminação de tantos

hiatos como noutras configurações. Os peritos na técnica irão prontamente adaptar miríades de modelos de realização alternativos à luz dos ensinamentos aqui presentes.

FIG. 14 retrata um exemplo de modelo de realização de um método 1400 para pesquisas consolidadas. O processo começa no bloco 1410, onde recursos do canal são alocados numa ou mais TXOPs. Qualquer função de agendamento pode ser implantada para fazer a determinação de alocação de TXOP. No bloco 1420, pesquisas para atribuir TXOPs de acordo com a alocação são consolidadas. No bloco 1430, as pesquisas consolidadas são transmitidas para uma ou mais STAs num ou mais canais de controlo (*i.e.* os segmentos CTRLJ da mensagem SCHED, num exemplo de modelo de realização adiante detalhado). Num modelo de realização alternativo, qualquer técnica de mensagem pode ser implantada para transmitir as pesquisas consolidadas. No bloco 1440, STAs transmitem TXOPs de acordo com as alocações de pesquisa nas pesquisas consolidadas. Então o processo pode parar. Este método pode ser implantado em combinação com intervalos de pesquisa consolidada de qualquer tamanho, que podem compreender todo ou parte do intervalo do sistema de Sinalização. Pesquisa consolidada pode ser usada intermitentemente com acesso baseado na contenção, ou pesquisa legada, tal como descrito anteriormente. Num exemplo de modelo de realização, método 1400 pode ser repetido periodicamente, ou de acordo com outros parâmetros, tal como sistema de leitura ou procura de transmissão de dados.

Um exemplo de modelo de realização de um protocolo de MAC ilustrando vários aspetos é detalhado remetendo para as FIGS. 15 e 16. Este protocolo de MAC é mais detalhado no co-pendente Pedido de Patente U.S. de N°. de Série XX/XXX,XXX, XX/XXX,XXX, e XX/XXX,XXX (referências do mandatário N°s. 030428, 030433, 030436) intitulado "WIRELESS LAN PROTOCOL STACK," apresentado em simultâneo com este, cedido ao requerente da presente invenção.

Um exemplo de intervalo da trama de MAC de TDD 1500 é ilustrado na FIG. 15. O uso do termo intervalo da trama de MAC de TDD neste contexto refere-se ao período de tempo em que os vários segmentos de transmissão adiante detalhados são definidos. O intervalo da trama de MAC de TDD 1500 distingue-se do uso genérico do termo trama para descrever uma transmissão num sistema 802.11. Nos termos 802.11, intervalo da trama de MAC de TDD 1500 pode ser análogo ao intervalo de *Sinalização* ou a uma fração do intervalo de *Sinalização*. Os parâmetros detalhados que remetem para as FIGS. 15 e 16 são apenas ilustrativos. Um comum perito na técnica irá prontamente adaptar este exemplo para uma miríade de modelos de realização alternativos, usando alguns ou todos os componentes descritos, e com vários valores de parâmetros. Função de MAC 1500 é alocada entre os seguintes segmentos de canal de transporte: difusão, controlo, tráfego direto e reverso (referido como a fase de ligação descendente e fase de ligação ascendente, respetivamente), e acesso aleatório.

No exemplo de modelo de realização, um intervalo da trama de MAC de TDD 1500 é Duplexagem por Divisão no Tempo (TDD) sobre um intervalo de tempo de 2ms, dividido em cinco segmentos de canal de transporte 1510 - 1550 tal como mostrado. Ordens alternadas e tamanhos de tramas diferentes podem ser implantadas em modelos de realização alternativos. Durações das alocações no intervalo da trama de MAC de TDD 1500 podem ser quantificadas em algum pequeno intervalo de tempo comum.

Os exemplos dos cinco canais de transporte dentro do intervalo da trama de MAC de TDD 1500 incluem: (a) o Canal de Difusão (BCH) 1510, que transporta o Canal de Controlo da Difusão (BCCH); (b) o Canal de Controlo (CCH) 1520, que transporta o Canal de Controlo da Trama (FCCH) e o Canal de Retorno de Acesso Aleatório (RFCH) na ligação direta; (c) o Canal de Tráfego (TCH), que transporta dados do utilizador e informação de controlo, e é subdividido em (i) o Canal de Tráfego Direto (F-TCH) 1530 na ligação direta e (ii) o Canal de Tráfego Reverso (R-TCH) 1540 na ligação reversa; e (d) o Canal de Acesso Aleatório (RCH) 1550, que transporta o Canal de Pedido de Acesso (ARCH) (para pedidos de acesso UT). Uma *sin*alização piloto é também transmitida no segmento 1510.

A fase de ligação descendente da trama 1500 compreende segmentos 1510 - 1530. A fase de ligação ascendente compreende segmentos 1540-1550. Segmento 1560

indica o início de um intervalo da trama de MAC de TDD posterior. Um modelo de realização alternativo abrangendo transmissão par-a-par é adicionalmente ilustrado mais adiante.

O Canal de Difusão (BCH) e *Sinalização* 1510 são transmitidos pelo AP. A primeira parte do BCH 510 contém sobrecarga da camada física comum, tal como sinais piloto, incluindo piloto de aquisição de temporização e frequência. Num exemplo de modelo de realização, a sinalização consiste em 2 símbolos OFDM curtos usados para aquisição de frequência e temporização pelos UTs seguidos por 8 símbolos OFDM curtos de piloto MIMO comum usados pelos UTs para estimar o canal.

A segunda parte do BCH 1510 é a parte de dados. A parte de dados do BCH define a alocação do intervalo da trama de MAC de TDD remetendo para os segmentos de canal de transporte: CCH 1520, F-TCH 1530, R-TCH 1540 e RCH 1550, e também define a composição do CCH remetendo para os subcanais. Neste exemplo, o BCH 1510 define a cobertura da LAN sem fios 120, e é então transmitido no modo de transmissão de dados mais robusto disponível. O tamanho de todo o BCH é fixo. Num exemplo de modelo de realização, o BCH define a cobertura de uma WLAN-MIMO, e é transmitido no modo Diversidade de Transmissão de Tempo Espaço (STTD) usando Modulação por Deslocamento de Fase Bivalente (BPSK) codificada a 1/4 da taxa. Neste exemplo, o tamanho do BCH é fixo em 10 símbolos OFDM curtos. Várias outras técnicas de

sinalização podem ser implantadas em modelos de realização alternativos.

O Canal de Controlo (CCH) 1520, transmitido pelo AP, define a composição do remanescente do intervalo da trama de MAC de TDD, e ilustra o uso de pesquisas consolidadas. O CCH 1520 é transmitido usando modos de transmissão altamente robustos em múltiplos subcanais, cada subcanal com uma taxa de dados diferente. O primeiro subcanal é o mais robusto e é esperado que seja decodificável por todos os UTs. Num exemplo de modelo de realização, BPSK codificada a 1/4 da taxa é usada para o primeiro subcanal CCH. Diversos outros subcanais com robustez decrescente (e eficiência crescente) também estão disponíveis. Num exemplo de modelo de realização, são usados até três subcanais adicionais. Cada UT tenta decodificar todos os subcanais no sentido de, e até encontrar, uma decodificação que falhe. O segmento de canal de transporte do CCH em cada trama é de tamanho variável, dependendo o tamanho do número de mensagens CCH em cada subcanal. Avisos de receção para rajadas de acesso aleatório da ligação reversa são realizados no subcanal mais robusto (primeiro) do CCH.

O CCH contém atribuições das rajadas da camada física nas ligações diretas e reversas, (analogamente às pesquisas consolidadas para TXOPs). Atribuições podem ser para transferência de dados na ligação direta ou reversa. Em geral, uma atribuição da rajada da camada física

compreende: (a) um ID de MAC; (b) um valor indicando o momento de início da alocação dentro da trama (no F-TCH ou no R-TCH); (c) O tamanho da alocação; (d) O tamanho da sobrecarga da camada física dedicada; (e) o modo de transmissão; e (f) o esquema de codificação e modulação para ser usado para a rajada da camada física.

Outros exemplos de tipos de atribuições no CCH incluem: uma atribuição na ligação reversa para a transmissão de um piloto dedicado de um UT, ou uma atribuição na ligação reversa para a transmissão do *buffer* e informação do estado da ligação de um UT. O CCH pode também definir porções da trama que devem ser deixadas sem utilização. Estas porções sem uso da trama podem ser usadas pelos UTs para fazer estimativas de ruído de fundo (e interferência) bem como para medir sinalizações do sistema vizinho.

O Canal de Acesso Aleatório (RCH) 1550 é um canal de ligação reversa em que um UT pode transmitir uma rajada de acesso aleatório. O tamanho variável do RCH é especificado para cada trama no BCH.

O Canal de Tráfego Direto (F-TCH) 1530 compreende uma ou mais rajadas da camada física transmitida a partir do AP 104. Cada rajada é dirigida a um ID de MAC em particular como indicado na atribuição CCH. Cada rajada compreende sobrecarga da camada física dedicada, tal como um sinal piloto (se existir algum) e uma PDU de MAC

transmitida de acordo com o modo de transmissão e esquema de codificação e modulação indicado na atribuição CCH. O F-TCH é de tamanho variável. Num exemplo de modelo de realização, a sobrecarga da camada física dedicada pode incluir um piloto de MIMO dedicado. Um exemplo de PDU de MAC é detalhado remetendo para a FIG. 16.

O Canal de Tráfego Reverso (R-TCH) 1540 compreende transmissões de rajada da camada física de um ou mais UTs 106. Cada rajada é transmitida por um UT particular como indicado na atribuição CCH. Cada rajada pode compreender um preâmbulo piloto dedicado (se existir algum) e uma PDU de MAC transmitida de acordo com o modo de transmissão e esquema de codificação e modulação, indicado na atribuição de CCH. O R-TCH é de tamanho variável.

No exemplo de modelo de realização, o F-TCH 530, o R-TCH 540, ou ambos, podem usar multiplexagem espacial ou técnicas de divisão de código de acesso múltiplo para permitir transmissão simultânea de PDUs de MAC associadas com diferentes UTs. Um campo contendo o ID de MAC com o qual o PDU de MAC é associado (*i.e.* o emissor no *uplink*, ou o destinatário pretendido no *downlink*) pode estar incluído no cabeçalho PDU de MAC. Este pode ser usado para resolver qualquer ambiguidade de endereçamento que pode surgir quando é usada multiplexagem espacial ou CDMA. Em modelos de realização alternativos, quando multiplexagem é estritamente baseada nas técnicas de divisão do tempo, o ID de MAC não é necessário no cabeçalho da PDU de MAC, uma vez

que a informação de endereçamento está incluída na mensagem CCH alocando um dado período de tempo no intervalo da trama de MAC de TDD a um ID de MAC específico. Qualquer combinação de multiplexagem espacial, multiplexagem por distribuição do código, multiplexagem por divisão no tempo, e qualquer outra técnica conhecida da técnica pode ser implantada.

FIG. 16 retrata a formação de um exemplo de PDU de MAC 1660 a partir de um pacote 1610, que pode ser uma datagrama de IP ou um segmento de Ethernet, neste exemplo. Exemplo de tamanhos e tipos de campos são descritos nesta ilustração. Os peritos na técnica vão reconhecer que diversos outros tamanhos, tipos, e configurações são contemplados dentro do âmbito da presente invenção.

Como mostrado, o pacote de dados 1610 é segmentado numa camada de adaptação. Cada adaptação da subcamada da PDU 1630 transporta um destes segmentos 1620. Neste exemplo, pacote de dados 1610 é segmentado em N segmentos 1620A - N. Uma subcamada de adaptação da PDU 1630 compreende uma carga útil 1634 contendo o respetivo segmento 1620. Um tipo de campo 1632 (um *byte* neste exemplo) é anexado à subcamada de adaptação da PDU 1630.

Um cabeçalho da Ligação Lógica (LL) 1642 (4'bytes neste exemplo) é anexado à carga útil 1644, que compreende a camada de adaptação de PDU 1630. Exemplo de informação para cabeçalho LL 1642 inclui um identificador de fluxo, informação de controlo, e números sequenciais. Um CRC 1646

é calculado sobre o cabeçalho 1642 e a carga útil 1644, e anexado para formar uma subcamada PDU de ligação lógica (PDU LL) 1640. PDUs de Controlo de Ligação Lógica (LLC) e Controlo de Ligação de Rádio (RLC) podem ser formadas de forma semelhante. PDUs de LL 1640, bem como PDUs de LLC e PDUs de RLC, são colocadas em filas (por exemplo, uma fila de QoS elevada, uma fila de melhor esforço, ou fila de mensagem de controlo) para serviço por uma função de MUX.

Um cabeçalho de MUX 1652 é anexado a cada PDU de LL de 1640. Um exemplo de cabeçalho de MUX 1652 pode compreender um tamanho e um tipo (o cabeçalho 1652 é dois bytes neste exemplo). Um cabeçalho similar pode-se formar para cada PDU de controlo (i.e. PDUs LLC e RLC). A PDU de LL 1640 (ou PDU de LLC ou RLC) forma a carga útil 1654. O cabeçalho 1652 e carga útil 1654 formam a PDU de subcamada MUX (MPDU) 1650 (PDUs de subcamada MUX também são referidas aqui como PDUs MUX).

Recursos de comunicação nos meios partilhados são alocados pelo protocolo de MAC numa série de intervalos da trama de MAC de TDDs, neste exemplo. Em modelos de realização alternativos, exemplos que são detalhados mais adiante, estes tipos de intervalos da trama de MAC de TDDs podem ser intercalados com várias outras funções de MAC, incluindo baseadas em contenção ou de pesquisa, e incluindo interface com sistemas legados usando outros tipos de protocolos de acesso. Como descrito acima, um gestor de tarefas pode determinar o tamanho das rajadas da camada

física alocadas para uma ou mais IDs de MAC em cada intervalo da trama de MAC de TDD (de forma análoga às TXOPs de pesquisa consolidada). Observe-se que nem todo o ID de MAC com dados para serem transmitidos vai necessariamente ter espaço alocado em qualquer intervalo da trama de MAC de TDD específico. Qualquer controlo de acesso ou esquema de agendamento pode ser implantado dentro do âmbito da presente invenção. Quando uma alocação é feita para um ID de MAC, uma função de MUX respetiva para esse ID de MAC vai formar uma PDU de MAC 1660, incluindo uma ou mais PDUs de MUX 1650 para inclusão no intervalo da trama de MAC de TDD. Uma ou mais PDUs de MUX 1660, para uma ou mais IDs de MAC alocados vão estar incluídas num intervalo da trama de MAC de TDD (*i.e.* intervalo da trama de MAC de TDD 1500, acima detalhado, remetendo para a FIG. 15).

Num exemplo de modelo de realização, um aspeto permite que seja transmitida uma MPDU 1650 parcial, possibilitando empacotamento eficiente numa PDU de MAC 1660. Neste exemplo, os *bytes* não transmitidos de quaisquer MPDUs 1650 parciais deixados por uma transmissão anterior podem ser incluídos, identificados pela MPDU 1664 parcial. Estes *bytes* 1664 vão ser transmitidos à frente de quaisquer novas PDUs 1666 (*i.e.* PDUs de LL ou PDUs de controlo) na trama atual. Cabeçalho 1662 (dois *bytes* neste exemplo) inclui um apontador de MUX, que aponta para o início da primeira nova MPDU (MPDU 1666A neste exemplo) para ser transmitida na trama atual. Cabeçalho 1662 pode também incluir um endereço de MAC.

A PDU de MAC 1660 compreende o apontador de MUX 1662, uma possível MUX da PDU 1664 parcial no início (remanescente de uma alocação anterior), seguida por zero ou mais PDUs de MUX 1666A - N completas, e uma possível PDU de MUX parcial 1668 (da alocação atual) ou outras zonas de preenchimento, para preencher a parte alocada da rajada da camada física. A PDU de MAC 1660 é transportada na rajada da camada física alocada ao ID de MAC.

Assim, o exemplo de PDU de MAC 1660 ilustra uma transmissão (ou trama, na terminologia 802.11), que pode ser transmitida de uma STA para outra, incluindo porções de dados de um ou mais fluxos dirigidos para essa STA de destino. Empacotamento eficiente é alcançado com o uso opcional de PDUs de MUX parciais. Cada PDU de MAC pode ser transmitida numa TXOP (usando terminologia 802.11), num tempo indicado numa pesquisa consolidada incluída na CCH.

O exemplo de modelo de realização detalhado nas FIGS. 15-16 ilustra vários aspetos, incluindo pesquisas consolidadas, transmissão de preâmbulo reduzida, e eliminação de hiatos através da transmissão sequencial de rajadas da camada física de cada STA (incluindo o AP). Estes aspetos são aplicáveis para qualquer Protocolo de MAC, incluindo sistemas 802.11. São detalhados mais adiante modelos de realização alternativos ilustrando várias outras técnicas para alcançar eficiência de MAC, bem como apoio à transmissão par-a-par, e integrando com e/ou cooperando com protocolos ou sistemas legados existentes.

Como descrito acima, vários modelos de realização aqui detalhados podem empregar estimativa de canal e controlo de taxa apertado. Eficiência de MAC melhorada pode ser obtida minimizando a transmissão desnecessária no meio, mas retorno de controlo de taxa inadequado pode, em alguns casos, reduzir o rendimento global. Assim, oportunidades suficientes podem ser fornecidas para estimativa de canal e retorno para maximizar as taxas transmitidas em todos os modos de MIMO, de modo a prevenir a perda de rendimento devido à estimativa de canal inadequada, que pode desviar quaisquer ganhos de eficiência de MAC. Assim, como descrito acima, e detalhado mais adiante, exemplos de modelos de realização de MAC podem ser projetados para proporcionar oportunidades de transmissão de preâmbulo suficientes, bem como oportunidades para recetores para proporcionar retorno de controlo de taxa ao emissor.

Num exemplo, o AP intercala periodicamente piloto de MIMO nas suas transmissões (pelo menos a cada TP ms, onde TP pode ser um parâmetro fixo ou variável). Cada STA pode também começar a sua TXOP de pesquisa com um piloto de MIMO que pode ser usado por outras STAs e o AP para calcular o canal. No caso de uma transmissão para o AP ou para outra STA usando o Protocolo de Ligação Direta (detalhado mais adiante), o piloto de MIMO pode ser uma referência de direção para ajudar a simplificar o processamento do recetor na STA de destino.

O AP pode também proporcionar oportunidades à STA de destino para proporcionar retorno ACK. A STA de destino pode também usar estas oportunidades de retorno para proporcionar retorno de controlo de taxa para modos de MIMO disponíveis para a STA de transmissão. Tal retorno de controlo de taxa não é definido nos sistemas 802.11 legados, incluindo 802.11(e). A introdução de MIMO pode aumentar a quantidade total de informação de controlo da taxa (por modo de MIMO). Nalguns casos, para maximizar o benefício de melhorias na eficiência de MAC, estas podem ser complementadas por retorno de controlo de taxa apertado.

Outro aspeto aqui introduzido, e mais detalhado adiante, é a acumulação de informação e agendamento para STAs. Cada STA pode começar as suas TXOP com um preâmbulo seguido por uma duração de pedido da próxima TXOP. Esta informação é destinada ao AP. O AP recolhe informação no próximo pedido TXOP de algumas STAs diferentes e determina a alocação de duração no meio das TXOPs para um intervalo da trama de MAC de TDD posterior. O AP pode usar diferentes prioridades ou regras de QoS para determinar como partilhar o meio, ou pode usar regras muito simples para partilhar o meio proporcionalmente de acordo com os pedidos das STAs. Quaisquer outras técnicas de agendamento podem também ser implantadas. As alocações às TXOPs para o próximo intervalo da trama de MAC de TDD são atribuídas na mensagem de canal de controlo da AP posterior.

Ponto de acesso designado

Em modelos de realização aqui detalhados, uma rede pode suportar operação com ou sem um verdadeiro ponto de acesso. Quando um AP verdadeiro está presente, ele pode ser ligado, por exemplo, a uma ligação por cabo de cablagem larga (*i.e.* cabo, fibra, DSL ou T1/T3, Ethernet) ou um servidor de entretenimento doméstico. Neste caso, o AP verdadeiro pode ser o emissor-coletor para a maioria dos dados que fluem entre dispositivos na rede.

Quando não existe nenhum AP verdadeiro, estações podem ainda comunicar umas com as outras usando técnicas como a Função de Coordenação Distribuída (DCF) ou 802.11b/g/a ou o Acesso de Canal Distribuído Melhorado de 802.11e, como descrito acima. Como detalhado mais adiante, quando são necessários recursos adicionais, pode ser conseguido uso mais eficiente do meio com um esquema de agendamento centralizado. Esta arquitetura de rede pode surgir, por exemplo, numa casa onde muitos dispositivos diferentes necessitam de comunicar uns com os outros (*i.e.* DVD-TV, CD-Amp-Colunas, etc.). Neste caso, as estações de rede designam automaticamente uma estação para ser o AP. Observe-se que, como adiante detalhado, uma Função de Coordenação Adaptativa (ACF) pode ser utilizada com um ponto de acesso designado, e pode ser implantada com agendamento centralizado, acesso aleatório, comunicação *ad hoc*, ou qualquer sua combinação.

Certos dispositivos sem-AP, mas não necessariamente todos, podem ter capacidade de MAC melhorada e são adequados para operação como um AP designado. Deve ser observado que nem todos os dispositivos necessitam de ser projetados para serem aptos para capacidade de MAC de AP designado. Quando QoS (e.g., latência garantida), alto rendimento, e/ou eficiência são críticos, pode ser necessário que um dos dispositivos na rede seja capaz de operação de AP designado.

Isto significa que a capacidade de AP designado vai geralmente ser associada a dispositivos de maior capacidade, e.g., com um ou mais atributos tais como energia de linha, grande número de antenas e/ou cadeias de transmissão/receção, ou requisito de alto rendimento. (Fatores adicionais para selecionar um AP designado são detalhados mais adiante.) Assim, um dispositivo de baixa-gama tal como uma câmara ou telefone de baixa-gama não necessitam estar sobrecarregados com capacidade de AP designado, enquanto um dispositivo de gama-alta tal como fonte de vídeo de gama-alta ou um aparelho de alta definição de visualização pode ser equipado com capacidade de AP designado.

Numa rede sem nenhum AP, o AP designado assume o papel do AP verdadeiro e pode ou não ter funcionalidade reduzida. Em vários modelos de realização, um AP designado pode realizar o seguinte: (a) estabelecer o ID do Conjunto de Serviço Básico (BSS) da rede; (b) definir a temporização

de rede transmitindo uma sinalização e informação de configuração da rede de canal de difusão (BCH) (o BCH pode definir a composição do meio até ao próximo BCH); (c) gerir ligações através de transmissões de agendamento de estações na rede usando um Canal de Controlo Avançado (FCCH); (d) gerir associação; (e) proporcionar controlo de admissão para fluxos de QoS; e/ou (f) várias outras funções. O AP designado pode implementar um gestor de tarefas sofisticado, ou qualquer tipo de algoritmo de agendamento. Um simples gestor de tarefas pode ser implantado, exemplo do qual é detalhado mais adiante.

Um cabeçalho de Protocolo de Convergência da Camada Física (PLCP) modificado é adiante detalhado remetendo para as comunicações par-par, que também são aplicável a AP designados. Num modelo de realização, o cabeçalho PLCP de todas as transmissões é transmitido à taxa de dados básica que pode ser decodificada por todas as estações (incluindo o AP designado). O cabeçalho PLCP de transmissões de estações contém acumulação de dados na estação associada com uma dada prioridade ou fluxo. Em alternativa, contém um pedido para duração de uma oportunidade de transmissão posterior para uma dada prioridade ou um fluxo.

O AP designado pode determinar acumulação ou pedido de duração de oportunidade de transmissão pelas estações através de *snooping* nos cabeçalhos PLCP de todas as estações de transmissões. O AP designado pode determinar a

fração de tempo para ser alocado à base-EDCA (acesso distribuído) e a fração de tempo alocado ao acesso livre de contenção de pesquisa (centralizado) com base na carga, colisões, ou outras medidas de congestionamento. O AP designado pode executar um gestor de tarefas rudimentar que aloca a largura de banda em proporção aos pedidos e agenda-os no período livre de contenção. Gestores de tarefas aperfeiçoados são permitidos mas não mandatados. As transmissões agendadas podem ser anunciadas pelo AP designado no CCH (canal de controlo).

Um AP designado pode não ser necessário para ecoar uma transmissão de uma estação para outra estação (*i.e.* serve como um ponto de salto), embora esta funcionalidade seja permitida. Um AP verdadeiro pode ser capaz de ecoar.

Quando seleciona um ponto de acesso designado, pode ser criada uma hierarquia para determinar que dispositivo deve servir como ponto de acesso. Exemplos de fatores que podem ser incorporados na seleção de um ponto de acesso designado incluem os seguintes: (a) sobreposição de utilizador; (b) nível de preferência mais elevado; (c) nível de segurança; (d) capacidade: energia da linha; (e) capacidade: número de antenas; (f) capacidade: energia de transmissão max; (g) desempatar com base noutros fatores: endereço de Controlo de Acesso ao Meio (MAC); (h) primeiro dispositivo ligado; (i) quaisquer outros fatores.

Na prática, pode ser desejado que o AP designado esteja localizado centralmente e tenha a melhor Rx SNR CDF agregada (*i.e.* ser capaz de receber todas estações com uma boa SNR). Em geral, quanto mais antenas uma estação tem, melhor é a sensibilidade para receber. Adicionalmente, o AP designado pode ter uma maior energia de transmissão de tal forma que o AP designado possa ser ouvido por um grande número de estações. Estes atributos podem ser avaliados e explorados para permitir à rede reconfiguração dinâmica à medida que as estações são adicionadas e/ou movidas.

Ligações par-a-par podem ser suportadas em casos onde a rede é configurada com um AP verdadeiro ou um AP designado. Ligações par-a-par, em geral, são detalhadas adiante na próxima secção. Num modelo de realização, dois tipos de ligações par-a-par podem ser suportados: (a) geridas par-a-par, onde o AP agenda transmissões para cada estação envolvida; e (b) *ad hoc*, onde o AP não é envolvido na gestão ou agendamento de transmissões de estação.

O AP designado pode configurar o intervalo da trama de MAC e transmitir uma sinalização no início da trama. A difusão e canais de controlo podem especificar durações alocadas na trama para as estações transmitirem. Para estações que têm alocações pedidas para transmissões par-a-par (e estes pedidos são conhecidos do AP), o AP pode proporcionar alocações agendadas. O AP pode anunciar estas alocações no canal de controlo, tal como, por exemplo, com cada trama de MAC.

Opcionalmente, o AP também pode incluir um segmento A-TCH (*ad hoc*) na trama de MAC (detalhado mais adiante). A presença do A-TCH na trama de MAC pode ser indicada no BCH e FCCH. Durante o A-TCH, estações podem conduzir comunicação par-a-par usando procedimentos CSMA/CA. Os procedimentos CSMA/CA do padrão 802.11 da LAN sem fios IEEE podem ser modificados para excluir o requisito de ACK imediato. Uma estação pode transmitir uma PDU-MAC (Unidade de Dados do Protocolo) consistindo em múltiplos PDUs-LLC quando a estação capta o canal. A duração máxima que pode ser ocupada por uma estação no A-TCH pode ser indicada no BCH. Para LLC confirmado, o tamanho da janela e máximo atraso de confirmação pode ser negociado de acordo com o atraso da aplicação necessário. Uma trama de MAC modificada com um segmento de A-TCH, para utilizar quer com APs verdadeiros quer com APs designados, é detalhada mais adiante remetendo para a FIG. 20.

Num modelo de realização, o piloto de MIMO sem direção pode permitir que todas estações aprendam o canal entre elas e a estação de transmissão. Isto pode ser útil em alguns cenários. Para além disto, o AP designado pode usar o piloto de MIMO sem direção para permitir estimativa de canal e facilitar desmodulação do PCCH a partir do qual podem ser derivadas alocações. Assim que o AP designado recebe todas as alocações pedidas numa dada trama de MAC, pode agenda-las para a posterior trama de MAC. Observe-se que a taxa de informação de controlo não tem de ser incluída no FCCH.

Num modelo de realização, o gestor de tarefas pode realizar as seguintes operações: Primeira, o gestor de tarefas recolhe todas as alocações pedidas para a trama de MAC seguinte e calcula a alocação pedida agregada (Pedido Total). Segunda, o gestor de tarefas calcula o total de recursos disponíveis para a alocação do F-TCH e o R-TCH (Total Disponível). Terceira, se o Pedido Total exceder o Total Disponível, todas as alocações pedidas são escaladas pelo rácio definido pelo Total Disponível/Pedido Total. Quarta, para quaisquer alocações de escala que são menos que 12 símbolos OFDM, estas alocações são aumentadas para 12 símbolos OFDM (no exemplo de modelo de realização; modelos de realização alternativos podem ser implantados com parâmetros alternativos). Quinta, para acomodar as alocações resultantes no F-TCH + R-TCH, qualquer excesso de símbolos OFDM e/ou tempos de guarda podem ser acomodados reduzindo todas as alocações maiores que 12 símbolos OFDM, um símbolo de cada vez de modo *round-robin* começando pelo maior.

Um exemplo ilustra o modelo de realização acabado de descrever. Considerem-se pedidos de alocação da seguinte forma: 20, 40, 12, 48. Assim, Pedido Total = 120. Assuma-se que o Total Disponível = 90. Assuma-se também que o tempo de guarda necessário é 0,2 símbolos OFDM. Então, como detalhado na terceira operação acima referida, as alocações escaladas são: 15, 30, 9, 36. Como detalhado na quarta operação acima referida, uma alocação de 9 é aumentada para

12. De acordo para a quinta operação, adicionando as alocações revistas e o tempo de guarda, a alocação total é 93,8. Isto significa que as alocações são para ser reduzidas por 4 símbolos. Começando pelo maior, e removendo um símbolo de cada vez, é determinada uma alocação final de 14, 29, 12, 34 (*i.e.* um total de 89 símbolos e 0,8 símbolos para tempos de guarda).

Num exemplo de modelo de realização, quando o AP designado está presente, pode estabelecer a Sinalização para o BSS e definir temporização de rede. Dispositivos associados com o AP designado. Quando dois dispositivos associados com um AP designado requerem uma ligação QoS, *e.g.* uma ligação HDTV com latência reduzida e requisito de alto rendimento, eles proporcionam a especificação de tráfego ao AP designado para controlo de admissão. O AP designado pode aceitar ou negar o pedido de ligação.

Se a utilização do meio é suficientemente baixa, a duração total do meio entre sinalizações pode ser definida à parte para a operação EDCA usando CSMA/CA. Se a operação EDCA está a funcionar sem problemas, *e.g.*, não existem colisões excessivas, recuos e atrasos, o AP designado não precisa de proporcionar uma função de coordenação.

O AP designado pode continuar a monitorizar a utilização do meio escutando os cabeçalhos PLCP das transmissões de estação. Com base na observação do meio,

bem como na acumulação ou pedidos de duração de oportunidade de transmissão, o AP designado pode determinar quando a operação EDCA não está a satisfazer a QoS necessária dos fluxos admitidos. Por exemplo pode observar as tendências nas acumulações reportadas ou durações de pedidos, e compara-los com os valores esperados com base nos fluxos admitidos.

Quando o AP designado determina que a QoS necessária não está a ser cumprida sob acesso distribuído, pode fazer transitar a operação no meio para operação com pesquisa e agendamento. O último proporciona mais latência determinística e maior rendimento eficiente. Exemplos de tal operação são detalhados mais adiante.

Assim, transição adaptativa de EDCA (esquema de acesso distribuído) para agendar (centralizada) operação como uma função da observação da utilização, colisões, congestão do meio, bem como, observação dos pedidos de oportunidade de transmissão de estações de transmissão e comparação dos pedidos com fluxos de QoS admitidos podem ser implantados.

