

Redes sem Fio

Tecnologia em Redes de Computadores
Prof. Macêdo Firmino

Aula 08

Protocolo IEEE 802.11 (Wi-Fi)

“Não espere por uma crise para descobrir o que é importante em sua vida.” (Platão)

O que Aprenderemos?

- Compreender o funcionamento do protocolo IEEE 802.11.
- Identificar os principais padrões da família 802.11.
- Diferenciar os modos de operação do Wi-Fi.
- Reconhecer os aspectos de frequência, desempenho e principais característica das camadas física e de enlace.



Recaptulando..

Após compreendermos que as ondas eletromagnéticas podem ser utilizadas como meio para transportar informações, investigarmos como são geradas, como podem ser emitidas e captadas por meio de antenas, e analisarmos seu comportamento e os fenômenos físicos associados à propagação, passamos agora a discutir os protocolos de comunicação (conjuntos de regras e padrões) que operam sobre essa tecnologia para viabilizar a transmissão de dados.

Introdução

A primeira versão do protocolo IEEE 802.11, popularmente conhecido como Wi-Fi, foi publicada em 1997, oferecendo taxas de transmissão de até 2 Mbps. Ela é voltada para redes locais sem fio (WLANs). O protocolo IEEE 802.11 especifica tanto os aspectos físicos quanto os de enlace da comunicação sem fio. Ele define como os dispositivos transmitem e recebem dados por meio de ondas de rádio, operando principalmente nas faixas de frequência de 2,4 GHz e 5 GHz.

Arquitetura – Componentes

Os principais componentes da arquitetura:

- Estação (STA - Station): é qualquer dispositivo que possui uma interface do padrão IEEE 802.11. Isso inclui notebooks, smartphones, impressoras, câmeras IP, entre outros.
- Ponto de Acesso (Access Point - AP): é um dispositivo que atua como intermediário entre as estações sem fio e a rede cabeada, controlando o acesso ao meio e gerenciando a comunicação dentro da célula sem fio. Ele realiza funções de autenticação, associação e retransmissão de quadros.



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE

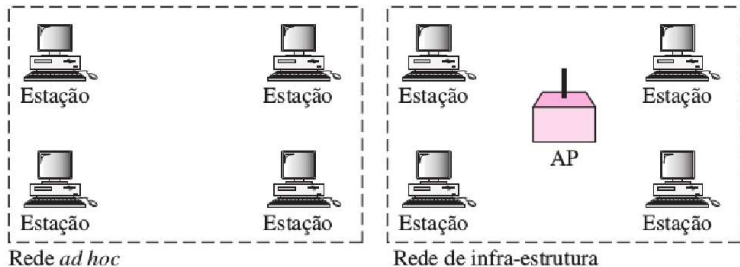
Arquitetura – Modo de Operação

O protocolo 802.11 suporta vários modos de operação, os principais são:

- Infraestrutura: todos os dispositivos sem fio se comunicam através de um ponto de acesso. Esse é o modo mais comum usado em redes Wi-Fi. Todas as comunicações passam obrigatoriamente pelo ponto de acesso;
- Ad-hoc: as estações se comunicam diretamente, sem a necessidade de um ponto de acesso. É útil para redes temporárias ou de emergência, mas possui limitações em escalabilidade e segurança.

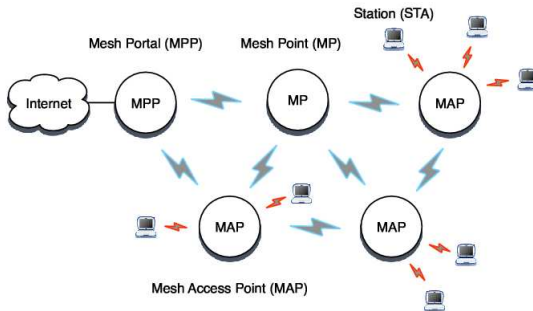


Arquitetura – Modo de Operação



Arquitetura – Modo de Operação

- Mesh: é caracterizada pela interconexão de vários nós sem fio, denominados Mesh Points (MPs), que se comunicam diretamente entre si, formando uma topologia de malha. Esta configuração é utilizada para estender a cobertura de rede sem a necessidade de infraestrutura adicional. Alguns dispositivos na rede pode retransmitir dados através da rede, até que a informação alcance seu destino.

