

Redes de Computadores

IEEE 802.11

Aula 13

Padrão IEEE 802.11

- ❑ Modelo para arquiteturas *wireless* (1997)
 - Especifica a camada de nível físico (PHY) e seu controle de acesso (MAC)
 - PHY: infravermelho, FHSS, DSSS e OFDM
 - MAC: com contenção e sem contenção (polling)
 - Evolução através de suplementos
- ❑ Opera em bandas ISM 2.4 GHz e 5 GHz
 - ISM = Industrial, Scientific and Medical

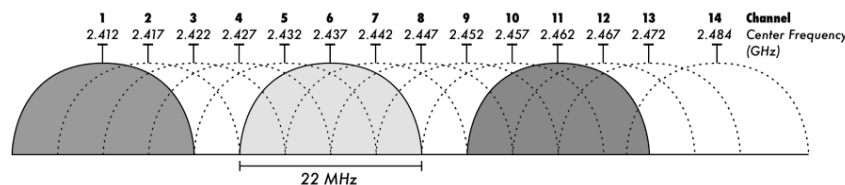
Padrão	Ano	Mbps (máx)	Mbps(típico)	Banda (GHz)	Modulação
802.11a	1999	54	23	5	OFDM
802.11b	1999	11	4.3	2.4	DSSS
802.11g	2004	54	19	2.4	OFDM
802.11n	2008	600	74	2.4/5	OFDM

Redes de Computadores

2

Espectro de frequência (802.11 b/g)

- ❑ Faixa 2.4 GHz – 2.495 GHz (95 MHz) dividida em 14 canais
 - Cada canal possui 22 MHz de largura
 - Américas usa os canais 1 a 11 (mas reserva 2.4 GHz a 2.485 GHz)
 - Europa emprega até o canal 13 (2.4 GHz a 2.485 GHz)
 - Japão utiliza o canal 14 (2.4 GHz a 2.495 GHz)
 - Portadoras separadas por 5 MHz (exceção canal 14)
 - Necessidade de evitar interferências (usar canais não superpostos)

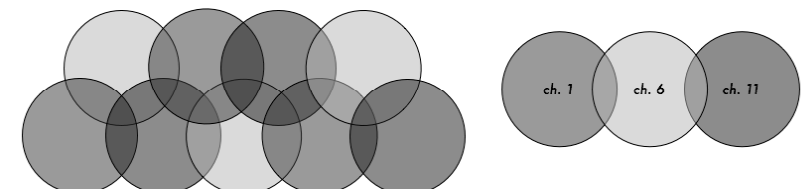


Brasil segue o modelo americano, ou seja, emprega 11 canais

Redes de Computadores

3

Evitando sobreposições de frequências....



