

LANs sem fios

FEUP – 2003
MPR

Acknowledgements

- ◆ Based on Jochen Schiller slides

- ◆ Supporting text
 - » Jochen Schiller, “Mobile Communications”, Addison-Wesley
 - » Chapter 7 – Wireless LAN

Características das LANs sem fios

- ◆ Vantagens sobre LANS c/ fios
 - » Flexibilidade na recepção
 - » Redes espontâneas, sem planeamento prévio
 - » Dispensa cablagem
 - » Robustez em situações de desastre

- ◆ Desvantagens
 - » Débitos menores (1-10 Mbit/s)
 - » Muitas soluções proprietárias
 - » Diversidade de operação

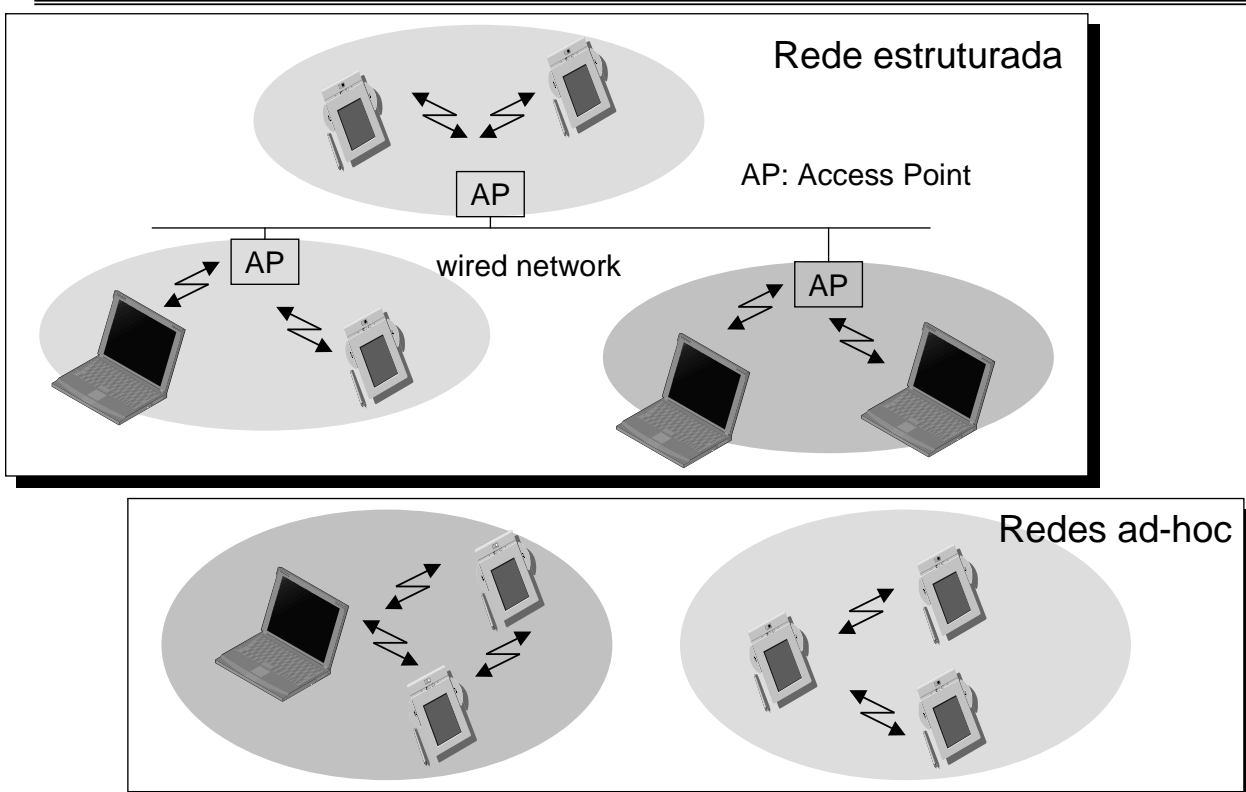
Requisitos de Projecto

- ◆ Mobilidade global do terminal
- ◆ Baixo consumo → utilização de baterias
- ◆ Livre de licenciamento
- ◆ Tecnologia de transmissão robusta
- ◆ Interligação espontânea de terminais
- ◆ Simplicidade de utilização e gestão
- ◆ Segurança
 - » Privacidade, emissão de potências baixas
- ◆ Aderência aos modelos de protocolos em camadas
 - » Com possível localização de posição

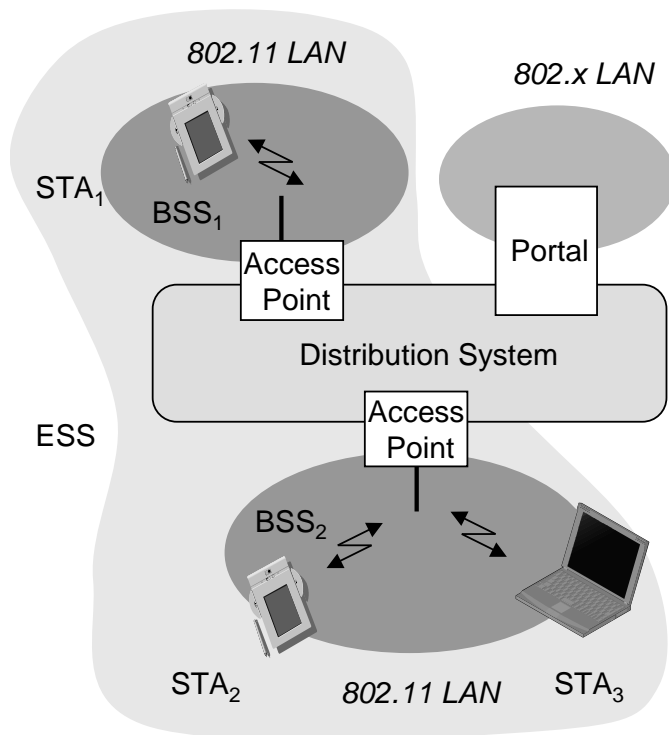
Transmissão - Rádio vs Infravermelho

- ◆ Rádio
 - » Licença ISM, 2.4 GHz
- ◆ Vantagens
 - » Experiência de redes celulares
 - » Cobertura de áreas grandes
 - Rádio atravessa paredes ...
- ◆ Desvantagens
 - » Bandas livres limitadas
 - » Protecção difícil
- ◆ Exemplos
 - » WaveLAN,
 - » HIPERLAN,
 - » Bluetooth
- ◆ Infravermelho
 - » Díodos, reflexão múltipla
- ◆ Vantagens
 - » Simples, barata
 - » Sem licenças
- ◆ Desvantagens
 - » Interferências
 - luz solar, fontes de calor
 - » Débitos mais baixos
- ◆ Exemplo
 - » IrDA (Infrared Data Association)