Como mencionado anteriormente, em qualquer modelo de realização detalhado em toda esta especificação, onde um ponto de acesso é descrito, um peritos na técnica vai reconhecer que o modelo de realização pode ser adaptado para operar com um verdadeiro ponto de acesso ou um ponto de acesso designado. Um ponto de acesso designado também

pode ser implantado e/ou selecionado tal como aqui detalhado, e pode operar de acordo com qualquer protocolo, incluindo protocolos não descritos nesta especificação, ou qualquer combinação de protocolos.

Transmissão Par-a-par e Protocolo de Ligação Direta (DLP)

Tal como acima descrito, transmissão par-a-par (ou simplesmente referida como "par-par") permite que uma STA transmita dados diretamente para outra STA, sem enviar primeiro os dados para um AP. Vários aspetos aqui detalhados podem ser adaptados para utilização com transmissão par-a-par. Num modelo de realização, o Protocolo de Ligação Direta (DLP) pode ser adaptado como detalhado mais adiante. FIG. 17 retrata um exemplo de comunicação par-a-par dentro de um sistema 100. Neste exemplo, sistema 100, que pode ser similar ao sistema 100 descrito na FIG. 1, é adaptado para permitir transmissão direta de um UT para outro (neste exemplo, é ilustrada a transmissão entre UT 106A e UT 106B). UTs 106 podem realizar qualquer comunicação diretamente com o AP 104 na WLAN 120, tal como aqui detalhado.

Em vários exemplos de modelos de realização, dois tipos de ligações par-par podem ser suportadas: (a) Geridas par-par, em que o AP agenda transmissões para cada STA envolvida, e (b) *Ad hoc*, em que o AP não está envolvido na gestão ou agendamento de transmissões STA. Um modelo de realização pode incluir um ou ambos os tipos de ligações.

Num exemplo de modelo de realização, um sinal transmitido pode compreender uma parte incluindo informação comum que é recebível por uma ou mais estações, incluindo possivelmente um ponto de acesso, bem como informação especificamente formatada para receção por uma estação recetora de par-par. A informação comum pode ser usada para agendamento (como mostrado na FIG. 25, por exemplo) ou para recuo de contenção por várias estações vizinhas (mostrado na FIG. 26, por exemplo).

Vários exemplos de modelos de realização, detalhados adiante, ilustram controlo de taxa de circuito fechado para ligações par-par. Tal controlo de taxa pode ser implantado para tirar vantagem de taxas de dados elevadas disponíveis.

Para clareza da discussão, várias funcionalidades (i.e. aviso de receção) não são necessariamente detalhadas em exemplos de modelos de realização. Os peritos na técnica vão reconhecer que as funcionalidades aqui divulgadas podem ser combinadas para formar qualquer número de conjuntos e subconjuntos em vários modelos de realização.

FIG. 18 retrata uma rajada da camada física da técnica anterior 1800. Um preâmbulo 1810 pode ser transmitido, seguido por um cabeçalho do Cabeçalho do Protocolo de Convergência da Camada Física (PLCP) 1820. Sistemas 802.11 legados definem um cabeçalho PLCP para incluir tipo de taxa e formato de modulação para dados transmitidos como símbolos de dados 1830.

FIG. 19 retrata um exemplo de rajada da camada física 1900, que pode ser implantado para transmissão par-par. Como na FIG. 18, preâmbulo 1810 e cabeçalho PLCP 1820 podem ser incluídos, seguidos por uma transmissão par-par, marcado P2P 1940. P2P 1940 pode compreender um piloto de MIMO 1910 para ser utilizado pelo UT recetor. Retorno da taxa de MIMO 1920 pode ser incluído para uso pelo UT recetor na futura transmissão de volta para o UT de envio. Retorno da taxa pode ser gerado em resposta a uma transmissão anterior a partir da estação de receção para a estação de transmissão. Depois símbolos de dados 1930 podem ser transmitidos de acordo com a taxa seleccionada e formato de modulação para as ligações par-par. Observe-se que uma rajada da camada física, tal como rajada PHY 1900, pode ser usada com ligação par-par gerida pelo AP, bem como com transmissão par-par *ad hoc*. Exemplos de modelos de realização de retorno da taxa são descritos adiante. Modelos de realização alternativos das rajadas de transmissão da camada física incluindo estes aspetos também são incluídos adiante.

Num exemplo de modelo de realização, um AP define o intervalo da trama de MAC de TDD. Difusão e canais de controlo podem ser implantados para especificar durações alocadas no intervalo da trama de MAC de TDD. Para STAs que tenham pedido alocações para transmissões par-par (e conhecidas do AP), o AP pode proporcionar alocações agendadas e anunciar isto no canal de controlo a cada

intervalo da trama de MAC de TDD. Um exemplo de sistema é descrito acima remetendo para a FIG. 15.

FIG. 20 retrata um exemplo de modelo de realização de um intervalo da trama de MAC de TDD 2000 incluindo um segmento *ad hoc* opcional, identificado como A-TCH 2010. As secções semelhantes numeradas do intervalo da trama de MAC de TDD 2000 podem ser incluídas um operar substancialmente como acima descrito remetendo para a FIG. 15. A presença do A-TCH 2010 no intervalo da trama de MAC de TDD 2000 pode ser indicada no BCH 510 e/ou CCH 520. Durante o A-TCH 2010, STAs podem conduzir comunicação par-a-par usando qualquer procedimento de contenção. Por exemplo, técnicas 802.11 tal como SIFS, DIFS, recuo, etc., tal como detalhado acima podem ser implantadas. Técnicas de QoS, tais como as introduzidas em 802.11(e) (*i.e.* AIFS) podem opcionalmente ser implantadas. Vários outros esquemas com base de contenção podem ser também implantados.

Num exemplo de modelo de realização, procedimentos CSMA/CA para contenção, tais como aqueles definidos em 802.11, podem ser modificado do modo que se segue. Não é necessário ACK imediato. Uma STA pode transmitir uma Unidade de Dados de Protocolo de MAC (PDU-MAC) consistindo em PDUs múltiplas (*i.e.* PDUs-LLC) quando capta o canal. Uma duração máxima ocupada por uma STA no A-TCH pode ser indicada no BCH. Quando transmissão de confirmação é desejada, um tamanho da janela e atraso máximo de confirmação podem ser negociados de acordo com o atraso da aplicação necessário.

Neste exemplo, o F-TCH 530 é a parte do intervalo da trama de MAC de TDD para transmissões a partir do AP para STAs. Comunicações par-a-par entre STAs usando técnicas de contenção podem ser conduzidas no A-TCH 2010. Comunicações par-a-par agendadas entre STAs podem ser conduzidas no R-TCH 540. Qualquer um destes três segmentos pode ser definido como nulo.

FIG. 21 retrata um exemplo da rajada da camada física 2100, também referida como uma "rajada PHY". Rajada PHY 2100 pode ser implantada com ligações par-par agendadas, tal como durante R-TCH 540, ou durante ligações *ad hoc* tais como A-TCH 2010, como detalhado acima remetendo para a FIG. 20. Rajada PHY 2100 compreende piloto de MIMO sem direção 2110, Canal de Controlo Comum de Par (PCCH) 2120, e um ou mais símbolos de dados 2130. O piloto de MIMO sem direção 2110 pode ser recebido numa ou mais estações, e pode ser usado como uma referência por uma estação de receção para calcular o respetivo canal entre a estação de transmissão e a estação de receção. Este exemplo PCCH compreende os seguintes campos: (a) um destino de ID-MAC, (b) um pedido de alocação para uma duração de transmissão desejada para o próximo intervalo da trama de MAC de TDD, (c) um indicador de taxa de transmissão para indicar o formato da transmissão ao atual pacote de dados, (d) um canal de controlo (i.e. CCH) subcanal para receção de qualquer alocação do AP, e (e) uma CRC. O PCCH 2120, juntamente com o piloto de MIMO sem direção 2110, é um

segmento comum que pode ser recebido por várias estações de escuta, incluindo o ponto de acesso. Um pedido para alocação pode ser inserido no PCCH para permitir uma ligação par-par geridas num intervalo da trama de MAC de TDD futuro. Uma tal rajada PHY pode ser incluída numa ligação *ad hoc*, e ainda podem pedir uma alocação para agendar par para par num intervalo da trama de MAC de TDD futuro. No exemplo de modelo de realização, o piloto de MIMO sem direção é de oito símbolos OFDM (em modelos de realização alternativos, detalhado adiante, menos símbolos podem ser suficientes para estimativa de canal) e o PCCH é dois símbolos OFDM. Após o segmento comum, compreendendo piloto de MIMO sem direção 2110 e PCCH 2120, um ou mais símbolos de dados 2130 são transmitidos usando multiplexagem espacial e/ou formatos de modulação mais elevada tal como determinado por cada STA na ligação par-par. Esta parte da transmissão é codificada de acordo com a informação de controlo da taxa incorporada na parte de dados da transmissão. Assim, uma parte da rajada PHY 2100 é recebível por múltiplas estações circundantes, enquanto a transmissão de dados atual é personalizada para transmissão eficiente para uma ou mais estações ligadas par-par específicas ou para o AP. Dados em 2130 podem ser transmitidos como alocados por um ponto de acesso, ou podem ser transmitidos de acordo com uma ligação *ad hoc* (*i.e.* procedimentos CSMA/CA com base de contenção).

Um exemplo de modelo de realização de uma rajada PHY compreende uma preâmbulo consistindo em 8 símbolos OFDM

de referência de MIMO sem direção. Um cabeçalho PDU-MAC do Canal de Controlo Comum do Par (PCCH) é incluído nos 2 símbolos OFDM posteriores, usando modo STTD, codificado com $R=1/2$ BPSK. O ID-MAC é 12 *bits*. UM pedido de alocação de 8-*bits* é incluído para receção pelo AP para uma duração desejada no próximo intervalo da trama de MAC de TDD (assim o pedido máximo é 256 símbolos OFDM curtos). A Taxa de TX é 16 *bits* para indicar que a taxa é usada no pacote atual. A preferência de subcanal FCCH é dois *bits*, correspondendo a uma preferência entre até quatro subcanais, em que o AP deveria fazer qualquer alocação aplicável. O CRC é 10 *bits*. Qualquer número de outros campos e/ou tamanhos de campo podem ser incluídos num modelo de realização da rajada PHY alternativo.

Neste exemplo, o remanescente da transmissão PDU-MAC usa multiplexagem espacial e modulações mais elevadas tal como determinado por cada STA na ligação par-par. Esta parte da transmissão é codificada de acordo com a informação de controlo da taxa incorporada na parte de dados da transmissão.

FIG. 22 retrata exemplo do método 2200 para transmissão de dados par-par. O processo começa no bloco 2210 onde uma estação transmite um piloto de MIMO sem direção. No bloco 2220, a estação transmite geralmente informação descodificável. Por exemplo, piloto de MIMO sem direção 2110 e PCCH 2120 servem como um exemplos de um mecanismo para pedido de alocação numa ligação gerida, para

a qual o AP, ou outra estação de agendamento, precisaria de ser capaz de decodificar a parte do sinal compreendendo o pedido. Os peritos na técnica vão reconhecer miríades de mecanismos de pedidos alternativos para agendamento de ligações par-par num canal partilhado. No bloco 2230, dados são transmitidos de uma estação para outra de acordo com formatos de transmissão negociados. Neste exemplo, dados direcionados são transmitidos usando taxas e parâmetros como determinado de acordo com medições de piloto de MIMO sem direção 2110. Os peritos na técnica vão reconhecer vários significados alternativos para transmitir dados personalizados para um canal par-par específico.

FIG. 23 retrata exemplo do método 2300 para comunicação par-par. Este exemplo de método 2300 ilustra diversos aspetos, subconjuntos dos quais podem ser implantados em qualquer dado modelo de realização. O processo começa no bloco de decisão 2310. No bloco de decisão 2310, se existirem dados para transferência STA-STA, prossegue-se para bloco de decisão 2320. Se não, prossegue-se para bloco 2370 e realiza-se qualquer outro tipo de comunicação, incluindo outros tipos de acesso, se existir algum. Prossegue-se para bloco de decisão 2360 onde o processo pode repetir-se retornando ao bloco de decisão 2310, ou o processo pode parar.

No bloco de decisão 2320, se houver dados STA-STA para transmissão, determina-se se a ligação par-par é para ser agendada ou *ad hoc*. Se a transmissão é para ser

agendada prossegue-se para bloco 2320 e pede-se uma alocação para obter uma TXOP. Observe-se que um pedido de alocação pode ser feito durante uma parte de acesso aleatório de um intervalo da trama de MAC de TDD, como descrito acima, ou pode ser incluído numa transmissão *ad hoc*. Uma vez feita a alocação, no bloco 2350 pode ser transmitida uma rajada física STA-STA. Num exemplo de modelo de realização, método 2200 pode servir como um tipo de rajada PHY STA-STA.

No bloco de decisão 2320, se a ligação par-par agendada não é desejada, prossegue-se para bloco 2340 para contender para acesso. Por exemplo, pode ser usado o segmento de A-TCH 2010 de intervalo da trama de MAC de TDD 2000. Quando um acesso foi obtido com sucesso através de contenção prossegue-se para o bloco 2350 e transmite-se uma rajada PHY STA-STA, como descrito acima.

A partir do bloco 2350, prossegue-se para bloco de decisão 2360 onde o processo pode repetir-se, como descrito acima, ou pode parar.

FIG. 24 retrata exemplo do método 2400 para proporcionar retorno da taxa para usar em ligação par-par. Esta FIG ilustra várias transmissões e outros passos que podem ser realizados por duas estações, STA 1 e STA 2. STA 1 transmite um piloto sem direção 2410 para STA 2. STA 2 mede o canal 2420 enquanto recebe o piloto sem direção 2410. Num exemplo de modelo de realização STA 2 determina

uma taxa suportável para transmissão no canal tal como medido. Esta determinação da taxa é transmitida como retorno da taxa 2430 para STA 1. Em vários modelos de realização alternativos, parâmetros alternativos podem ser entregues para permitir uma decisão de retorno da taxa para ser feita na STA 1. Em 2440, STA 1 recebe uma alocação agendada ou compete para uma oportunidade de transmissão, por exemplo durante A-TCH. Uma vez que uma oportunidade de transmissão tenha sido obtida, no 2450, STA 1 transmite para STA 2 dados a uma taxa e formato de modulação determinados em resposta ao retorno da taxa 2430.

O método ilustrado na FIG. 24 pode ser generalizado e aplicado a vários modelos de realização, como será prontamente evidente para os peritos na técnica. Alguns exemplos que incorporam de retorno da taxa par-par, bem como outros aspetos são adiante mais detalhados.

FIG. 25 retrata método 2500 ilustrando ligação par-par gerida entre duas estações, STA 1 e STA 2, e um ponto de acesso (AP). No 2505, STA 1 transmite um piloto sem direção bem como um pedido para uma alocação. Dados podem também ser transmitidos de acordo com uma alocação anterior e retorno da taxa anterior, tal como será adiante ilustrado. Além disto, quaisquer desses dados podem ser transmitidos de acordo com o retorno da taxa de uma anterior ligação par-par gerida ou de comunicação *ad hoc* originada quer por STA 1 quer por STA 2. O piloto sem direção e pedido para transmissão é recebido quer pela STA

2 quer pelo ponto de acesso (e pode ser recebível por várias outras estações na área).

O ponto de acesso recebe o pedido para transmissão e, de acordo com um de qualquer número de algoritmos de agendamento, faz uma determinação de quando e se vai fazer uma alocação para a comunicação par-par. STA 2 mede o canal enquanto o piloto sem direção no 2505 é transmitido e poderá fazer uma determinação sobre a taxa suportável para comunicação par-par com STA 1. Opcionalmente, STA 2 também podem receber retorno da taxa e/ou dados da STA 1 de acordo com uma transmissão anterior.

Neste exemplo, o ponto de acesso determinou que vai ser feita uma alocação para a transmissão do pedido. No 2515 uma alocação é transmitida do ponto de acesso para STA 1. Neste exemplo, alocações no R-TCH 540, são transmitidas durante o canal de controlo, tal como CCH 520, ilustrado acima. Da forma semelhante no 2520 é feita uma alocação no R-TCH para STA 2. No 2525, STA 1 recebe a alocação do ponto de acesso. No 2530 STA 2 recebe a alocação do ponto de acesso.

STA 2 transmite retorno da taxa no 2535, de acordo com alocação 2520. Opcionalmente, um pedido para transmissão agendada pode ser incluído, como descrito acima, bem como quaisquer dados a serem transmitidos de acordo com um pedido anterior. O retorno da taxa transmitida é selecionado de acordo com a medição do canal 2510, como descrito acima. A rajada PHY de 2535 pode também

incluir um piloto sem direção. No 2540 STA 1 mede o canal a partir da STA 2, recebe o retorno da taxa, e também pode receber dados opcionais.

No 2545, de acordo com alocação 2515, STA 1 transmite dados de acordo com o informação de retorno da taxa recebida. Adicionalmente, um pedido pode ser feito para uma alocação futura bem como retorno da taxa de acordo com a medição do canal no 2540. Os dados são transmitidos de acordo com o canal de medição específico para a comunicação par-par. No 2550 STA 2 recebe os dados bem como qualquer retorno das taxas transmitidas opcionalmente. STA 2 também pode medir o canal para proporcionar retorno da taxa para transmissões futuras.

Observe-se que ambas as transmissões 2535 e 2545 são recebíveis pelo ponto de acesso, pelo menos a parte sem direção, como descrito acima. Assim para qualquer pedido incluído, o ponto de acesso pode fazer alocações adicionais para transmissões futuras como indicado pelas alocações 2555 e 2560 para STA 1 e STA 2, respectivamente. No 2565 e 2570, STA 1 e STA 2 recebem as suas alocações respectivas. O processo pode então iterar indefinidamente com o ponto de acesso a gerir o acesso no meio partilhado e STA 1 e STA 2 a transmitir comunicação par-par diretamente uma para a outra a taxas e formatos de modulação selecionados como suportáveis no canal par-par. Observe-se que, num modelo de realização alternativo, comunicação par-par *ad hoc* também pode ser realizada juntamente com a comunicação par-par gerida ilustrada na FIG. 25.

FIG. 26 ilustra uma ligação par-par de base de contenção (ou *ad hoc*). STA 1 e STA 2 vão comunicar uma com a outra. Outras STAs também podem estar em alcance de recepção e podem aceder ao canal partilhado. No 2610 STA 1, tendo dados para transmitir para STA 2, monitoriza o canal partilhado e compete para acesso. Uma vez obtida uma oportunidade de transmissão, rajada PHY par-par 2615 é transmitida para STA 2 que também pode ser recebida por outras STAs. No 2620, outras STAs, monitorizando o canal partilhado, podem receber a transmissão da STA 1 e saber evitar o acesso ao canal. Por exemplo, um PCCH, descrito acima, pode ser incluído na transmissão 2615. No 2630, STA 2 mede o canal de acordo com um piloto sem direção, e compete pelo retornar de acesso ao canal partilhado. STA 2 também pode transmitir dados, conforme necessário. Observe-se que o tempo de contenção pode variar. Por exemplo, um ACK pode ser devolvido após SIFS num sistema 802.11 legado. Uma vez que SIFS tem a prioridade mais elevada, STA 2 pode responder sem perder o canal. Vários modelos de realização podem permitir atraso menor, e podem proporcionar dados de retorno com prioridade alta.

No 2635, STA 2 transmite retorno da taxa juntamente com dados opcionais para STA 1. No 2640, STA 1 recebe o retorno da taxa, compete uma vez mais para acesso ao meio partilhado, e transmite no 2645 para STA 2 de acordo com o retorno da taxa recebido. No 2640, STA 1 também pode medir o canal para proporcionar retorno da taxa

para STA 2 para transmissão futura, e pode receber quaisquer dados opcionais transmitidos por STA 2. No 2650, STA 2 recebe a transmissão de dados 2645 de acordo com a taxa e formato de modulação determinados pelas condições de canal medido. STA 2 também pode receber retorno da taxa para utilizar num retorno de uma transmissão para STA 1. STA 2 também pode medir o canal para proporcionar retorno da taxa futuro. O processo pode assim repetir-se através do retorno para 2635 para que STA 2 retorne retorno da taxa assim como dados.

Assim, duas estações podem realizar comunicação *ad hoc* em ambas direções por competição para acesso. A ligação par-par em si é tornada eficiente pelo uso de retorno da taxa e personalizar a transmissão à estação recetora. Quando uma parte geralmente recebível da rajada PHY, tal como o PCCH, é implantada, então, tal como ilustrado no 2620, outras STAs podem aceder à informação e podem evitar interferir no canal em momentos que se sabem estarem ocupados, tal como indicado no PCCH. Tal como na FIG. 25, comunicação par-par quer gerida quer *ad hoc* pode iniciar antes transferência de dados dos passos ilustrados na FIG. 26, e pode ser usada para continuar comunicação par-par posteriormente. Assim, qualquer combinação de comunicação par-par agendada e *ad hoc* pode ser implantada.

FIG. 27 retrata exemplo de intervalo da trama de MAC de TDD 2700, ilustrando comunicação par-par gerida entre estações. Neste exemplo, ambos as durações de F-TCH e

de A-TCH foram definidas como zero. Sinalização/BCH 510 e CCH 520 são transmitidas tal como antes. Sinalização/BCH 560 indica o início da próxima trama. CCH 520 indica alocações para comunicações par-par. De acordo com essas alocações, STA 1 transmite para STA 2 em rajada 2710 alocada. Observe-se que, no mesmo intervalo da trama de MAC de TDD, STA 2 é segmento 2730 alocado para responder a STA 1. Qualquer um dos vários componentes, acima detalhados, tal como retorno da taxa, pedidos, pilotos direcionais e/ou sem direção, e dados direcionados e/ou sem direção podem ser incluídos em qualquer dada rajada de camada PHY par-par. STA 3 transmite para STA 4 em alocação 2720. STA 4 transmite para STA 3 em alocação 2740, de forma semelhante. Várias outras transmissões de ligação reversa, incluindo ligação sem par-par, podem ser incluídas no R-TCH. Exemplos adicionais de modelos de realização ilustrando estes e outros aspetos são mais detalhados adiante.

Observe-se que, na FIG. 27, intervalos de guarda podem ser agendados entre segmentos, conforme necessário. Uma questão chave sobre comunicações par-par é que geralmente o atraso de caminho entre as duas STAs é desconhecido. Um método de lidar com isto é fazer com que cada STA mantenha os seus tempos de transmissão fixos de tal forma que eles cheguem ao AP em sincronia com o relógio do AP. Neste caso, o AP pode proporcionar tempo de guarda em cada lado de cada alocação par-a-par para compensar atrasos de caminho desconhecidos entre as duas STAs em comunicação. Em muitos casos, um prefixo cíclico será

adequado e não será necessário fazer nenhum ajustamento nos recetores da STA. As STAs devem então determinar as suas respectivas compensações de tempo para saberem quando receber a outra transmissão da STA. Os recetores da STA podem necessitar de manter dois relógios de receção: um para a temporização da trama AP e outro para a ligação par-par.

Como ilustrado acima em vários modelos de realização, confirmações e retorno de canal podem ser derivados por um recetor durante a sua alocação e retorno para um emissor. Mesmo se fluxo de tráfego global for de sentido único, o recetor envia referência e pedido para obter alocações. O gestor de tarefas do AP garante que são proporcionados recursos adequados para retorno.

Interoperacionalidade com Estações Legadas e Pontos de Acesso

Como aqui detalhado, vários modelos de realização descritos proporcionam melhorias sobre sistemas legados. No entanto, dada a ampla implantação de sistemas legados já existentes, pode ser desejável para um sistema preservar compatibilidade com versões anteriores quer um sistema legado existente e/ou quer terminais de utilizador legado. Tal como aqui usados, o termo "classe nova" vão ser usado para diferenciar de sistemas legados. Um sistema de classe nova pode incorporar um ou mais dos aspetos ou funcionalidades aqui detalhados. Um exemplo de sistema de

classe nova é o sistema OFDM de MIMO descrito adiante remetendo para as FIGS. 35-52. Além disso, os aspetos adiante detalhados para interoperar um sistema da classe nova com um sistema legado também são aplicáveis a outros sistemas, que ainda não foram desenvolvidos, quer esteja ou não incluída qualquer melhoria em particular aqui detalhada em tal sistema.

Num exemplo de modelo de realização, compatibilidade com versões anteriores com sistemas alternativos pode ser proporcionada utilizando Atribuições de Frequências (FA) separadas para permitir a operação de um sistema de classe nova numa FA separada de utilizadores legados. Assim, um sistema de classe nova pode procurar uma FA disponível em que operar. Um algoritmo de Seleção de Frequência Dinâmica (DFS) pode ser implementado na WLAN de classe nova para o acomodar. Pode ser desejável implantar um AP para ser multi-portador.

STAs legados tentando aceder a uma WLAN podem empregar dois métodos de exploração: passiva e ativa. Com exploração passiva, uma STA desenvolve uma lista de Conjuntos de Serviço Básicos (BSSs) viáveis na sua vizinhança por exploração das bandas de operacionais. Com exploração ativa, uma STA transmite um pedido para solicitar uma resposta de outras STAs no BSS.

Padrões legados são silenciosos no que diz respeito a como uma STA decide a que BSS se juntar, mas,

uma vez tomada a decisão, pode ser tentada associação. Se não tiver sucesso, a STA mover-se-á através da sua lista BSS até ter sucesso. Uma STA legada pode não tentar associar-se com uma WLAN de classe nova quando a informação de sinalização transmitida não for entendida por essa STA. No entanto, uma AP da classe nova (bem como UTs) pode ignorar pedidos da STAs legadas como um método para manter uma classe WLAN única numa única FA.

Um técnica alternativa é a rejeição de qualquer pedido da STAs legadas por parte do AP de classe nova ou STAs de classe nova usando mensagens legadas válidas (*i.e.*, 802.11). Se um sistema legado suporta tais mensagens, o STA legado pode ser munido com uma mensagem de redirecção.

Uma troca óbvia associada com a operação com FAs separadas é o espectro adicional necessário para suportar ambas as classes da STAs. Um benefício é a facilidade de gestão das diferentes funcionalidades de preservação das WLANs tais como QoS e similares. Tal como detalhado ao longo desta especificação, no entanto, protocolos MAC de CSMA legados (tais como os detalhados nos padrões 802.11 legados), são geralmente ineficientes para taxas de dados elevadas suportadas para sistemas de classes nova, tal como o modelo de realização do sistema de MIMO aqui detalhado. Assim, é desejável implantar compatibilidade com modos de operação anteriores permitindo a um MAC de classe nova coexistir com um MAC legado na mesma FA. Descritos adiante estão alguns exemplos de modelos de realização em que

sistemas legados e de classe nova podem partilhar a mesma FA.

FIG. 28 retrata o método 2800 para apoiar ambas estações legadas e de classe nova na mesma atribuição de frequência. Neste exemplo, para esclarecer, é assumido que o BSS é operado isoladamente (*i.e.*, não existe coordenação entre múltipla sobreposição de BSSs). O processo inicia no bloco 2810 onde sinalização legada é usada para estabelecer um período livre de contenção.

A seguir estão vários exemplos ilustrativos, para usa com sistemas legados 802.11, em que o AP WLAN de classe nova pode usar *hooks* construídos no padrão 802.11 legado para reservar tempo para uso exclusivo pelas estações de classe nova. Qualquer número de técnicas de sinalização adicional, adicionalmente a estas, pode ser usado para estabelecer um período livre de contenção, para vários tipos de sistemas legados.

Uma técnica é estabelecer período livre de contenções (CFP) em modo PCF/HCF. O AP pode estabelecer um intervalo de Sinalização e anunciar um período livre de contenção dentro do intervalo de Sinalização onde pode servir quer STA de classe nova quer STA legada em modo de pesquisa. Isto tem como consequência que todas as STA legadas definem os seus Vetores de Alocação de Redes (NAVs), que são contadores usados para manter o controlo do CFP, para a duração do CFP anunciado. Como resultado, STAs

legadas que recebem a sinalização são impedidos de usar o canal durante o CFP, a não ser que sejam votadas pelo AP.

Outra técnica é estabelecer um CFP, e definir NAV, via um RTS/CTS e campo duração/ID. Neste caso, a AP de classe nova pode enviar um RTS especial que tem um Endereço Reservado (RA) indicando a todas as STAs de classe nova que o AP está a reservar o canal. STAs legadas interpretam o campo RA como sendo direcionado para uma STA específica e não respondem. As STAs de classe nova respondem com um CTS especial para limpar o BSS durante o período de tempo especificado no campo duração/ID no par de mensagem CTS/RTS. Neste ponto, as estações de classe nova são livres para usar o canal durante a duração reservada sem conflitos.

No bloco 2820, classe STAs legadas, tendo recebido o sinal para estabelecer o período livre de contenção, esperam até terminar o período de pesquisa ou o período livre de contenção. Assim, o ponto de acesso alocou com sucesso os meios partilhados para usar com o protocolo de MAC da classe nova. No bloco 2830, novas STAs podem aceder de acordo com este protocolo. Qualquer conjunto ou subconjunto dos aspetos aqui detalhados podem ser implantados numa tal Protocolo de MAC de classe nova. Por exemplo, transmissões agendadas de ligação direta e reversa bem como transmissões par-par geridas, comunicação *ad hoc* ou com base de contenção (incluindo par-par), ou qualquer combinação das apresentadas anteriormente podem ser

implantadas. No bloco 2840, o período de acesso de classe nova é terminado, usando qualquer de uma de uma variedade de tipos de sinal, que podem variar de acordo com o sistema legado implantado. No exemplo de modelo de realização, é transmitido um sinal de final de período livre de contenção. Num modelo de realização alternativo, STAs legadas também podem ser votadas durante um período livre de contenção. Tais acessos podem ser posteriores a acesso de classe nova, ou podem ser intercalados dentro deles.

No bloco 2850, todas as STAs podem competir para acesso, se um período de contenção é definido para o sistema legado. Isto permite aos sistemas legados, que não têm capacidade para comunicar durante o período livre de contenção, fazerem pedidos e/ou tentativas de transmissão. No bloco de decisão 2860, o processo pode continuar regressando ao bloco 2810, ou pode parar.

FIG. 29 ilustra a combinação de controlo de acesso ao meio legado e de classe nova. Um Protocolo de MAC 2910 legado é acima mostrado um protocolo 2930 de classe nova, que, quando combinado, formam um protocolo de MAC tal como protocolo de MAC 2950 combinado. Neste exemplo, sinalização legada 802.11 é usada para propósitos de ilustração. Os peritos na técnica vão aperceber-se de que as técnicas aqui divulgadas podem ser aplicadas a qualquer de um de uma variedade de sistemas legados, e qualquer protocolo de MAC de classe nova, incluindo qualquer combinação das funcionalidades aqui divulgadas.

Protocolo de MAC 2910 legado compreende sinalizações 2902, que identificam o intervalo de Sinalização. O intervalo de Sinalização legado compreende período livre de contenção 2904 seguido de período de contenção 2906. Várias de pesquisas livres de contenção 2908A-N podem ser geradas durante o período livre de contenção 2904. O período livre de contenção 2904 é terminado pelo fim de período livre de contenção 2910. Cada sinalização 2902 é transmitida em Tempo de Transmitir de Sinalização Alvo (TBTT) no exemplo de modelos de realização 802.11. Protocolo de MAC de classe nova 2930 compreende tramas de MAC 2932A-N.

O intervalo de Sinalização combinado 2950 ilustra a interoperacionalidade de protocolos MAC legado e de classe nova durante o período livre de contenção 2904. Intervalos da trama de MAC de TDD da classe nova 2932 são incluídos seguidos por pesquisas legadas de pesquisa CF 2908A-N. O período livre de contenção termina com CFPEND 2910, seguido por um período de contenção 2906. Intervalos da trama de MAC de TDD de classe nova 2932 podem ser de qualquer tipo opcionalmente incluindo vários aspectos aqui detalhados. Num exemplo de modelo de realização, intervalos da trama de MAC de TDD de classe nova 2932 compreendem vários segmentos tais como aqueles ilustrados remetendo para a FIG. 20 acima. Assim, um intervalo da trama de MAC de TDD de classe nova, neste exemplo, compreende piloto 510, um canal de controle 520, um canal de transmissão

direta 530, secção par-par *ad hoc* (A-TCH) 2010, um canal de transmissão de ligação reversa 540, e um canal de acesso aleatório 550.