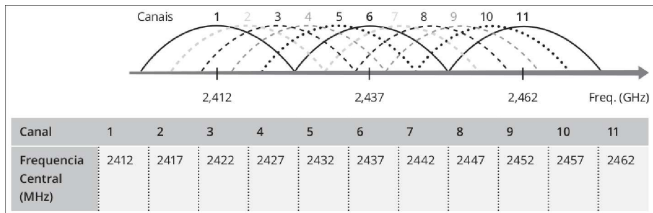


Faixas de Frequência do IEEE 802.11

O protocolo 802.11 utiliza várias faixas de frequência, as principais bandas de frequência são 2.4 GHz e 5 GHz. Estas duas faixas são do espectro de uso não licenciado, chamadas Industrial, *Scientific and Medical* (ISM). Elas podem ser usadas por qualquer dispositivo, contanto que a potência transmitida não ultrapasse certos valores legais.

Utiliza uma faixa de frequência de 2.412 a 2.462 GHz, divididas em 11 canais com largura de banda do Canal de 5 MHz. Quando se pretende instalar vários pontos de acesso próximos, é sugerido o uso dos canais 1, 6 e 11, chamados canais ortogonais ou não interferentes.

- Vantagens: têm maior alcance e melhor penetração através de obstáculos, e compatibilidade com muitos dispositivos, incluindo equipamentos mais antigos.
- Desvantagens: a banda de 2.4 GHz é usada por muitos dispositivos, como micro-ondas, telefones sem fio e dispositivos Bluetooth, o que pode causar interferência e congestionamento.



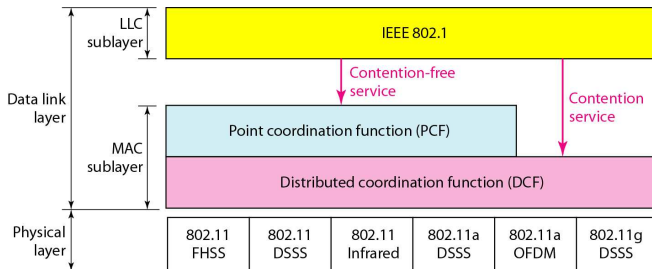
Na faixa de 5 GHz é utilizado 24 canais alocados entre 5.170 MHz e 5.825 MHz, sendo o primeiro o canal (chamado de 36) com frequência central 5.180 MHz. A largura de canais é de 10 MHz até 160 MHz (em 802.11ac e 802.11ax) com agrupamento de canais.

- Vantagens: mais canais não sobrepostos e suporte para canais mais largos permitem maiores taxas de transferência de dados. Menos dispositivos operam na banda de 5 GHz, resultando em menos interferência e congestionamento.
- Desvantagens: as ondas de rádio na banda de 5 GHz têm menor alcance e menor capacidade de penetração através de obstáculos.



IEEE 802.11 – Camadas

O padrão IEEE 802.11 descreve a várias camadas físicas e uma camada de enlace. A camada de enlace é subdividida em subcamada de controle (LLC) e subcamada de acesso (MAC).



Camada Física

A camada física é responsável por:

- Banda de Frequência: 2.4 GHz e 5 GHz;
- Modulação: PSK e QAM;
- Técnicas: FHSS, DSSS, OFDM, OFDMA, MIMO e MU-MIMO;
- Taxa de Transmissão: podem variar de 1 Mbps no 802.11 original até 46 Gbps no 802.11be;



IEEE 802.11 Legado

O padrão IEEE 802.11 original incorpora três descrições de camada física, sendo que uma delas, que utiliza luz infravermelha, e suportaria apenas a taxa de 1 Mbps, nunca chegou a ser implementada.