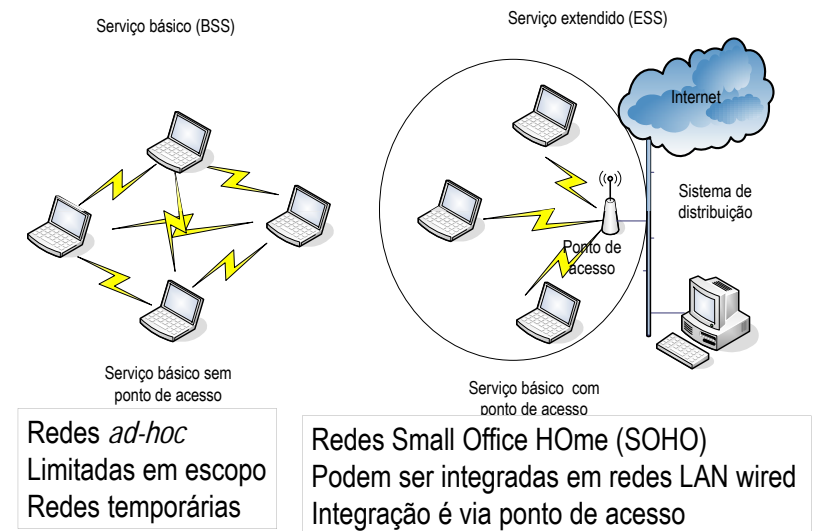
Redes de Computadores

4

Arquitetura de redes IEEE 802.11

- ❑ Bloco básico é a célula (*Basic Service Set* - BSS)
 - uma ou mais estações sem fio
 - uma estação central ou ponto de acesso (*access point* - AP)
 - Atua como uma ponte (*bridge*) para acessar outra rede
- ❑ Pontos de acesso (AP) podem ser interconectados entre si e com outras redes
 - Formam um sistema de distribuição (*Distribution System* - DS)
- ❑ Duas ou mais células podem ser interconectadas via um DS
 - Formam o *Extended Service Set* (ESS)
- ❑ Possível criar uma BSS sem a presença AP: redes *ad-hoc*

Arquiteturas de redes *wireless*



Canais e sinalização

- ❑ Uma estação *wireless* necessita se associar a um AP antes de enviar ou receber quadros
 - Uma estação pode captar várias AP
 - Necessário se associar a apenas uma para criar um "fio virtual"
- ❑ Cada AP possui:
 - SSID (*Service Set Identifier*)
 - Nome que aparece em "redes disponíveis" no Microsoft Windows
 - Canal usado para transmitir e receber dados
- ❑ Escolha do canal:
 - Pelo AP é automática: envia periodicamente quadros de sinalização
 - Uma estação *wireless* varre os canais atrás de quadro de sinalização

Serviços básicos de uma rede 802.11

- ❑ Associação
 - Usado pelas estações móveis se conectarem às estações base (AP)
 - Ponto de acesso é identificado por seu SSID (*Service Set Identifier*)
 - Estações anunciam sua identidade e recursos (taxa de dados, PCF, energia...)
- ❑ Desassociação
- ❑ Reassociação
 - Possibilidade de mudar de estação-base
- ❑ Distribuição
 - Reencaminhamento de quadros feito pela estação-base
- ❑ Integração
 - Reencaminhamento de quadros entre uma rede 802.11 e uma rede fixa (802.xx)

Serviços básicos de uma rede 802.11 (*cont.*)

- ❑ Autenticação
 - Identificação da estação ao AP para obter direito de enviar e receber dados
 - Baseado em uma senha (sem senha → rede aberta)
 - Endereço MAC permitidos
 - IEEE 802.11i (WPA2, nome comercial)
- ❑ Desautenticação
- ❑ Privacidade
 - Uso de criptografia para garantir a confidencialidade dos dados
- ❑ Entrega de dados
 - Serviço de entrega e recebimento de dados não confiável (isto é, não executa controle de erro, nem controle de fluxo)

Controle de acesso ao meio redes IEEE 802.11

- ❑ Dois modos de operação:
 - Distribuído
 - Centralizado
- ❑ *Distributed Foundation Wireless MAC (DFWMAC)*
 - Mecanismo de controle de acesso distribuído (*Distributed Coordination Function*)
 - Baseado em CSMA
- ❑ *Point Coordination Function (PCF)*
 - Centralizado baseado em *polling*
 - Mecanismo opcional construído sobre o DCF

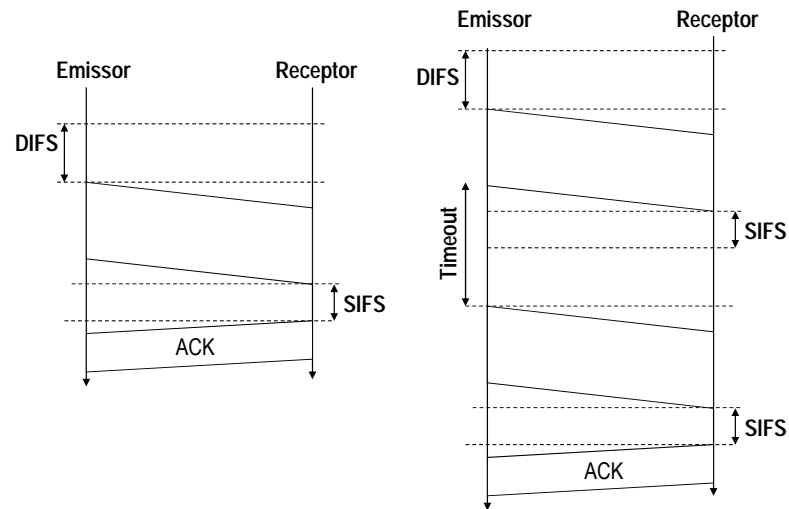
Distributed Coordination Function (DCF)

- ❑ Obrigatório seu suporte tanto em redes *ad-hoc* como redes baseadas em ponto de acesso
- ❑ Baseado em CSMA com dois modos de operação:
 - DCF com CSMA/CA
 - DCF com extensão RTS/CTS (MACA)
- ❑ Funcionamento fortemente baseado em temporização
 - Short Inter-Frame Space (SIFS)
 - DCF Inter-Frame Space (DIFS)
 - PCF Inter-Frame Space (PIFS)
- ❑ Esquema de prioridade baseado na duração do tempo
 - SIFS > PIFS > DIFS > EIFS

DCF com CSMA/CA

- ❑ Estação que deseja transmitir sente o meio
 - Meio livre: espera DIFS, sente o canal e transmite se o meio continuar livre
 - Meio ocupado: seleciona um valor aleatório (*backoff*)
- ❑ Procedimento com o *backoff*
 - Decrementa o valor de *backoff* quando o canal está ocioso
 - Mantém o valor quando o canal está ocupado
 - Ao chegar a zero (só ocorrerá se o canal estiver ocioso)
 - Transmite o quadro e espera uma confirmação
 - A confirmação (ACK) é enviada pelo destinatário após SIFS
- ❑ A notar que colisões podem ocorrer:
 - *Backoff* entre duas e mais estações são iguais ou se há estações escondidas

Transmissões baseadas em CSMA/CA

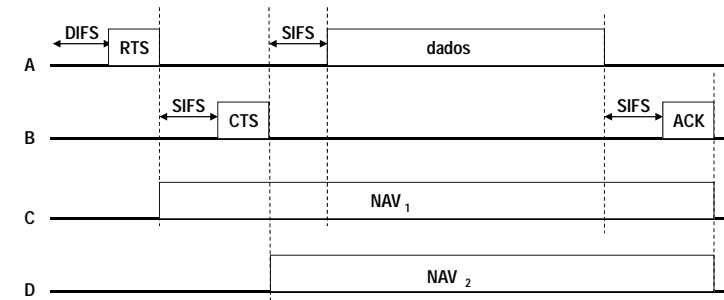


Redes de Computadores

13

DCF com extensão RTS/CTS

- Emprega o conceito de alocação de um canal virtual
 - Quadros de controle *Request To Send* (RTS) e *Clear To Send* (CTS)
 - Após alocado o canal virtual é enviado um quadro de dados
 - Quadro de dados necessita ser confirmado (quadro ACK)

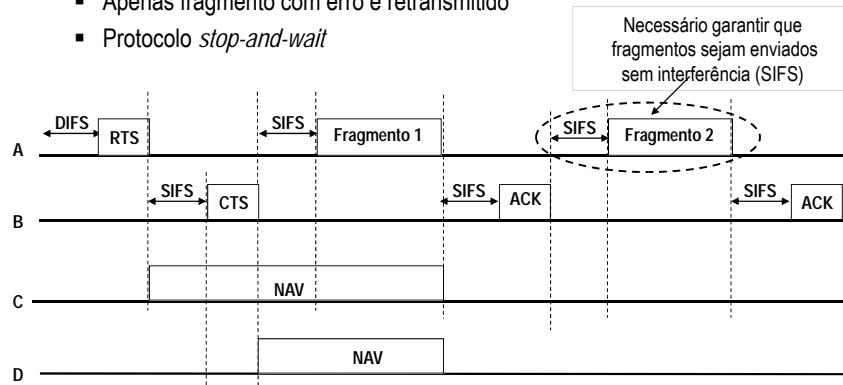


Redes de Computadores

14

Fragmentação em IEEE802.11

- Quadro é enviado em fragmentos
 - Reduz a probabilidade de erro em um quadro diminuindo seu tamanho
 - Apenas fragmento com erro é retransmitido
 - Protocolo *stop-and-wait*