Observe-se que, durante o CFP 2904, STAs legadas não deveriam interferir com qualquer transmissão WLAN de classe nova. O AP pode pesquisar qualquer STA legada durante o CFP, permitindo operação de modo misturado no segmento. Adicionalmente, o AP pode reservar todo o CFP 2904 para uso de classe nova empurrar todo tráfego legado para o período de contenção (CP) 2906 perto do fim do intervalo de Sinalização.

O exemplo padrão legado 802.11 necessita que CP 2906 sejam suficientemente longas para suportar uma mudança entre dois terminais legados. Assim, a sinalização pode ser atrasada, resultando em instabilidade de tempo no sistema. Se desejado, para mitigar instabilidade, o intervalo do CFP pode ser encurtado para manter um intervalo de sinalização fixo. Temporizadores usados para estabelecer o CFP e CP podem ser definidos de tal forma que o CFP é longo (*i.e.*, à volta de 1.024s) em relação ao CP (*i.e.*, menos que 10ms). No entanto, se, durante o CFP, os terminais legados de pesquisa do AP, a duração da sua transmissão pode ser desconhecida e pode causar instabilidade de tempo adicional. Em resultado, devem ser tomadas precauções para manter a QoS para as STAs de classe nova quando se acomoda STA legadas no mesmo FA. O padrão legado 802.11 sincroniza com Unidades de Tempo (TU) de 1.024ms. O MAC de classe nova

pode ser projetado para estar em sincronia com um sistema legado, empregando uma duração da trama de MAC de 2 TUs ou 2.048ms, neste exemplo.

Em alguns modelos de realização, pode ser desejável garantir que a trama de MAC de classe nova é feita em sincronia. Ou seja, o relógio da trama de MAC para o sistema pode ser contínuo e os limites da trama de MAC, quando transmitidos, iniciam em múltiplos do intervalo da trama de 2.048ms. Deste modo, modo de espera para STAs pode ser mantido facilmente.

Transmissões da classe nova não precisam ser compatíveis com transmissões legadas. Os cabeçalhos, preâmbulos, etc., podem todos ser únicos para o sistema de classe nova, exemplos dos quais são detalhados ao longo desta especificação. STAs legadas podem tentar desmodulá-los, mas vão falhar a decodificar correta. STAs legadas em modo de espera geralmente não vão ser afetadas.

FIG. 30 retrata método 3000 para obter uma oportunidade de transmissão. Método 3000 pode ser implantado como bloco 2830 num exemplo de modelo de realização do método 2800, acima ilustrado. O processo começa com bloco de decisão 3010, no qual um acesso pode ser agendado ou sem agenda. Os peritos na técnica vão reconhecer que, enquanto este exemplo ilustra dois tipos de acesso, em qualquer dado modelo de realização pode ser suportado quer apenas um quer ambos destes tipos de acesso.

No bloco de decisão 3010, se acesso sem marcação é desejável, prossegue-se para o bloco 3040 para competir para acesso. Qualquer número de técnicas de acesso de base de contenção pode ser utilizadas. Uma vez ganha a oportunidade de transmissão (TXOP), transmite-se de acordo com a oportunidade de transmissão no bloco 3050. Então o processo pode parar.

No bloco 3010, se acesso agendado é desejável, prossegue-se para bloco 3020 para pedir acesso. Este pedido de acesso pode ser feito num canal de acesso aleatório, durante contenção *ad hoc*, ou qualquer das outras técnicas aqui divulgadas. No bloco 3030, quando o pedido de acesso é concedido, uma alocação será recebida. Prossegue-se para bloco 3050 para transmitir a TXOP de acordo com a alocação recebida.

Em alguns casos, pode ser desejável acomodar interoperacionalidade entre um AP de classe nova, e seu BSS associado, com um sobreposição de BSS legado, na mesma alocação de frequência. O BSS legado pode estar a operar em modo DCF ou PCF/HCF, e assim sincronização entre a BSS de classe nova e BSS legado pode nem sempre ser alcançável.

Se o BSS legado está a operar em modo PCF ou HCF, o AP de classe nova pode tentar sincronizar com o TBTT. Se esse for possível, o AP de classe nova pode captar o canal durante o período de contenção, usando qualquer um dos vários mecanismos, exemplos dos quais são descritos acima,

para operar dentro da área BSS sobreposta. Se o BSS legado está a operar sob o DCF, o AP de classe nova também pode tentar captar o canal e anunciar uma CFP para limpar o canal.

Pode haver situações onde algumas ou todas as STAs no BSS legado não recebem as transmissões de AP de classe nova. Neste caso, essas STAs legadas podem interferir com operação da WLAN da classe nova. Para evitar esta interferência, as estações de classe nova podem definir por defeito o modo de operação de base CSMA e contar com transmissões par-par (isto é mais detalhado adiante remetendo para as FIGS. 33-34).

FIG. 31 retrata exemplo de método 3100 para partilhar um único FA com múltiplos BSSs. No bloco 3110, um ponto de acesso legado transmite uma sinalização. Um ponto de acesso da classe nova, partilhando a mesma atribuição de frequência, pode sincronizar com o TBTT associado com a sinalização (opcional). No bloco 3120, se um período livre de contenção legado tiver sido prescrito de acordo com a sinalização, é efetuado. Uma vez completo o período livre de contenção, se existir algum, então todas as STAs podem competir para acesso durante um período de contenção prescrito. No bloco 3130, o ponto de acesso da classe nova compete para acesso durante o período de contenção. No bloco 3140, STAs de classe nova podem aceder ao meio partilhado durante o período para o qual o ponto de acesso da classe nova tem competido para acesso. Os tipos de

acesso durante este acesso da classe nova podem incluir qualquer um dos aspetos aqui detalhados. Uma variedade de técnicas podem ser usadas, tais como as detalhados acima, para indicar para STAs legadas a quantidade de tempo durante o qual o ponto de acesso está a reservar o canal. Uma vez que esse período esteja completo, então STAs legadas pode competir no bloco 3150. No bloco de decisão 3160 o processo pode continuar retornando para o bloco 3110 ou pode parar.

FIG. 32 ilustra BSSs sobrepostos usando um único FA. Sistema legado 3210 transmite sinalizações 3205 (3205A e 3205B são mostrados ilustrando o TBTT e intervalo de Sinalização global do sistema legado). Sinalização 3205A identifica período livre de contenção 3210 e período de contenção 3215. Durante o período livre de contenção 3210, de pesquisas livre de contenção legada 3220A-N podem ser efetuadas seguidas pelo indicador do fim do período livre de contenção 3225.

Estações em WLAN de classe nova 3240 monitorizam o canal, recebem sinalização 3205, e abster o acesso ao meio até aparecer uma oportunidade para competir para aceder. Neste exemplo, a primeira oportunidade é durante o período livre de contenção. Depois de PIFS 3230, o ponto de acesso de classe nova transmite um sinal legado 3245 para indicar às estações legadas a quantidade de tempo que o canal vai estar ocupado. Uma variedade de símbolos pode ser usado para realizar essa função, exemplos dos quais têm

sido acima detalhados. Vários outros sinais podem ser utilizados dependendo no sistema legado com o qual a interoperacionalidade é desejada. STAs legadas dentro do alcance da recepção de sinal legado 3245 podem evitar aceder a um canal até o fim de período de acesso de classe nova 3250. Período 3250 compreende um ou mais intervalos da trama de MAC de TDDs 3260 (3260A-N, neste exemplo). Intervalos da trama de MAC de TDDs 3260 podem ser de qualquer tipo, exemplos dos quais compreendem um ou mais dos aspetos aqui detalhados.

Num exemplo de modelo de realização, o AP de classe nova capta o canal em intervalos temporizados (*i.e.*, a cada 40ms o AP de classe nova capta o canal durante 20ms). O AP de classe nova pode manter um temporizador para garantir que ele está apenas a segurar o canal durante uma duração desejada, garantindo assim partilha justa do canal. Captando o canal, o AP de classe nova pode usar várias técnicas de sinalização. Por exemplo, CTS/RTS ou uma sinalização legada anuncia que uma nova CFP pode ser transmitida.

Durante o intervalo de classe nova 3250, um primeiro exemplo do intervalo da trama de MAC de TDD pode ser definido como se segue: Primeiro, envia uma sinalização mais F-CCH indicando os UTs na lista para serem pesquisados na trama de MAC atual. Depois do F-CCH difundi uma extensão de piloto de MIMO para permitir às STAs obter e formar uma medição precisa do canal de MIMO. Num exemplo de modelo de realização, desempenho excelente pode ser alcançado com 2

símbolos OFDM curtos por antena. Esta implica que o F-TCH na trama de MAC inicial pode ser composto de grosso modo por 8 símbolos de piloto de MIMO. A parte de R-TCH da primeira trama de MAC pode ser estruturada de tal forma que STAs na lista de pesquisa transmitam piloto de MIMO direcional e um indicador de taxa (para o *downlink*) com aviso de recepção de volta ao AP. Neste ponto, neste exemplo, todos os terminais na lista de pesquisa são prontos para operar de uma maneira agendada normal no próximo intervalo da trama de MAC de TDD. Os intervalos da trama de MAC de TDDs após o primeiro intervalo da trama de MAC de TDD podem então ser usados para trocar dados, coordenados pelo AP, usando qualquer das técnicas aqui divulgadas.

Como mencionado acima, estações de classe nova podem por defeito usar como padrão a operação com base CSMA e contar com transmissões par-par em certas situações (por exemplo, situações em que algumas ou todas as STAs no BSS legado não recebem o AP das transmissões de classe nova). Em tais casos, o ciclo ligar/desligar descrito acima pode não ser vantajoso, ou mesmo possível. Nestes casos, estações de classe nova pode usar como padrão para operação par-par.

FIG. 33 retrata exemplo de método 3300 para realizar comunicação de alta velocidade par-par, usando várias técnicas aqui divulgadas, enquanto interoperam com um BSS legado. O processo começa no bloco 3310, onde uma

primeira STA tendo dados para enviar para uma segunda STA compete para acesso. No bloco 3320, tendo competido para acesso com sucesso, a estação limpa o meio usando um sinal legado, tal como aqueles descritos acima. No bloco 3330, a primeira STA transmite um pedido (juntamente com um piloto) para uma segunda STA. A segunda STA é capaz de medir o canal de acordo com o piloto transmitido. A segunda STA transmite retorno de canal para a primeira STA. Assim, no bloco 3340 a primeira estação recebe uma resposta com retorno de canal (retorno da taxa, por exemplo). No bloco 3350 a primeira STA transmite o piloto e dados direcionados para a segunda estação de acordo com o retorno. No bloco 3360 a segunda STA pode transmitir para a primeira STA um aviso de receção, e pode transmitir contínuo retorno da taxa para usar na transmissão seguinte. O sinal legado usado para limpar o meio permite realizar os blocos 3330 para 3360 usando qualquer uma das técnicas de alta-velocidade e melhorias para sistemas legados tal como as que são aqui divulgadas. Uma vez que uma STA tenha limpo o meio, qualquer protocolo de MAC par-par pode ser utilizado dentro do âmbito do período da presente invenção. O processo pode continuar como retratado no bloco de decisão 3370 retornando ao bloco 3310, ou o processo pode parar.

Num exemplo de modelo de realização, com modo par-par, captar o canal funciona de acordo com as regras legadas para CSMA. Neste exemplo, PCF e HCF não são empregadas, e podem não ser necessariamente uma arquitetura de rede centralizada. Quando uma classe nova STA deseja

comunicar com outra classe nova STA (ou AP), a STA capta o canal. A primeira transmissão consiste em piloto de MIMO suficiente mais alguns pedidos de mensagem e ligação para ser estabelecida. CTS e RTS podem ser empregues para desocupar a área e reservar tempo. Os pedidos de mensagem STAs têm de conter as ID de BSS da STAs, a ID de MAC da STAs, e o alvo ID de MAC da STAs (se conhecido). A resposta deve conter o ID DE BSS da resposta STA. Isto permite às STAs determinar se necessitam de realizar correção de recetor de vetores de direção da transmissão, se a direção for usada. Observe-se que transmitir direção não têm de se usar neste caso, embora possa ser vantajoso fazê-lo se as STAs estão todas calibradas com um AP designado coordenando a BSS.

Como descrito remetendo para a FIG. 33, uma resposta pode conter piloto de MIMO (direcionado, se for empregue) mais algumas indicação de taxa. Uma vez que esta troca tenha ocorrido, direção é possível em cada ligação. No entanto, se as STAs pertencem a diferentes BSSs, a primeira transmissão direcionada entre a STA que inicia as ligações podem conter piloto de MIMO direcionado para permitir as respostas de recetor da STA para corrigir a fase diferencial entre os diferentes BSSs.

Neste exemplo de modelo de realização, uma vez ocorridas as mudanças iniciais, direção é possível. As mudanças devem aderir ao intervalo SIFS entre transmissões de *downlink* e *uplink*. Devido aos potenciais atrasos de

processamento no cálculo de vetores próprio para a direção, isto pode requerer que as STAs usem processamento de Erro Quadrático Médio Mínimo (MMSE) como alternativa ao processamento de vetores próprio. Uma vez que os vetores de direção sejam calculados, STAs podem começar a usar os vetores próprio no lado da transmissão e o lado da recepção pode continuar a empregar processamento MMSE, adaptando tendo em vista a solução de filtro de correspondência espacial ótima. Rastreamento e controlo de taxa podem ser facilitados por retorno periódico entre as duas STAs. Pode-se aderir ao intervalo SIFS de modo que as STAs mantenham controlo sobre o canal.

FIG. 34 ilustra comunicação par-par usando técnicas de MIMO competindo para acesso (*i.e.* não gerido) no BSS legado. Neste exemplo, iniciar da estação 106A compete para acesso no canal. Quando tiver captado com sucesso o canal, piloto de MIMO 3405 é transmitido, seguido de pedido 3410. A mensagem pode conter o ID de BSS, o ID de MAC da STA a iniciar e ID de MAC da STA destino, se conhecido. Outra sinalização pode ser usada para limpar adicional do canal, tal como CTS e RTS. O responder da STA 106B transmite o piloto direcional 3420 seguido de aviso de recepção e retorno da taxa 3425. Piloto direcional 3420 é SIFS 3415 transmitida seguindo-se pedido 3410. No exemplo de modelo de realização, em que o ponto de acesso legado é um ponto de acesso 802.11, recordar que SIFS é a mais alta prioridade e, assim, o responder da estação 106B vai reter controlo do canal. As várias transmissões detalhadas na

FIG. 34 podem ser transmitidas SIFS independentemente umas das outras para manter controlo sobre o canal até que a comunicação par-par esteja completa.

Num exemplo de modelo de realização, uma duração máxima para a ocupação do canal pode ser determinada. Piloto direcional 3430, posterior ao retorno da taxa 3425, e dados 3435 são transmitidos a partir do iniciar da STA 106A para o responder da STA 106B de acordo com tal retorno da taxa. Seguindo-se dados 3435, responder da STA 106B transmite piloto direcional 3440 e aviso de receção e controlo de taxa 3445. Em resposta, iniciar da estação 106A transmite piloto direcional 3450 seguido por dados 3455.

O processo pode continuar indefinidamente ou até o tempo máximo permitido pelo canal de acesso, dependendo no período de desenvolvimento. Não mostrados na FIG. 34, o responder da STA também pode transmitir dados e o iniciar da estação também pode transmitir controlo de taxa. Estes segmentos de dados podem ser combinados com os mostrados na FIG. 34 para maximizar eficiência (*i.e.*, SIFS não necessita ser interrompida entre essas transmissões).

Quando dois ou mais BSSs se sobrepõem, pode ser desejável implantar mecanismos que permitam que o canal seja partilhado de uma maneira coordenada. Vários mecanismos são adiante destacados, juntamente com exemplos de procedimentos operacionais associados a cada um. Estes mecanismos podem ser implantados em combinação.

Um primeiro exemplo de mecanismo é Seleção de Frequência Dinâmica (DFS). Antes de estabelecer um BSS, WLANs podem ser necessárias para procurar o meio sem fios para determinar a melhor Alocação de Frequência (FA) para estabelecer operações para o BSS. No processo de procura do candidato FA, um AP também pode criar uma lista de vizinhos para facilitar redirecção e entrega inter-AP. Adicionalmente, a WLAN pode sincronizar temporização de trama de MAC com BSSs vizinhos (mais descritos adiante). DFS pode ser usado para distribuir BSSs para minimizar a necessidade de sincronização inter-BSS.

Um segundo exemplo de mecanismo é Sincronização inter-BSS. Durante um procedimento DFS, um AP pode adquirir a temporização dos BSSs vizinhos. Em geral, pode ser desejável sincronizar todos os BSSs (numa única FA num modelo de realização, ou ao longo de múltiplas FAs num modelo de realização alternativo) para facilitar entrega inter-BSS. No entanto, com esse mecanismo, pelo menos os BSSs que operam na mesma FA em proximidade uns com os outros sincronizam a suas tramas de MAC. Adicionalmente, se co-canais BSSs estão sobrepostos (*i.e.* os APs podem ouvir-se uns aos outros), o AP recentemente chegado pode alertar o AP estabelecido da sua presença e instituir um protocolo de partilha de recursos, do modo que se segue.

Um terceiro exemplo de mecanismo é um protocolo de partilha de recursos. BSSs sobrepostos na mesma FA podem

partilhar equitativamente o canal. Isto pode ser feito alternando tramas de MAC entre BSSs de alguma forma definida. Isto permite tráfego em cada BSS para usar o canal sem risco de interferência de BSSs vizinhos. A partilha pode ser feita entre todos os BSSs sobrepostos. Por exemplo, com 2 BSSs sobrepostos, um AP usa as tramas de MAC de número par e os outros AP usam tramas de MAC de número ímpar. Com 3 BSSs sobrepostos, a partilha pode ser realizada em módulo-3, etc. Modelos de realização alternativos podem implantar qualquer tipo de esquema de partilha. Campos de controlo na mensagem de sobrecarga BCH podem indicar se a partilha de recursos está ativa e o tipo de ciclos de partilha. Neste exemplo, temporização para todas as STAs no BSS ajustam-se ao ciclo de partilha apropriado. Neste exemplo, a latência vai ser aumentada com BSSs sobrepostos.

Um quarto exemplo de mecanismo é re-sincronização assistida da STA. É possível que dois BSSs não se ouçam um ao outro, mas uma nova STA na área sobreposta pode ouvir ambos. A STA pode determinar a temporização de ambos os BSSs e reportar isto a ambos. Adicionalmente, a STA pode determinar o tempo de compensação e indicar que AP deve saltar a sua temporização de trama e por quanto. Esta informação tem de ser propagada para todos os BSSs ligados ao AP e todos eles têm de se re-estabelecer, temporização de trama para alcançar sincronização. Ressincronização de trama pode ser anunciada no BCH. O algoritmo pode ser generalizado para suportar mais BSSs sobrepostos sem ter conhecimento.

Exemplo de procedimentos são detalhado adiante, os quais podem ser implantados num ou mais mecanismos acima descritos.

Sincronização pode ser realizada pelo AP no arranque, ou em outros momentos designados. Temporização do sistema pode ser determinada procurando todas as FA para sistemas próximos. Para facilitar a sincronização, um conjunto de códigos ortogonais pode ser usado para ajudar na discriminação de APs diferentes. Por exemplo, APs têm conhecido sinalizações repetidas a cada trama de MAC. Estas sinalizações podem ser cobertas com sequências Walsh (e.g. de tamanho 16). Assim um dispositivo, tal como um AP ou STA, pode realizar Medições de Força do Piloto (PSMs) dos APs locais para determinar os BSSs sobrepostos. STAs ativas, mais detalhadas adiante, associadas com um AP, podem transmitir ecos para auxiliar na sincronização. Os ecos podem usar temporização e cobertura correspondendo à cobertura de AP. Assim, quando BSSs se sobrepõe, mas os APs respetivos para esses BSSs podem não ser capazes de detetar sinais de cada um, um eco STA pode ser recebível por um AP vizinho, proporcionando assim informação sobre o seu AP, e uma sinal com o qual o AP vizinho pode sincronizar. Observe-se que códigos de cobertura ortogonal podem ser reutilizados em diferentes FAs.

Seleção de uma cobertura Walsh pode ser feita deterministicamente com base no conjunto de coberturas de

Walsh não detetadas (*i.e.*, seleciona uma cobertura Walsh que não é detetada por um AP vizinho). Se todas as coberturas estão presentes, o código correspondendo ao mais fraco Nível de Sinal Recebido (RSL) pode ser reutilizado pelo novo AP. De outro modo, num modelo de realização, pode ser selecionado o código que maximize o ponto de operação para o AP (ver recuo da estrutura para reutilização adaptativa, detalhado adiante).

Neste exemplo, contadores de trama transmitidos por cada AP estão desfasados em relação uns aos outros. O desfasamento empregue corresponde ao índice de cobertura Walsh. Assim, AP₀ usa código Walsh 0. AP_{*j*} usa cobertura Walsh *j*, e tem o seu contador de trama igual a 0 sempre que o contador de trama AP₀ = *j*.

No arranque, ou sempre que a sincronização vai ser realizada, uma AP escuta para encontrar sinalizações de AP vizinho e/ou ecos STA. Ao não detetar sistemas vizinhos, o AP estabelece a sua própria referência de tempo. Esta pode ser arbitrária, ou relacionada com GPS, ou com qualquer outra referência de tempo local. Ao detetar um sistema único, a temporização local é estabelecida em concordância. Se o AP deteta dois ou mais sistemas operando com diferentes linhas de tempo, o AP pode sincronizar com sistemas que tenham sinal mais forte. Se os sistemas estão operando na mesma atribuição de frequência (FA), o AP pode tentar associar-se com o AP mais fraco para informa-lo da existência de outros AP por perto operando num relógio

independente. O novo AP tenta informar o AP mais fraco do tempo de alinhamento necessário para sincronizar ambas as zonas de AP. A zona mais fraca de AP pode então alinhar a sua temporização. Isto pode ser repetido para múltiplos AP vizinhos. O novo AP pode estabelecer as suas temporizações com a temporização sincronizada de dois ou mais sistemas. Numa situação onde todos os AP vizinhos são incapazes, por qualquer razão, de sincronizar com uma única temporização, o novo AP pode sincronizar com qualquer um dos APs vizinhos.

Seleção de frequência dinâmica pode ser realizada pelo AP no arranque. Como se referiu acima, é tipicamente desejável minimizar sobreposição de BSS com seleção DFS, para minimizar o número de BSSs que exigem sincronização, e qualquer atraso ou redução de rendimento que possam ser associados à sincronização (*i.e.*, um BSS com acesso a todo o meio numa FA pode ser mais eficiente que um BSS que tem de partilhar o meio com um ou mais BSSs vizinhos). Depois de sincronização, o novo AP pode seleccionar a FA que tem o mínimo RSL a si associado (*i.e.* quando se medem APs vizinhos, ou durante o período de eco). Periodicamente, o AP pode pedir às STAs medições do piloto AP. Similarmente, o AP pode agendar períodos silenciosos para permitir avaliações do nível de interferência no AP causado por STAs de outras zonas (*i.e.* BSSs vizinhas). Se os níveis de RSL são excessivos, o AP pode tentar encontrar outra FA durante períodos sem marcação, e/ou instituir uma política de redução de energia, como descrito adiante.

Como descrito acima, APs podem ser organizados de acordo com um código de cobertura do piloto. Cada AP pode usar uma cobertura de sequência Walsh de tamanho 16, neste exemplo. Quaisquer números de código de vários comprimentos podem ser implantados. A cobertura do piloto é usada para modular o sinal da sinalização ao longo de um período da super trama. Neste exemplo, o período da supertrama é equivalente a 32ms (*i.e.* 16 sinalizações consecutivas da trama de MAC). STAs podem então coerentemente integrar sobre o intervalo da supertrama para determinar a energia do piloto associado com um dado AP. Tal como acima referido, um AP pode seleccionar o seu código Walsh a partir do repositório de códigos Walsh não detetados disponível. Se todos os códigos estão detetados (na mesma FA), então o AP pode classifica-los por ordem do mais forte para o mais fraco. O AP pode reutilizar o código Walsh que corresponde ao código Walsh detetado mais fraco.

Para facilitar identificação de APs vizinhos, STAs podem ser usadas para transmitir um eco para identificar o seu respetivo AP. Assim, como descrito acima, um AP que não detete um AP vizinho pode detetar um eco STA correspondente, identificando assim o AP e sua temporização. Cada AP pode transmitir informação de configuração na sua sinalização, e cada STA pode operar como uma repetidora para retransmitir a informação de configuração do AP, bem como temporização, para qualquer AP vizinho recetor.

Após o comando do AP, STAs ativas podem ser necessárias para transmitir, um padrão predefinido que permite a AP vizinhos operar na mesma FA para detetar a presença do sistema vizinho. Uma forma simples de facilitar é definir um intervalo de observação na trama de MAC (e.g. entre os segmentos FCH e RCH) que não é usado pelo AP para qualquer tráfego. A duração do intervalo de observação pode ser definida para ser longa o suficiente para suportar o atraso de propagação diferencial máximo entre STAs associadas ao AP e STAs associadas a um AP vizinho (e.g. 160 *chips* ou 2 símbolos OFDM). Por exemplo, STAs associadas ao AP usando cobertura de código Walsh j pode transmitir o eco sempre que o seu contador da trama de MAC = 0. O eco é codificado com informação necessária para permitir aos APs vizinhos detetar a presença e coexistir eficientemente com STAs na zona do AP adjacente.

Redução da energia estruturada para reutilização adaptativa pode ser implantada. Quando um sistema se torna congestionado até ao ponto em que cada FA deve ser reutilizada na vizinhança de outro AP, pode ser desejável impor um esquema de redução de energia estruturada para permitir aos terminais em ambas as zonas operar em eficiência máxima. Quando a congestionamento é detetado, controlo de energia pode ser usado para melhorar a eficiência do sistema. Ou seja, em alternativa à transmissão em potência máxima a todo o momento, os APs podem usar um esquema de redução de energia estruturada que é sincronizado com o seu contador de trama de MAC.

Como exemplo, suponha-se que dois APs estão a operar no mesma FA. Uma vez que os APs tenham detetado esta condição, eles podem instituir uma política de redução de energia conhecida. Por exemplo, ambos os APs usam um esquema de redução que permite potência máxima, P_{tot} , na trama de MAC 0, P_{tot} (15/16) na trama de MAC 1, ... $P_{tot}/16$ na trama de MAC 15. Uma vez que os APs estão sincronizados, e os seus contadores da trama desfasados, nem a zona de AP está a usar potência máxima simultaneamente. O objetivo é seleccionar um padrão de recuo que permita às STAs em cada zona de AP operar no rendimento mais elevado possível.

O padrão de recuo usado por um dado AP pode ser uma função do grau de interferência detetada. Neste exemplo, até 16 padrões de recuo conhecidos podem ser usados por um dado AP. O padrão de recuo usado pode ser transportado pelos APs no BCH e nos ecos transmitidos por STAs associadas a um AP.

Um exemplo de esquema de recuo é detalhado na Patente U.S. N°. 6,493,331, intitulado "Method and apparatus for controlling transmissions of a communications systems," por Walton *et. al.*, cedido ao requerente da presente invenção.

Outro exemplo de modelo de realização de uma técnica para interoperacionalidade com sistemas legados é retratado na FIG. 53. Um exemplo de trama de MAC 1500 é mostrado, como detalhado acima remetendo para a FIG. 15. Um

modo de *slot* é introduzido em que são definidos intervalos de *slot* 5310. Um intervalo de *slot* 5310 compreende um intervalo piloto de MIMO 5315 e hiato de *slot* 5320. Pilotos 5315 são inseridos, como mostrados, para preservar canal de interferências de outras estações (incluindo APs) que operam de acordo com regras, tais como EDCA. Trama de MAC 5330 modificada compreende substancialmente a trama de MAC 1500 com pilotos 5315 inseridos para reter controle do meio. FIG. 53 é apenas ilustrativa, tal como será evidente para um perito na técnica. Um modo de *slot* pode ser incorporado com qualquer tipo de trama de MAC, vários exemplos dos quais são aqui detalhados.

Neste exemplo, para propósitos de ilustração, assumase um sistema 802.11 legado que usa tramas de MAC que são múltiplos de 1.204ms. A trama de MAC pode ser definida para ser de 2.048ms para estar sincronizada. No Tempo de Transmitir a Sinalização Alvo (TBTT), uma duração CFP anunciada para obter STAs para definir os seus NAVs. Durante o CFP, STAs no BSS não deveriam transmitir a não ser que sejam programadas. Opcionalmente, como descrito anteriormente, um AP pode enviar um RTS e ter eco das STAs um CTS idêntico para desocupar o BSS adicional. Este CTS pode ser uma transmissão sincronizada de todas as STAs. Neste exemplo, instabilidade pode ser eliminada assegurando que as tramas de MAC começam sempre no limite de 2.048ms. Isto mantém a sincronia de tempo entre BSSs adjacentes/sobrepostos mesmo com TBTTs encurtadas. Várias outras técnicas, tal como aquelas descritas acima, podem

ser combinadas com a técnica descrita adiante. Uma vez reservado o meio para trama de MAC 5330 modificada, usando qualquer técnica disponível, modo de *slot* pode ser implantado para manter posse do meio, para evitar que uma STA legada interfira com as transmissões agendadas, reduzindo assim o potencial de ganho de rendimento de um sistema de classe nova (*i.e.* alguém que utilize um esquema tal como mostrado na FIG. 15 ou FIG. 53, ou vários outros aqui detalhados).

Neste exemplo, o AP de classe nova é sujeito a regras CSMA para captar o canal. No entanto, antes disto, deveria tentar determinar a presença de outro BSS, através de escuta quer da sinalização, quer das outras STAs. No entanto, para permitir justa partilha de recursos, não é necessária sincronização.

Uma vez que os BSS(s) vizinhos(s) tenham sido detetados, o AP de classe nova pode captar o canal através de transmissão da sua sinalização. Para bloquear outros utilizadores, o AP de classe nova transmite piloto com uma frequência que vai evitar que outras STAs usem o canal (*i.e.* sem períodos inativos mais longos que PIFS = 25 μ s).

O AP de classe nova pode definir um temporizador que lhe permite ocupar o canal para uma duração fixa determinada para ser justa. Esta pode ser grosso modo sincronizada com o período de sinalização do AP legado ou assíncrono (*i.e.* 100ms a cada 200ms).

O AP de classe nova pode captar o canal em qualquer ponto durante o seu intervalo permitido, que pode ser atrasado por utilizadores BSS legados. O AP de classe nova pode abandonar o canal antes do seu tempo ter expirado se não existir tráfego para servir. Quando o AP de classe nova capta o canal, tem o seu uso limitado para um período de tempo equitativo. Além disso, a temporização estabelecida pelo AP de classe nova pode ser consistente com a temporização da trama de MAC estabelecida. Ou seja, sinalizações da classe nova ocorrem nos limites de 2.048ms do relógio do AP da classe nova. Desta forma, STAs de classe nova podem manter sincronização olhando para estes intervalos específicos para determinar se o AP de HT captou o canal.

O AP de classe nova pode anunciar os seus parâmetros da trama numa sinalização. Parte dos parâmetros da trama podem incluir o espaçamento de intervalo do piloto indicando a frequência da transmissão do piloto ao longo de toda a trama de MAC. Observe-se que o AP de classe nova pode agendar STAs de tal forma que a sua transmissão se sobrepõe ao piloto da rajada periódica. Neste caso, a STA cuja atribuição se sobrepõe tem conhecimento disto e ignora o piloto durante esse período. Outras STAs não sabem disto e por isso usam um detetor de limiar para validar se o piloto foi transmitido durante o intervalo prescrito.