As outras duas PHYs usam sinais de radiofrequência (RF) e a técnica de espalhamento espectral, Frequency-Hopping Spread Spectrum (FHSS) e Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS). Apresentam taxas de transmissão de 1 e 2 Mbps.



IEEE 802.11a

O padrão 802.11a possui taxas de transmissão: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 e 54 Mbps. Para isso, utilizada a técnica Orthogonal Frequency-Division Multiplexing (OFDM). As frequências utilizadas por esse padrão estão nas faixas de 5GHz. Toda a banda é dividida em 52 subfaixas, sendo 48 para dados e 4 para controle. A modulação é a PSK (até 18 Mbps) e QAM (até 54 Mbps).



IEEE 802.11b

Uma nova proposta de camadas físicas (IEEE 802.11b) com High Rate Direct Spread Spectrum (HR/DSSS) conseguindo alcançar taxas de até 11 Mbps. Opera na faixa de 2,4 GHz. A modulação é a BPSK (1 Mbps), QPSK (2Mbps), BPSK com CCK de 4 bits (5,5 Mbps) e QPSK com CCK de 8 bits (11 Mbps).



IEEE 802.11g

Sua grande vantagem foi elevar as taxas de transmissão até o patamar de 54 Mbps utilizando a codificação OFDM na faixa de frequências de 2,4 GHz. A rigor, o IEEE 802.11g oferece um conjunto de especificações de camada física agrupadas sobre o que se convencionou chamar Extended-Rate PHY (ERP): ERP-DSSS e ERP-CCK (1, 2, 5,5 e 11 Mbps) e ERP-OFDM (6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 e 54 Mbps). Foi um sucesso de vendas e impulsionou a tecnologia.



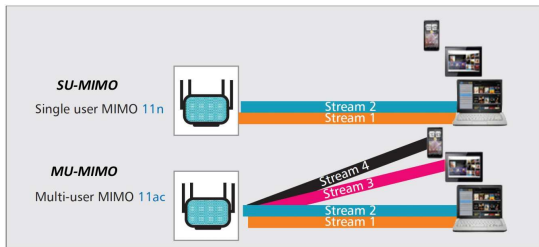
Alcança taxas de transmissão de 600 Mbps (HT-MIMO-OFDM com modulação 64-QAM) incluindo o uso de até 4 antenas simultaneamente (SU-MIMO), o aumento da largura do canal (para 40 MHz) e a possibilidade de agregação de quadros. Opera nas faixas de 2,4 GHz e 5 GHz.

MIMO usa múltiplas antenas no transmissor e receptor para aumentar a sensibilidade do sistema, através de um mecanismo chamado de “multiplexação espacial”.



IEEE 802.11ac

Poderá alcançar taxas de transmissão de até 1,3 Gbit/s (MU-MIMO com 8 antenas e modulação 256-QAM). Também aumenta a largura do canal (para 160 MHz) e a possibilidade de agregação de quadros. Permite até 4 transmissões simultâneas para vários usuários utilizando multiplexação por divisão de espaço (Spatial Division Multiplexing - SDM) e MU-MIMO. Opera nas faixas de 5 GHz.



IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6.0)

Esta versão opera nas faixas de 2,4 GHz e 5 GHz. O principal objetivo desse padrão foi aumentar o rendimento por área em cenários de alta densidade, como escritórios corporativos, shopping centers e apartamentos residenciais, e menor consumo de energia. Podendo alcançar taxas de transmissão de até 9,6 Gbps. Utiliza tecnologia OFDMA (da tecnologia celular), 1024-QAM, MU-MIMO e WPA3.



IEEE 802.11be (Wi-Fi 7.0)

A versão mais recente, operando nas faixas de 2,4 GHz, 5 e 6 GHz. Podendo alcança taxas de transmissão de até 46 Gbps, modulação 4096-QAM, suporte a canais de 320 MHz, melhor uso de OFDMA e MU-MIMO.