Redes estruturadas / Redes ad-hoc

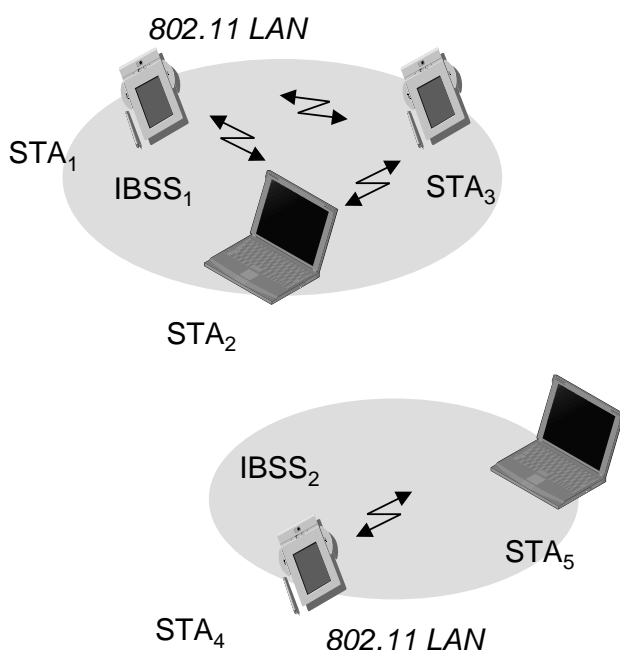


802.11 – Arquitectura de uma rede estruturada



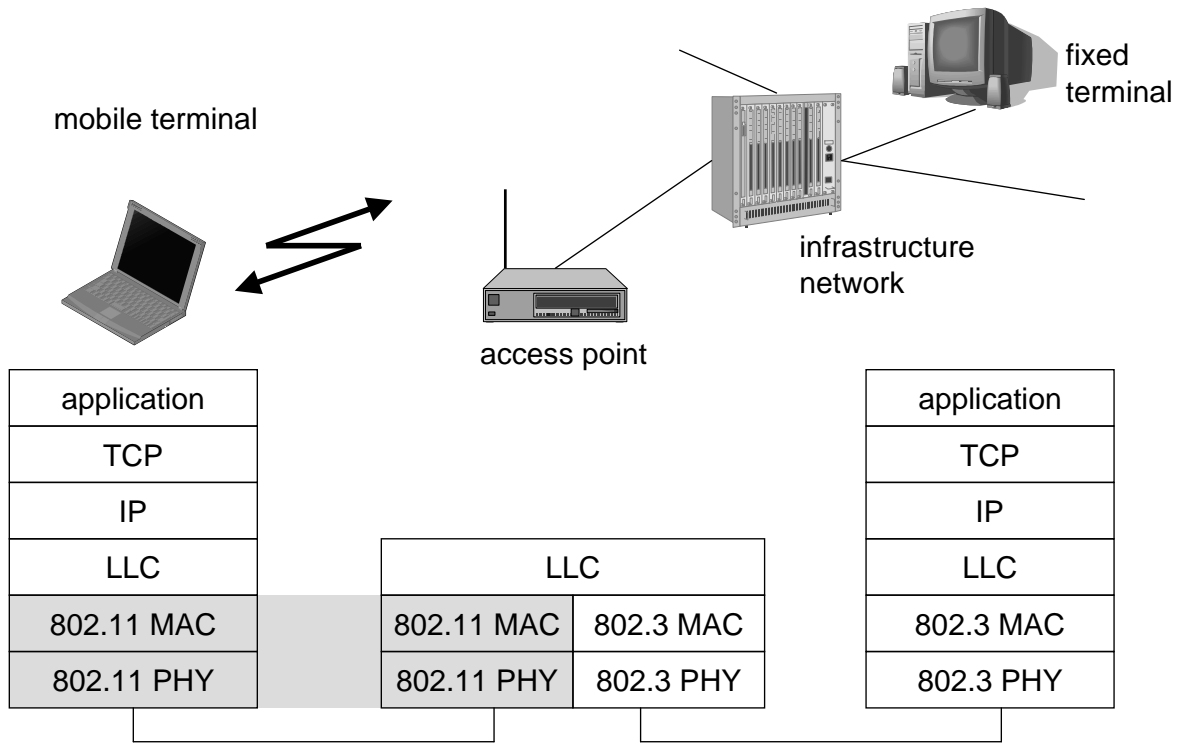
- ♦ Estação (STA)
 - » Terminal com acesso rádio
- ♦ Basic Service Set (BSS)
 - » Estações na mesma frequência rádio
- ♦ Access Point
 - » Estação que integra a LAN com o sistema de distribuição
- ♦ Portal → bridge para outras redes
- ♦ Distribution System
 - » Rede de interligação
 - » Forma uma rede lógica
 - EES, Extended Service Set
 - Baseado em vários BSS

802.11 – Arquitectura de uma rede ad-hoc

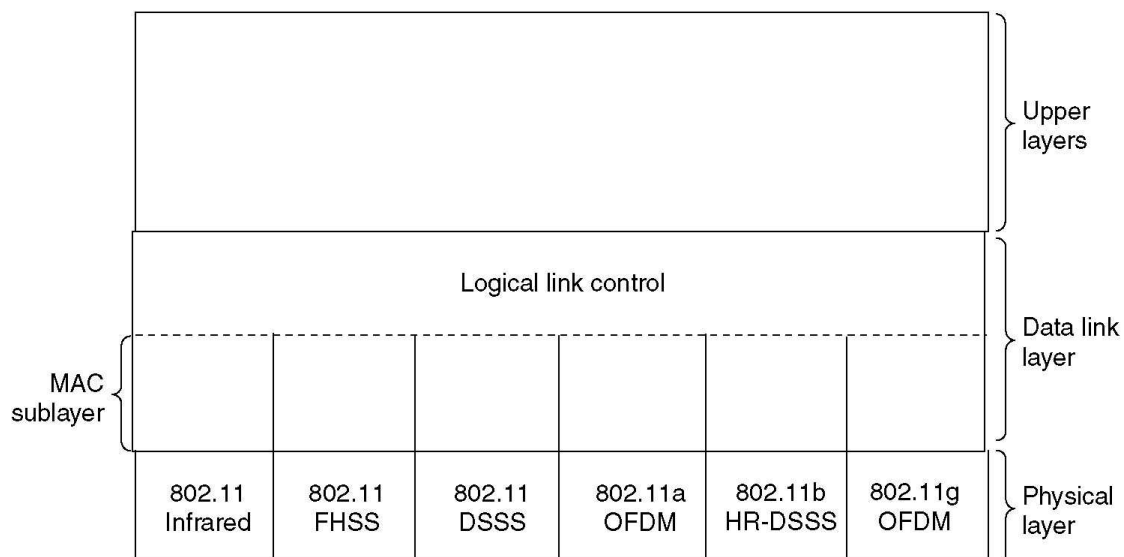


- ♦ Comunicação directa entre terminais
- ♦ Estação, STA
 - » Terminal c/ acesso sem fios, directo
- ♦ Independent Basic Service Set, IBSS
 - » Grupo de estações na mesma frequência rádio

IEEE 802.11

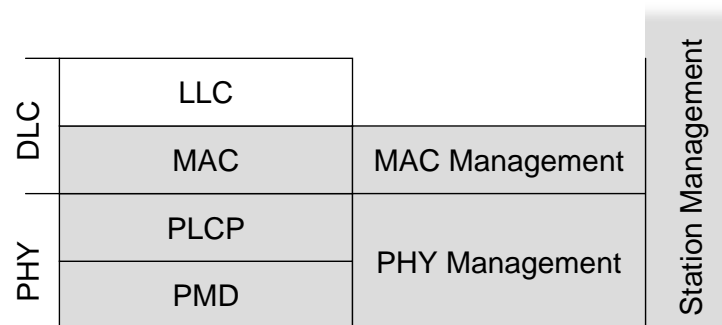


A Pilha de Protocolos 802.11



802.11 – Camadas, Funcionalidades

- ◆ Dados
 - » MAC → acesso ao meio, fragmentação, cifragem
 - » Physical Layer Convergence Protocol, PLCP → detecção de portadora
 - » PMD Physical Medium Dependent → modulação, codificação
- ◆ Gestão
 - » PHY Management → selecção de canal, MIB
 - » Gestão MAC → sincronização, mobilidade, MIB, gestão de potência
 - » Station Management → coordenação das funções de gestão

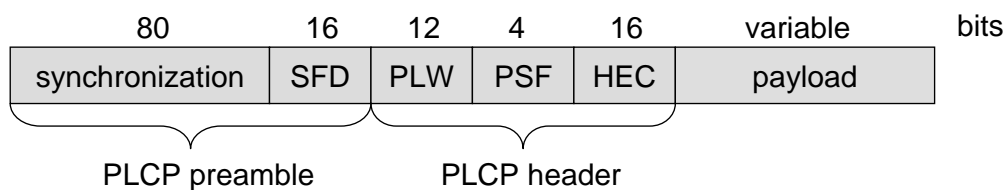


802.11 – Nível Físico

- ◆ 3 versões: 2 rádio, 1 IR
 - » Débitos: 1, 2 Mbit/s
- ◆ FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)
 - » Spreading, despreading
 - » 26 sequências de salto. Modulação de 2 níveis GFSK
- ◆ DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
 - » 1 Mbit/s → Modulação DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying)
 - » 2 Mbit/s → Modulação DQPSK (Differential Quadrature PSK)
 - » Preâmbulo e cabeçalho da trama transmitidos a 1 Mbit/s (DBPSK)
 - Resto transmitido a 1 (DBPSK) ou 2 Mbit/s (DQPSK)
 - » Potência máxima radiada → 1 W (EUA), 100 mW (UE), min. 1mW
- ◆ Infravermelho
 - » 850-950 nm, distância de 10 m
 - » Detecção de portadora, detecção de energia, sincronização

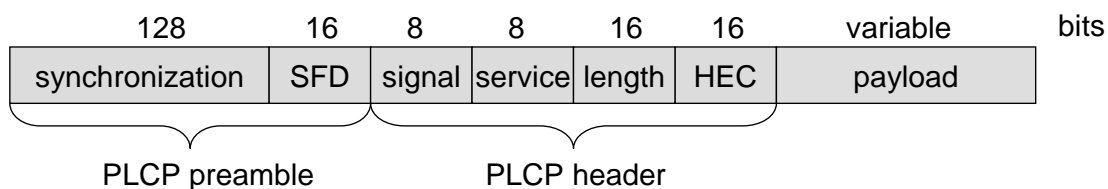
Pacote FHSS PHY

- » Sincronização
 - 010101...
- » SFD (Start Frame Delimiter)
 - 0000110010111101
- » PLW (PLCP_PDU Length Word)
 - Comprimento do payload, incluindo os 32 bit CRC. $PLW < 4096$
- » PSF (PLCP Signaling Field)
 - data of payload (1 or 2 Mbit/s)
- » HEC (Header Error Check)
 - CRC with $x^{16}+x^{12}+x^5+1$



Pacote DSSS PHY

- » Sincronização
 - sinc, controlo do ganho, detecção de energia, compensação por desvio de frequência
- » SFD (Start Frame Delimiter)
 - 1111001110100000
- » Signal
 - Débito do payload (0A: 1 Mbit/s DBPSK; 14: 2 Mbit/s DQPSK)
- » Service → utilização futura, 00 = conforme 802.11
- » Length → Comprimento do payload
- » HEC (Header Error Check)
 - Protecção do sinal, serviço e comprimento, com $x^{16}+x^{12}+x^5+1$



Nível MAC - Características

◆ Serviços de tráfego

- » Asynchronous Data Service (obrigatório)
 - Troca de pacotes baseada em “best-effort”
 - Suporte de broadcast and multicast
- » Time-Bounded Service (opcional)
 - Implementado com PCF (Point Coordination Function)

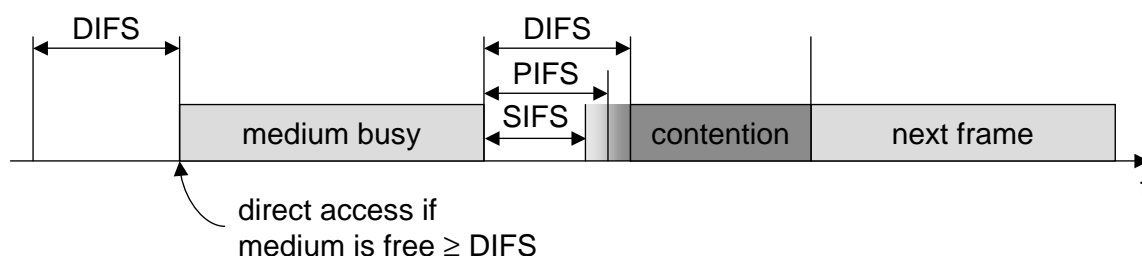
DCF – Distributed Coordination Function
PCF – Point Coordination Function

◆ Métodos de acesso

- » MAC-DCF CSMA/CA (obrigatório)
 - Colisão evitada com mecanismo de back-off
 - Distância mínima entre pacotes consecutivos
 - Pacote ACK para confirmações (excepto broadcasts)
- » MAC-DCF c/ RTS/CTS (opcional)
 - Contorna o problema do terminal escondido
- » MAC-PCF (opcional)
 - access point interroga terminais de acordo com uma lista