É possível que uma STA possa transmitir um piloto

no instante em que o AP é suposto transmitir, ou que o AP esteja a transmitir piloto direcional para uma STA durante este intervalo. Para evitar que outras STAs usem este piloto, corrompendo assim as suas estimativas de canal, o piloto de AP pode usar coberturas Walsh que são ortogonais para coberturas Walsh de piloto comuns. Uma estrutura para atribuir coberturas Walsh pode ser implantada. Por exemplo, quando STAs e APs usam diferentes coberturas Walsh, o espaço de Walsh pode incluir $2N$ coberturas, com N coberturas reservadas para APs, e o remanescente para STAs associadas a um dado AP usando uma cobertura que é acoplada de uma maneira conhecida com a respetiva cobertura Walsh do AP.

Quando o AP de classe nova transmite uma atribuição para uma STA, é esperado que a STA lhe transmita durante o intervalo prescrito. É possível a STA falha a receção da atribuição, em cujo caso o canal poderia ficar sem uso durante um intervalo mais longo que PIFS. Para evitar que isso ocorra, o AP pode escutar o canal para $t < \text{SIFS}$ e determinar se está ocupado. Se não, o AP pode imediatamente captar o canal transmitindo piloto, faseado em conformidade.

Atribuições de canal de classe nova podem estar em *slots* de intervalo de SIFS (16 μ s). Desta forma a ocupação de canal pode ser garantida para manter afastados utilizadores legados durante o período de uso exclusivo da classe nova.

O RCH deve ser projetado para acomodar interoperacionalidade desde a duração do RCH possa exceder 16 μ s. Se o RCH não pode ser facilmente acomodado num dado modelo de realização, o RCH pode ser alocado para trabalhar nos modos legados quando o MAC de classe nova não têm controlo do canal (*i.e.* coexiste em modo legado). O F-RCH pode ser acomodado permitindo às STAs transmitir pedidos de acesso a qualquer hora seguidos de uma transmissão do piloto (*i.e.* esperar 4 μ s e transmitir para 8 μ s), como ilustrados na FIG. 53.

Exemplo de Modelo de Realização: WLAN de MIMO 802.11 Melhorada

É detalhado adiante um exemplo de modelo de realização ilustrando vários aspetos acima introduzidos, bem como aspetos adicionais. Neste exemplo, é ilustrada uma WLAN 802.11 melhorada usando MIMO. São detalhadas várias melhorias de MAC, bem como dados correspondentes e estruturas de mensagens para uso na camada de MAC e camada física. Os peritos na técnica vão reconhecer que é divulgado apenas um ilustrativo subconjunto de funcionalidades de uma WLAN, e vão prontamente adaptar os ensinamentos aqui apresentados para interoperacionalidade de sistema 802.11 legado, bem como interoperacionalidade com vários outros sistemas.

O exemplo de modelo de realização, detalhado

adiante, caracteriza interoperacionalidade com 802.11 legado, STAs 802.11g bem como com o esboço 802.11e e padrão final antecipado. O exemplo de modelo de realização compreende um AP de OFDM de MIMO, assim chamado para distinção de APs legados. Devido à compatibilidade com versões anteriores, como detalhado adiante, STAs legadas são capazes de se associar com um AP de OFDM de MIMO. No entanto, o AP de OFDM de MIMO pode rejeitar explicitamente um pedido de associação de uma STA legada, se desejado. Procedimentos DFS podem dirigir a STA rejeitada para outro AP que suporta operação legada (que pode ser um AP legado ou outro AP de OFDM de MIMO).

STAs de OFDM de MIMO são capazes de se associar com um BSS 802.11a ou 802.11g ou BSS Independente (IBSS) onde nenhum AP está presente. Assim, para tal operação uma tal STA vai implementar todas as funcionalidades mandatárias de 802.11a, 802.11g bem como o esboço final antecipado de 802.11e.

Quando STAs legadas e de OFDM de MIMO partilham o mesmo canal RF, tanto num BSS ou num IBSS, várias funcionalidades são suportadas: A proposta máscara espectral PHY OFDM de MIMO é compatível com as máscaras espectrais 802.11a, 802.11g de tal forma que nenhuma interferência de canal adjacente adicional é introduzida para STAs legadas. O campo de SINAL estendido no cabeçalho PLCP (detalhado adiante) tem compatibilidade com versões anteriores do campo SINAL 802.11 legado. Valores de TAXA não usados no SINAL do campo legado são preparados para

definir novos tipos de PPDU (detalhados adiante). A Função de Coordenação Adaptativa (ACF) (detalhada adiante) permite partilhar de forma arbitrária o meio entre STAs legadas e de OFDM de MIMO. Períodos de EDCA 802.11e, 802.11e CAP e o SCAP (introduzido adiante) podem ser arbitrariamente intercalados em qualquer intervalo de Sinalização, como determinado pelo agendamento do AP.

Tal como descrito acima, um MAC de alto desempenho é necessário para alavancar eficazmente a taxa de dados elevada ativada pela camada física da WLAN de MIMO. Vários atributos deste exemplo modelo de realização de MAC são adiante detalhados. A seguir encontram-se diversos exemplos de atributos:

Adaptação da taxas PHY e modos de transmissão exploram eficazmente a capacidade do canal de MIMO.

Serviço de latência reduzida da PHY proporciona atrasos ponta-a-ponta reduzidos para tratar dos requisitos das aplicações de alto rendimento (e.g. multimédia). Operação de latência reduzida pode ser alcançada com técnicas de MAC de base de contenção em cargas reduzidas, ou usando agendamento centralizado ou distribuído em sistemas de carga pesados. Latência reduzida proporciona muitos benefícios. Por exemplo, latência reduzida permite adaptação de taxa rápida para maximizar a taxa de dados da camada física. Latência reduzida permite implementação de MAC económica com *buffers* pequenos, sem parar ARQ. Latência

reduzida também minimiza atraso ponta-a-ponta para aplicações multimédia e de alto rendimento.

Outro atributo é a elevada eficiência de MAC e sobrecarga de contenção baixa. Em MACs de base de contenção, a taxas de dados elevadas, o tempo ocupado por transmissões úteis reduz-se enquanto um aumento de fração do tempo é desperdiçado em sobrecarga, colisões e períodos inativos. Tempo desperdiçado no meio pode ser reduzido através de agendamento, bem como através de agregação de múltiplos pacotes de camada elevada (e.g. datagramas IP) numa única trama de MAC. Tramas agregadas também podem ser formadas para minimizar preâmbulo e treinar sobrecarga.

A taxa de dados elevada ativada pela PHY permite simplificar a manipulação de QoS.

O exemplo de melhorias de MAC, detalhadas adiante, estão projetadas para tratar dos critérios de desempenho acima referidos numa forma que é compatível com versões anteriores de 802.11g e 802.11a. Para além disso, suporta e melhora das funcionalidades que estão incluídas na esboço padrão 802.11e, descritas acima, incluindo funcionalidades tais como TXOP e Protocolo de Ligação Direta (DLP), bem como o mecanismo ACK do bloco opcional.

Ao descrever os exemplo de modelos de realização adiante, é usada nova terminologia para alguns conceitos

introduzidos anteriormente. Um mapeamento para a nova terminologia é detalhado na Tabela 1.

Tabela 1. Mapeamento de Terminologia

Terminologia Anterior Termos usados em parágrafos anteriores	Mapeamento para Nova Terminologia Termos usados em parágrafos posteriores
PDU de MUX ou MPDU	Trama de MAC
MPDU Parcial	Fragmento da trama de MAC
PDU de MAC	PPDU
Mensagem do canal de difusão (BCH) e mensagem de canal de controlo (CCH)	Mensagem SCHED
Subcanais de mensagem do canal de controlo	Segmentos de CTRLJ da mensagem SCHED
Intervalo da trama de MAC de TDD	Período de Acesso Agendado (SCAP)
F-TCH (Canal de Tráfego Direto)	Transmissões AP-STA agendadas
R-TCH (Canal de Tráfego Reverso)	STA-AP agendada ou transmissões STA-STA
A-TCH (Canal de Tráfego par-a-par <i>Ad hoc</i>)	EDCA protegida ou EDCA OFDM de MIMO
PCCH (Canal de Controlo par-a-par)	Campo de SINAL do cabeçalho PLCP
RCH	FRACH

Agregação da Trama Flexível

Neste exemplo de modelo de realização, agregação da trama flexível está facilitada. FIG. 35 retrata encapsulação de uma ou mais tramas de MAC (ou fragmentos) dentro de uma trama agregada. Agregação da trama permite a encapsulação de uma ou mais tramas de MAC (ou fragmentos) 3510 dentro de uma trama agregada 3520, que pode incorporar compressão de cabeçalho, detalhado adiante. Trama de MAC agregada 3520 forma PSDU 3530, que pode ser transmitida como uma única PPDU. A trama agregada 3520 pode conter tramas encapsuladas (ou fragmentos) 3510 do tipo de dados, de gestão ou de controlo. Quando privacidade é ativada, a carga útil da trama pode ser encriptado. O cabeçalho da trama de MAC de uma trama encriptada é transmitido "às claras."

Esta agregação da trama de nível MAC, como acabado de descrever, permite transmitir as tramas com zero IFS ou BIFS (Espaçamento Entre Tramas de Rajada, mais detalhado adiante) para a mesma STA de receção. Em certas aplicações, é desejável permitir que o AP transmita tramas com zero IFS, ou tramas agregadas, para STAs de receção múltipla. Isto é permitido através do uso da trama SCHED, discutido adiante. A trama SCHED define o tempo de início de TXOPs múltiplas. Preâmbulos e IFS podem ser eliminados quando o AP faz transmissão direta para STAs de receção múltipla. Isto é referido como agregação PPDU para distinguir da agregação da trama de nível MAC.

Um exemplo da transmissão da trama de MAC agregada (*i.e.* uma PPDU) inicia com um preâmbulo seguido pelo CABEÇALHO PLCP de OFDM de MIMO (incluindo um campo de SINAL, que pode compreender dois campos, SINAL1 e SINAL2), seguida por símbolos de treino OFDM de MIMO (se existir algum). Exemplo de formatos de PPDU são detalhados mais adiante remetendo para as FIGS. 49-52. A trama de MAC agregada agrega flexivelmente uma ou mais tramas encapsuladas ou fragmentos que são para ser transmitidos para a mesma STA de recepção. (A mensagem SCHED, detalhada adiante, permite agregação de TXOPs do AP para STAs de recepção múltipla.) Não existe restrição ao número de tramas e fragmentos que podem ser agregados. Pode haver um limite para o tamanho máximo de uma trama agregada que é estabelecido através de negociação. Tipicamente, a primeira e última tramas na trama agregada podem ser fragmentos que são criados para empacotamento eficiente. Quando diversas tramas de dados encapsuladas são incluídas dentro de uma trama agregada, os cabeçalhos do MAC dos dados e trama de dados de QoS podem ser comprimidos, como detalhado adiante.

A transmissão de MAC pode tentar minimizar despesas gerais de PHY e PLCP e períodos inativos através do uso de agregação da trama flexível. Isto pode ser alcançado agregando tramas para eliminar espaçamento entre tramas e cabeçalhos de PLCPs, bem como fragmentação da trama flexível, para ocupar completamente o espaço disponível numa TXOP. Numa técnica exemplo, primeiramente o MAC calcula o número de octetos a ser fornecidos à PHY com base na taxa de dados atual e na duração da atribuição ou

da TXOP de base de contenção. Tramas de MAC completas e fragmentadas podem então ser empacotadas para ocupar toda a TXOP.

Se uma trama completa não consegue ser acomodada no espaço restante numa TXOP, o MAC pode fragmentar a próxima trama para ocupar tanto quanto possível os restantes octetos na TXOP. Tramas podem ser fragmentadas arbitrariamente para empacotamento eficiente. Num exemplo de modelo de realização, esta fragmentação arbitrária é sujeita à restrição de um máximo de 16 fragmentos por trama. Em modelos de realização alternativos, esta limitação pode não ser necessária. Fragmentos(s) remanescentes da trama de MAC podem ser transmitidos numa TXOP posterior. Na TXOP seguinte, o MAC pode dar prioridade mais elevada aos fragmentos de uma trama transmitida incompleta, se desejado.

Um Cabeçalho de Agregação (2 octetos, neste exemplo), mais descrito adiante, é inserido no Cabeçalho de MAC de cada trama encapsulada (ou fragmento) que é inserida na trama agregada. Um campo do Tamanho no Cabeçalho de Agregação indica o tamanho (em octetos) da trama de MAC encapsulada, e é usado pelo recetor para extrair tramas (e fragmentos) da trama agregada. O campo do Tamanho PPDU no campo SINAL proposto fornece o tamanho da transmissão PPDU OFDM de MIMO (número de símbolos OFDM) enquanto o comprimento de cada trama de MAC encapsulada (em octetos) é indicado pelo Cabeçalho de Agregação.

Compressão de Cabeçalho das Tramas Encapsuladas

FIG. 36 retrata uma trama de MAC 3600 legada, compreendendo Cabeçalho de MAC 3660, seguido por uma corpo da trama 3650 (que pode incluir um número variável de octetos, N) e uma Símbolo de Verificação da Trama (FCS) 3655 (4 octetos, neste exemplo). Este formato da trama de MAC da técnica anterior é detalhado em 802.11e. Cabeçalho de MAC 3660 compreende um campo controlo da trama 3610 (2 octetos), um campo de duração/ID 3615 (2 octetos), um campo de controlo da sequência 3635 (2 octetos), e um campo de controlo da QoS 3645 (2 octetos). Adicionalmente, são incluídos quatro campos de endereço, Endereço 1 3620, Endereço 2 3625, Endereço 3, 3630, e Endereço 4 3640 (6 octetos cada). Estes endereços também podem ser referidos como TA, RA, SA, e DA, respetivamente. O TA é o endereço de estação da transmissão. O RA é o endereço de estação da receção. O SA é o endereço de estação da origem. O DA é o endereço de estação do destino.

Quando diversas tramas de dados encapsuladas são incluídas dentro de uma trama agregada, os cabeçalhos do MAC dos dados e trama de dados de QoS podem ser comprimidos. Exemplos de cabeçalhos do MAC comprimidos para trama de dados de QoS são mostrados nas FIGS. 37-39. Observe-se que a FCS é calculada com base no cabeçalho MAC comprimido e na (encriptada ou decifrada) carga útil.

Tal como mostrado nas FIG. 37-39, quando tramas

são transmitidas usando um PPDU de Dados de MIMO (Tipo 0000), um campo Cabeçalho de Agregação é introduzido dentro do Cabeçalho de MAC 3660 da trama de MAC 3600 para criar uma trama de MAC encapsulada, *i.e.* 3705, 3805, ou 3905, respectivamente. O Cabeçalho de MAC, incluindo o campo Cabeçalho de Agregação, é chamado o Cabeçalho de MAC Estendido (*i.e.* 3700, 3800, ou 3900). Uma ou mais tramas de gestão de encapsulamento, de controlo e/ou de dados (incluindo dados de QoS) podem ser agregadas dentro de uma trama de MAC agregada. Quando a privacidade de dados está em uso, a carga útil dos dados ou tramas de dados QoS pode ser encriptada.

O Cabeçalho de Agregação 3710 é inserido em cada trama (ou fragmento) inserida na trama agregada (3705, 3805, ou 3905, respectivamente). Compressão de cabeçalho é indicada pelo tipo de campo do Cabeçalho de Agregação, detalhado adiante. Cabeçalhos da trama de dados e trama de dados da QoS podem ser comprimidos para eliminar campos redundantes. Trama agregada 3705, descrita na FIG. 37, ilustra uma trama descomprimida, que inclui os quatro endereços e o campo de Duração/ID.

Depois de uma trama descomprimida agregada ser transmitida, trama agregada adicional não necessitam identificar os endereços da estação de transmissão e de receção, uma vez que eles são idênticos. Assim, Endereço 1 3620 e Endereço 2 3625 podem ser omitidos. O campo de Duração/ID 3615 não necessita ser incluído para tramas

posteriores na trama agregada. A duração pode ser usada para definir o NAV. O campo de Duração/ID é sobrecarregado com base no contexto. Em mensagens de Pesquisa, está contido o ID de Acesso (AID). Noutras mensagens, o mesmo campo especifica a duração para definir o NAV. A trama 3805 correspondente é ilustrada na FIG. 38.

Maior compressão está disponível quando os endereços de origem e endereços da estação de destino contêm informação duplicada. Neste caso, Endereço 3 3630 e Endereço 4 3640 também podem ser removidos, resultado na trama 3905 ilustrada na FIG. 39.

Quando são removidos campos, para descomprimir, o recetor pode inserir o campo correspondente dos cabeçalhos anteriores (depois da descompressão) na trama agregada. Neste exemplo, a primeira trama numa trama agregada usa sempre o cabeçalho descomprimido. Decriptação da carga útil pode necessitar de alguns campos do Cabeçalho de MAC que podem ter sido removidos para compressão de cabeçalho. Depois de descompressão do cabeçalho da trama, estes campos podem-se tornar disponíveis para o motor de decriptação. O campo do Tamanho é usado pelo recetor para extrair tramas (e fragmentos) da trama agregada. O campo do Comprimento indica o tamanho da trama com o cabeçalho comprimido (em octetos).

Depois de extração, o campo do Cabeçalho de Agregação é removido. A trama descomprimida é então passada para o motor de decriptação. Campos nos cabeçalhos

(descomprimidos) de MAC podem ser necessários para verificação de integridade da mensagem durante decriptação.

FIG. 40 ilustra um exemplo de Cabeçalho de Agregação 3710. O campo de Cabeçalho de Agregação é adicionado a cada cabeçalho da trama (ou fragmento) para uma ou mais tramas (encriptado ou não-encriptado) que são transmitidos numa PPDU de Dados de MIMO. O Cabeçalho de Agregação compreende um campo de Tipo de Cabeçalho de Agregação 4010 de 2 *bit* (para indicar se a compressão de cabeçalho é ou não é empregue, e de que tipo) e um campo do Tamanho 4030 de 12 *bit*. Tramas de tipo 00 não empregam compressão de cabeçalho. Tramas de tipo 01 têm os campos de Duração/ID, de Endereço 1 e de Endereço 2 removidos. Tramas do tipo 10 têm os mesmos campos removidos que tramas do tipo 01, com os campos de Endereço 3 e Endereço 4 também removidos. O campo do Tamanho 4030 no Cabeçalho de Agregação indica o tamanho da trama em octetos com o cabeçalho comprimido. 2 *bits* 4020 são reservados. Os tipos de Cabeçalho de Agregação são resumidos na Tabela 2.

Tabela 2. Tipo de Cabeçalho de Agregação

Bit 0	Bit 1	Significado
0	0	Descomprimido
0	1	Duração/ID, campos de Endereço 1 e Endereço 2 são removidos
1	0	Duração/ID, campos de Endereço 1, Endereço 2, Endereço 3 e Endereço 4 são removidos
1	1	Reservado

Neste exemplo de modelo de realização, todas as tramas de gestão e de controlo que são encapsuladas numa trama agregada usam o cabeçalho da trama descomprimido com Cabeçalho de Agregação tipo 00. As tramas de gestão que se seguem podem ser encapsulada juntamente com trama de dados numa trama agregada: pedido de associação, resposta de associação, pedido de reassociação, resposta de reassociação, sonda de pedido, sonda de resposta, dissociação, autenticação, e desautenticação. As tramas de controlo que se seguem podem ser encapsuladas juntamente com trama de dados numa trama agregada: BlockAck e BlockAckRequest. Em modelos de realização alternativos, quaisquer tipos de tramas podem ser encapsuladas.

Função de Coordenação Adaptativa

A Função de Coordenação Adaptativa (ACF) é uma extensão da HCCA e EDCA que permite operação agendada de latência reduzida, flexível, de alta eficiência, adequada para operar com as elevadas taxas de dados ativada pela PHY de MIMO. FIG. 41 ilustra um exemplo de modelo de realização de uma Trama de Período de Acesso Agendada (SCAP) para usar na ACF. Usando uma mensagem SCHED 4120, um AP pode simultaneamente agendar uma ou mais AP-STA, STA-AP ou STA-STA TXOPs sobre o período conhecido como o Período de Acesso Agendado 4130. Estas transmissões agendadas são identificadas como transmissões agendadas 4140. A mensagem SCHED 4120 é uma alternativa para a HCCA de pesquisa legada, acima detalhada. No exemplo de modelo de realização, o valor máximo permitido do SCAP é 4ms.

Exemplo de transmissões agendadas 4140 são mostradas na FIG. 41 para ilustração, incluindo AP para transmissões da STA 4142, STA para transmissões de AP 4144, e STA para transmissões STA 4146. Neste exemplo, o AP transmite para STA B 4142A, depois para STA D 4142B, e depois para STA G 4142C. Observe-se que não é necessário introduzir hiatos entre estas TXOPs, uma vez que a origem (o AP) é a mesma para cada transmissão. Hiatos são mostrados entre TXOPs quando a origem muda (exemplos de espaçamentos de hiato são mais detalhados adiante). Nesta ilustração, depois de transmissões AP para STA 4142, STA C transmite para o AP 4144A, então, depois de um hiato, STA G transmite para o AP 4144B, e então, depois de um hiato, STA E transmite para o AP 4144C. Uma TXOP par a par 4146 é então agendada. Neste caso, STA E mantém-se como a origem (transmitindo para STA F), para que nenhum hiato necessite de ser introduzido se a potência de transmissão da STA E se mantém inalterada, de outro modo pode ser usado um hiato de BIFS. Transmissões STA a STA adicionais podem ser agendadas, mas não são mostradas neste exemplo. Qualquer combinação de TXOPs pode ser agendada, em qualquer ordem. A ordem dos tipos de TXOP mostrada é apenas um exemplo convencional. Embora possa ser desejável agendar TXOPs para minimizar o número necessário de hiatos, isso não é obrigatório.

O Período de Acesso Agendado 4130 também pode conter um Período de FRACH 4150 dedicado a transmissões de Canal de Acesso Aleatório Rápido (FRACH) (em que uma STA

pode fazer um pedido para uma alocação) e/ou um período EDCA OFDM de MIMO 4160 onde STAs de MIMO podem usar procedimentos EDCA. Estes períodos de acesso de base de contenção são protegidos pelo conjunto NAV para o SCAP. Durante o período EDCA OFDM de MIMO 4160, STAs de MIMO usam procedimentos EDCA para aceder ao meio sem ter de competir com STAs legadas. Transmissões durante quaisquer períodos de contenção protegida usam o cabeçalho PLCP de MIMO (mais detalhado adiante). O AP não proporciona nenhum agendamento TXOP durante o período de contenção protegida, neste modelo de realização.

Quando apenas STAs de MIMO estão presentes, o NAV para o SCAP pode ser definido através de um campo Duração na trama de SCHED (a trama de SCHED é detalhada mais adiante). Opcionalmente, se se desejar proteção a partir das STAs legadas, o AP pode preceder a trama SCHED 4120 com um CTS-próprio 4110 para estabelecer o NAV para o SCAP em todas as STAs no BSS.

Neste modelo de realização, STAs de MIMO obedecem ao limite SCAP. A última STA que transmitir numa SCAP deve terminar a sua TXOP pelo menos duração PIFS antes do fim do SCAP. STAs de MIMO também obedecem aos limites da TXOP agendada e completam a sua transmissão antes do fim da TXOP atribuída. Isto permite que a STA agendada subsequente inicie a sua TXOP sem detetar se o canal está inativo.

A mensagem SCHED 4120 define o agendamento. Atribuições das TXOPs (AP-STA, STA-AP e/ou STA-STA) são

incluídas nos elementos CTRLJ (4515 - 4530 na FIG. 45, adiante detalhados) na trama SCHED. A mensagem SCHED também pode definir a parte do SCAP 4100 dedicado a FRACH 4150, se existir alguma, e uma parte protegida para operação EDCA 4160, se existir alguma. Se nenhuma atribuições das TXOPs agendadas são incluídas na trama SCHED, então todo o SCAP é definido à parte para transmissões EDCA (incluindo qualquer FRACH) protegido da STA legada pelo conjunto NAV para o SCAP.

O comprimento máximo de TXOP agendadas ou de base de contenção permitido durante o SCAP pode ser indicado num elemento de compatibilidade ACF. Neste modelo de realização, o comprimento do SCAP não se altera durante um intervalo de Sinalização. O tamanho pode ser indicado no elemento de capacidades ACF. Um exemplo de elemento ACF compreende um Tamanho SCAP (10 *bits*), um Tamanho da TXOP SCAP Máximo (10 *bits*), uma Duração IFS de Guarda (GIFS) (4 *bits*), e uma RESPOSTA FRACH (4 *bits*). O Tamanho do SCAP indica o comprimento do SCAP para o intervalo de Sinalização atual. O campo é codificado em unidades de 4µs. O Tamanho da TXOP de SCAP Máximo indica o comprimento máximo permissível da TXOP durante um SCAP. O campo é codificado em unidades de 4µs. Duração GIFS é o intervalo de guarda entre TXOPs da STA agendadas consecutivas. O campo é codificado em unidades de 800ns. RESPOSTA FRACH é indicada em unidades de SCAPs. O AP deve responder a um pedido recebido usando uma PPDU FRACH proporcionando a STA com uma TXOP agendada dentro dos SCAPs de RESPOSTA FRACH.

FIG. 42 mostra um exemplo de como o SCAP pode ser usado em combinação com HCCA e EDCA. Em qualquer intervalo de Sinalização (ilustrados com sinalizações 4210A-C), o AP tem flexibilidade completa para adaptativamente intercalar a duração do acesso de EDCA de base de contenção com o CAP 802.11e e o SCAP OFDM de MIMO.

Assim, usando a ACF, o AP pode operar como em HCCA, mas com a capacidade adicional de alocar períodos para SCAP. Por exemplo, o AP pode usar CFP e CP como no PCF, alocar uma CAP para operação de pesquisa como em HCCA, ou pode alocar um SCAP para operação agendada. Como mostrado na FIG. 42, num intervalo de Sinalização, o AP pode usar qualquer combinação de períodos para acesso com base de contenção (EDCA) 4220A-F, CAP 4230A-F, e SCAP 4100A-I. (para simplicidade, o exemplo na FIG. 42 não mostra qualquer CFP.) O AP adapta a proporção do meio ocupado por diferentes tipos de mecanismos de acesso com base nos seus algoritmos de agendamento e nas suas observações de ocupação do meio. Qualquer técnica de agendamento pode ser implantada. O AP determina se fluxos de QoS admitidos estão a ser satisfeitos e pode usar outras observações incluindo ocupação do meio medida para adaptação.

HCCA e CAPs associados são descritos acima. Um exemplo ilustrativo CAP 4230 é mostrado na FIG. 42. Um AP TXOP 4232 é seguido por um Pesquisa 4234A. HCCA TXOP 4236A segue Pesquisa 4234A. Outra Pesquisa 4234B é transmitida, seguida por outra respectiva TXOP de HCCA 4236B.

EDCA é descrito acima. Um exemplo ilustrativo de EDCA 4220 é mostrado na FIG. 42. Vários EDCA TXOPs 4222A-C são mostrados. Um CFP é omitido neste exemplo.

Um SCAP 4100, como mostrado na FIG. 42, pode estar do formato detalhado na FIG. 41, incluindo um CTS opcional para si Próprio 4110, SCHED 4120, e Período de Acesso Agendado 4130.

O AP indica operação de pesquisa usando a mensagem Mensagem de Indicação de Tráfego de Entrega (DTIM) 802.11 do modo que se segue. A DIM contém um mapa de *bits* dos IDs de Acesso (AIDs) para o qual o AP ou outra STA no BSS têm dados acumulados. Usando a DTIM, todas as STAs capazes de MIMO são assinaladas para ficarem acordados após a Sinalização. Num BSS onde quer STAs legadas quer STAs de MIMO estão presentes, STAs legadas são agendadas primeiro, imediatamente após a Sinalização. Logo após as transmissões legadas, a mensagem SCHED é transmitida indicando a composição do Período de Acesso Agendado. STAs capazes de MIMO não agendadas num Período de Acesso Agendado em particular pode adormecer para o remanescente do SCAP e acordar para atender as mensagem SCHEDs posteriores.

Vários outros modos de operação são ativados com ACF. FIG. 43 mostra um exemplo de operação onde cada intervalo de Sinalização compreende um número de SCAPs 4100 intercalados com períodos de acesso de base de contenção 4220. Este modo permite "justa" partilha do meio onde

fluxos da QoS de MIMO são agendados durante o SCAP enquanto os fluxos sem QoS de MIMO usam o período de contenção juntamente com STAs legadas, se presentes. Períodos intercalados permitem serviço de latência reduzida para MIMO e STAs legadas.

Como descrito acima, a mensagem SCHED no SCAP pode ser precedida por uma CTS-próprio para proteção de STAs legadas. Se nenhuma STAs legadas estão presentes, CTS-próprio (ou outro sinal de limpeza legado) não é necessário. A Sinalização 4210 pode definir uma CFP longo para proteger todos os SCAPs de qualquer chegada das STAs legadas. Um CP no fim do intervalo de Sinalização permite novas chegadas de STAs legadas para aceder o meio.

Operação de latência reduzida otimizada com um grande número de STAs de MIMO pode ser ativada usando a operação de exemplo mostrada na FIG. 44. Neste exemplo, assume-se que STAs legadas, se presentes, necessitam apenas de recursos limitados. O AP transmite uma Sinalização, estabelecendo um CFP 4410 longa e um CP 4420 curto. Uma Sinalização 4210 é seguida por qualquer mensagem de difusão/*multicast* para STAs legadas. Então SCAPs 4100 são agendados por ligação direta. Este modo de operação também proporciona também gestão de energia otimizada, uma vez que as STAs precisam de acordar periodicamente para escutar as mensagens SCHED e podem adormecer no intervalo SCAP se não estiverem agendadas no SCAP atual.

Acesso com base na contenção protegida para STAs

de MIMO é proporcionado através de períodos FRACH ou EDCA de MIMO incluídos no Período de Acesso Agendado 4130 do SCAP 4100. STAs legadas podem obter acesso de base de contenção ao meio durante o CP 4420.

Transmissões agendadas consecutivas a partir do AP podem ser agendadas imediatamente após transmissão da trama SCHED. A trama SCHED pode ser transmitida com um preâmbulo. Transmissões de AP agendadas posteriormente podem ser transmitidas sem um preâmbulo (um indicador de se ou não um preâmbulo é incluído pode ser transmitido). Um exemplo de preâmbulo PLCP é mais detalhado adiante. Transmissões da STA agendadas vão começar com um preâmbulo no exemplo de modelo de realização.

Recuperação de Erro

O AP pode usar vários procedimentos para recuperar de erros recebidos do SCHED. Por exemplo, se uma STA é incapaz de decodificar uma mensagem SCHED, ela não vai ser capaz de utilizar a sua TXOP. Se uma TXOP agendada não começa no tempo de início atribuído, o AP pode iniciar recuperação transmitindo num PIFS depois do início da TXOP agendado não utilizada. O AP pode usar o período da TXOP agendado não utilizada como um CAP. Durante o CAP, o AP pode transmitir para uma ou mais STAs ou STA de Pesquisa. A Pesquisa pode ser para a STA que perdeu a TXOP agendada ou outra STA. O CAP é terminado antes da seguinte TXOP agendada.

Os mesmos procedimentos também podem ser usados quando uma TXOP agendada termina precocemente. O AP pode iniciar recuperação através de transmissão num PIFS depois do fim da última transmissão na TXOP agendada. O AP pode usar o período não utilizado de uma TXOP agendada como um CAP, como acabado de descrever.

