

# Redes de Computadores

IEEE 802.11



Trabalho sob a Licença Atribuição-SemDerivações-SemDerivados 3.0 Brasil Creative Commons.  
Para visualizar uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/br/>

Aula 12

## 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

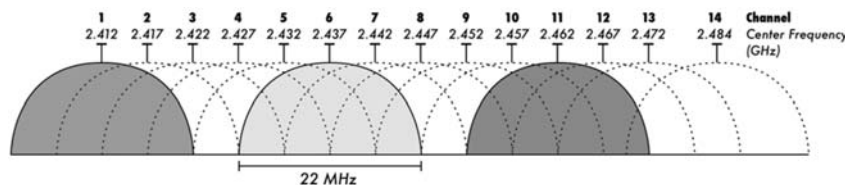
Padrão	Ano	Mbps (máx)	Mbps(típico)	Banda (GHz)	Modulação
802.11a	1999	54	23	5	OFDM
802.11b	1999	11	4.3	2.4	DSSS
802.11g	2004	54	19	2.4	OFDM
802.11n	2008	600	74	2.4/5	OFDM

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 usam 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)

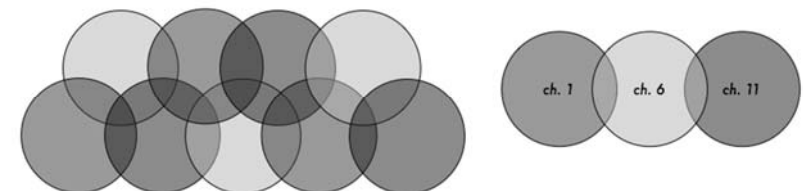


Brasil segue o modelo americano, ou seja, emprega 11 canais

Redes de Computadores

3

## Evitando sobreposições de frequências....



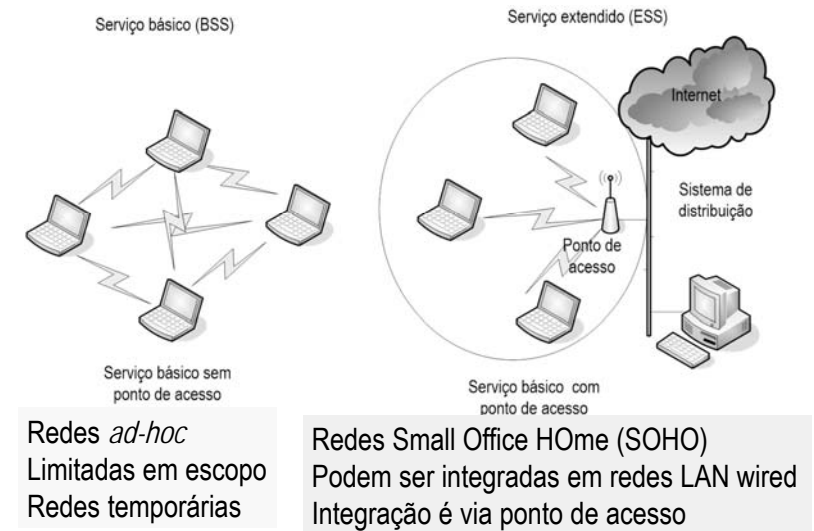
Redes de Computadores

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

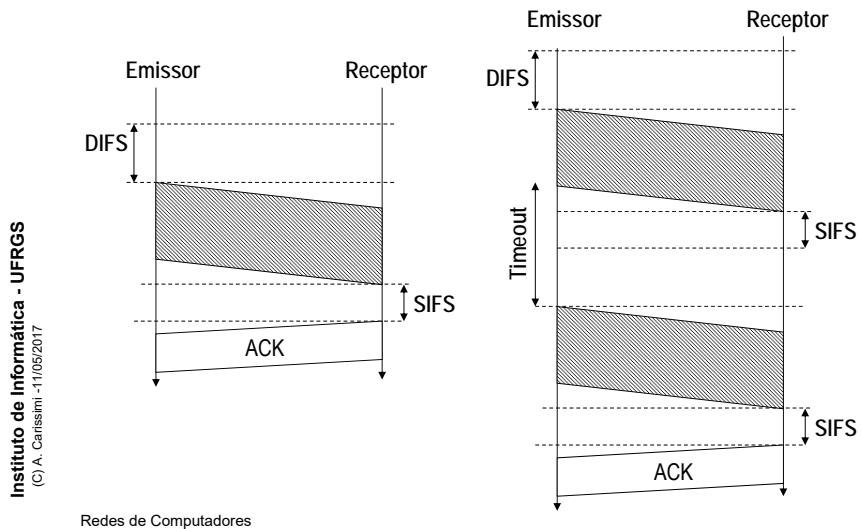
## *Distributed Coordination Function (DCF)*

- ❑ 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

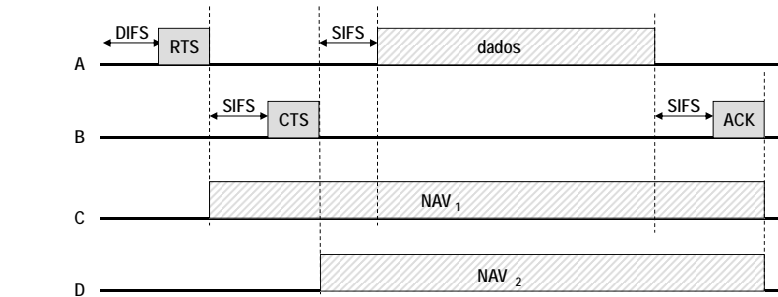


13

## 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)

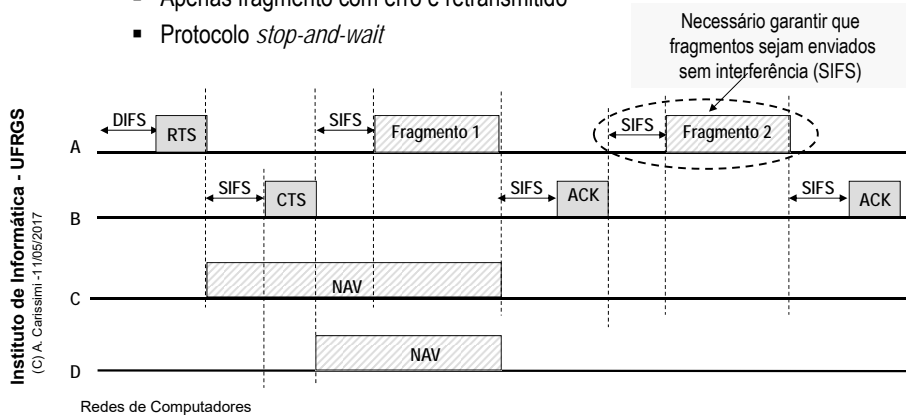
Instituto de Informática - UFRGS  
(C) A. Carissimi - 11/05/2017



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*



15

## Point Coordination Function (PCF)

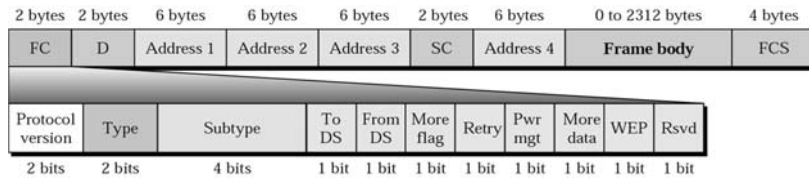
- Método baseado em *polling*
  - IEEE 802.11 não determina ordem, nem a periodicidade
- Estação base contacta estações móveis
  - Estação com dados a transmitir ganha acesso exclusivo ao meio
- Mecanismos básico:
  - Envio de um quadro de baliza pela estação de base fornecendo uma série de características 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

Instituto de Informática - UFRGS  
(C) A. Carissimi - 11/05/2017

Redes de Computadores

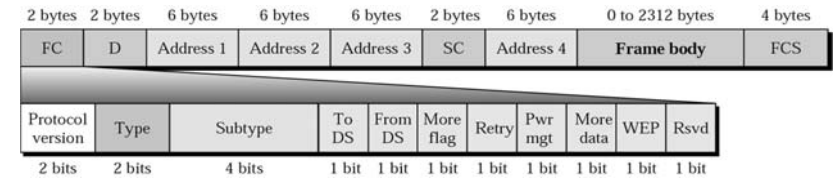
16

## 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