Redes de Computadores

15

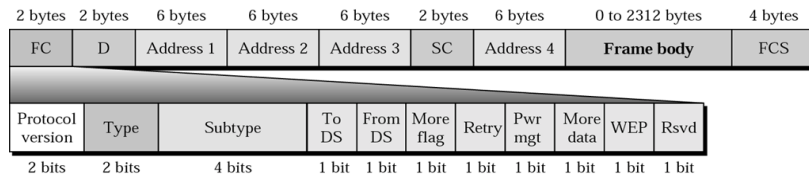
Point Coordination Function (PCF)

- Método baseado em *polling*
 - IEEE 802.11 não determina ordem, nem a periodicidade
- Estação base contacta estações móveis
 - Estação com dados a transmitir ganha acesso exclusivo ao meio
- Mecanismos básico:
 - Envio de um quadro de baliza pela estação de base fornecendo uma série de características da célula (saltos, sincronização, convite, *stand-by*, etc)
- Convive com o modo DCF
 - Na realidade é construído sobre ele
 - Baseado em um sistema de temporização de IFS

Redes de Computadores

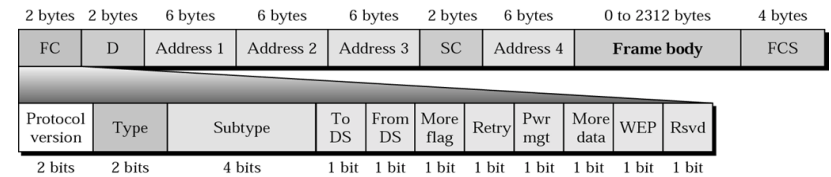
16

Quadro IEEE 802.11



- ❑ Campo **tipo e subtipo**:
 - Distinção entre quadros de sinalização e gerenciamento, RTS, CTS, ACK e dados
- ❑ Campos **to e from**
 - Dão significado para os quatro endereços MAC
- ❑ Campo **WEP**
 - Indica o uso ou não de criptografia

Quadro IEEE 802.11 (cont.)



- ❑ Campo **duração do quadro (D)**
 - Duração da reserva do canal
- ❑ Campo **número de sequência (SC)**
 - Para identificar se um quadro é novo ou se é uma retransmissão (controle fluxo)
- ❑ Campo **FCS**
 - Detecção de erros (CRC 32)

Interpretação dos endereços MAC

To DS	From DS	Addr1	Addr2	Addr3	Addr4
0	0	Destino	Fonte	BSS ID	N/A
0	1	Destino	AP	Fonte	N/A
1	0	AP	Fonte	Destino	N/A
1	1	AP	AP	Destino	Fonte

Caso 1 (to ds= 0, from ds=0):

redes *ad-hoc*

Caso 2 (to ds=0, from ds=1):

AP intermediária entre uma transmissão de rede *wired* para *wireless*

Caso 3 (to ds=1, from ds=0):

AP intermediária entre uma transmissão de rede *wireless* para *wired*

Caso 4 (to ds=1, from d=1):

Duas APs intermediárias entre uma transmissão de duas estações *wireless*

Questões de segurança

- ❑ Padrão original WEP (*Wired Equivalent Privacy*)
 - Problemas de vulnerabilidade
- ❑ Certificação WPA (*WiFi Protect Area*)
 - Cifragem (TKIP – *Temporal Key Integrity Protocol*)
 - Autenticação
 - *Enterprise*: IEEE 802.11X
 - Uso de servidores de autenticação para distribuir chaves
 - *Extensible Authentication Protocol* (EPA)
 - *Personal*: emprego de uma *Pre-Shared Key* (PSK)
 - Baseado no conhecimento de uma *passphrase* para acessar a rede
 - 8 a 63 caracteres ASCII (uso de 13) armazenada no ponto de acesso e na estação wireless