Contenção Protegida

Como descrito acima, um SCAP também pode conter uma parte dedicada a transmissões de FRACH e/ou uma parte onde STAs de MIMO podem usar procedimentos de EDCA. Estes períodos de acesso de contenção de base podem ser protegidos pelo conjunto de NAV para o SCAP.

Contenção protegida complementa operação de agendamento da latência reduzida permitindo que as STAs indiquem pedidos de TXOP para auxiliar o AP no agendamento. No período de EDCA protegido, STAs OFDM de MIMO podem transmitir tramas usando acesso de base EDCA (protegido de contenção com STAs legadas). Usando técnicas legadas, STAs podem indicar pedidos de duração de TXOP ou estado de *buffer* no campo de Controlo da QoS 802.11e no Cabeçalho de MAC. No entanto, o FRACH tem meios mais eficientes de proporcionar a mesma função. Durante o período de FRACH, STAs podem usar slots Aloha tal como contenção para aceder o canal em slots FRACH de tamanho fixo. A PPDU de FRACH pode incluir o pedido de duração de TXOP.

No exemplo de modelo de realização, transmissões

da trama de MIMO usam o Cabeçalho PLCP de MIMO, detalhado adiante. Uma vez que STAs legadas 802.11, 802.11a, e 802.11g são capazes de decodificar apenas o campo de SINAL1 do cabeçalho PLCP de MIMO (detalhado adiante remetendo para a FIG. 50), na presença de nenhuma STAs de MIMO ou STAs sem-MIMO, tramas de MIMO têm de ser transmitida com proteção. Quando quer STAs legados quer de MIMO estão presentes, STAs usando procedimentos de acesso EDCA podem usar uma sequência RTS/CTS legada para proteção. RTS/CTS legado refere-se à transmissão de tramas RTS/CTS usando preâmbulo legado, cabeçalho PLCP e formatos da trama de MAC.

Transmissões de MIMO também podem utilizar os mecanismos de proteção proporcionados pelo HCCA 802.11e. Assim, podem ser proporcionada proteção a transmissões do AP para STAs, transmissões de pesquisa de STAs para o AP, ou de uma STA para outra STA (usando o Protocolo de Ligação Direta) usando o Período de Acesso Controlado (CAP).

O AP também pode usar CTS-próprio Legado para proteção do Período de Acesso Agendado de MIMO (SCAP) a partir de STAs legadas.

Quando um AP determina que todas as STAs presentes no BSS são capazes de decodificar o cabeçalho PLCP de MIMO, indica isso num elemento de capacidades de MIMO na Sinalização. Esta é referida como um BSS de MIMO.

Num BSS de MIMO, sob ambas EDCA e HCCA,

transmissões de tramas usam o cabeçalho PLCP de MIMO e símbolos de Treino OFDM de MIMO de acordo com as regras de envelhecimento dos símbolos de Treino OFDM de MIMO. Transmissões no BSS de MIMO usam o PLCP de MIMO.

Espaçamento Entre Trama Reduzido

Várias técnicas geralmente para reduzir Espaçamento entre trama encontram-se acima detalhadas. Neste exemplo de modelo de realização muitos exemplos de redução de espaçamento entre trama são aqui ilustrados. Para transmissões agendadas, o tempo de início da TXOP é indicado na mensagem SCHED. A STA de transmissão pode começar as suas TXOP agendadas exatamente no momento de início indicado na mensagem SCHED sem determinar que o meio está inativo. Como descrito acima, transmissões de AP agendadas consecutivas durante um SCAP são transmitidas sem nenhum IFS mínimo.

No exemplo de modelo de realização, transmissões STA agendadas consecutivas (de diferentes STAs) são transmitidas com um IFS de pelo menos IFS de Guarda (GIFS). O valor por defeito de GIFS é 800ns. Um valor maior pode ser escolhido até ao valor da Rajada de IFS (BIFS) a seguir definida. O valor de GIFS pode ser indicado no elemento de capacidades ACF, descrito acima. Modelos de realização alternativos podem empregar quaisquer valores para GIFS e BIFS.

Transmissões PPDU OFDM de MIMO consecutivas a partir da mesma STA (rajada de TXOP) são separadas por um BIFS. Quando operando na banda de 2.4 GHz, o BIFS é igual a 10 μ s e o PPDU OFDM de MIMO não inclui a extensão de sinal OFDM de 6 μ s. Quando operando na banda de 5 GHz, o BIFS é 10 μ s. Num modelo de realização alternativo, BIFS pode ser definido para um valor mais pequenos ou maiores, incluindo 0. Para permitir à STA de receção trocar o Controlo de Ganho Automático (AGC) entre transmissões, um hiato maior que 0 pode ser usado quando a STA de transmissão transmite energia é alternada.

Tramas que necessitam uma resposta imediata da STA de receção não são transmitidas usando uma PPDU OFDM de MIMO. Em vez disso, são transmitidas usando o PPDU legado subjacente, *i.e.* Cláusula 19 na banda de 2.4 GHz ou Cláusula 17 na banda de 5 GHz. Alguns exemplos de como legado e PPDU OFDM de MIMO são multiplexados no meio são mostrados adiante.

Primeiro, considere-se um RTS/CTS legado seguido por rajada de PPDU OFDM de MIMO. A sequência de transmissão é como se segue: RTS Legado - SIFS - CTS Legado - SIFS - PPDU OFDM de MIMO - BIFS - PPDU OFDM de MIMO. Em 2.4 GHz, o RTS legado ou CTS PPDU usa extensão de sinal OFDM e o SIFS é 10 μ s. Em 5 GHz, não existe extensão OFDM mas o SIFS é 16 μ s.

Segundo, considere-se uma TXOP de EDCA usando

PPDU OFDM de MIMO. A sequência de transmissão é como se segue: PPDU OFDM de MIMO - BIFS - BlockAckRequest Legado - SIFS - ACK. A TXOP de EDCA é obtida usando procedimentos EDCA para a Classe de Acesso (AC) apropriada. Como detalhado acima, EDCA define classes de acesso que podem usar diferentes parâmetros por AC, tal como AIFS[AC], CWmin[AC], e CWmax[AC]. O Pedido de Ack do Bloco Legado é transmitido quer com extensão de sinal quer com SIFS de 16µs. Se o Pedido de Ack do Bloco é transmitido na trama agregada dentro da PPDU OFDM de MIMO, não existe ACK.

Terceira, considerem-se TXOP agendadas consecutivas. A sequência de transmissão é como se segue: STA A PPDU OFDM de MIMO - GIFS - STA B PPDU OFDM de MIMO. Pode haver um período inativo depois da transmissão da STA A PPDU OFDM de MIMO se a transmissão de PPDU for mais curta que o tempo de TXOP permitido máximo atribuído.

Como descrito acima, decodificação e desmodulação de transmissões OFDM codificadas impõem requisitos de processamento adicional na STA de receção. Para acomodar isto, 802.11a e 802.11g permitem tempo adicional para a STA de receção antes do ACK ter de ser transmitido. Em 802.11a, o tempo SIFS é definido para 16µs. Em 802.11g o tempo SIFS é definido para 10µs mas é introduzida uma extensão de sinal OFDM de 6µs adicional.

Uma vez que decodificação e desmodulação de transmissões OFDM de MIMO podem impor ainda mais carga de processamento, seguindo a mesma lógica, um modelo de

realização pode ser projetado para aumentar a extensão de sinal OFDM ou SIFS, levando a redução adicional da eficiência. No exemplo de modelo de realização, ao estender o ACK de bloco e mecanismo de ACK de bloco atrasado de 802.11e, o requisito de ACK imediato para todas as transmissões OFDM de MIMO é eliminado. Em vez de aumentar o SIFS ou a extensão de sinal, a extensão de sinal é eliminada, e para muitas situações o espaçamento entre tramas necessário entre transmissões consecutivas é reduzido ou eliminado, conduzindo a melhor eficiência.

Mensagem SCHED

FIG. 45 ilustra a mensagem SCHED, introduzida acima remetendo para a FIG. 41, e detalhada mais adiante. A mensagem SCHED 4120 é uma mensagem de pesquisa múltipla que atribui um ou mais AP-STA, STA-AP e STA-TXOPs STA para a duração de um Período de Acesso Agendado (SCAP). O uso da mensagem SCHED permite reduzir pesquisa e sobrecarga de contenção, bem como elimina IFS desnecessário.

A mensagem SCHED 4120 define a agenda para o SCAP. Mensagem SCHED 4120 compreende um Cabeçalho de MAC 4510 (15 octetos no exemplo de modelo de realização). No exemplo de modelo de realização, cada um dos segmentos CTRL0, CTRL1, CTRL2 e CTRL3 (referidos genericamente aqui como CTRLJ, onde J pode ser de 0 a 3 para ilustrar segmentos 4515 - 4530, respetivamente) são de tamanho variável e podem ser transmitidos em 6, 12, 18 e 24 Mbps, respetivamente, quando presentes.

O exemplo de cabeçalho de MAC 4510 compreende Controlo de Trama 4535 (2 octetos), Duração 4540 (2 octetos), BSSID 4545 (6 octetos), Gestão de Energia 4550 (2 octetos), e MAP 4555 (3 octetos). *Bits* 13-0 do campo de Duração 4540 especificam o comprimento do SCAP em microssegundos. O campo de Duração 4540 é usado pelas STAs capazes de Transmissões OFDM de MIMO para definir o NAV para a duração do SCAP. Quando STAs legadas estão presentes no BSS, o AP pode usar outros meios para proteger o SCAP, e.g. um CTS-próprio legado. No exemplo de modelo de realização, o máximo valor do SCAP é 4ms. O campo de BSSID 4545 identifica o AP.

O campo de Gestão de Energia 4550 é mostrado na FIG. 46. Gestão de Energia 4550 compreende Contagem SCHED 4610, um campo reservado 4620 (2 *bits*), Energia de Transmissão 4630, e Energia de Receção 4640. A energia de transmissão do AP e a energia de receção do AP são tal como indicado no campo de Gestão de Energia e o nível de energia de receção da STA é medido na STA.

Contagem SCHED é um campo que é incrementado em cada transmissão SCHED (6 *bits* neste exemplo). A Contagem SCHED é reiniciada a cada transmissão de Sinalização. Contagem SCHED pode ser usada para vários propósitos. Como um exemplo, uma funcionalidade de poupança de energia usando Contagem SCHED é descrita adiante.

O campo de Energia de Transmissão 4630 representa

o nível de energia de transmissão sendo usado pelo AP. No exemplo de modelo de realização, o campo de 4 *bits* é codificado como se segue: O valor representa o número de degraus de 4dB que o nível de energia de transmissão está abaixo do Nível de Energia de Transmissão Máximo (em dBm) para esse canal tal como indicado num elemento de informação da Sinalização.

O campo Energia de Recepção 4640 representa o nível de energia de recepção esperado no AP. No exemplo de modelo de realização, o campo de 4 *bits* é codificado como se segue: O valor representa o número de degraus de 4dB que o nível de energia de recepção está acima do mínimo do Nível de Sensibilidade do Recetor (-82 dBm). Com base no nível de energia recebido numa STA, uma STA pode calcular o seu nível de energia de transmissão como se segue: Energia de Transmissão da STA (dBm) = Energia de Transmissão do AP (dBm) + Energia de Recepção do AP (dBm) - Energia de Recepção da STA (dBm).

No exemplo de modelo de realização, durante transmissões agendadas STA-STA, o segmento de controlo é transmitido num nível de energia que pode ser decodificado quer no AP quer na STA de recepção. Um relatório de controlo de energia do AP ou do campo de Gestão de Energia 4550 na trama SCHED permite à STA determinar o nível de energia de transmissão necessário para que o segmento de controlo possa ser decodificado no AP. Este aspeto geral é detalhado acima remetendo para a FIG. 22. Para uma transmissão de STA-STA agendada, quando a energia

necessária para descodificar no AP é diferente da energia necessária para descodificar na STA de receção, a PPDU é transmitida no mais elevado dos dois níveis de energia.

O campo de MAP 4555, mostrado na FIG. 47, especifica a presença e duração de períodos de acesso com base de contenção protegida durante o SCAP. Campo de MAP 4555 compreende Contagem de FRACH 4710, Desvio de FRACH 4720, e Desvio de EDCA 4730. O exemplo de Contagem de FRACH 4710 (4 *bits*) é o número de *slots* de FRACH agendados começando no Desvio de FRACH 4720 (10 *bits*). Cada *slot* de FRACH é 28µs. Um valor de Contagem de FRACH de '0' indica que não existe período de FRACH no atual Período de Acesso Agendado. O Desvio de EDCA 4730 é o início do período de EDCA protegido. O exemplo de Desvio de EDCA 4730 é 10 *bits*. Quer o Desvio FRACH 4720 quer o Desvio de EDCA 4730 estão em unidades de 4µs começando do início da transmissão da trama SCHED.

A mensagem SCHED 4120 é transmitida como uma PPDU de SCHED especial 5100 (Tipo 0010), detalhada mais adiante remetendo para a FIG. 51. A presença dentro da mensagem SCHED 4120 e tamanho dos segmentos CTRL0 4515, CTRL1 4520, CTRL2 4525, e CTRL3 4530 são indicados no campo do SINAL (5120 e 5140) do Cabeçalho PLCP da PPDU de SCHED 5100.

FIG. 48 ilustra tramas de controlo SCHED para atribuição de TXOP. Cada um dos segmentos CTRL0 4515, CTRL1 4520, CTRL2 4525, e CTRL3 4530 são de tamanho variável e cada um compreende zero ou mais elementos de atribuição

(4820, 4840, 4860, e 4880, respectivamente). Um FCS de 16-*bits* (4830, 4850, 4870, e 4890, respectivamente) e 6 *bits* de cauda (não mostrados) são adicionados por segmento CTRLJ. Para o segmento CTRL0 4515 o FCS é calculado sobre o Cabeçalho de MAC 4510 e quaisquer elementos de atribuição CTRL0 4820 (assim Cabeçalho de MAC é mostrado anexado para CTRL0 4515 na FIG. 48). No exemplo de modelo de realização, o FCS 4830 para CTRL0 4515 é incluído mesmo se nenhum elemento de atribuição estão incluído no segmento CTRL0.

Como aqui detalhado, o AP transmite atribuições para AP-STA, STA-AP e transmissões STA-STA na trama de SCHED. Elementos de atribuição para STAs diferentes são transmitidos num segmento CTRLJ como indicado pela STA no campo da Taxa SCHED do cabeçalho PLCP das suas transmissões. Observe-se que CTRL0 através de CTRL3 corresponde a diminuição de robustez. Cada STA começa a decodificar o Cabeçalho PLCP da PPDU de SCHED. O campo do SINAL indica a presença e tamanho dos segmentos CTRL0, CTRL1, CTRL2 e CTRL3 na PPDU de SCHED. O recetor STA começa com decodificação o Cabeçalho de MAC e segmento CTRL0, decodificando cada elemento de atribuição até ao FCS, e continua a decodificar posteriormente CTRL1, CTRL2 e CTRL3, parando no segmento CTRLJ cuja FCS não é capaz de verificar.

Cinco tipos de elementos de atribuição são definidos como mostrado na Tabela 3. Um número de elementos de atribuição pode ser empacotado para cada segmento CTRLJ. Cada elemento de atribuição especifica o ID de Acesso à STA

de transmissão (AID), o AID da STA de recepção, o momento de início da TXOP agendada e o tamanho máximo permitido da TXOP agendada.

Tabela 3. Tipos de Elementos Atribuído

Tipo (3 bits)	Tipo de Elemento Atribuído	Campos (Tamanhos em bits)	Tamanho Total em bits
000	AP-STA Simplex	Preâmbulo Presente (1) AID (16) Desvio de Início (10) Duração TXOP (10)	40
001	STA-AP Simplex	AID (16) Desvio de Início (10) Duração TXOP (10)	39
010	AP-STA Duplex	Preâmbulo Presente (1) AID (16) Desvio de início do AP (10) Duração da TXOP do AP (10) Desvio de Início da STA (10) Duração TXOP da STA (10)	60
011	STA-STA Simplex	Transmite AID (16) Recebe AID (16) Desvio de Início (10) Tamanho de PPDU de Max (10)	55
100	STA-STA Duplex	AID 1 (16) AID 2 (16) Desvio de Início STA 1 (10) Tamanho de PPDU de Max STA 1 (10) Desvio de Início STA 2 (10) Tamanho de PPDU Max STA 2 (10)	75

O preâmbulo pode ser eliminado em transmissões consecutivas do AP. O *bit* de Preâmbulo Presente é definido para 0 se o AP não for transmitir um preâmbulo para uma transmissão AP agendada. Um exemplo de benefício de eliminação de preâmbulo é quando o AP tem reduzida largura de banda, fluxos de latência reduzida para muitas STAs, tais como num BSS com muitos fluxos de Voz sobre IP (VoIP). Assim, a trama SCHED permite a agregação de transmissões do AP para muitas recepções das STAs (*i.e.* agregação de PPDU, descrita acima). Agregação de Trama, como definida acima, permite a agregação de tramas para uma STA de recepção.

O campo Desvio de Início é em múltiplos de 4µs referenciado do tempo de início do preâmbulo da mensagem SCHED. O AID é o ID de Acesso da STA(s) atribuído.

Para todos os tipos de elemento de atribuição exceto transmissões STA-STA agendadas, o campo de Duração TXOP é o tamanho máximo permitido de TXOP agendada em múltiplos de 4µs. O tamanho da PPDU atual da PPDU transmitida está indicado no campo de SINAL1 da PPDU (mais detalhado adiante).

Para transmissões STA-STA agendadas (Tipos de Elemento Atribuído 011 e 100), o campo do tamanho da PPDU Max é também o tamanho máximo permitido da TXOP agendada em múltiplos de 4µs, no entanto podem-se aplicar regras adicionais. No exemplo de modelo de realização, para transmissões STA-STA agendadas, a TXOP contém apenas uma

PPDU. A STA de recepção usa o tamanho da PPDU Max indicado no elemento de atribuição para determinar o número de símbolos OFDM na PPDU (uma vez que o campo do tamanho da PPDU é substituído por um campo de Pedido no SINAL1, detalhado adiante remetendo para a FIG. 51). Se o fluxo STA-STA usa símbolos OFDM com o Guarda de Intervalo (GI) padrão, a STA de recepção define o tamanho da PPDU para a TXOP agendada para o tamanho da PPDU Max indicado no elemento de atribuição. Se o fluxo STA-STA usa símbolos OFDM com GI encurtado, a STA de recepção determina o tamanho da PPDU ampliando o campo do tamanho da PPDU Max por um fator de 10/9 arredondado para baixo. A STA de transmissão pode transmitir uma PPDU mais curta que o tamanho da PPDU Max atribuído. O tamanho da PPDU não proporciona o tamanho da trama de MAC agregada ao recetor. O tamanho das tramas encapsuladas é incluído no cabeçalho de Agregação de cada trama de MAC.

Inclusão da STA de transmissão e recepção nos elementos de atribuição permite poupar energia nas STAs que não estão agendadas para transmitir ou receber durante o SCAP. Recorde-se o campo de Contagem de SCHED introduzido acima. Cada atribuição agendada pela mensagem de SCHED especifica a AID da STA de transmissão, a AID da STA de recepção, o momento de início da TXOP agendada, e o tamanho máximo permitido da TXOP agendada. A Contagem de SCHED é incrementada em cada transmissão de SCHED e é reiniciada em cada transmissão de Sinalização. STAs podem indicar uma

operação de poupança de energia ao AP, e assim são proporcionados valores de Contagem de SCHED específicos durante os quais podem ser atribuídas TXOPs de transmissão ou receber agendadas pelo AP. STAs podem então acordar periodicamente apenas para ouvir as mensagens SCHEDs com um Contador de SCHED apropriado.

Formatos de PPDU

FIG. 49 retrata uma PPDU 802.11 legado 4970, compreendendo um preâmbulo PLCP 4975 (12 símbolos OFSM), um cabeçalho PLCP 4910, um tamanho variável PSDU 4945, uma cauda de 6-bits 4950, e tamanho variável pad 4955. Uma parte 4960 de PPDU 4970 compreende um campo do SINAL (1 Símbolo OFDM) transmitido usando BPSK à taxa = 1/2, e um campo de dados de tamanho variável 4985, transmitido com o formato de modulação e taxa indicada no SINAL 4980. Cabeçalho PLCP 4910 compreende SINAL 4980 e campo de Serviço de 16-bits 4940 (que é incluído em DADOS 4985, e transmitido de acordo com o seu formato). Campo de SINAL 4980 compreende Taxa 4915 (4 bits), campo reservado 4920 (1 bit), Tamanho 4925 (12 bits), Bit de Paridade 4930, e Cauda 4935 (6 bits).

Os campos de SINAL estendidos (detalhado adiante) no exemplo de Cabeçalho PLCP (detalhado adiante) têm compatibilidade com versões anteriores do campo do SINAL 4980 de 802.11 legado. Valores não utilizados do campo da

TAXA 4915 no campo de sinal legado 4980 são configurados para definir novos tipos de PPDU (detalhados adiante).

Diversos tipos novos de PPDU são introduzidos. Para que exista compatibilidade com versões anteriores com STAs legadas, o campo da TAXA no campo do SINAL do Cabeçalho PLCP é modificado para um campo da TAXA/Tipo. Valores não utilizados da TAXA são designados como Tipo PPDU. O Tipo PPDU também indica a presença e tamanho de uma extensão de campo do SINAL designado de SINAL2. Valores novos do campo da TAXA/Tipo estão definidos na Tabela 4. Estes valores do campo da TAXA/Tipo são indefinidos para STAs legadas. Assim, STAs legadas vão abandonar descodificação da PPDU depois de descodificação bem sucedida do campo de SINAL1 e encontrando um valor indefinido no campo da TAXA.

Em alternativa, o *bit* Reservado no campo do SINAL legado pode ser definido para '1' para indicar uma transmissão OFDM de MIMO para uma STA de classe nova. STAs de receção podem ignorar o *bit* Reservado e continuar a tentar descodificar o campo do SINAL e a transmissão remanescente.

O recetor é capaz de determinar o tamanho do campo do SINAL2 com base no Tipo PPDU. A PPDU de FRACH aparece apenas numa parte designada do SCAP e necessita de ser descodificada apenas pelo AP.

Tabela 4. Tipos de PPDU de MIMO

TAXA/Tipo (4 bits)	PPDU de MIMO	Tamanho do Campo do SINAL2 (Símbolos OFDM)
0000	Transmissão IBSS BSS de MIMO ou AP de MIMO (exceto PPDU de SCHED).	1
0010	PPDU de SCHED BSS de MIMO	1
0100	PPDU de FRACH BSS de MIMO	2

FIG. 50 retrata formato PPDU de MIMO 5000 para transmissões de dados. PPDU 5000 é referida como Tipo PPDU 0000. PPDU 5000 compreende um preâmbulo PLCP 5010, SINAL 1 5020 (1 símbolo OFDM), SINAL 2 5040 (1 símbolo OFDM), Símbolos de Treino 5060 (0, 2, 3, ou 4 símbolos), e um campo de Dados de tamanho variável 5080. Preâmbulo PLCP 5010, quando presente, é 16µs no exemplo de modelo de realização. SINAL 1 5020 e SINAL 2 5040 são transmitidos usando a taxa de segmento de controlo PPDU e formato de modulação. Dados 5080 compreendem Serviço 5082 (16 bits), Retorno 5084 (16 bits), um tamanho variável PSDU 5086, Cauda 5088 (6 bits por fluxo) onde um código de canal convolucional separado é aplicado a cada fluxo, e Pad de tamanho variável 5090. Dados 5080 são transmitidos usando a taxa de segmento de dados PPDU e formato de modulação.

O cabeçalho PLCP de MIMO para Tipo PPDU 0000 compreende SINAL (incluindo SINAL1 5020 e SINAL2 5040), campo de SERVIÇO 5082 e campo de RETORNO 5084. O campo de SERVIÇO é inalterado a partir de 802.11 legado, e é transmitido usando a taxa e formato de segmento de dados.

O campo de RETORNO 5084 é transmitido usando a taxa e formato de segmento de dados. O campo de RETORNO compreende o campo ES (1 *bit*), o campo de RETORNO de Vetor da Taxa de Dados (DRVF) (13 *bits*), e um Campo de Controle de Energia (2 *bits*).

O campo ES indica o método de direção preferido. No exemplo de modelo de realização, Direção de Vetores próprios (ES) é selecionada quando o *bit* ES é definido, e Propagação Espacial (SS) é selecionada de outro modo.

O campo de RETORNO de Vetor da Taxa de Dados (DRVF) proporciona retorno para a estação par tendo em vista a taxa de sustentável em cada um até quatro modos espaciais.

Retorno da taxa explícito permite às estações maximizar as suas taxas de transmissão rápida e rigorosamente, melhorando dramaticamente a eficiência do sistema. É desejável latência reduzida de retorno. No entanto, oportunidades de retorno não necessitam de estar em sincronia. Oportunidades de transmissão podem ser obtidas de qualquer maneira, tal como com base contenção (*i.e.* EDCA), através de pesquisada (*i.e.* HCF), ou agendamento (*i.e.* ACF). Assim, quantidades variáveis de tempo podem passar entre oportunidades de transmissão e retorno da taxa. Com base na idade de retorno da taxa, o emissor pode solicitar um recuo para determinar a taxa de transmissão.

A adaptação de taxa de segmento de dados da PPDU para transmissões da STA A para STA B depende do retorno proporcionado por STA B para STA A (descrito anteriormente, ver FIG. 24, por exemplo). Tanto para modo de operação ES como para SS, cada tempo STA B recebe Símbolos de Treino OFDM de MIMO a partir da STA A, estima a taxa de dados que pode ser alcançada em cada fluxo espacial. Em qualquer transmissão posterior da STA B para STA A, STA B inclui essa estimativa no campo DRVF do RETORNO 5084. O campo DRVF é transmitido à taxa de segmento de dados 5080.

Quando transmite para STA B, STA A determina quais as taxas de transmissão vai usar com base no DRVF que recebeu da STA B, com um recuo opcional conforme necessário para considerar os atrasos. O campo do SINAL (detalhado adiante) contém o campo DRV 13-bits 5046 que permite à STA de recepção B decodificar a trama transmitida a partir da STA A. O DRV 5046 é transmitido à taxa de segmento de Controle.

O campo DRVF é codificado compreendendo um campo STR (4 bits), um campo R2 (3 bits), um campo R3 (3 bits), e um campo R4 (3 bits). O campo STR indica a Taxa para Fluxo 1. Este campo é codificado como Valor STR mostrado na Tabela 5. R2 indica a diferença entre o Valor STR para Fluxo 1 e o Valor STR para Fluxo 2. Um valor R2 de "111" indica que Fluxo 2 está desligado. R3 indica a diferença entre o Valor STR para Fluxo 2 e o Valor STR para Fluxo 3. Um valor R3 de "111" indica que Fluxo 3 está desligado. Se

R2 = "111", então R3 é definido para "111". R4 indica a diferença entre o Valor STR para Fluxo 3 e o Valor STR para Fluxo 4. Um valor R4 de "111" indica que Fluxo 4 está desligado. Se R3 = "111" então R4 é definido para "111".

Quando ES = 0, i.e. propagação espacial, um codificação alternativa do DRVF é tal como se segue: Número de Fluxos (2 *bits*), Taxa por Fluxo (4 *bits*). O campo da Taxa por Fluxo é codificado como o Valor STR acima referido. Os 7 *bits* remanescentes são Reservados.

Tabela 5. Codificação STR

Valor STR	Taxa de Codificação	Formato de Modulação	Bits/símbolo por Fluxo
0000	$\frac{1}{2}$	BPSK	0.5
0001	$\frac{3}{4}$	BPSK	0.75
0010	$\frac{1}{2}$	QPSK	1.0
0011	$\frac{3}{4}$	QPSK	1.5
0100	$\frac{1}{2}$	16 QAM	2.0
0101	$\frac{5}{8}$	16 QAM	2.5
0110	$\frac{3}{4}$	16 QAM	3.0
0111	$\frac{7}{12}$	64 QAM	3.5
1000	$\frac{2}{3}$	64 QAM	4.0
1001	$\frac{3}{4}$	64 QAM	4.5
1010	$\frac{5}{6}$	64 QAM	5.0
1011	$\frac{5}{8}$	256 QAM	5.0
1100	$\frac{3}{4}$	256 QAM	6.0
1101	$\frac{7}{8}$	256 QAM	7.0

Adicionalmente ao DRVF, STA B também proporciona retorno de controlo de energia para a STA de transmissão A. Este retorno é incluído no campo de Controlo de Energia também transmitido à taxa de segmento de dados. Este campo é de 2 *bits* e indica que quer o aumento ou quer a diminuição de energia ou a manutenção do nível de energia inalterado. O nível de energia transmitida resultante é designado de Nível de Energia Transmitido do Segmento de Dados.

Exemplo de valores do campo de Controlo de Energia são ilustrados na Tabela 6. Modelos de realização alternativos podem implantar campos de controlo de energia de vários tamanhos, e com valores de ajustamento de energia alternativos.

Tabela 6. Valores do campo de controlo de Energia

Campo Energia Controlo	Significado
00	Sem Alteração
01	Aumento energia por 1dB
10	Diminuição energia por 1dB
11	Reservado

O nível de energia de transmissão mantém-se constante para toda a PPDU. Quando o Nível de Energia de Transmissão do Segmento de Dados e a Energia de Transmissão da STA de Circuito Aberto (*i.e.* o nível de energia necessário ao AP para decodificar a transmissão, detalhado acima) são diferentes, a PPDU é transmitida no máximo dos

dois níveis de energia. Ou seja, Nível de Energia de Transmissão PPDU é o máximo de Energia de Transmissão do Circuito Aberto (dBm) e a Energia de Transmissão do Segmento de Dados (dBm).

No exemplo de modelo de realização, o campo de Controlo de Energia é definido para "00" na primeira trama de qualquer sequência de mudança da trama. Em tramas posteriores, indica o aumento ou diminuição de energia em degraus de 1dB. A STA de receção vai usar essa informação de retorno em todas as transmissões da trama posteriores para essa STA.

SINAL1 5020 compreende campo da TAXA/Tipo 5022 (4 *bits*), 1 *Bit* Reservado 5024, Tamanho/Pedido de PPDU 5026 (12 *bits*), *bit* de Paridade 5028, e uma cauda de 6-*bits* 5030. O campo de SINAL1 5020 é transmitido usando a taxa e formato do segmento de controlo (6 Mbit/s, no exemplo de modelo de realização). O campo da TAXA/Tipo 5022 é definido para 0000. O *bit* Reservado 5024 pode ser definido para 0.

O Campo de Tamanho/Pedido da PPDU 5026 serve duas funções, dependendo no modo de transmissão. Em transmissões STA com base de contenção e todas as transmissões de AP, este campo indica o tamanho da PPDU. Neste primeiro modo, *Bit* 1 indica que a PPDU usa símbolos OFDM estendidos, *Bit* 2 significa que a PPDU usa símbolos OFDM com GI encurtado, e *Bits* 3-12 indicam o número de símbolos OFDM.

Em transmissões STA sem agendamento pelo AP, Campo de Tamanho/Pedido da PPDU 5026 significa Pedido. Neste segundo modo, *Bits* 1-2 indicam a taxa de SCHED. Taxa de SCHED indica o número mais alto de SCHED (0, 1, 2 ou 3), campo que pode ser usado para transmitir uma atribuição para a STA. Durante transmissões de símbolo do Treino do AP, cada STA sem AP estima a taxa a que pode robustamente receber transmissões da trama de SCHED do AP. Em transmissões agendadas posteriores a partir da STA, esta taxa permissível máxima é incluída no campo da Taxa de SCHED. Este campo é descodificado pelo AP. O AP usa essa informação para agendar TXOP posteriores para a STA e determina o CTRLJ (0, 1, 2, ou 3) para emitir aquelas alocações para STA.

No segundo modo, *Bits* 3-4 indicam o campo da QoS, que identifica a fração (em terços) do pedido que é para TC 0 ou 1 (*i.e.* 0%, 33%, 67%, 100%). *Bits* 5-12 indicam o tamanho do pedido da TXOP (em múltiplos de 16µs, no exemplo de modelo de realização).

O campo de SINAL1 5020 é verificado por *bit* de Paridade 1 5028 e terminado com uma cauda de 6-*bits* 5030 para o codificador convolucional.

A presença e tamanho do campo do SINAL2 5040 é indicada pelo campo da TAXA/Tipo 5022 em SINAL1 5020. O campo do SINAL2 5040 é transmitido usando a taxa e formato do segmento de controlo. SINAL2 5040 compreende um *bit*

Reservado 5042, Tipo de Treino 5044 (3 *bits*), Vetor da Taxa de Dados (DRV) 5046 (13 *bits*), *bit* de Paridade 5048, e Cauda 5050 (6 *bits*). O campo de Tipo de Treino de 3-*bits* indica o tamanho e formato dos Símbolos de Treino OFDM de MIMO. *Bits* 1-2 indicam o número de Símbolos de Treino OFDM de MIMO 5060 (símbolos OFDM 0, 2, 3 ou 4). *Bit* 3 é o campo do Tipo de Treino: 0 indica SS, 1 indica ES. O DRV 5046 proporciona a taxa para cada um de até quatro modos espaciais. O DRV 5046 é codificado na mesma maneira como DRVF (incluído no RETORNO 5084, detalhado acima). O campo do SINAL2 5040 é verificado por *bit* de Paridade 1 5048 e terminado com uma Cauda de 6-*bits* 5050 para o codificador convolucional.

FIG. 51 retrata PPDU de SCHED 5100 (Taxa/Tipo = 0010). PPDU de SCHED 5100 compreende um preâmbulo PLCP 5110, SINAL 1 5120 (1 símbolo OFDM), SINAL 2 5140 (1 símbolo OFDM), Símbolos de Treino 5160 (símbolos 0, 2, 3, ou 4), e uma trama de SCHED de tamanho variável 5180. Preâmbulo PLCP 5010, quando presente, é 16µs no exemplo do modelo de realização. SINAL 1 5020 e SINAL 2 5040 são transmitidos usando a taxa e formato de modulação do segmento de controlo da PPDU. Trama de SCHED 5180 pode incluir várias taxas, como detalhado acima, remetendo para a descrição de ACF.

SINAL1 5120 compreende TAXA/Tipo 5122 (4 *bits*), um *bit* Reservado 5124, Tamanho CTRL0 5126 (6 *bits*), Tamanho CTRL1 5128 (6 *bits*), *bit* de Paridade 5130, e Cauda 5132 (6

bits). TAXA/Tipo 5122 é definido para 0010. O *bit* Reservado 5124 pode ser definido para 0. Tamanho CTRL0 5126 indica o tamanho do segmento da PPDU de SCHED transmitida à taxa mais baixa (6Mbps neste exemplo). Este segmento inclui o campo de SERVIÇO do Cabeçalho PLCP, o Cabeçalho de MAC e o segmento CTRL0 5126. O valor é codificado em múltiplos de 4µs, neste exemplo. Tamanho CTRL1 5128 indica o tamanho do segmento da PPDU de SCHED transmitida à taxa mais alta seguinte (12Mbps neste exemplo). O valor é codificado em múltiplos de 4µs, neste exemplo. Um Tamanho CTRL1 de '0' indica que o segmento CTRL1 correspondente não está presente na PPDU de SCHED. O campo de SINAL1 5120 é verificado por *bit* de Paridade 1 5130 e terminado com uma Cauda de 6-*bits* 5132 para o codificador convolucional.

SINAL2 5140 compreende um *bit* Reservado 5142, Tipo de Treino 5144 (3 *bits*), Tamanho CTRL2 5146 (5 *bits*), Tamanho CTRL3 5148 (5 *bits*), FCS 5150 (4 *bits*), e Cauda 5152 (6 *bits*). O *bit* Reservado 5142 pode ser definido para 0. Tipo de Treino 5144 é como especificado para Tipo da PPDU 0000 (Tipo de Treino 5044).

Tamanho CTRL2 5146 indica o tamanho do segmento da PPDU de SCHED transmitida na taxa mais alta seguinte (18Mbps neste exemplo). O valor é codificado em múltiplos de 4µs, neste exemplo. Um Tamanho CTRL2 de '0' indica que o segmento CTRL2 correspondente não está presente na PPDU de SCHED. Tamanho CTRL3 5148 indica o tamanho do segmento da PPDU de SCHED transmitida à taxa mais alta (24Mbps neste

exemplo). O valor é codificado em múltiplos de 4µs, neste exemplo. Um Tamanho CTRL2 de '0' indica que o segmento CTRL3 correspondente não está presente na PPDU de SCHED.

FCS 5150 é calculado sobre todos os campos de SINAL1 e SINAL2. O campo do SINAL2 5152 é terminado com uma Cauda de 6-bits 5152 para o codificador convolucional.

FIG. 52 retrata PPDU de FRACH 5200 (Taxa/Tipo = 0100). PPDU de FRACH 5200 compreende um preâmbulo PLCP 5210, SINAL 1 5220 (1 símbolo OFDM), e SINAL 2 5240 (2 símbolos OFDM). Preâmbulo PLCP 5210, quando presente, é 16µs no exemplo de modelo de realização. SINAL 1 5220 e SINAL 2 5240 são transmitidos usando a taxa e formato da modulação do segmento de controlo da PPDU. A PPDU de FRACH 5200 é transmitida por uma STA durante o Período de FRACH dentro do Período de Acesso Agendado de MIMO. O período FRACH é estabelecido por e daí em diante passa a ser do AP (como detalhado acima).

SINAL1 5220 compreende TAXA/Tipo 5222 (4 bits), um bit Reservado 5224, Pedido 5226 (12 bits), bit de Paridade 5228, e Cauda 5230 (6 bits). TAXA/Tipo 5222 é definido para 0100. O bit Reservado 5124 pode ser definido para 0. O Campo de Pedido 5226 é tal como especificado para Tipo de PPDU 0000 (5000), detalhado acima. O campo de SINAL1 5220 é verificado por bit de Paridade 1 5228 e terminado com uma Cauda de 6-bits 5230 para o codificador convolucional.

SINAL2 5240 compreende um *bit* Reservado 5242, AID de Origem 5244 (16 *bits*), AID de Destino 5246 (16 *bits*), FCS 5248 (4 *bits*), e Cauda 5250 (6 *bits*). O *bit* Reservado 5242 pode ser definido para 0. AID de Origem 5244 identifica a STA que está a transmitir no FRACH. AID de Destino 5246 identifica a STA de destino para a qual uma TXOP está a ser pedida. No exemplo de modelo de realização, no caso onde o destino é o AP, o valor do campo AID de Destino 5246 é definido para 2048. Um FCS de 4-*bits* 5248 é calculado sobre todo os campos de SINAL1 e SINAL2. Uma Cauda de 6 *bits* 5250 é adicionada antes da codificação convolucional.

No exemplo de modelo de realização, STAs podem usar slots Aloha para aceder ao canal e transmitir a mensagem de pedido no FRACH. Se recebida com sucesso pelo AP, o AP proporciona à STA que fez o pedido uma TXOP agendada num período de acesso agendado posteriormente. O número de *slots* de FRACH para o período de acesso agendado atual é indicado na mensagem de SCHED, N_FRACH.

A STA também pode manter uma variável B_FRACH. Após uma transmissão no FRACH, se a STA receber uma atribuição TXOP do AP, reinicia B_FRACH. Se a STA não receber uma atribuição TXOP dentro de um número predeterminado, RESPOSTA FRACH, de transmissões de SCHED do AP, B_FRACH é incrementado por 1 até um valor máximo de 7. O parâmetro RESPOSTA FRACH é incluído num elemento ACF da

Sinalização. Durante qualquer FRACH, a STA escolhe uma *slot* de FRACH com probabilidade $(N_FRACH)^{-1} * 2^{-B_FRACH}$.

Se nenhum período FRACH é agendado pelo AP, STAs de MIMO podem competir durante o período de contenção protegida durante o SCAP usando regras de EDCA.

Os peritos na técnica irão perceber que informação e sinais podem ser representados usando qualquer uma de uma variedade de tecnologias e técnicas diferentes. Por exemplo, dados, instruções, comandos, informação, sinais, *bits*, símbolos, e *chips* que podem estar referidos ao longo de toda a descrição realizada acima podem ser representados por tensões, correntes, ondas eletromagnéticas, campos ou partículas magnéticos, campos ou partículas óticos, ou qualquer sua combinação.

Os peritos irão ainda apreciar que os vários blocos lógicos ilustrativos, módulos, circuitos, e passos do algoritmo descritos em relação com os modelos de realização aqui divulgados podem ser implementados como *hardware* eletrónico, *software* de computador, ou combinações de ambos. Para ilustrar claramente esta intercambialidade de *hardware* e *software*, vários componentes ilustrativos, blocos, módulos, circuitos, e passos têm sido descritos acima geralmente em termos da sua funcionalidade. Se tal funcionalidade é implementada como *hardware* ou *software* depende das restrições da aplicação e design particular imposto na globalidade do sistema. Técnicos qualificados podem implementar as funcionalidades descritas de formas

variáveis para cada aplicação em particular, mas tais decisões de implementação não devem ser interpretadas como causando um desvio do âmbito da presente invenção.

Os vários blocos lógicos ilustrativos, módulos, e circuitos descritos em relação com os modelos de realização aqui divulgados podem ser implementados ou realizados com um processador de propósito geral, um processador de sinal digital (DSP), um circuito integrado específico de aplicação (ASIC), um rede de portas lógicas programáveis (FPGA) ou outros dispositivos de lógica programável, porta discreta ou transistor lógico, componentes de *hardware* discretos, ou qualquer sua combinação projetada para realizar as funções descritas aqui. Um processador de propósito geral pode ser um microprocessador, mas na alternativa, o processador pode ser qualquer processador convencional, controlador, microcontrolador, ou máquina de estado. Um processador também pode ser implementado como uma combinação de dispositivos de computação, e.g., uma combinação de um DSP e um microprocessador, uma pluralidade de microprocessadores, um ou mais microprocessadores em combinação com um núcleo DSP, ou qualquer outra tal configuração.

Os passos de um método ou algoritmo descritos com relação com os modelos de realização aqui divulgados podem ser incorporados diretamente no *hardware*, num módulo de *software* executado por um processador, ou numa combinação

dos dois. Um módulo de *software* pode residir na memória RAM, memória flash, memória ROM, memória EPROM, memória EEPROM, registos, disco duro, um disco removível, um CD-ROM, ou qualquer outra forma de armazenar o meio conhecida na técnica. Um meio de armazenamento exemplar é acoplar ao processador de tal forma que o processador pode ler informação do, e escrever informação para, o meio de armazenamento. Em alternativa, o meio de armazenamento pode estar integralmente no processador. O processador e o meio de armazenamento podem residir num ASIC. O ASIC pode residir num terminal de utilizador. Em alternativa, o processador e o meio de armazenamento podem residir como componentes discretos num terminal de utilizador.

Cabeçalhos são incluídos aqui para referência e para ajudar na localização de várias secções. Não se pretende que estes cabeçalhos limitem o âmbito dos conceitos aqui descritos remetendo para eles. Tais conceitos podem ter aplicabilidade em toda a especificação.

A descrição anterior dos modelos de realização divulgados é proporcionada para permitir a qualquer pessoa habilitada na técnica fazer ou usar a presente invenção. Várias modificações para estes modelos de realização vão ser prontamente evidentes para os habilitados na técnica, e os princípios genéricos aqui definidos podem ser aplicados noutros modelos de realização sem se afastarem do âmbito da invenção como reivindicado nas reivindicações em anexo.

Assim, a presente invenção não pretende limitar-se aos modelos de realização aqui mostrados mas deve ser acordado o âmbito mais amplo consistente com os princípios e novas funcionalidades aqui divulgadas.

Lisboa, 23 de agosto de 2013

REIVINDICAÇÕES

1. Um método de transmissão de dados, compreendendo:

receber (1210), de uma primeira estação, uma oportunidade de transmissão, TXOP, para transmitir mais do que uma única trama de dados para múltiplas estações secundárias; e

transmitir (1220) um único preambulo para múltiplas transmissões consecutivas de tramas de dados para as ditas múltiplas estações secundárias.; e

transmitir (1230) ditas múltiplas transmissões consecutivas de tramas de dados para as múltiplas estações secundárias.

2. O método de transmissão de dados da reivindicação 1, em que o preambulo transmitido é mais longo ou mais curto do que o preambulo legado.

3. O método de transmissão de dados da reivindicação 1, em que o símbolo tipo preambulo é usado.

4. O método de transmissão de dados da reivindicação 1, em que a transmissão piloto é usada.

5. O método de transmissão de dados da reivindicação 1, em que o preambulo é eliminado de transmissões sucessivas.

6. O método de transmissão de dados da reivindicação 1, em que os dados transmitidos são um ou mais pacotes ou consecutivas transmissões de dados de qualquer tipo.

7. O método de transmissão de dados da reivindicação 1, mais compreende uma eficiência de transmissão e a eficiência de transmissão é melhorada usando uma pesquisa consolidada.

8. Um mecanismo para transmissão de dados, compreendendo:

meios para receber (1210), na primeira estação, uma oportunidade de transmissão, TXOP, para transmitir mais do que uma única trama de dados para múltiplas estações secundárias; e

meios para transmitir (1220) um único preambulo para múltiplas transmissões consecutivas de tramas de dados às ditas múltiplas estações secundárias; e

meios para transmitir (1230) ditas múltiplos transmissões consecutivas de trama de dados às ditas múltiplas estações secundárias.

9. O mecanismo da reivindicação 8, em que o preambulo transmitido é mais longo ou curto do que o preambulo legado.

10. O mecanismo da reivindicação 8, em que o símbolo tipo preambulo é usado.

11. O mecanismo da reivindicação 8, em que uma transmissão piloto é usada.

12. O mecanismo da reivindicação 8, em que o preambulo é eliminado de transmissões consecutivas.

13. O mecanismo da reivindicação 8, em que os dados transmitidos são um ou mais pacotes ou transmissões de dados consecutivos de qualquer tipo.

14. O mecanismo da reivindicação 8 compreendendo ainda uma eficiência de transmissão e a eficiência de transmissão é melhorada usando uma pesquisa consolidada.

15. Um meio legível por computador compreendendo instruções que quando executadas por um processador levam o processador a realizar o método de qualquer uma das reivindicações 1 a 7.

Lisboa, 23 de agosto de 2013

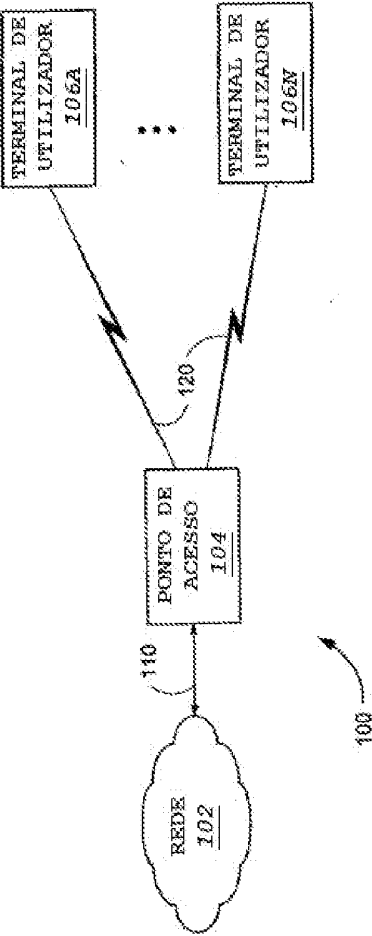


FIG. 1

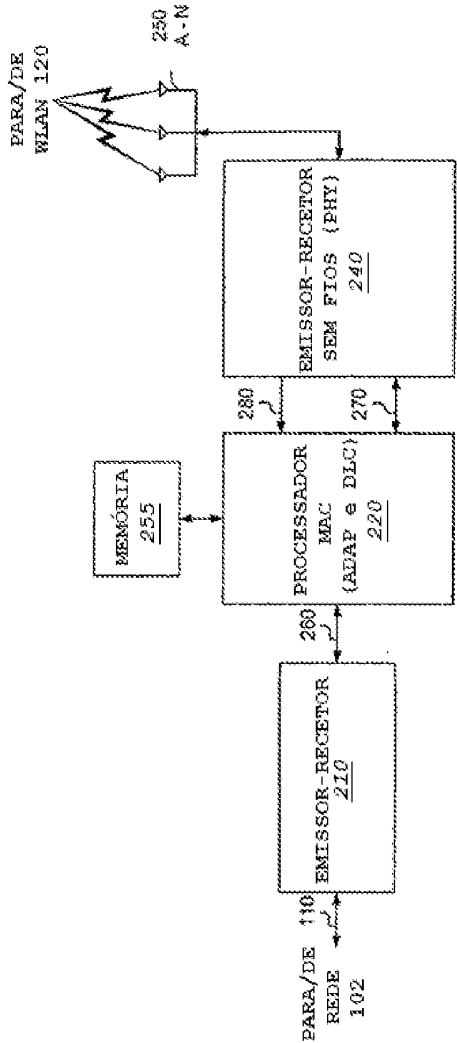
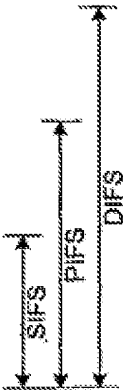
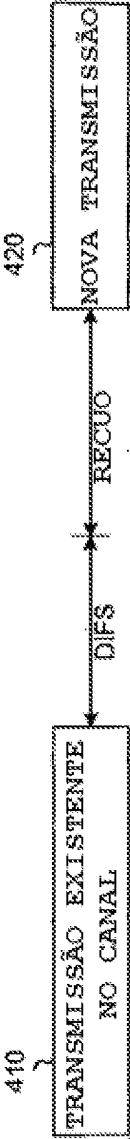


FIG. 2

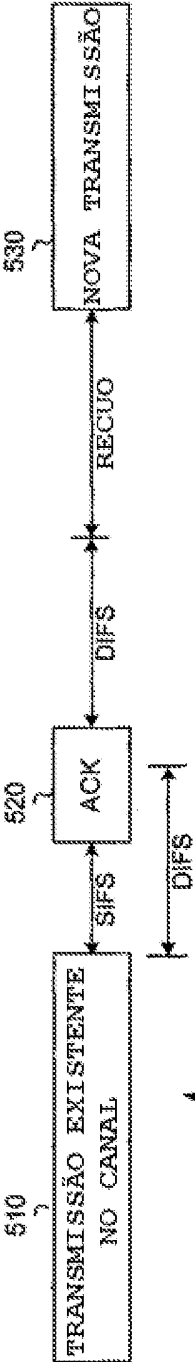
ESPAÇAMENTO ENTRE TRAMAS 802.11



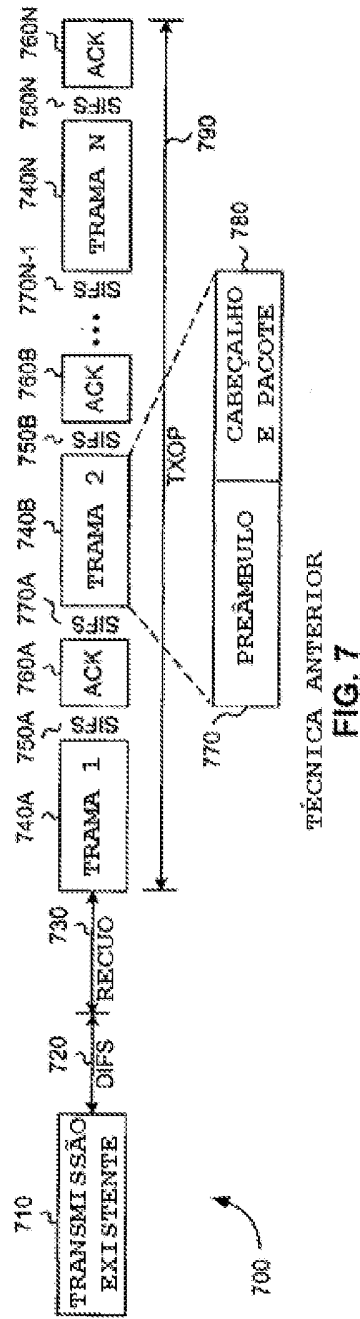
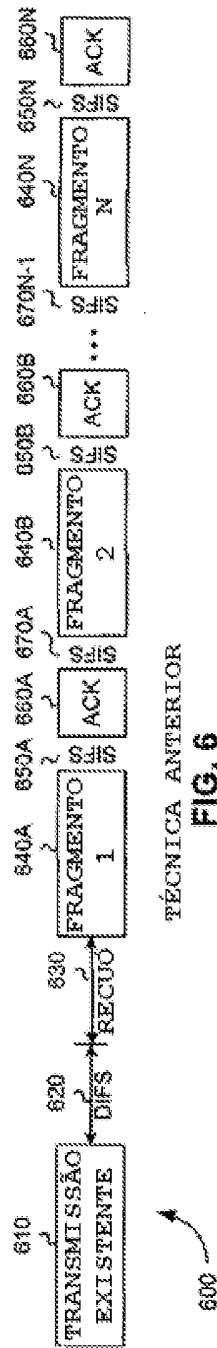
TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 3

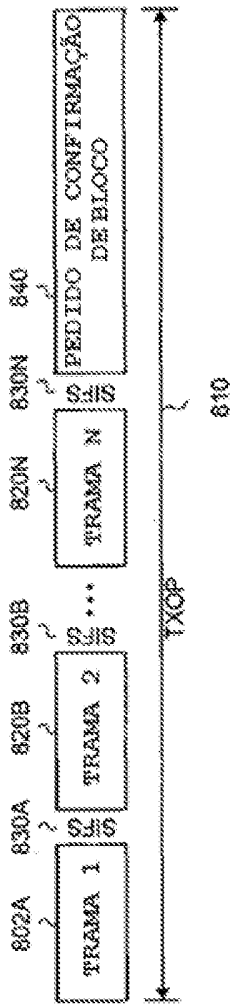


TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 4

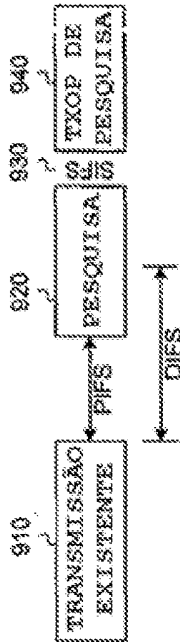


TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 5





TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 8



TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 9

900

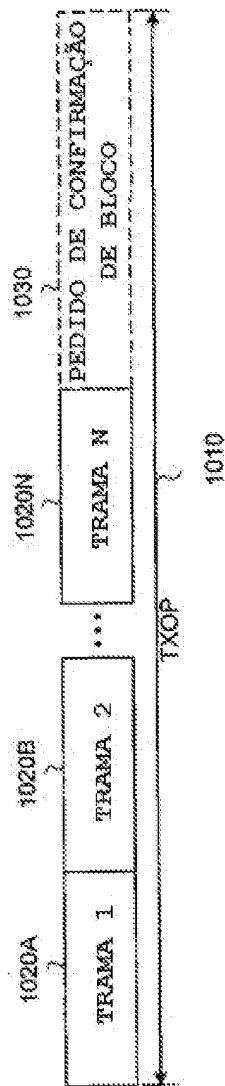


FIG. 10

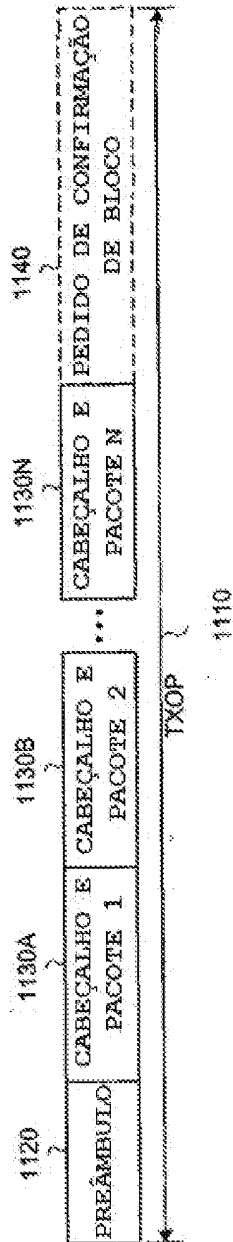


FIG. 11

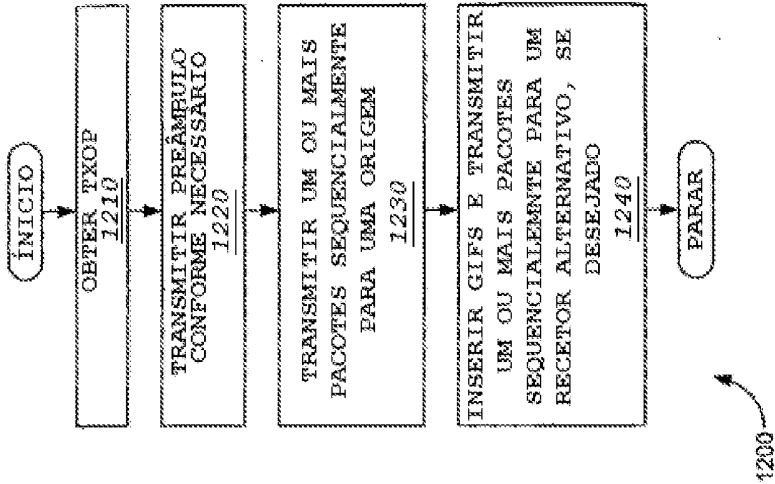
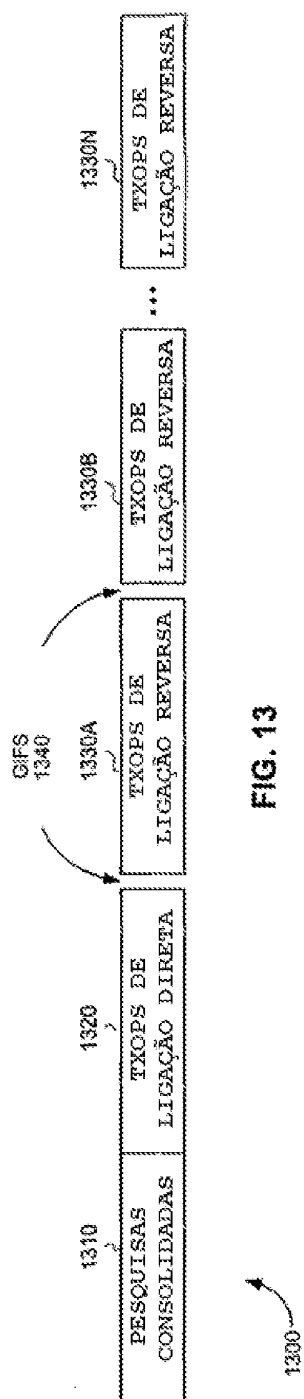


FIG. 12



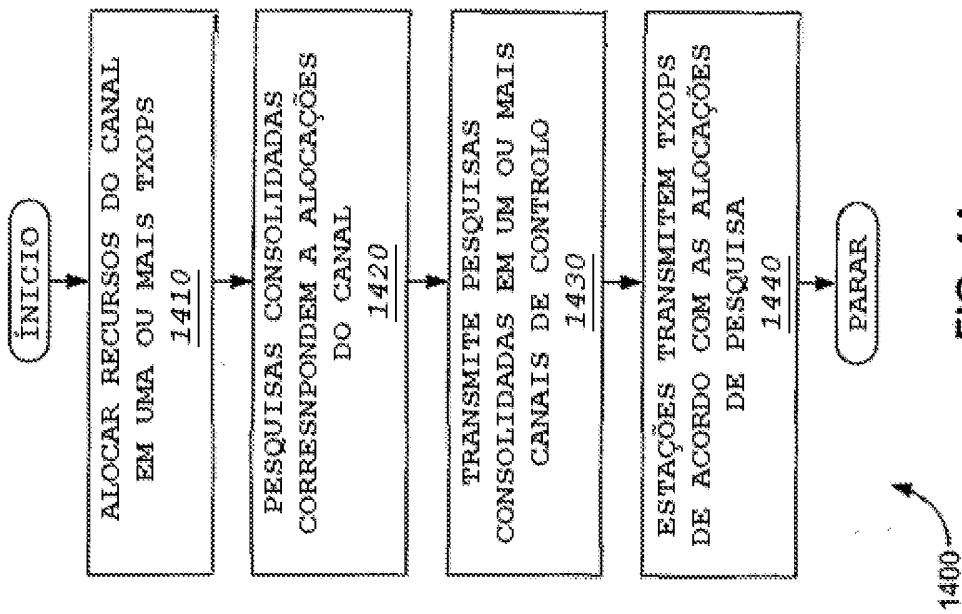


FIG. 14

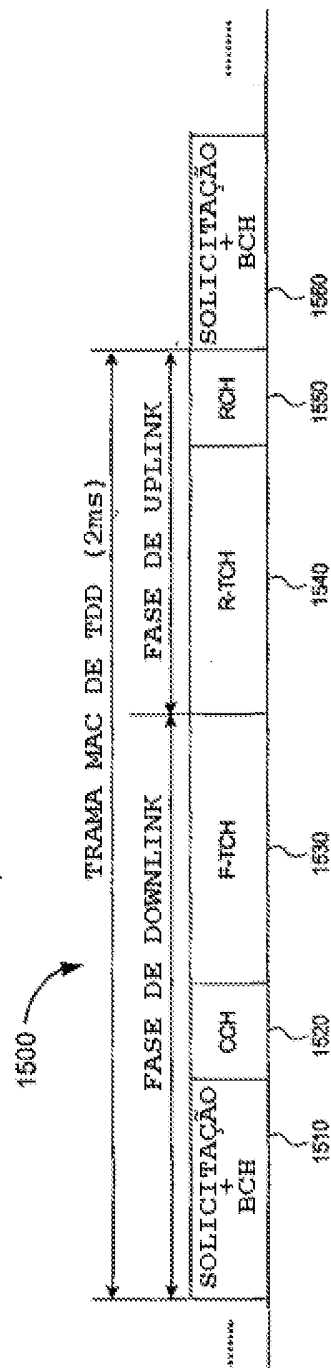


FIG. 15

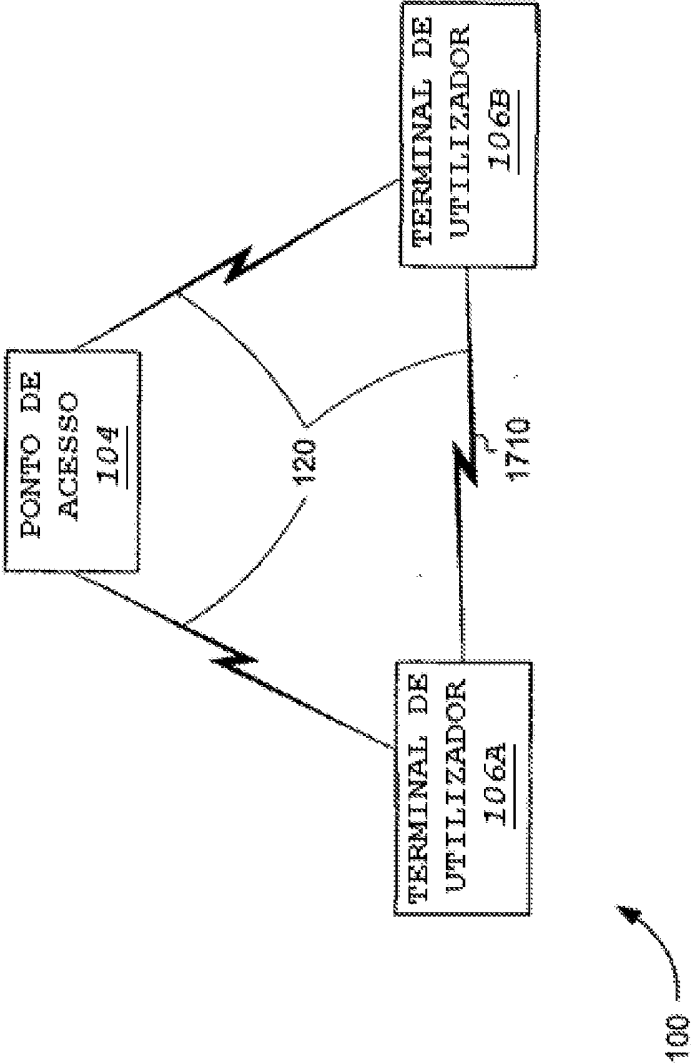
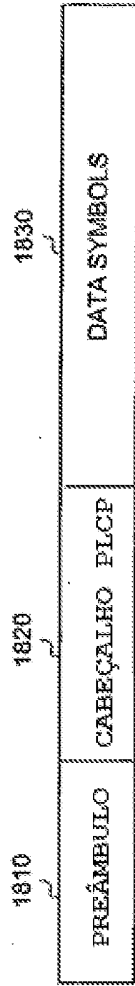