Nível MAC – Tempos de Guarda

- » Prioridades de acesso
 - definidas por tempos entre tramas; fixas; sem garantias
- » SIFS (Short Inter Frame Spacing)
 - Prioridade máxima → usado para ACK, CTS e respostas a polling
- » PIFS (PCF IFS)
 - Prioridade média, serviço tempo real usando PCF
- » DIFS (DCF IFS)
 - Prioridade mais baixa, usado para dados assíncronos



Virtual Carrier Sensing – Network Allocation Vector

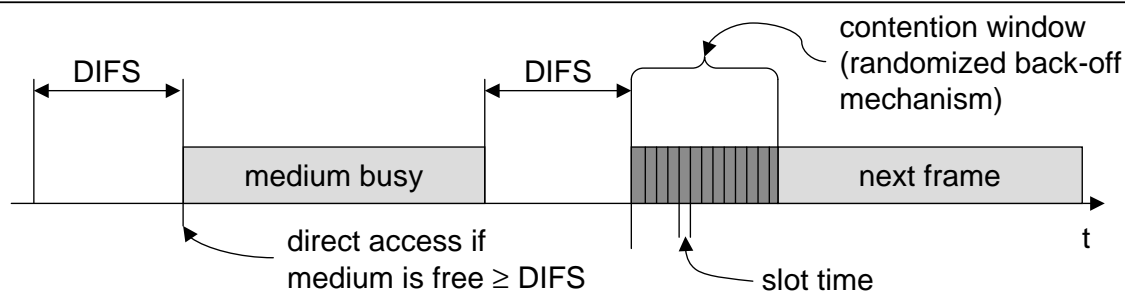
WLAN 17

- ◆ Como sabe uma estação se o meio está livre?
 - » Normalmente, detectando a portadora
- ◆ Em RF, detectar + emitir em simultâneo → electrónica cara
- ◆ IEEE 802.11 usa Network Allocation Vector (NAV)

- ◆ Network Allocation Vector
 - » Tramas 802.11 contêm campo de duração. Usado para reservar meio
 - » Estações possuem um NAV timer
 - Actualizado com valor recebido na trama escutada
 - Decrementado em tempo real
 - Se diferente de zero → meio ocupado

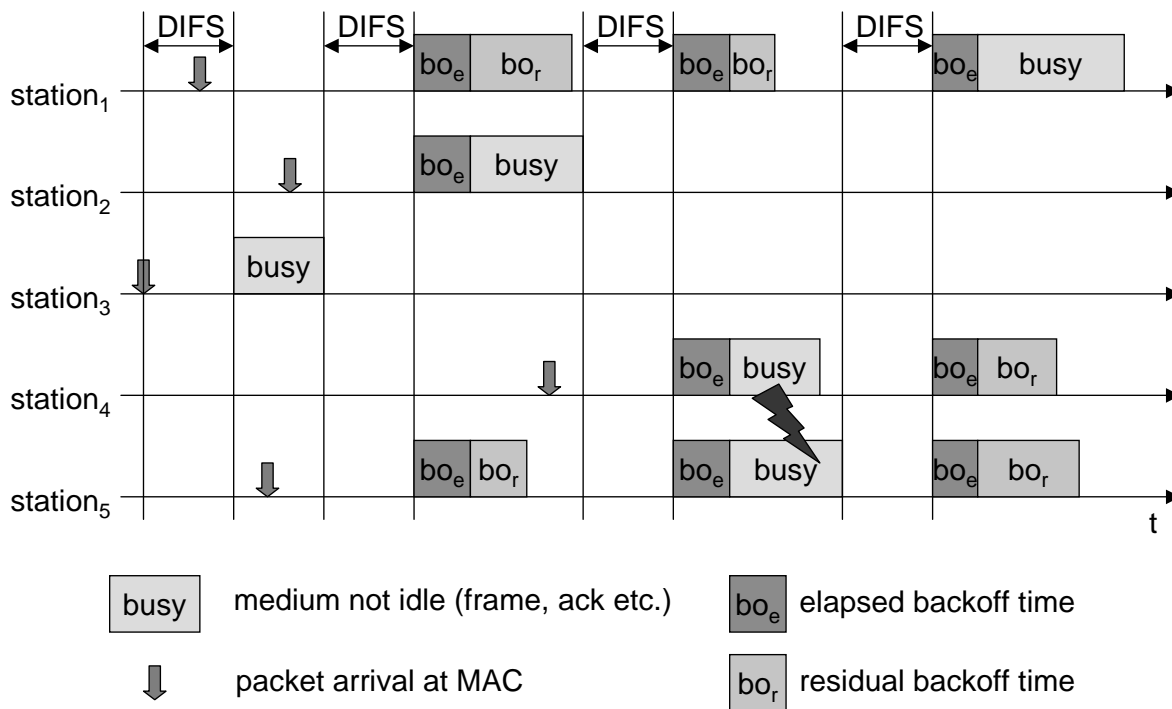
WLAN 18

MAC-DCF CSMA/CA – Método de Acesso



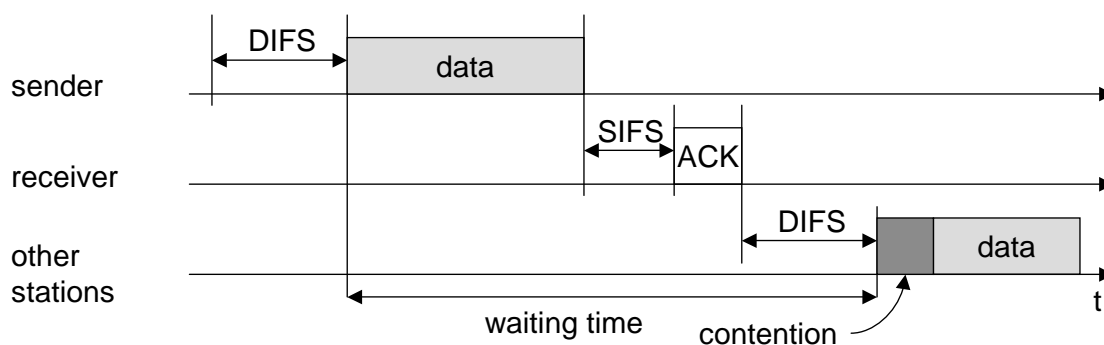
- ◆ Estação pronta a transmitir começa a sentir o meio
 - » Carrier Sense baseado em CCA (Clear Channel Assessment)
- ◆ Se o meio está livre durante uma Inter-Frame Space (IFS)
 - » Estação pode começar a enviar (IFS depende do tipo de serviço)
- ◆ Se o meio está ocupado
 - » A estação espera por um IFS livre e, adicionalmente,
 - » Espera tempo de back-off aleatório (collision avoidance, múltiplo de slot)
- ◆ Se outra estação ocupa o meio durante o tempo de back-off
 - » O timer é parado

Estações Concorrentes



MAC-DCF CSMA/CA – Método de Acesso

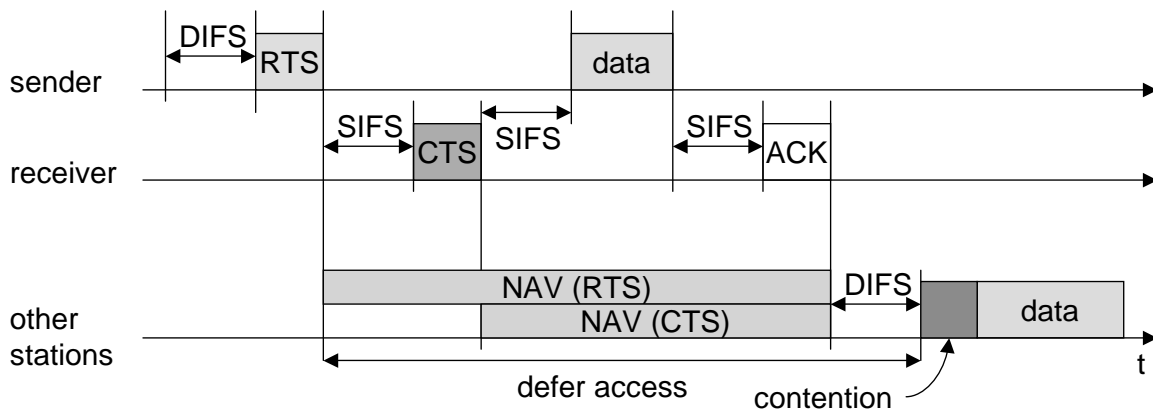
- ◆ Envio de pacote unicast
 - » Estação espera DIFS antes de enviar pacote
 - » Se pacote é recebido correctamente (CRC)
 - receptor confirma de imediato, com ACK, depois de esperar SIFS
 - » Retransmissão automática da trama, em caso de erros de transmissão



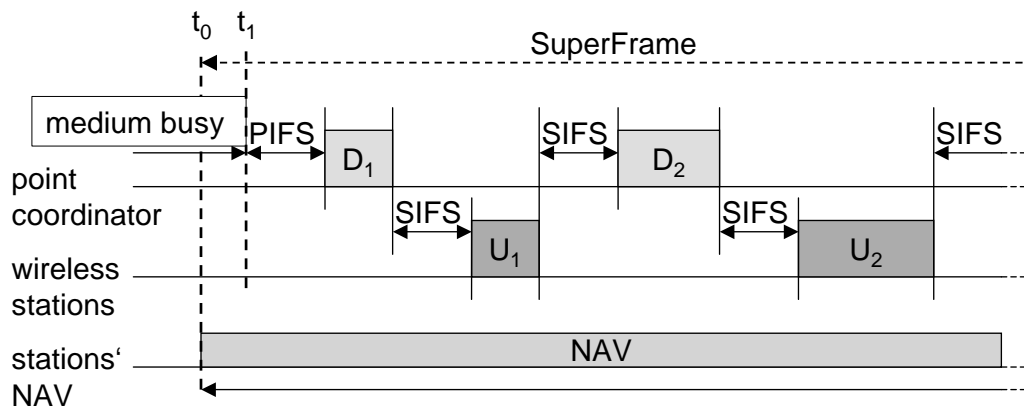
MAC DCF c/ RTS/CTS

◆ Envio de pacote unicast

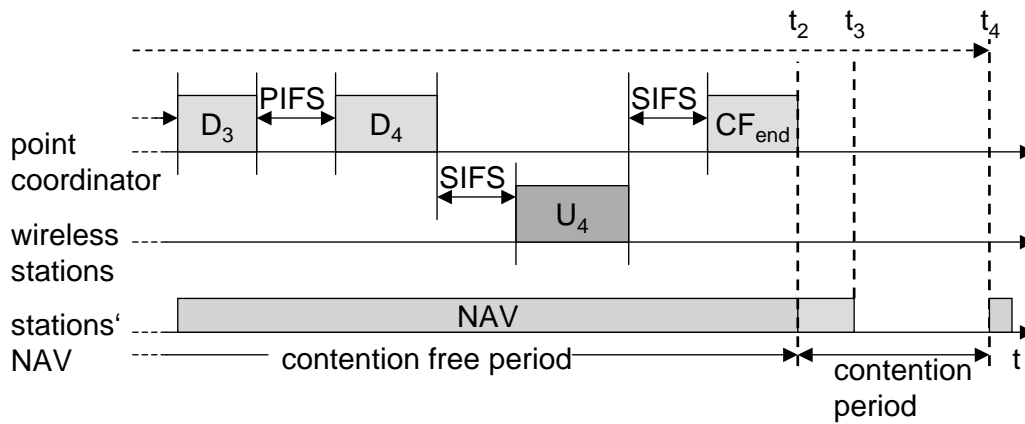
- » Estação envia RTS com parâmetro de reserva, depois de esperar DIFS
 - Reserva determina o tempo necessário para transmissão de pacote
- » Receptor confirma com CTS, depois de esperar SIFS
- » Emissor envia pacote. Confirmação com ACK
- » Outras estações conhecem reservas observando RTS e CTS



MAC- PCF I

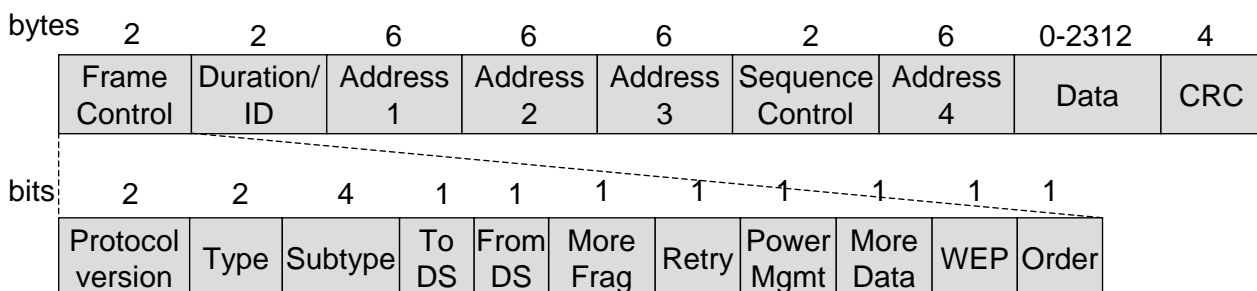


MAC-PCF II



Formato da Trama

- ◆ Tipos de trama
 - » Dados, controlo, gestão
- ◆ Número de sequência
- ◆ Endereços
 - » receptor, emissor (físico), identificador BSS, emissor (lógico)
- ◆ Outros
 - » Controlo de erro, controlo da trama, dados

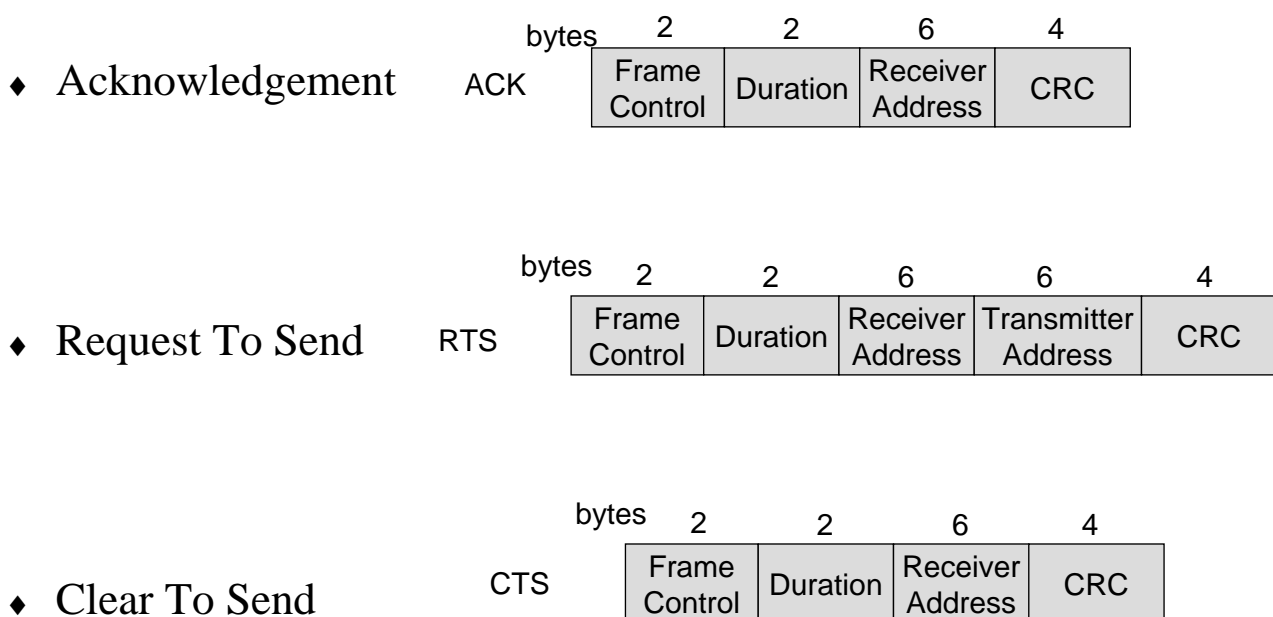


Formato do Endereço MAC

scenario	to DS	from DS	address 1	address 2	address 3	address 4
ad-hoc network	0	0	DA	SA	BSSID	-
infrastructure network, from AP	0	1	DA	BSSID	SA	-
infrastructure network, to AP	1	0	BSSID	SA	DA	-
infrastructure network, within DS	1	1	RA	TA	DA	SA

DS: Distribution System
 AP: Access Point
 DA: Destination Address
 SA: Source Address
 BSSID: Basic Service Set Identifier
 RA: Receiver Address
 TA: Transmitter Address

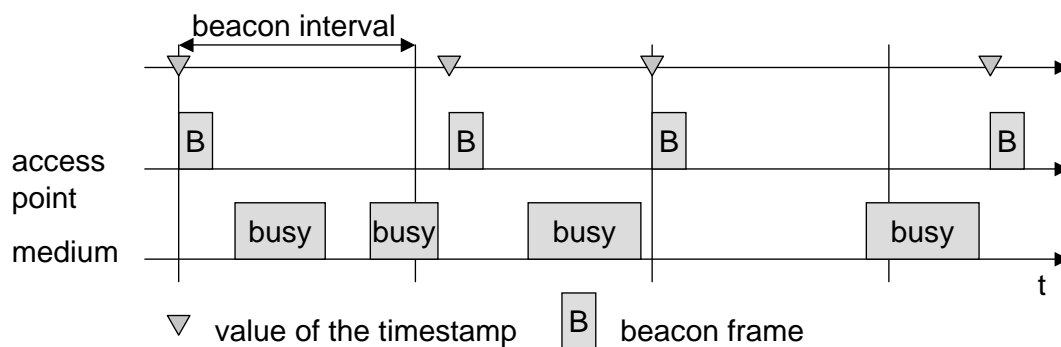
Tramas Especiais - ACK, RTS, CTS



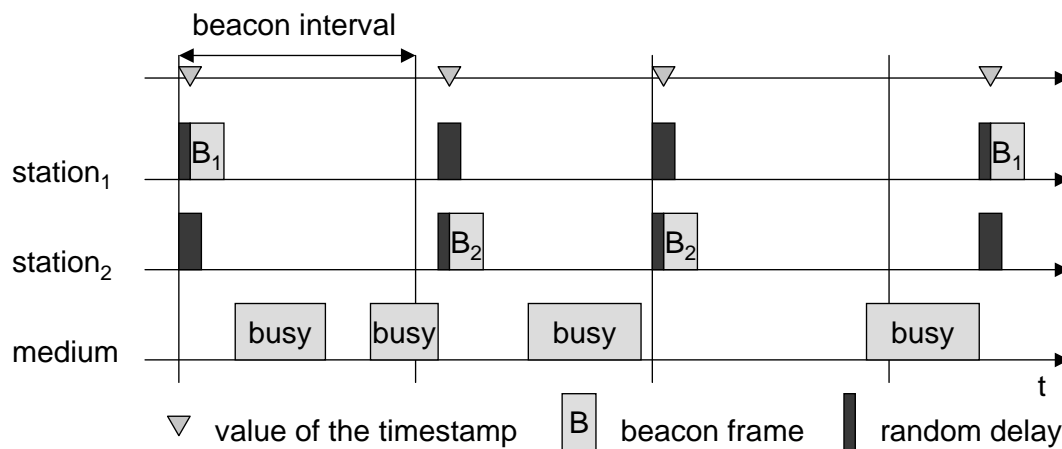
Gestão MAC

- ◆ Sincronização
 - » Encontrar uma LAN; manutenção numa LAN
 - » timer
- ◆ Gestão de potência
 - » sleep-mode, sem perda de mensagens
 - » periodic sleep, armazenamento de tramas, medidas de tráfego
- ◆ Associação / Re- associação
 - » Integração dentro de uma LAN
 - » roaming → mudança de rede por mudança de access points
 - » scanning, procura de rede activa
- ◆ MIB - Management Information Base
 - » gestão, leitura, escrita

Sincronização por Beacon (Rede Estruturada)



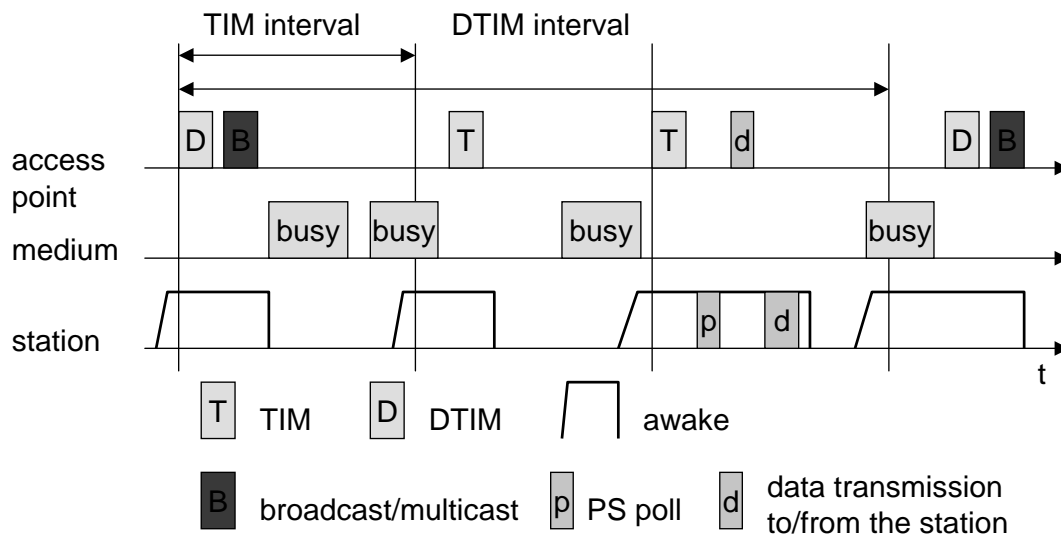
Sincronização por Beacon (ad-hoc)



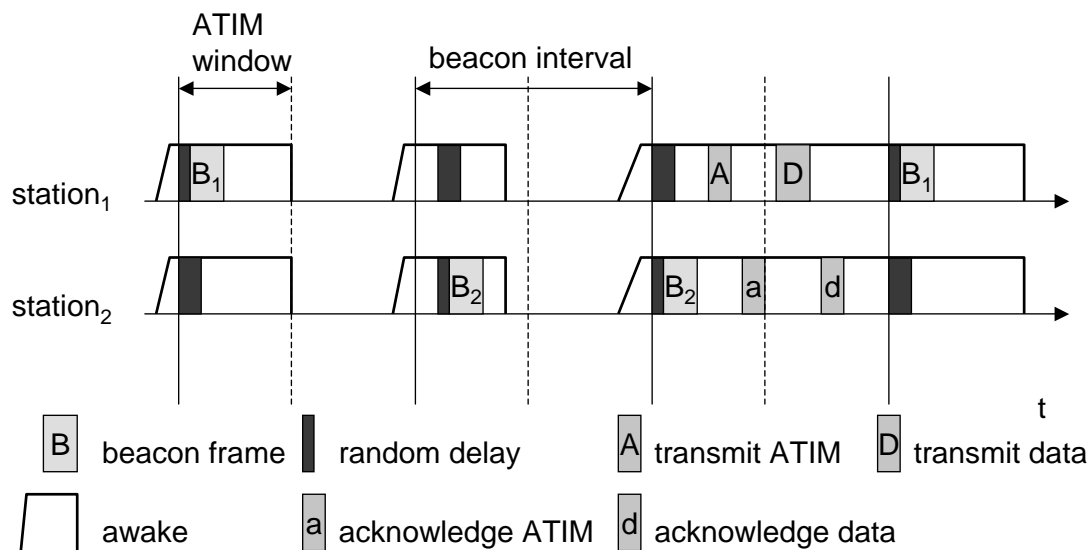
Gestão de Potência

- ◆ Ideia → colocar o transceptor off, se não estiver a ser usado
- ◆ Estados da estação → sleep, awake
- ◆ Timing Synchronization Function (TSF)
 - » Estação acorda ao mesmo tempo
- ◆ Rede estruturada
 - » Traffic Indication Map (TIM)
 - Lista de receptores unicast. Enviada pelo AP
 - » Delivery Traffic Indication Map (DTIM)
 - lista de receptores de broadcast/multicast. Enviada pelo AP
- ◆ Rede ad-hoc
 - » Ad-hoc Traffic Indication Map (ATIM)
 - Anúncio de receptores através de tramas de buferização
 - Mais complicado, não há AP central

Padrões de Wake-UP (rede estruturada)



Padrões de Wake-UP (rede ad-hoc)



Roaming

- ◆ Sem ou com má ligação? Então:
 - » Monitora
 - Monitora ar: escuta beacons / envia probes espera resposta
 - » Pedido de re-associação
 - Estação envia pedido de re-associação a um (ou mais) AP
 - » Resposta de reassociação
 - Sucesso → AP respondeu, estação pode entrar
 - Falha → continua a monitorar continue scanning
 - » AP aceita Pedido de reassociação
 - Informa o sistema de distribuição da existência da estação
 - Sistema de distribuição actualiza base de dados (informação de localização)
 - Normalmente, sistema de distribuição informa AP antigo
 - AP antigo liberta recursos

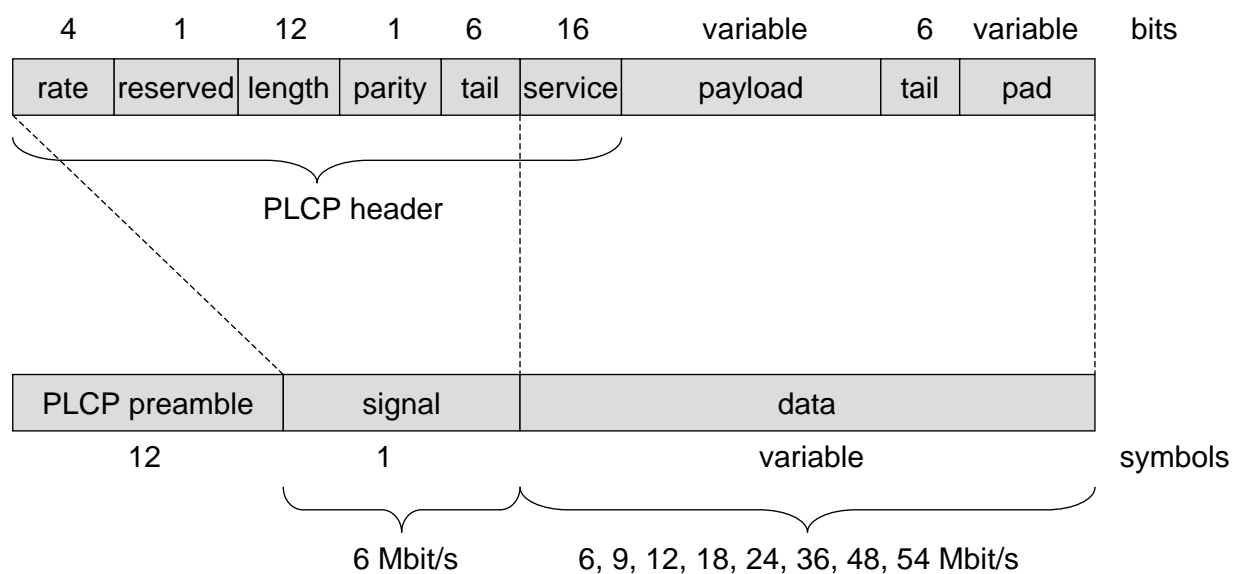
IEEE 802.11b

- ◆ Débito (Mbit/s)
 - » 1, 2, 5.5, 11 (dependente de SNR)
 - » Útil → 6
- ◆ Alcance da transmissão
 - » 300m outdoor, 30m indoor
- ◆ Frequências → livre, banda ISM 2.4 GHz
- ◆ Não orientado às ligações
- ◆ Quality of Service → Best effort, sem garantias

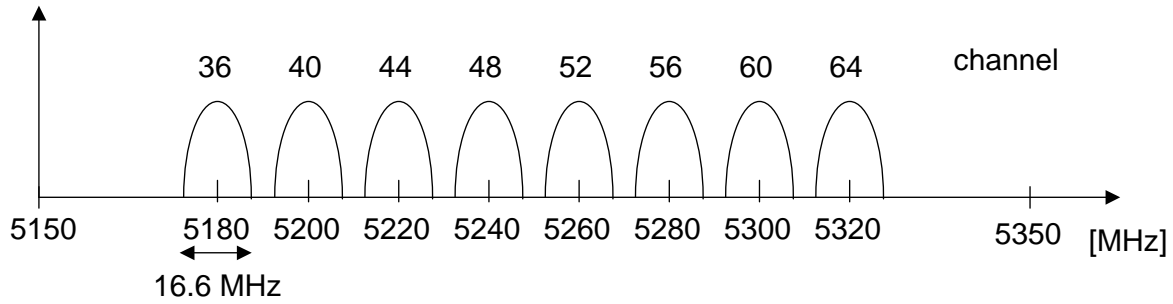
IEEE 802.11a

- ◆ Débito (Mbit/s)
 - » 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 (dependente de SNR)
 - » Obrigatórios → 6, 12, 24
- ◆ Débito útil (pacotes 1500 bytes, Mbit/s)
 - » 5.3 (6), 18 (24), 24 (36), 32 (54)
- ◆ Alcance da transmissão
 - » 100m outdoor, 10m indoor
 - 54 Mbit/s até 5 m, 48 até 12 m, 36 até 25 m, 24 até 30m, 18 até 40 m, 12 até 60 m
- ◆ Frequências
 - » Livre, banda ISM
 - » 5.15-5.25, 5.25-5.35, 5.725-5.825 GHz
- ◆ Não orientado às ligações
- ◆ Quality of Service → Best effort, sem garantias

IEEE 802.11a – Trama PHY

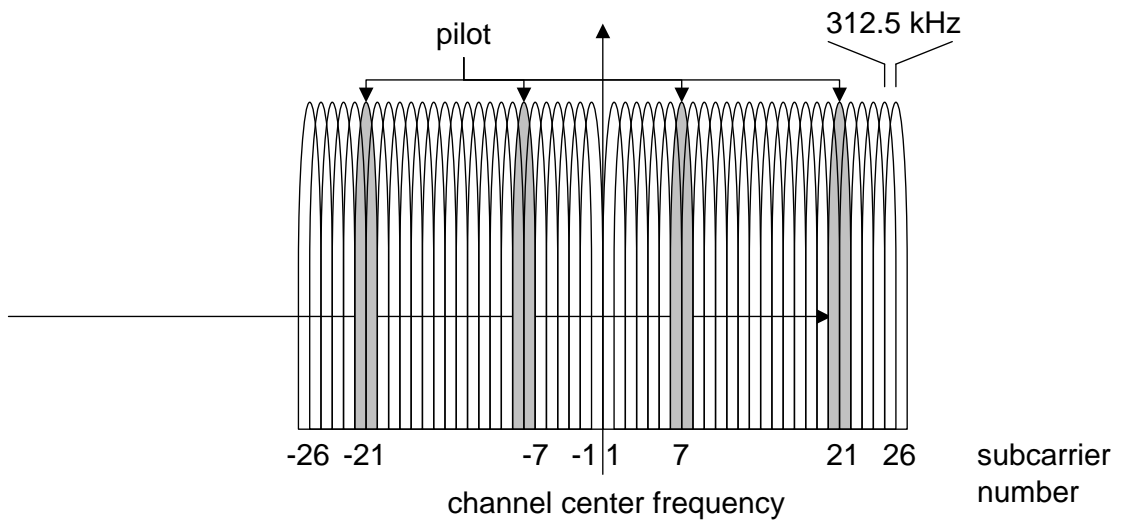


Canais de Operação 802.11a / US U-NII



OFDM em IEEE 802.11a

- ◆ OFDM com 52 subportadoras (64 no total)
- ◆ 48 dados + 4 piloto
- ◆ (+ 12 subportadoras virtuais)
- ◆ Espaçamento de 312.5 kHz



IEEE 802.11 – Desenvolvimentos (08/2002)

- ◆ 802.11d: Regulatory Domain Update – completed
- ◆ 802.11e: MAC Enhancements – QoS – ongoing
 - » Enhance the current 802.11 MAC to expand support for applications with Quality of Service requirements, and in the capabilities and efficiency of the protocol.
- ◆ 802.11f: Inter-Access Point Protocol – ongoing
 - » Establish an Inter-Access Point Protocol for data exchange via the distribution system.
- ◆ 802.11g: Data Rates > 20 Mbit/s at 2.4 GHz; 54 Mbit/s, OFDM – ongoing
- ◆ 802.11h: Spectrum Managed 802.11a (DCS, TPC) – ongoing
- ◆ 802.11i: Enhanced Security Mechanisms – ongoing
 - » Enhance the current 802.11 MAC to provide improvements in security.
- ◆ Study Groups
 - » 5 GHz (harmonization ETSI/IEEE) – closed
 - » Radio Resource Measurements – started
 - » High Throughput – started