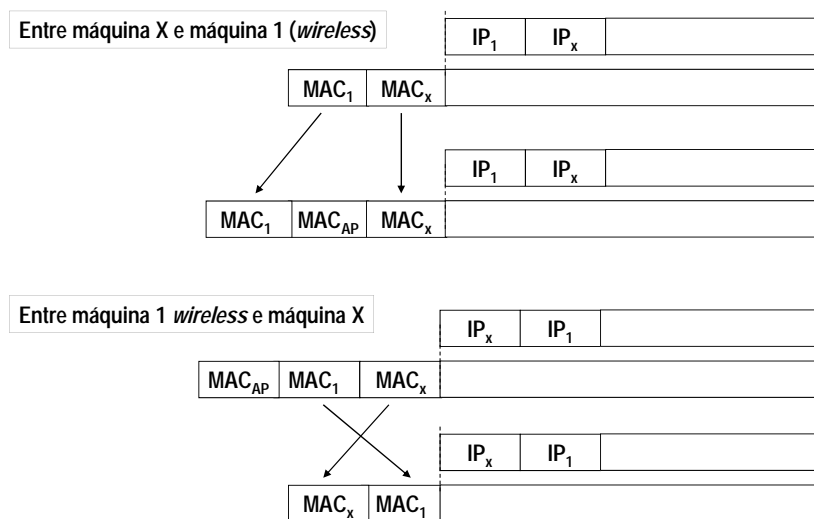
Leituras complementares

- ❑ Tanenbaum, A. *Redes de Computadores* (4ª edição), Campus 2003.
 - Capítulo 4, seções 4.4, 4.5 e 4.6
- ❑ Carissimi, A.; Rochol, J; Graville, L.Z; *Redes de Computadores*. Série Livros Didáticos. Bookman 2009.
 - Capítulo 4, seção 4.4.2

Material adicional

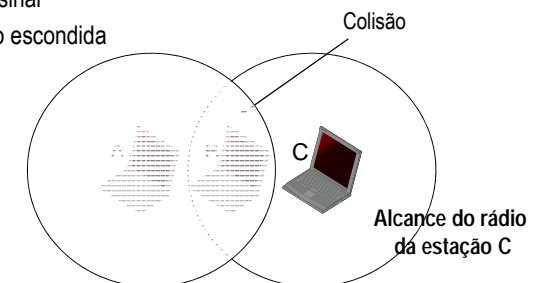
- ❑ Cut and pastes de coisas passadas que não quis simplesmente retirar da apresentação.
 - São detalhes de funcionamento de bases wireless que não cabem muito no contexto/tempo de nossa discussão.

O porquê de três endereços

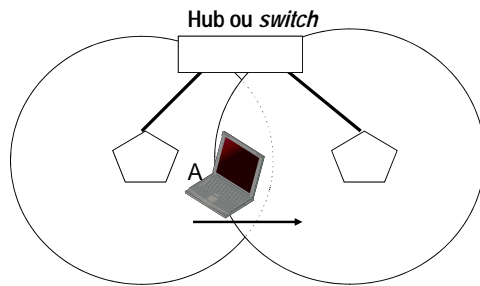


Controle de acesso ao meio (protocolo MAC)

- ❑ Emprega CSMA/CA (CSMA com prevenção de colisão)
 - Estação (e AP) escutam o canal antes de transmitir
 - Livre: transmite
 - Ocupado: não transmite
- ❑ Problema: não há detecção de colisões devido ao
 - Desvanecimento do sinal
 - Problema da estação escondida



Mobilidade em uma mesma sub-rede IP



- ❑ Estação sente o “enfraquecimento” do sinal em relação a outro
 - Faz a desassociação de um AP e se associa ao outro
- ❑ Não há problemas já que são equipamentos de enlace e não “enxergam” o que está acima (endereço IP e conexões TCP)