FIG. 17



TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 18

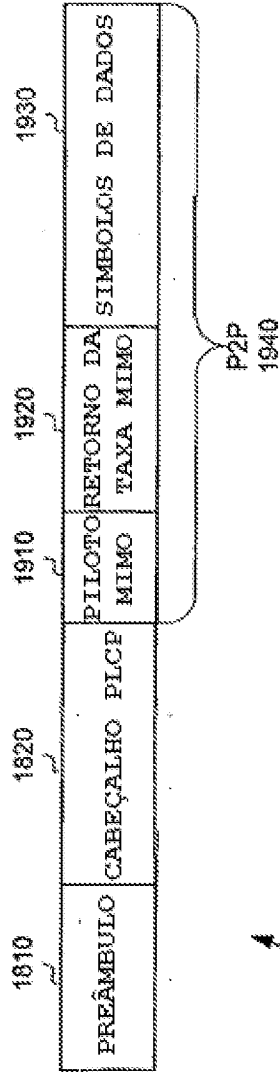


FIG. 19

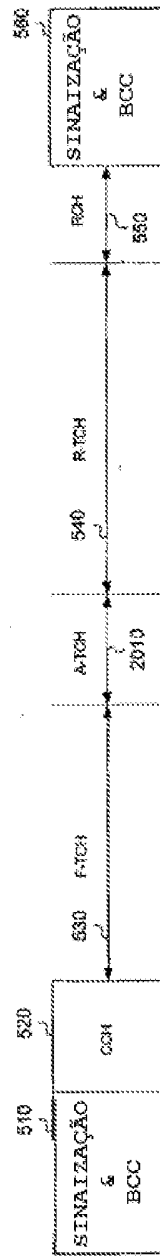


FIG. 20

2000

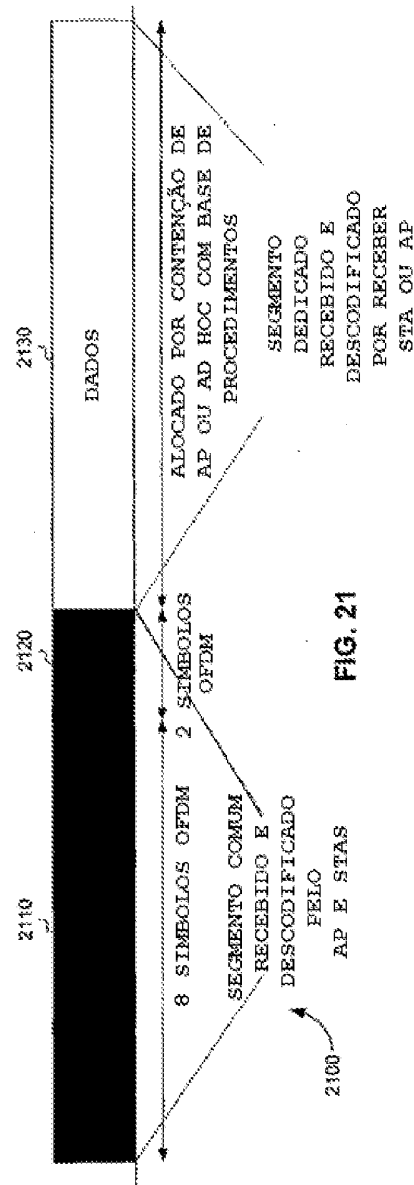


FIG. 21

2100

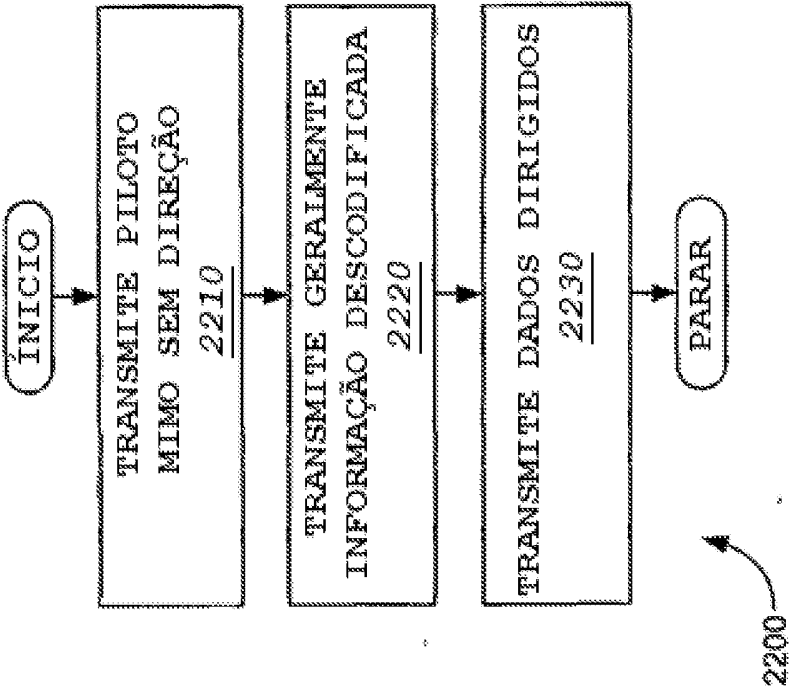


FIG. 22

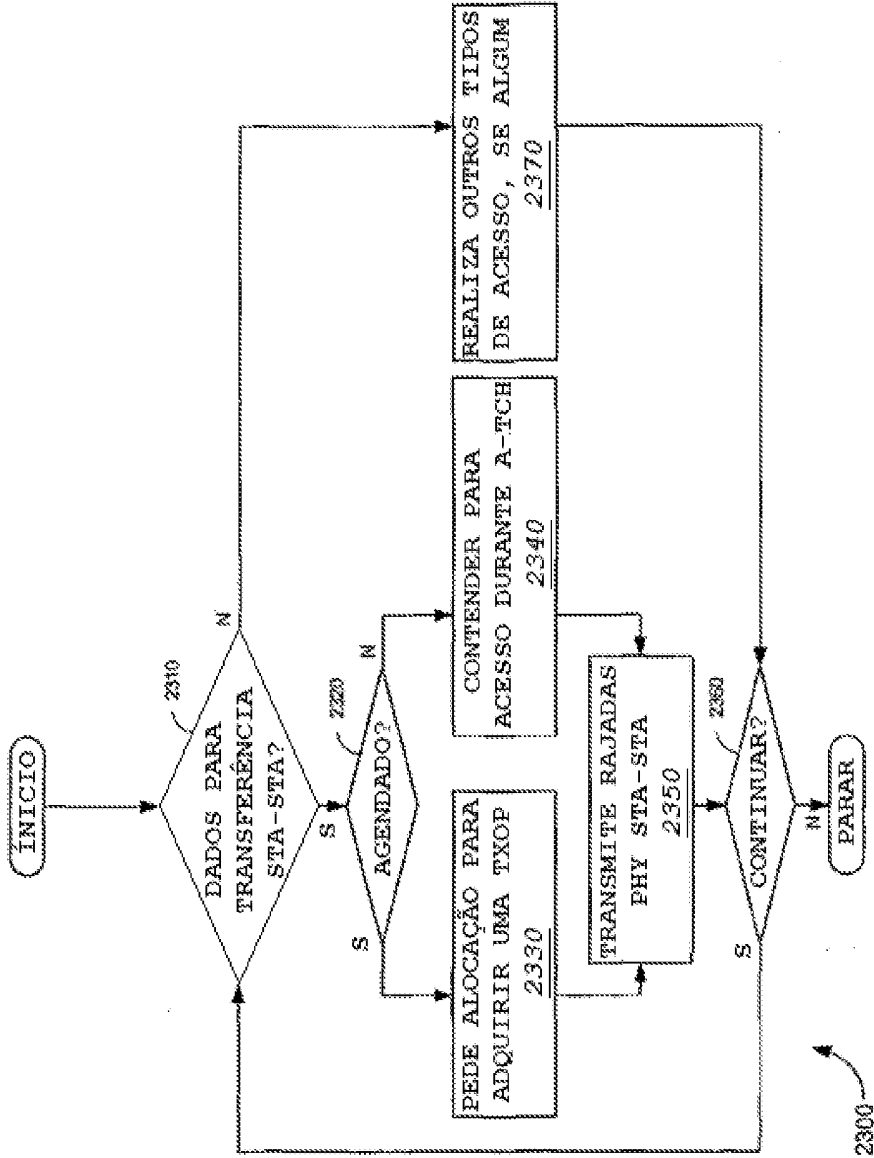
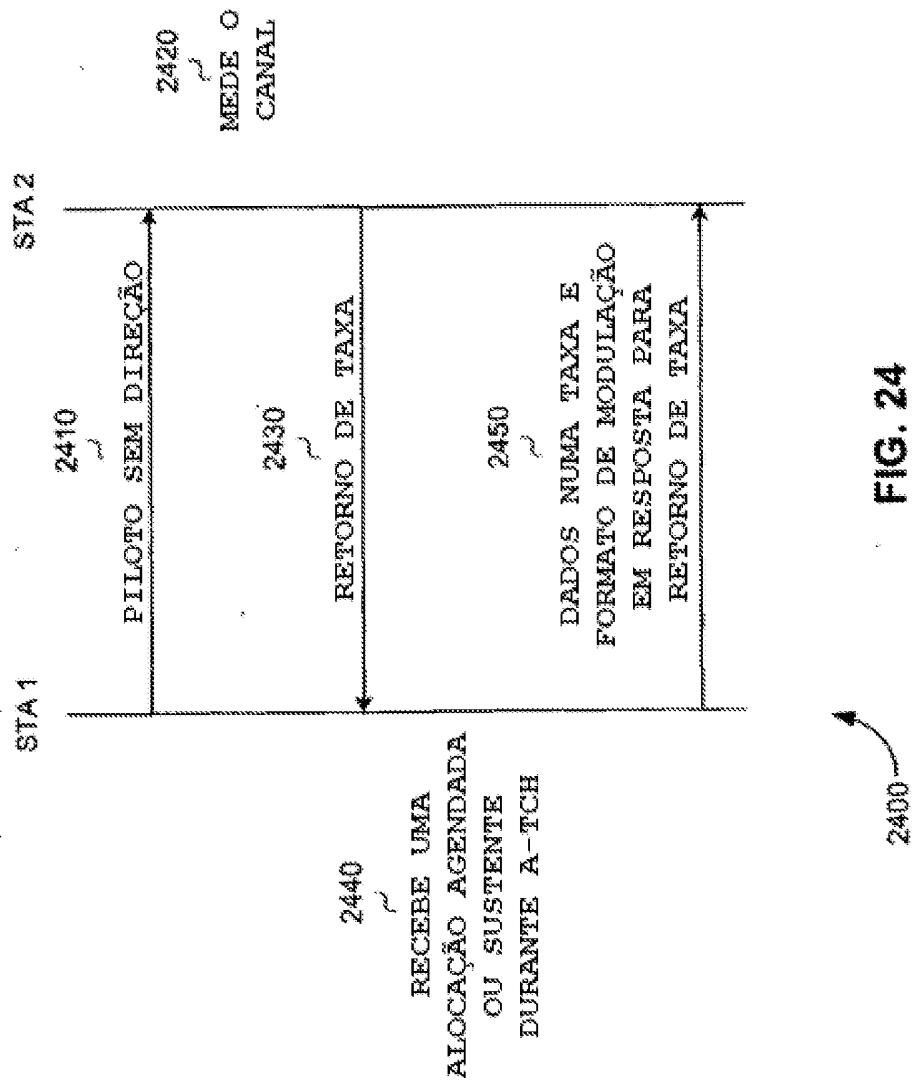


FIG. 23



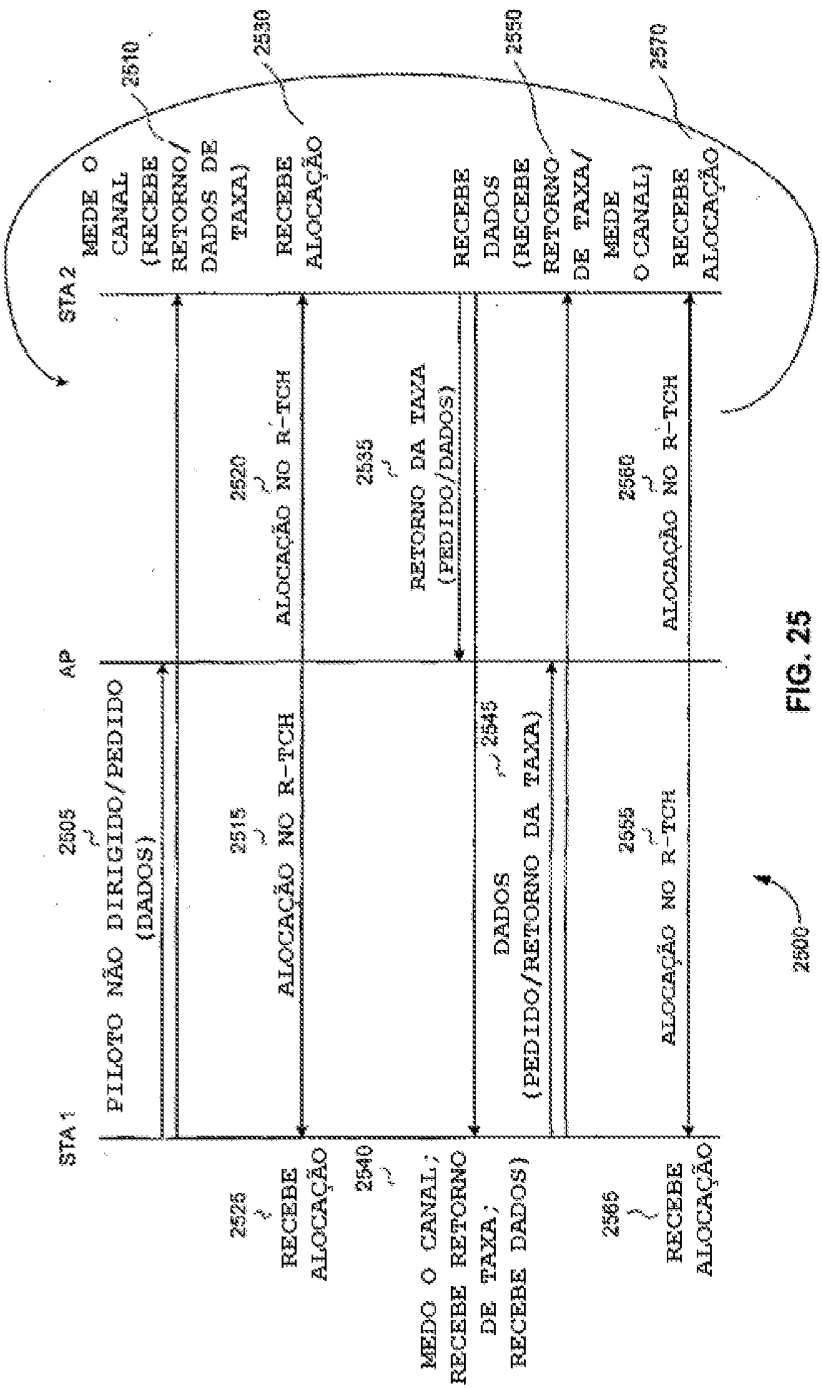


FIG. 25

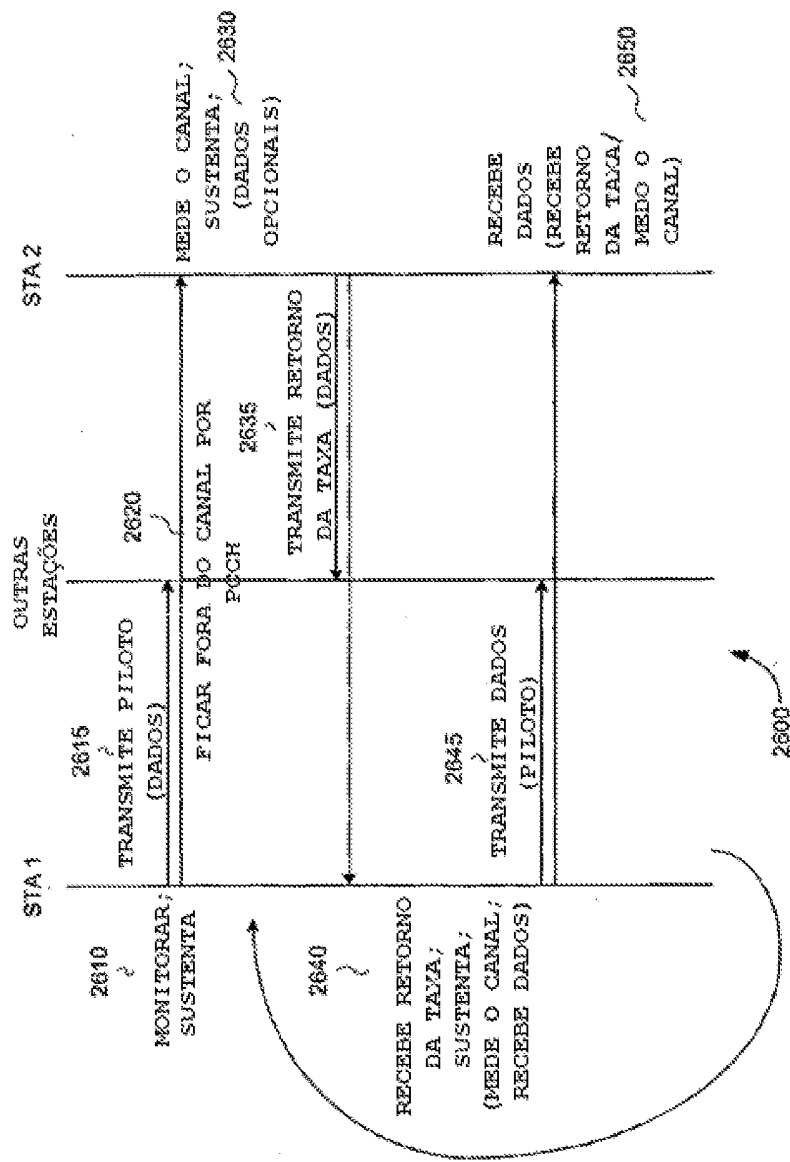


FIG. 26

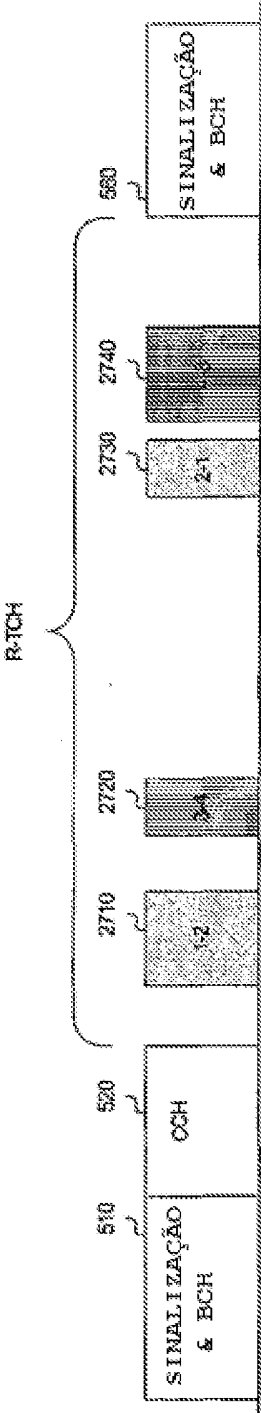


FIG. 27

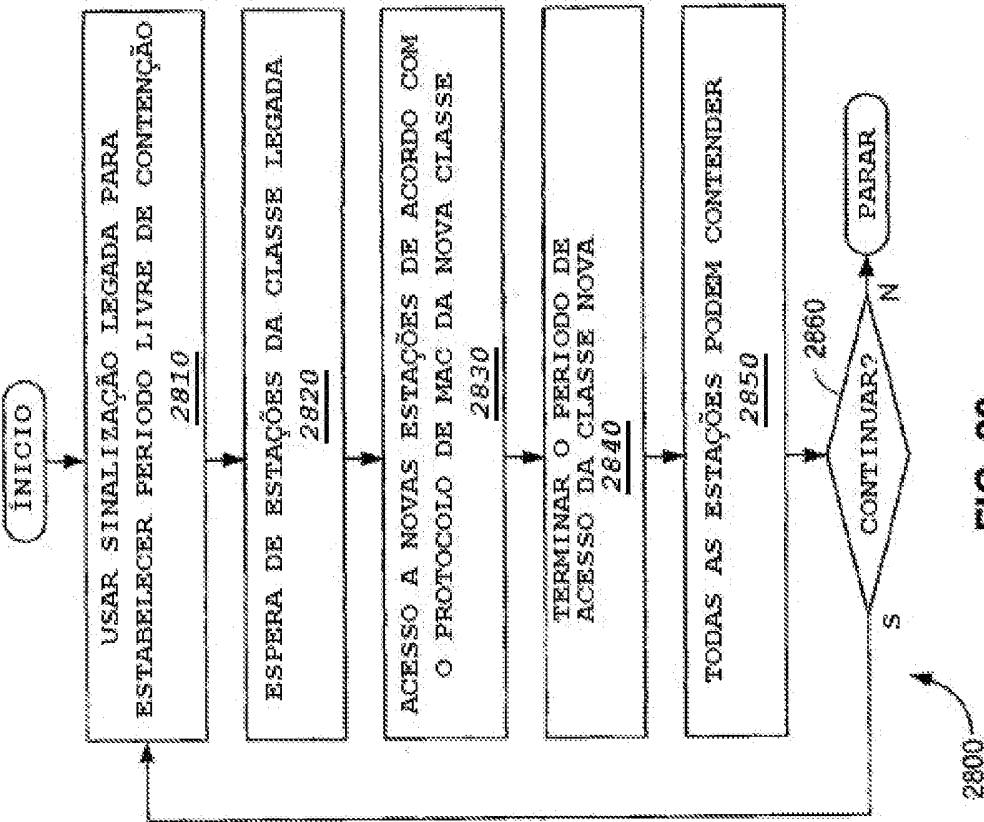


FIG. 28

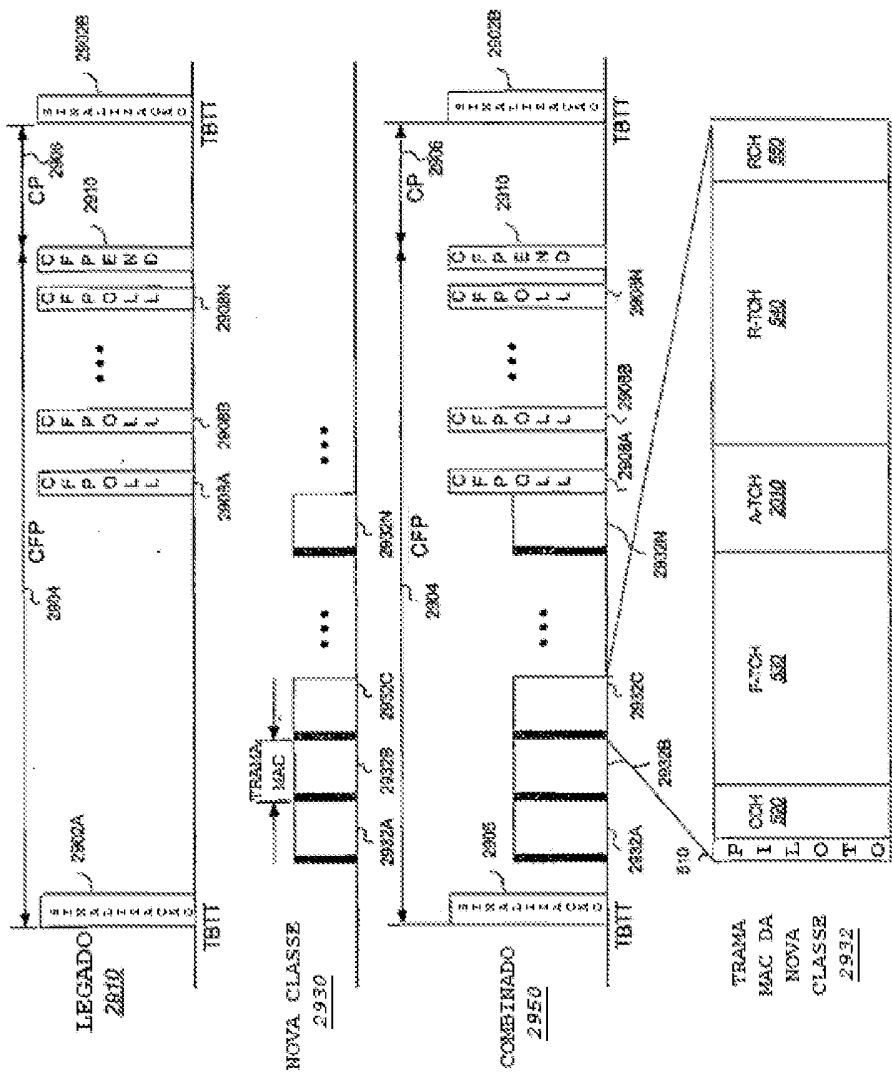


FIG. 29

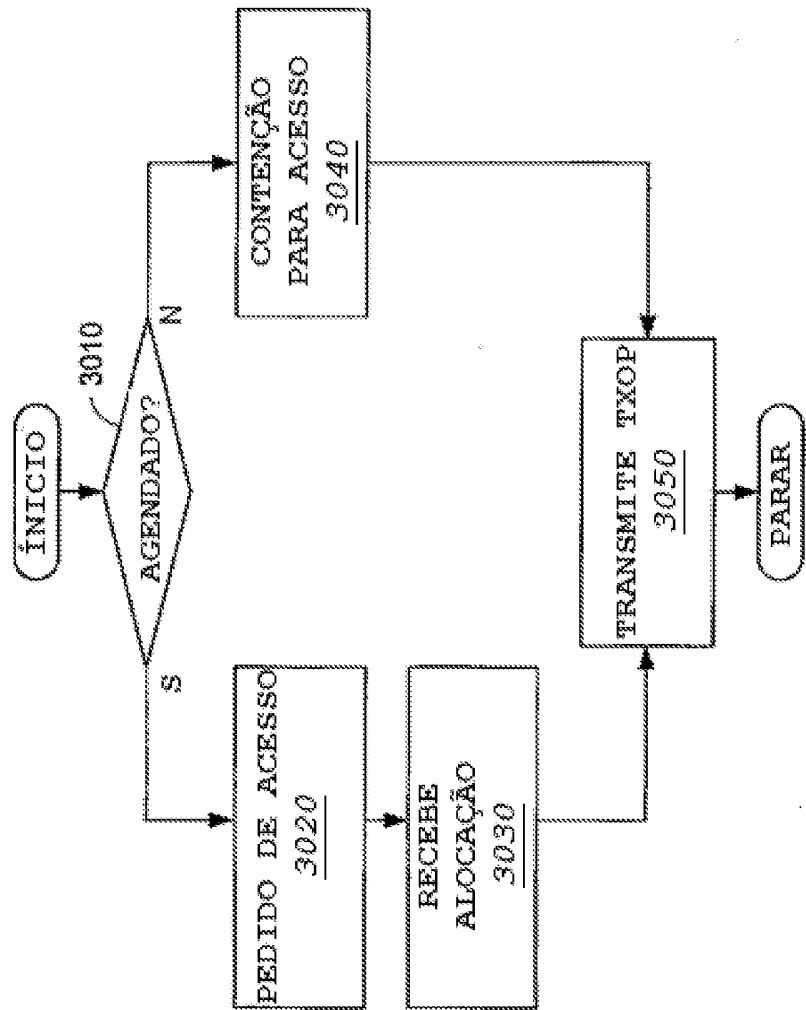


FIG. 30

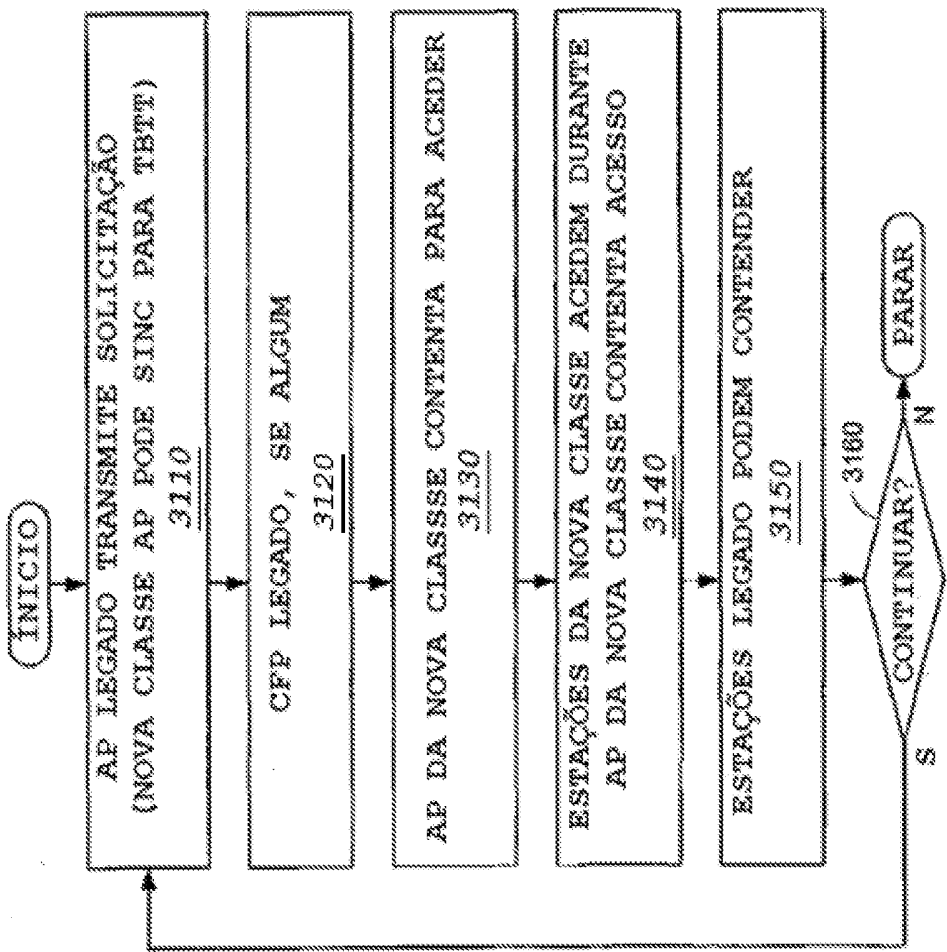


FIG. 31

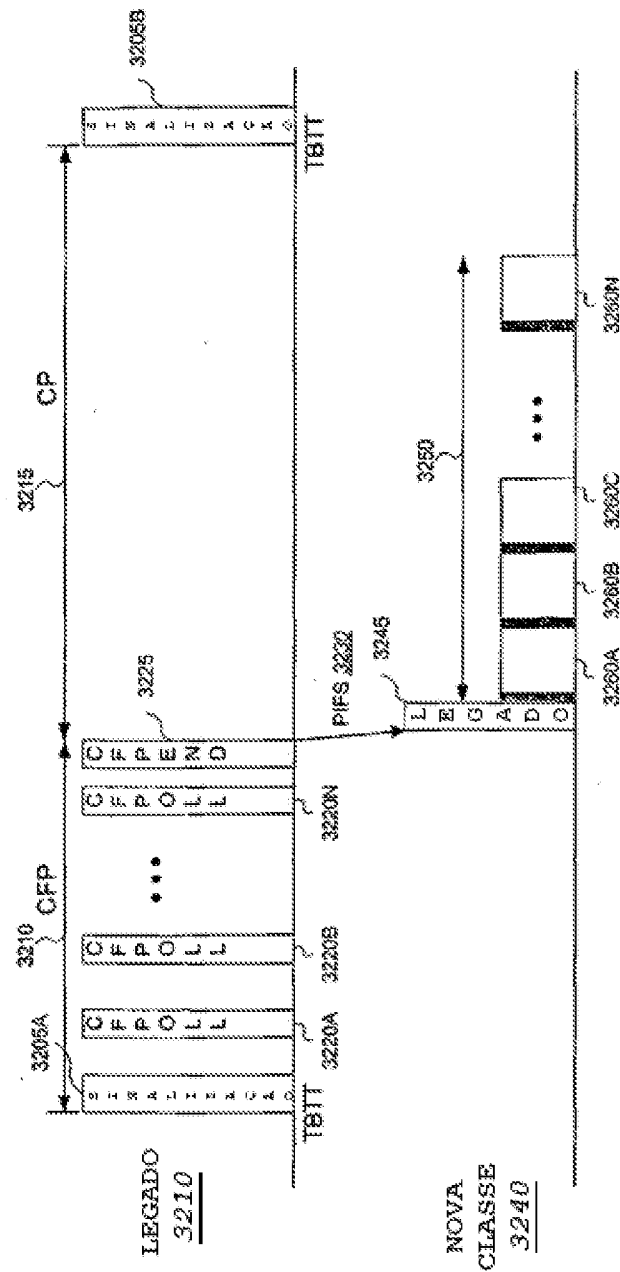


FIG. 32

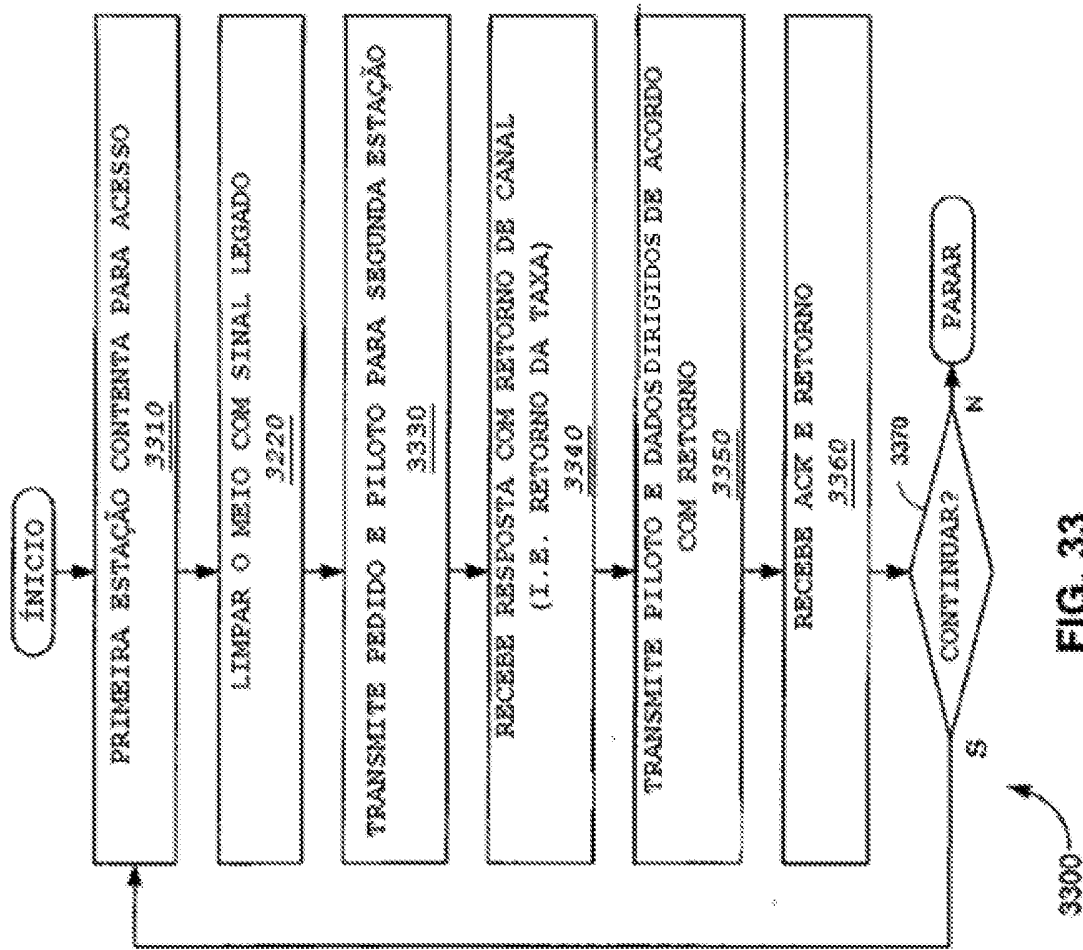


FIG. 33

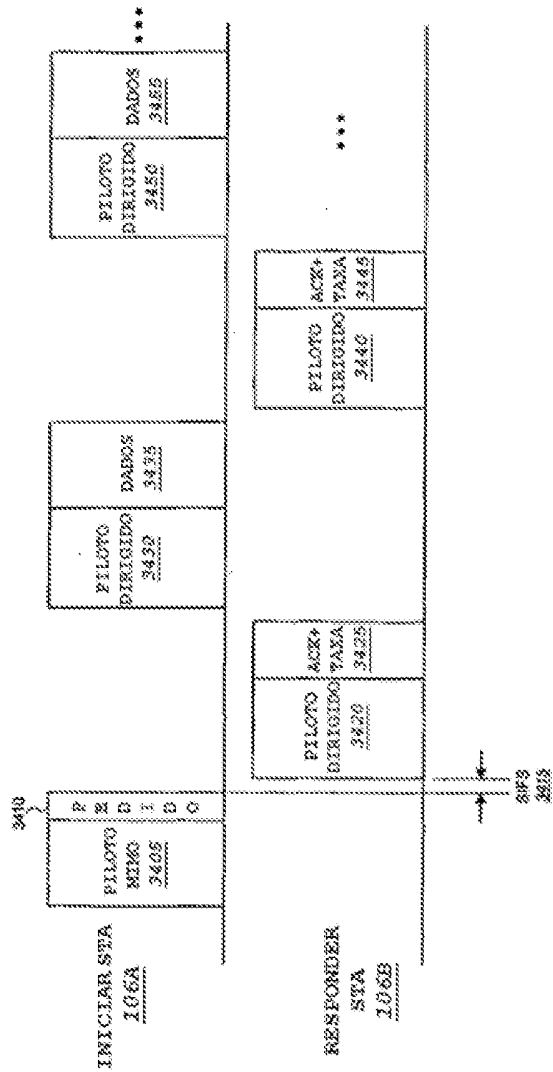


FIG. 34

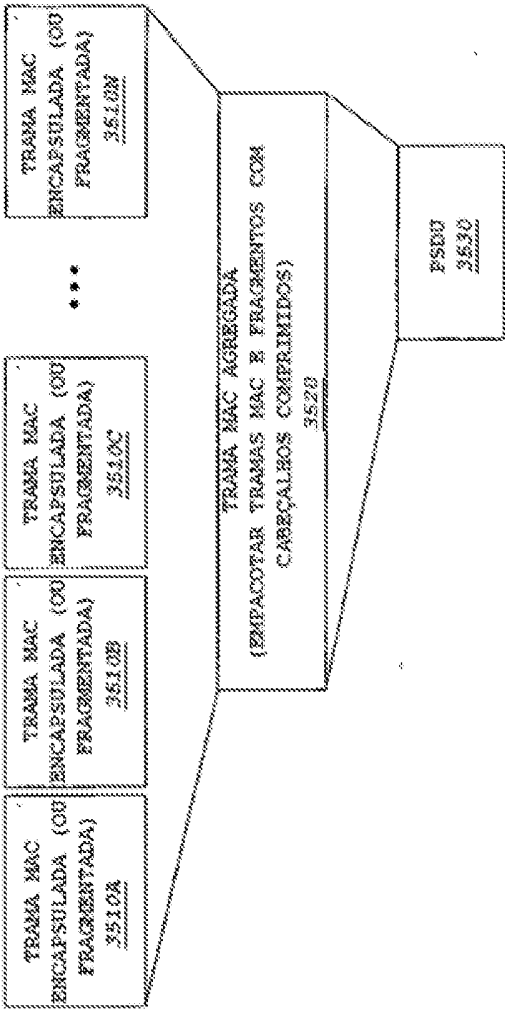
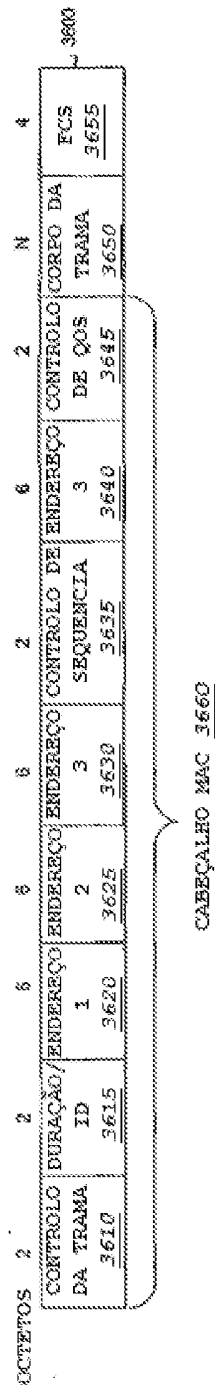
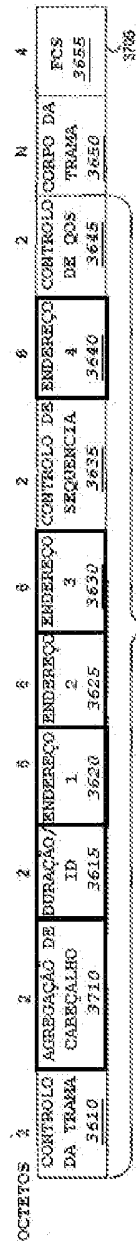


FIG. 35



TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 36



BTS		2	2	12
TIPO DE AGREGAÇÃO DE CABEÇALHO		RESERVADO		TAMANHO
4010		4020		4030

FIG. 40

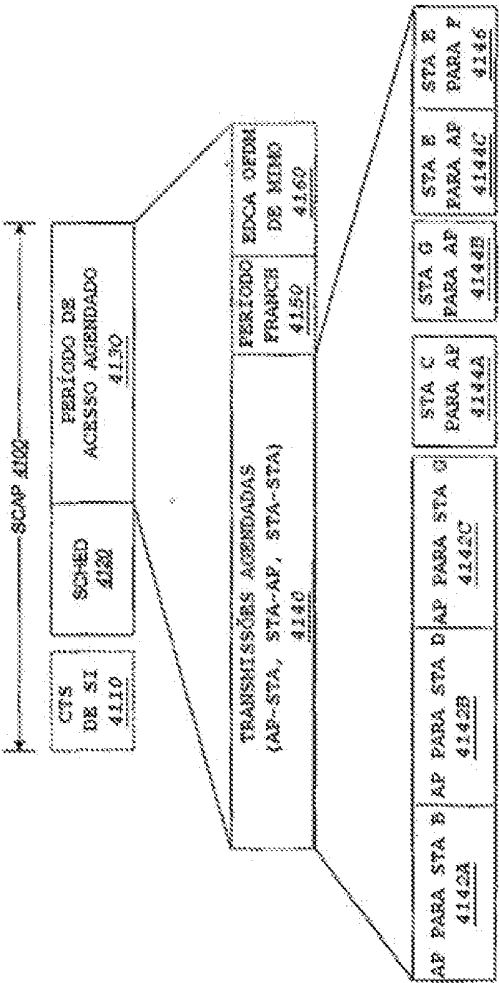


FIG. 41

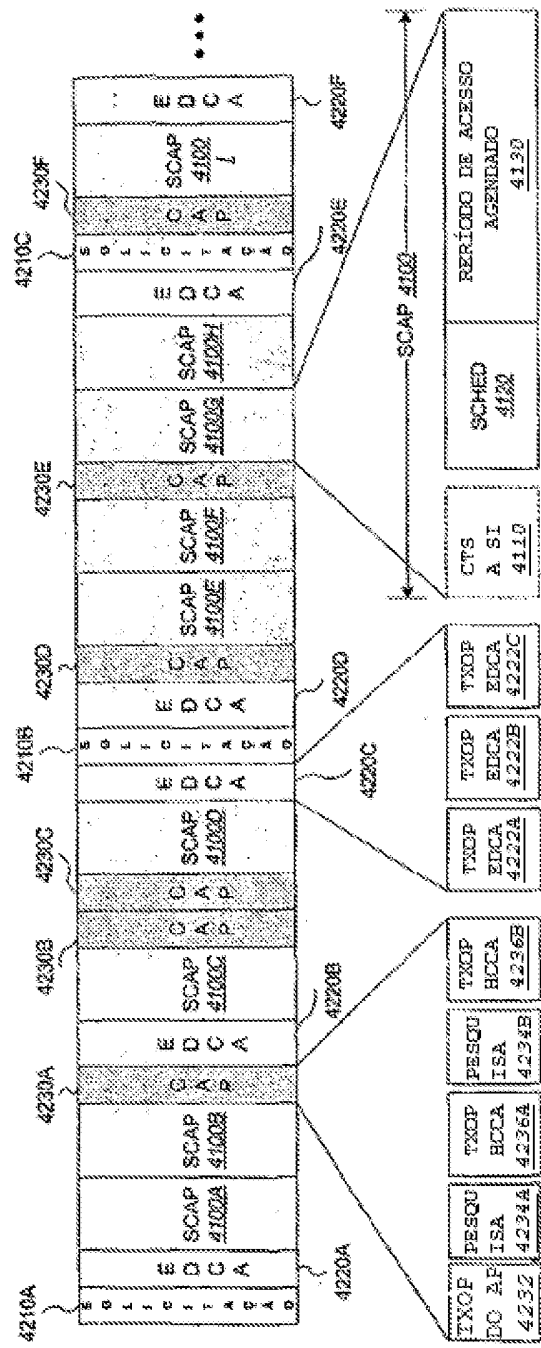


FIG. 42

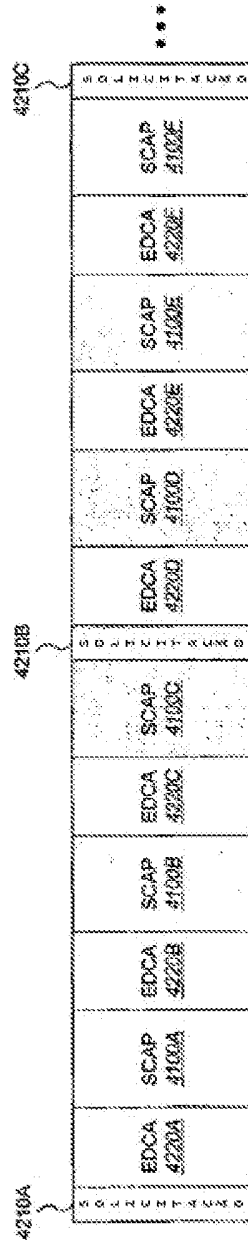


FIG. 43

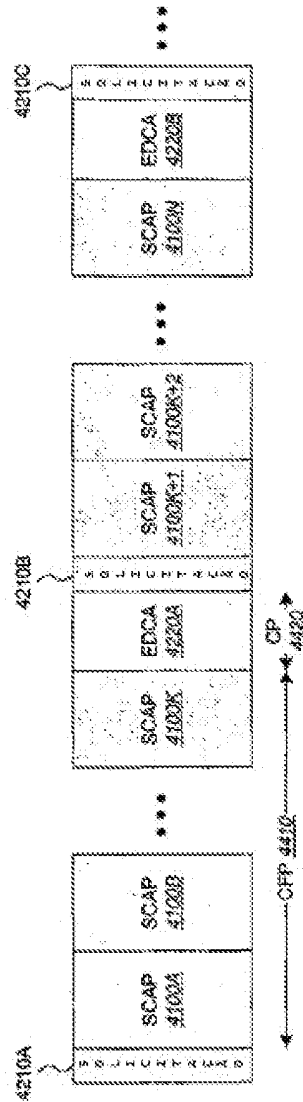


FIG. 44

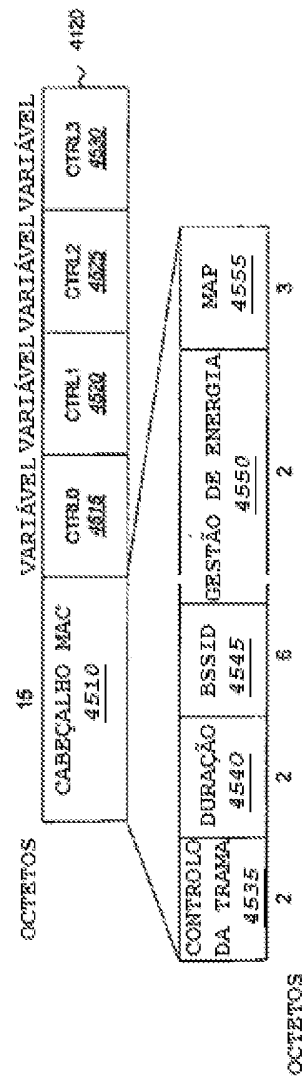


FIG. 45

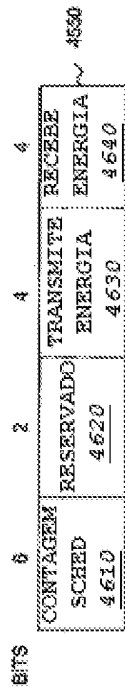


FIG. 46

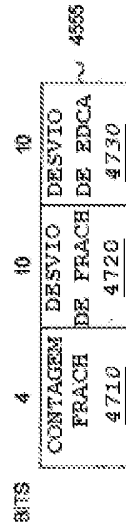


FIG. 47

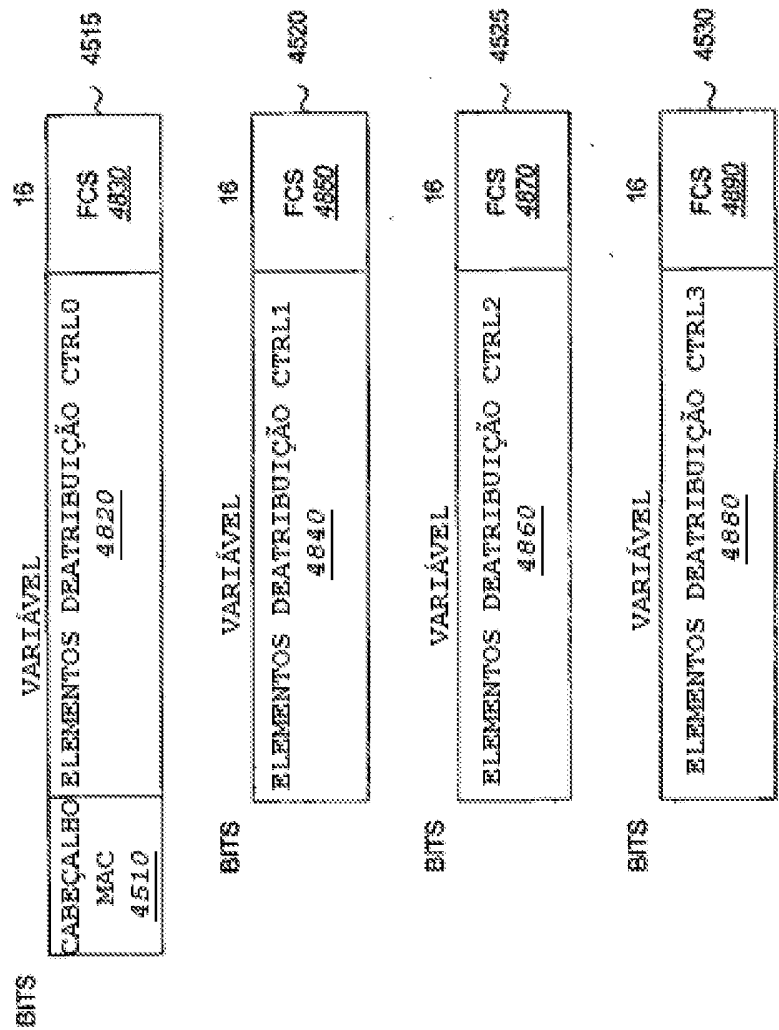
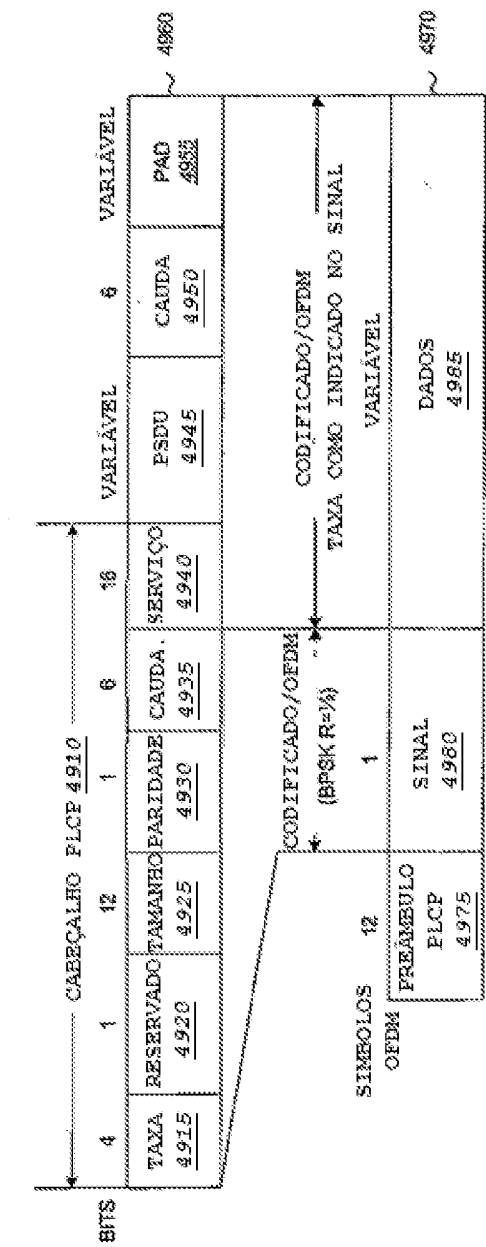


FIG. 48



TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 49

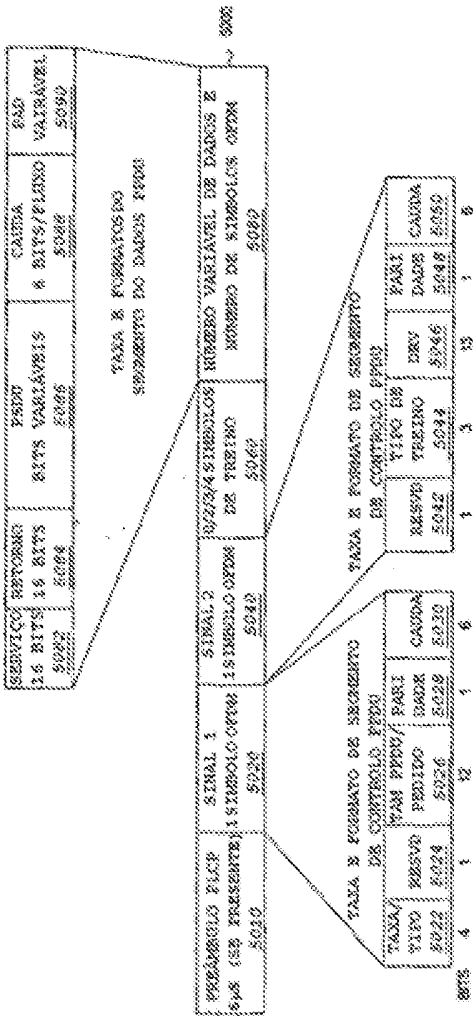
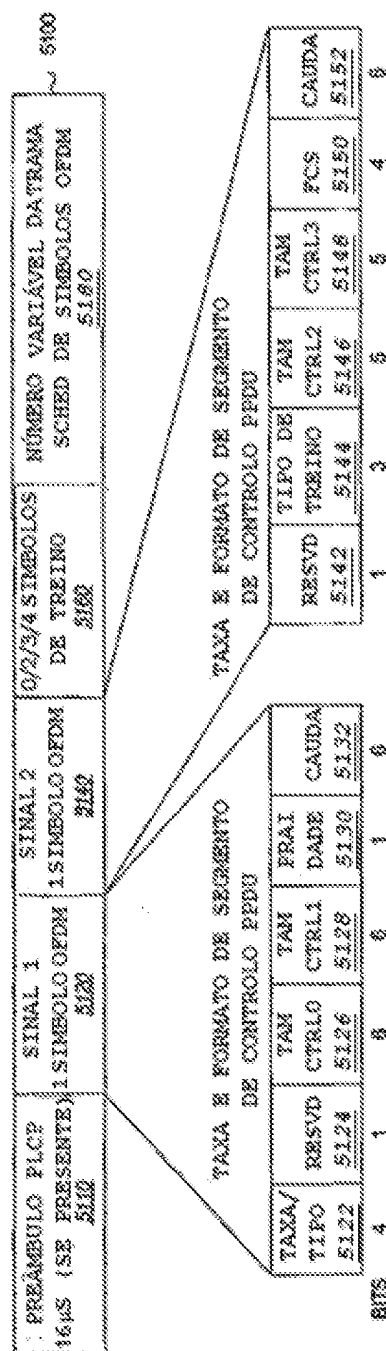


FIG. 50



506

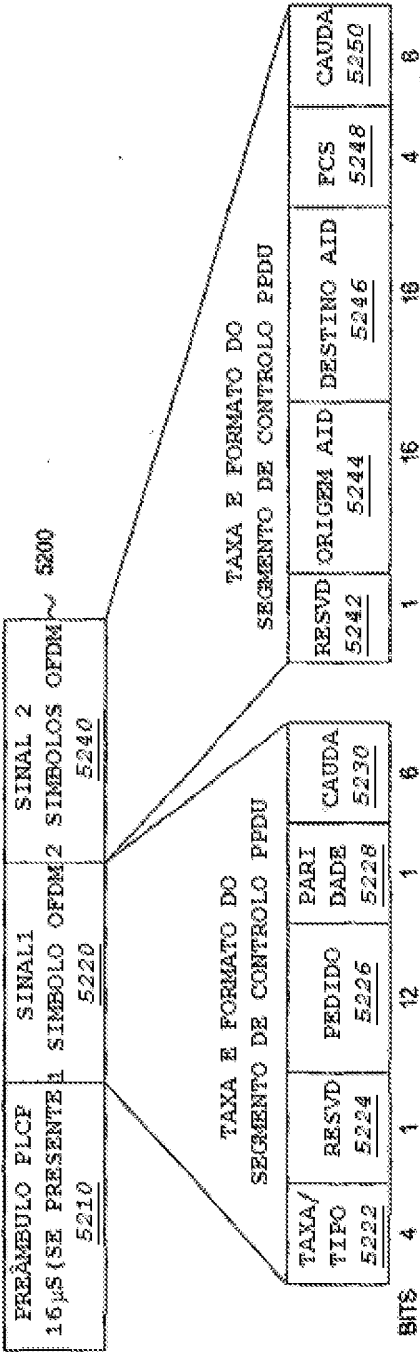


FIG. 52

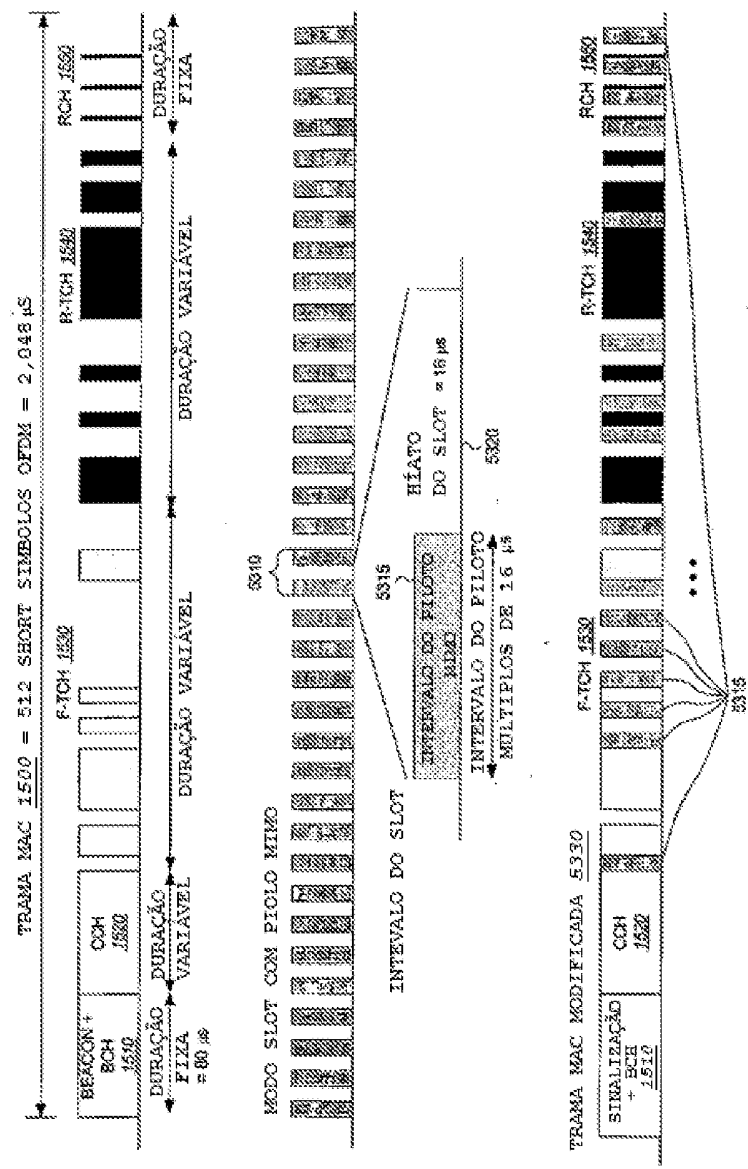


FIG. 53

REFERÊNCIAS CITADAS NA DESCRIÇÃO

Esta lista de referências citadas pelo requerente é apenas para conveniência do leitor. A mesma não faz parte do documento da patente Europeia. Ainda que tenha sido tomado o devido cuidado ao compilar as referências, podem não estar excluídos erros ou omissões e o IEP declina quaisquer responsabilidades a esse respeito.

Documentos de patentes citadas na descrição

- | | |
|-----------------|-----------------|
| * US 60511750 B | * US 60576545 B |
| * US 60511904 B | * US 60588641 B |
| * US 60513239 B | * US 60600960 B |
| * US 60526347 B | * US 6547237 B1 |
| * US 60526356 B | * US 65029503 A |
| * US 60532791 B | * US 6493331 B |
| * US 60545963 B | |