Camada de Enlace

A camada de Enlace IEEE 802.11 estabelece:

- O CSMA/CA (DCF) e método de acesso centralizado por meio de *polling* (PCF) para gerenciar o acesso ao meio compartilhado e evitar colisões de pacotes.
- Diferentes tipos de quadros, incluindo quadros de gerenciamento (para associação e autenticação), quadros de controle (para controle de acesso ao meio) e quadros de dados (para transmissão de dados de usuário).
- Endereçamento MAC;
- Define os procedimentos de autenticação e associação na rede.
- Protocolos de segurança como WPA, WPA2, e WPA3.



IEEE 802.11 – Subcamada DCF

O *Distributed Coordination Function* (DCF) usa o CSMA/CA modificado como método de acesso ao meio. A decisão de transmitir é tomada em cada estação. O CSMA/CA funciona da seguinte forma:

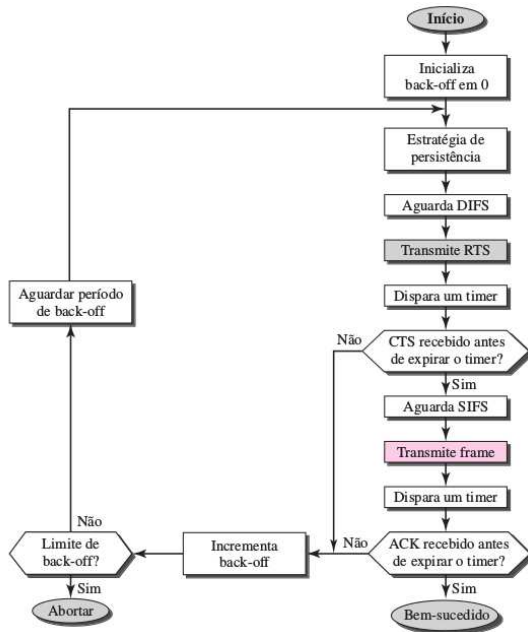
1. Antes de transmitir, a estação “escuta” o meio usando uma estratégia de persistência;
2. Após constatar que o canal está livre, a estação espera um período DIFS (*Distributed Interface Space*). Em seguida, envia um quadro de controle RTS (*Request to Send*);



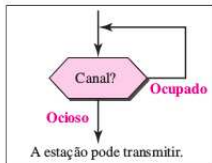
IEEE 802.11 – Subcamada DCF

3. Após receber o RTS, a estação de destino envia um *frame* de controle CTS (*Clear to Send*), para a estação de origem;
4. A estação de origem envia os frames de dados após aguardar um período SIFS (*Short Interframe Space*);
5. A estação de destino, envia um ACK (confirmação) para indicar que o quadro foi recebido com sucesso.
6. Fim da transmissão.

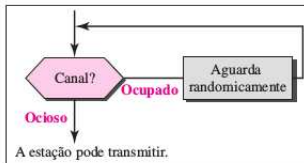
Caso algum erro, não receber o CTS ou ACK ou estourar o temporizador, é aumentado o back-off (tentativa), verifica se não estourou o limite de tentativas, espera um tempo e tenta novamente a transmissão.



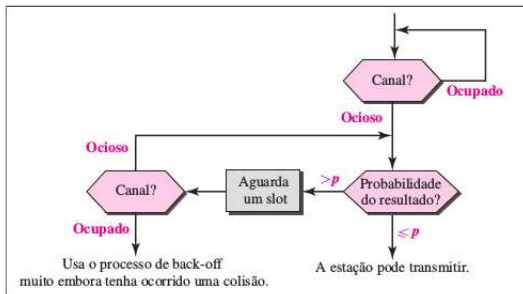
São três possibilidades de estratégias de persistência, são elas:



a. 1-persistent



b. Nonpersistent



c. p -persistent

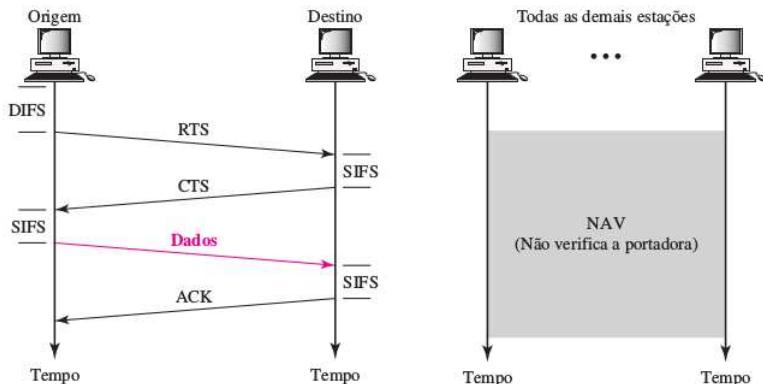
IEEE 802.11 – Subcamada DCF (NAV)

O NAV (Network Allocation Vector) é um temporizador mantido por cada dispositivo em uma rede 802.11. Ele indica o tempo durante o qual o meio de transmissão estará ocupado com uma comunicação em andamento. Durante o período indicado pelo NAV, o dispositivo considera o meio ocupado e se abstém de tentar transmitir dados e pode entrar em baixo consumo de energia.

Quando dispositivos recebem mensagens de controle (RTS e CTS) com informações temporais de comunicação e não irá participar da comunicação, a estação entra em estado de NAV.



IEEE 802.11 – Subcamada DCF (NAV)



IEEE 802.11 – Subcamada PCF

O PCF (*Point Coordination Function*) é um método que só pode ser implementado em rede com infra-estrutura. Ele oferece suporte à transmissão sensíveis ao atraso, como voz e vídeo. O PCF é implementado com um controle centralizado (pelo AP) por meio de *polling*, dessa forma, não existe a possibilidade de colisão. O AP faz varredura (*polling*) em todas as estações perguntando a cada uma se desejam transmitir.



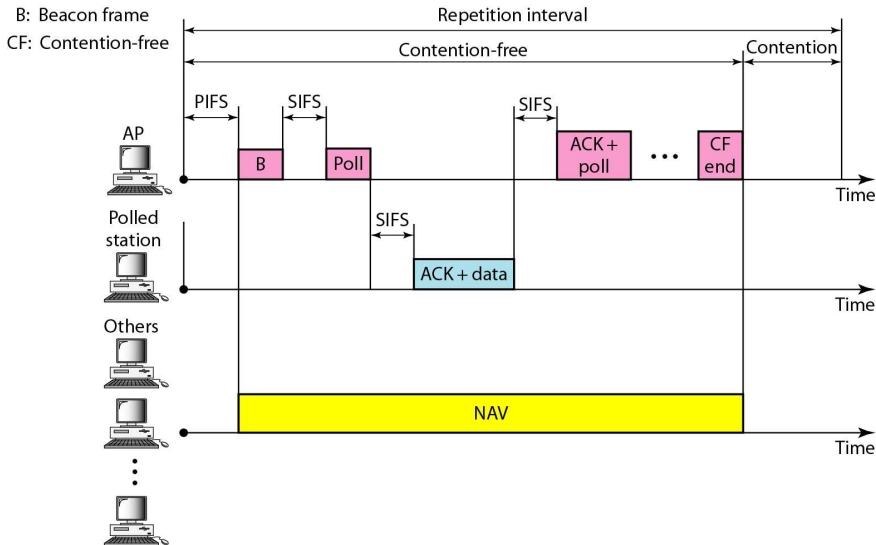
IEEE 802.11 – Subcamada PCF

O PCF é implementado em conjunto com o DCF (através de intervalos de repetição), entretanto o PCF tem prioridade. Essa prioridade é feita através de temporizadores (PIFS e SIFS). O SIFS é o mesmo que o do PCF, mas o PIFS é mais curto.

No intervalo de repetição, inicia com um quadro de controle **beacon** (sinalização). O AP pode enviar um frame de pool, receber dados, transmitir ACKs. Ao final do período de contenção (PCF), o AP envia um quadro CF, informando o fim do PCF. Agora as demais estações baseadas em DCF podem utilizar o meio de transmissão.



IEEE 802.11 – Subcamada PCF



Dúvidas



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE