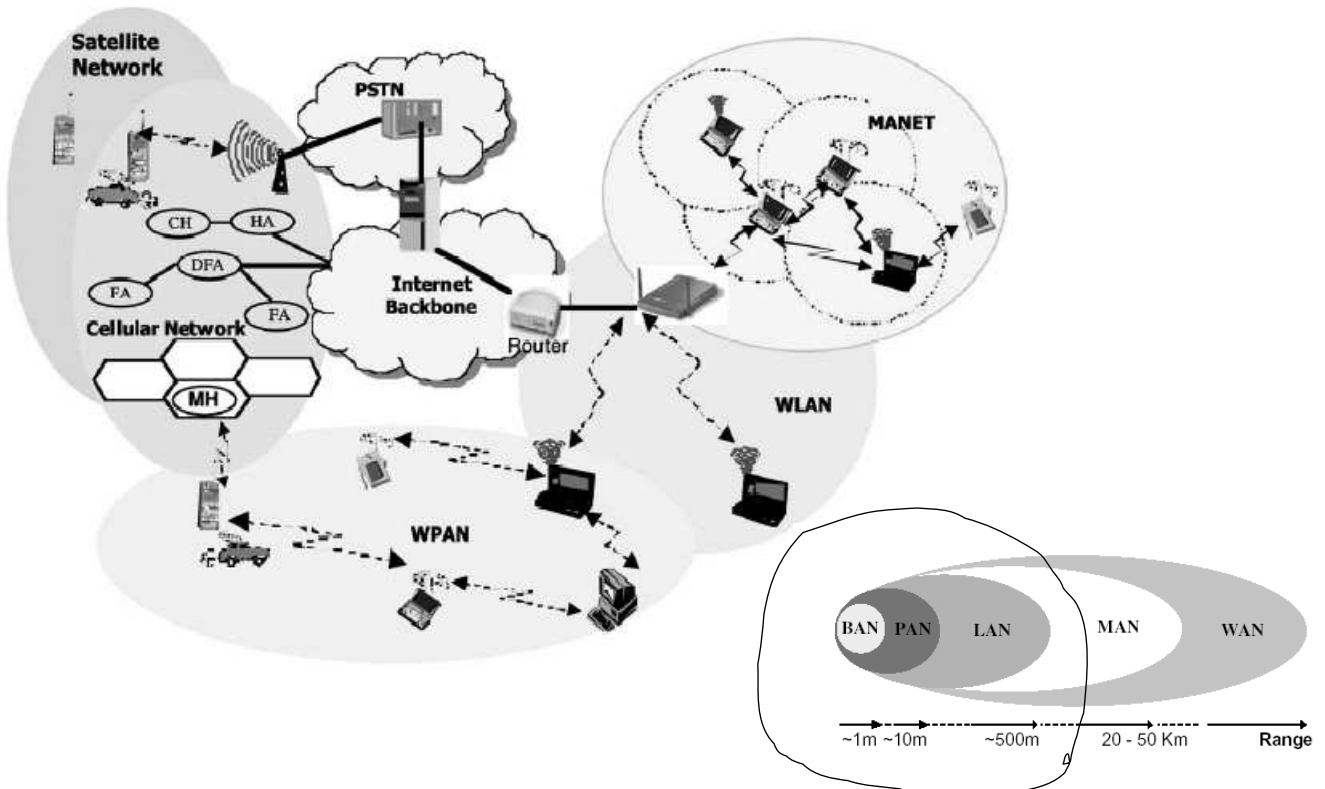
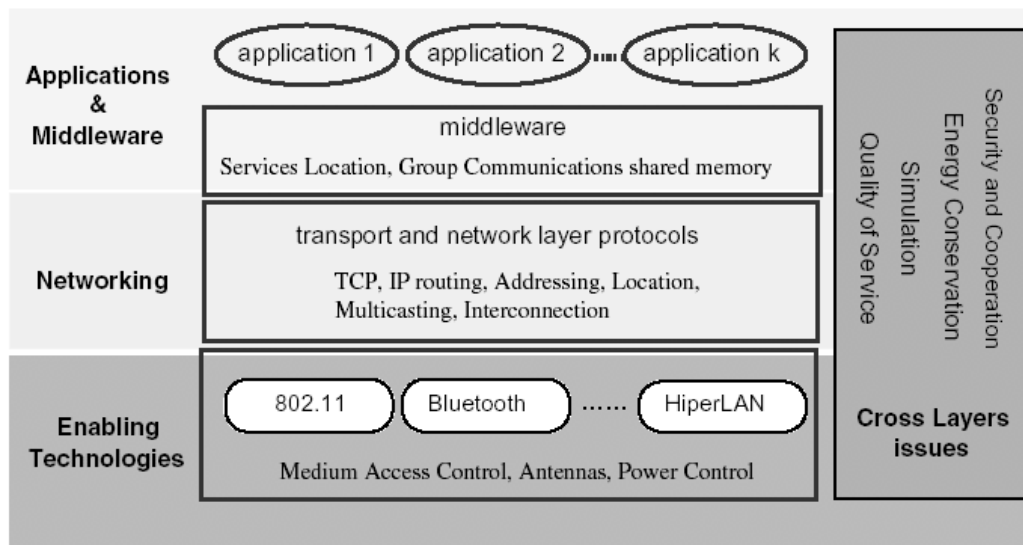

Redes Ad-Hoc

FEUP
MPR

Ad-Hoc, nas Redes de 4ª Geração



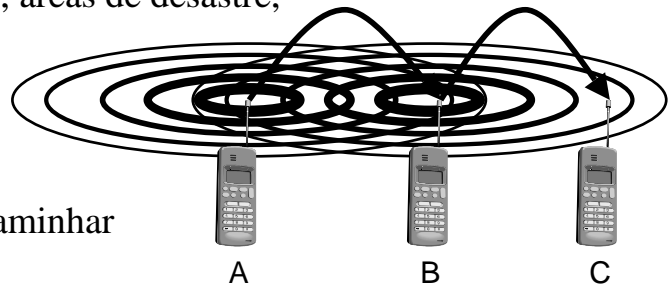
Ad-hoc na Pilha de Protocolos



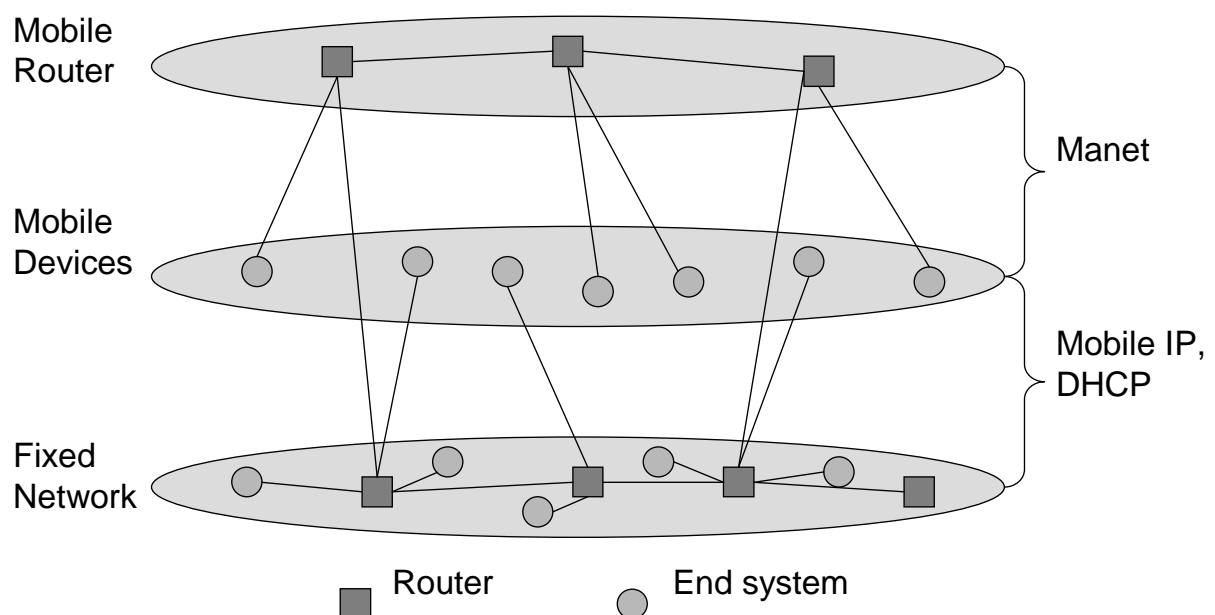
Ad-Hoc - Nível 3

Redes Móveis Ad-Hoc

- ◆ IP móvel requer infraestrutura de rede
 - » Home Agent na rede fixa
 - » DNS, routing não adequados à mobilidade
- ◆ Pode, no entanto, não haver infraestrutura
 - » Áreas remotas, reuniões ad-hoc, áreas de desastre,
 - » ou custo elevado
- ◆ Rede Ad-hoc → *routing*
 - » Não existe default gateway
 - » Todos os nós devem poder encaminhar

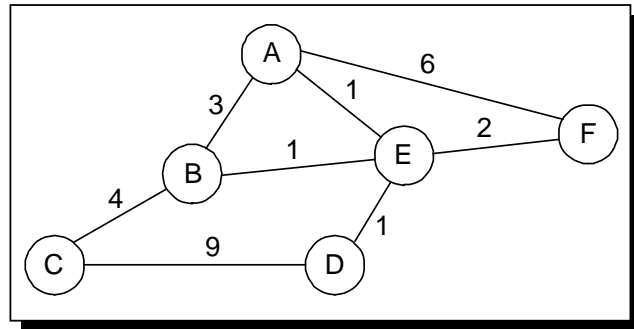


IETF MANET - Mobile Ad-hoc Networking



Encaminhamento vs Descoberta de Rotas

- ◆ Encaminhamento versus Descoberta de Rotas
 - » Encaminhamento
 - Selecção de uma porta de saída a partir de um endereço de destino e de uma tabela de rotas
 - » Descoberta de rotas
 - Construção da tabela de rotas
- ◆ Rede modelizada como um grafo



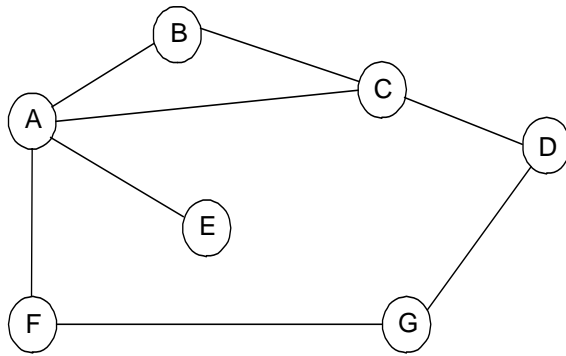
- ◆ Problema → encontrar o trajecto de menor custo entre 2 nós
- ◆ Factores (de rede) a considerar
 - » Estáticos → topologia
 - » Dinâmicos → carga

Algoritmos Tradicionais de Cálculo de Rotas^{AdHoc 8}

Redes Sem Mobilidade

- ◆ Vector distância
 - » Troca periódica de mensagens com os vizinhos
 - » Mensagem informa quem pode ser encontrado e a que distância
 - » Selecção do trajecto mais curto, se possível
 - » RIP
 - » Protocolo emora muito tempo a convergir
- ◆ Estado das ligações
 - » Notificação periódica de todos os routers sobre o estado de todas as ligações
 - » Cada router fica com imagem completa da rede
 - » OSPF
 - » Muito tráfego

Vector Distância - Exemplo, em B

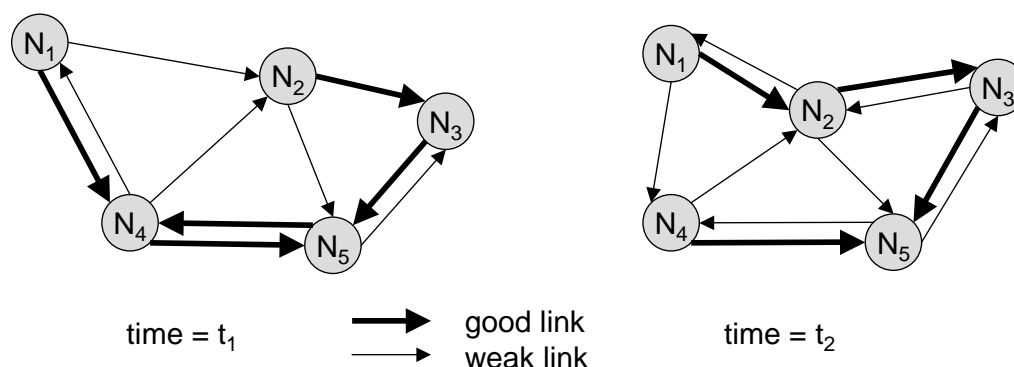


Destino	Custo	NextHop
A	1	A
C	1	C
D	2	C
E	2	A
F	2	A
G	3	A

Estado da Ligação

- ◆ **Estratégia**
 - Enviar a todos os nós (não apenas os vizinhos) informação sobre ligações directas
- ◆ **Link State Packet (LSP)**
 - » Identificação do nó que criou o LSP
 - » Custo da ligação a cada nó vizinho
 - » Número de sequência (SEQNO)
 - » time-to-live (TTL), para este pacote
- ◆ **Inundação fiável. Cada Router**
 - » Armazena o LSP mais recente de cada nó
 - » Re-encaminha LSP para todos os outros nós (excepto nó de origem)
 - » Gera novo LSP periodicamente
 - incrementa SEQNO
 - » recomeça SEQNO em 0, no reboot
 - » decrementa TTL de cada LSP armazenado
 - Elimina quando TTL=0

Exemplos de Rotas numa Rede Ad-Hoc



- ◆ Topologia dinâmica → depende da mobilidade
- ◆ Interferência → comunicação rádio
- ◆ Ligações redundantes → pacotes por quem estiver na vizinhança
- ◆ Ligações assimétricas → potências de emissão e atenuações diferentes

Problemas do Algoritmos de Rotas Tradicionais

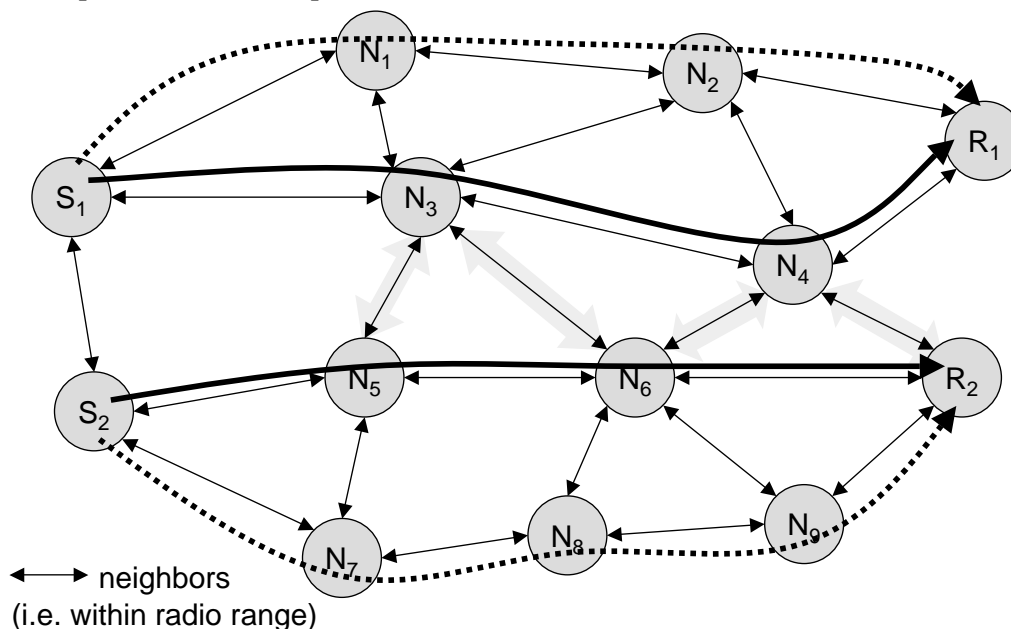
- ◆ Topologia dinâmica
 - » Mudanças frequentes de ligação e qualidade da ligação
 - frequência de refrescamento maior
- ◆ Capacidades limitadas dos sistemas sem fios
 - » Refrescamento frequente das tabelas de rotas → + energia
 - Sistema não pode entrar em modo de poupança de energia
 - » Largura de banda (pequena) desperdiçada
- ◆ Problema
 - » Protocolos de rotas convencionais construídos para redes fixas
 - não sofrem alterações frequentes; assumem ligações simétricas

DSDV (Destination Sequenced Distance Vector)

- ◆ Uma das primeiras soluções
 - » Versão em uso → On Demand Distance Vector (AODV)
- ◆ Baseado em Vector Distância
- ◆ Inclui número de sequência para todas as mensagens
 - » Assegura processamento ordenado das mensagens de refreshamento
 - » Evita anéis e inconsistências
- ◆ Diminui a frequência de refreshamento das mensagens
- ◆ Não anuncia rotas instáveis

Rotas baseadas em Cálculo de Interferência

- ◆ Least Interference Routing (LIR)
 - Em vez do número de hops, o custo da rota é calculado usando número de estações que podem receber um pacote



Source Routing Dinâmico

- ◆ Separa construção rotas em
 - » Descoberta de caminho
 - » Manutenção do caminho

- ◆ Descoberta do caminho
 - » Apenas quando é necessário enviar pacote para destino sem rota

- ◆ Manutenção do caminho
 - » Enquanto a rota estiver a ser usada

- ◆ Não há refescamento periódico

Source Routing Dinâmico – Descoberta do Caminho

- ◆ Descoberta do caminho
 - » Difusão de pacote com endereço de destino e ID único
 - » Quando uma estação recebe este pacote
 - Se é o destinatário → devolve pacote ao emissor; o trajecto incluído no pacote
 - Se o pacote já foi recebido (ID já observado) → elimina pacote
 - Senão → coloca o seu endereço no pacote e difunde-o
 - » Emissor recebe pacote com trajecto correcto
 - Trajecto do pacote que chegou mais depressa ao destino

- ◆ Optimização
 - » Limitar difusão ao diâmetro da rede
 - » Armazenar caminhos anunciados por pacotes que passam

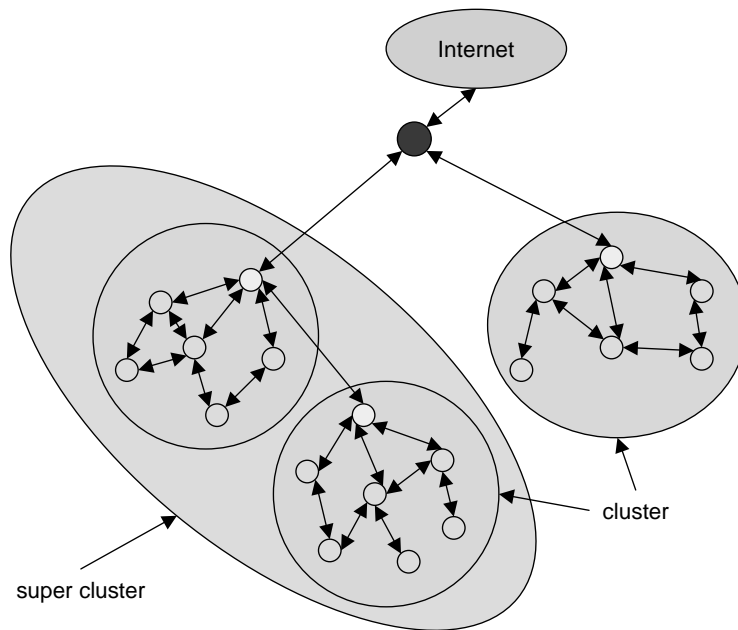
Source Routing Dinâmico – Manutenção do Caminho

- ◆ Manutenção do caminho
 - » Depois de enviar o pacote
 - Espera por confirmação de nível 2 (se aplicável)
 - Pede confirmação
 - » Se uma estação encontrar problemas no envio do pacote, avisa emissor

Protocolos de Routing para Redes Ad-Hoc

- ◆ Flat
 - Pro-activo
 - ◆ FSLS – Fuzzy Sighted Link State
 - ◆ FSR – Fisheye State Routing
 - ◆ OLSR – Optimised Link State Routing Protocol
 - ◆ TBRPF – Topology Broadcast Based on Reverse Path Forwarding
 - Reactivo
 - ◆ AODV – Ad hoc On demand Distance Vector
 - ◆ DSR – Dynamic Source Routing
- ◆ Hierárquico
 - ◆ CGSR – Clusterhead-Gateway Switch Routing
 - ◆ HSR – Hierarchical State Routing
 - ◆ LANMAR – Landmark Ad Hoc Routing
 - ◆ ZRP – Zone Routing Protocol
- ◆ Baseado em posição geográfica
 - ◆ DREAM – Distance Routing Effect Algorithm for Mobility
 - ◆ GeoCast – Geographic Addressing and Routing
 - ◆ GPSR – Greedy Perimeter Stateless Routing
 - ◆ LAR – Location-Aided Routing

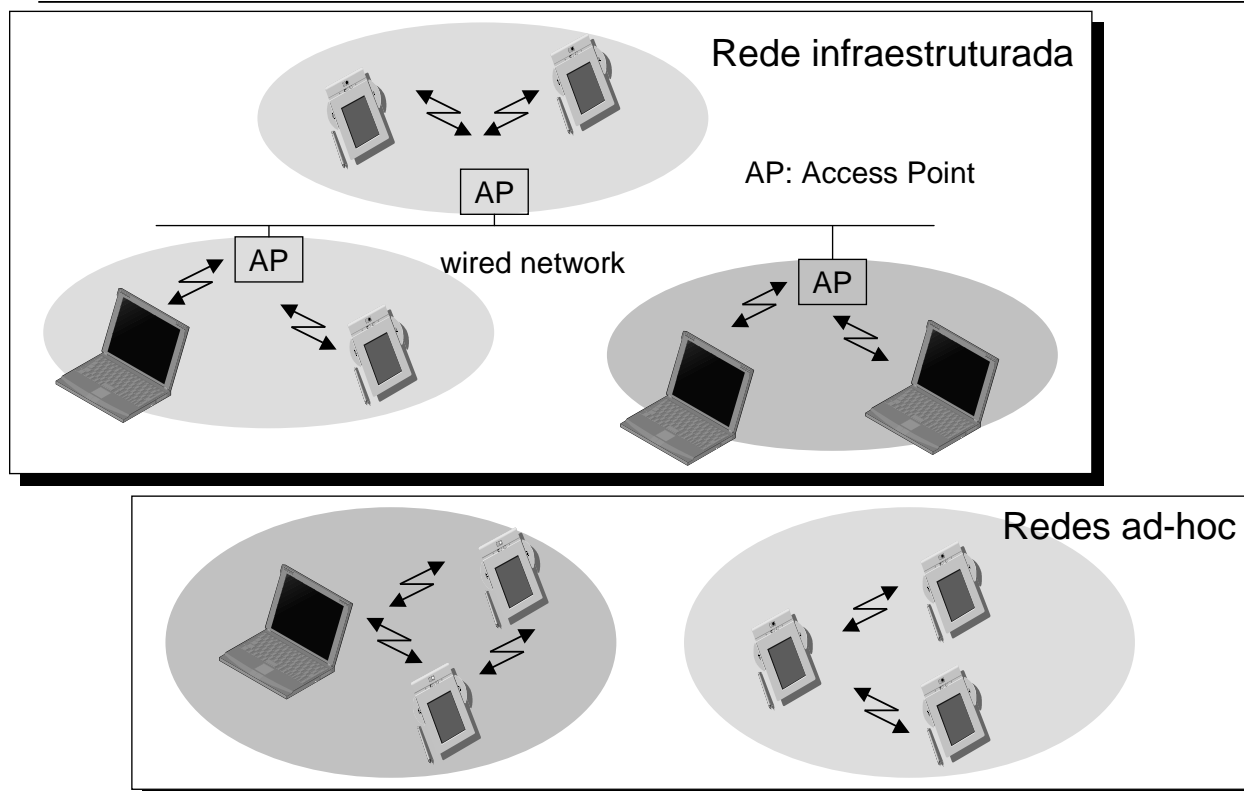
Clusters de Redes Ad-Hoc



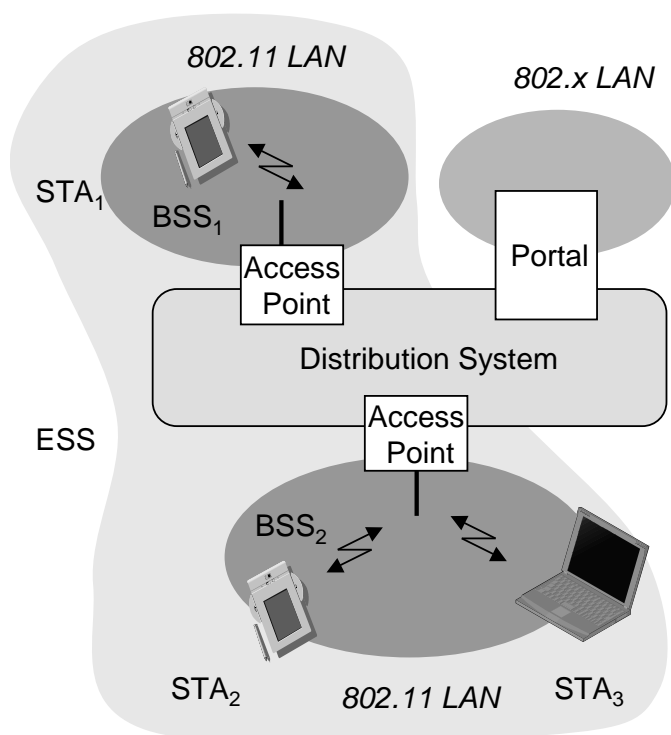
Ad-hoc - Nivel 2

Wireless LAN - 802.11

Redes Infraestruturadas / Redes Ad-Hoc

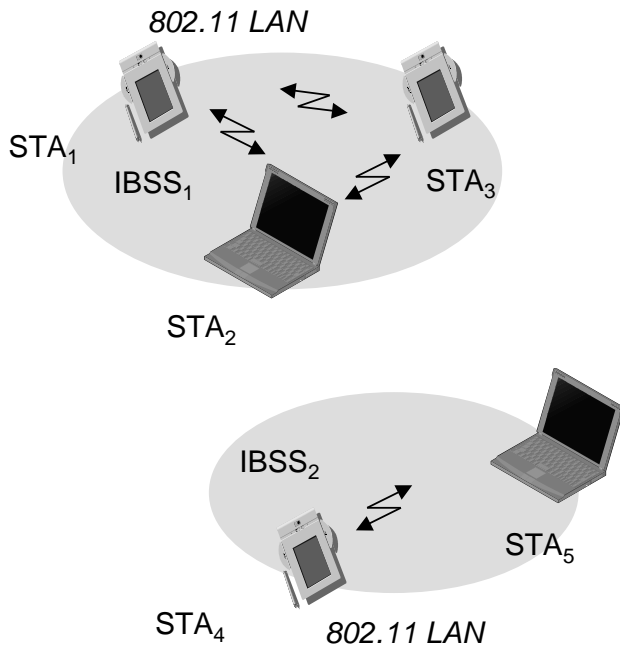


802.11 – Arquitectura de Rede Infraestruturada



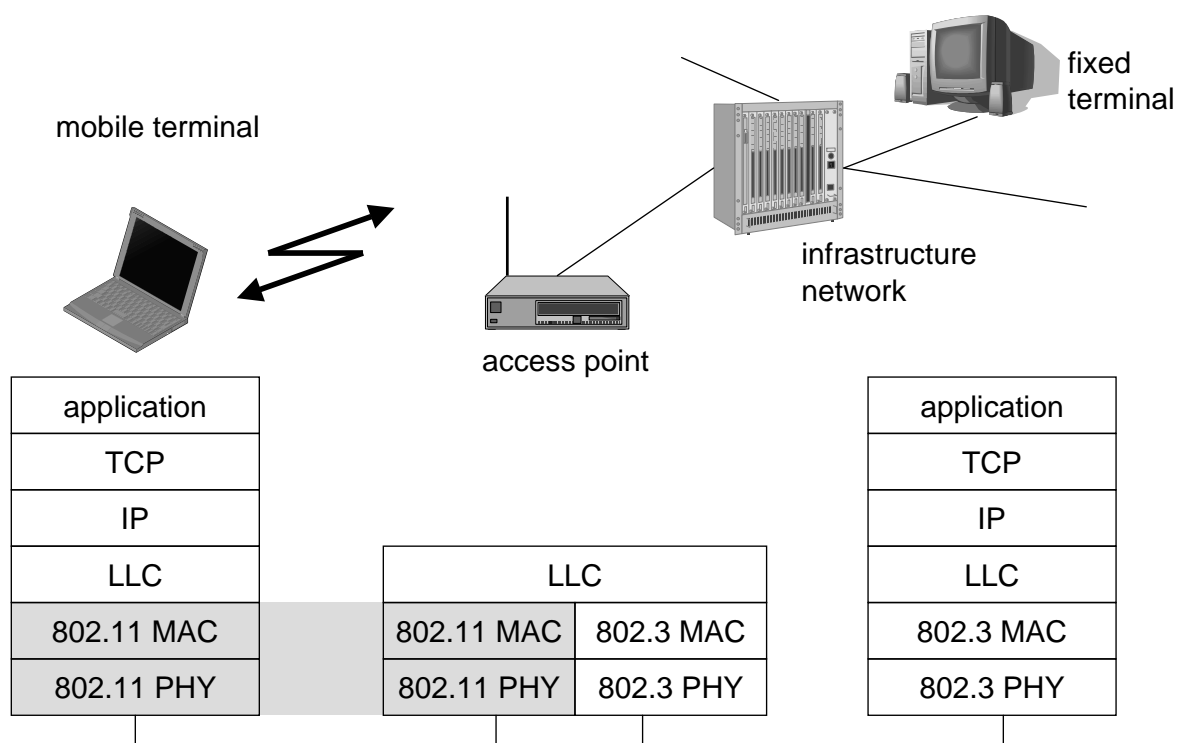
- ◆ Estação (STA)
 - » Terminal com acesso rádio
- ◆ Basic Service Set (BSS)
 - » Estações na mesma frequência rádio
- ◆ Access Point
 - » Estação que integra a LAN com a infraestrutura de rede fixa
- ◆ Portal → bridge para outras redes
- ◆ Distribution System
 - » Rede de interligação
 - » Forma uma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

802.11 – Arquitectura de Rede Ad-Hoc

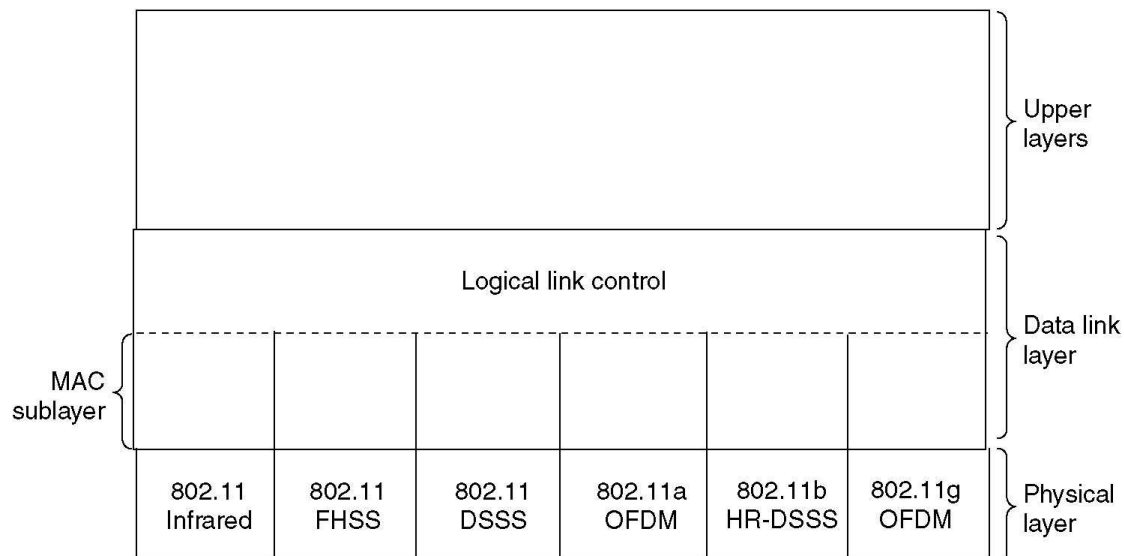


- ◆ Comunicação directa entre terminais
- ◆ Estação, STA
 - » Terminal c/ acesso directo sem fios
- ◆ Independent Basic Service Set, IBSS
 - » Grupo de estações na mesma frequência (canal) rádio

IEEE 802.11



A Pilha de Protocolos 802.11



802.11 – Camadas, Funcionalidades

- ◆ **Dados**
 - » MAC → acesso ao meio, fragmentação, encriptação
 - » 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, gestão de potência, MIB
 - » Station Management → coordenação das funções de gestão

DLC	LLC	Station Management	
	MAC		MAC Management
PHY	PLCP		PHY Management
	PMD		

Nível MAC – Métodos de Acesso

DCF – Distributed Coordination Function
PCF - Point Coordination Function

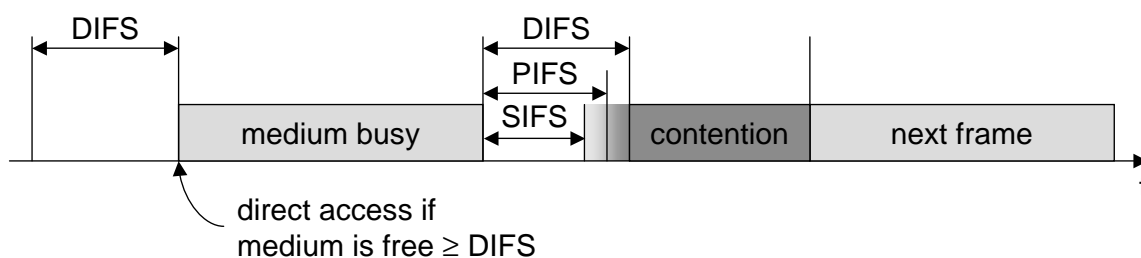
- ◆ MAC-DCF CSMA/CA (obrigatório)
 - Colisão evitada com mecanismo de back-off
 - Distância mínima entre pacotes consecutivos
 - Pacote ACK para confirmações (excepto broadcasts)

- ◆ MAC-DCF c/ RTS/CTS (opcional)
 - Contorna o problema do terminal escondido

- ◆ MAC- PCF (opcional)
 - Access Point interroga terminais de acordo com uma lista

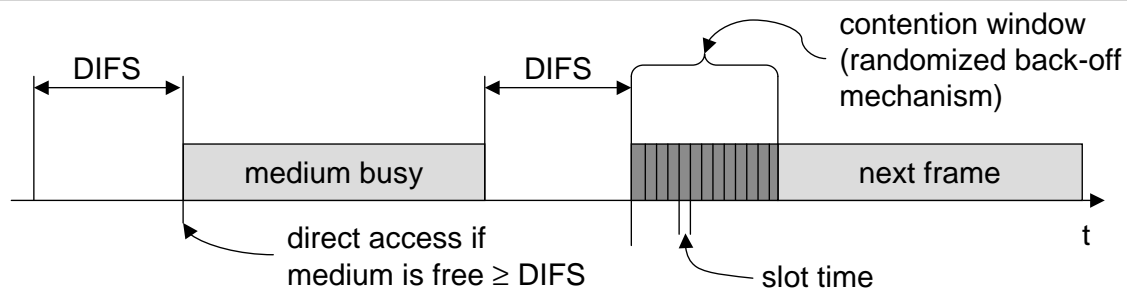
Nível MAC – Tempos de Guarda

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



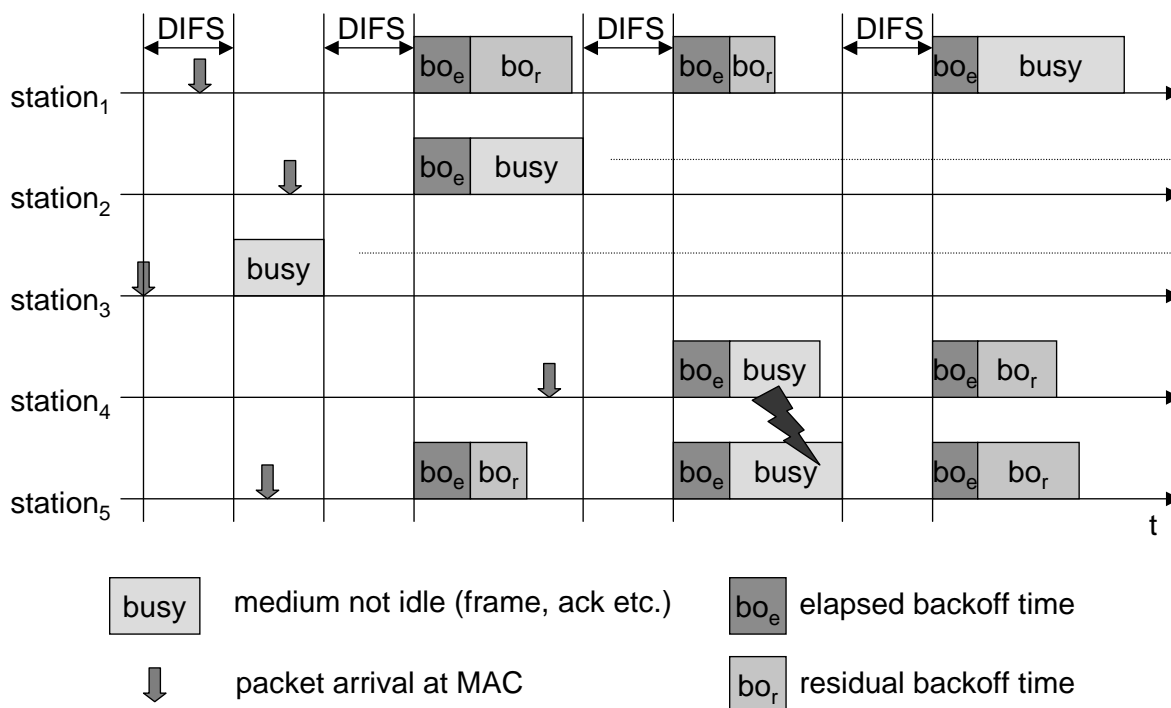
- ◆ Como sabe uma estação se o meio está livre?
 - » Normalmente, detectando a portadora
 - » Na Ethernet, em caso de detecção de colisão → transmissão abortada
- ◆ Em RF, detectar + emitir em simultâneo → electrónica cara
- ◆ IEEE 802.11 usa Network Allocation Vector (NAV)
 - » Tramas 802.11 contêm 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

MAC-DCF CSMA/CA – Método de Acesso



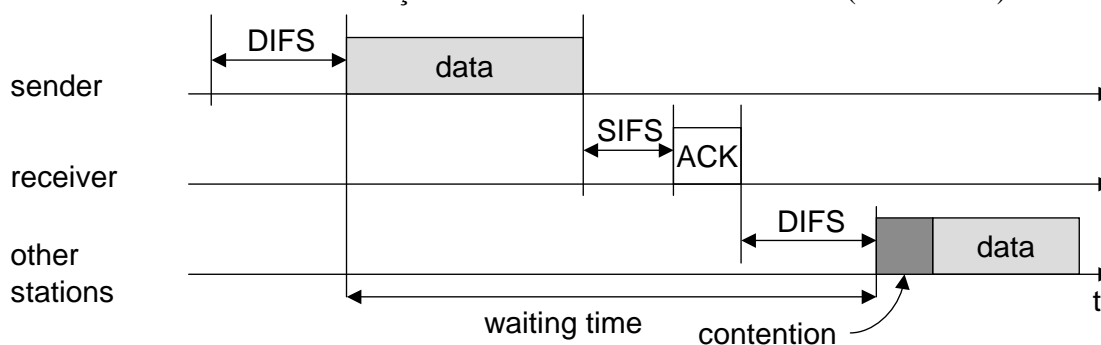
- ◆ Estação pronta a transmitir começa a sentir o meio
 - » Carrier Sense baseado em CCA (Clear Channel Assessment)
- ◆ Se o meio está livre durante uma Inter-Frame Space (IFS)
 - » Estação pode começar a enviar (IFS depende do tipo de serviço)
- ◆ Se o meio está ocupado
 - » A estação espera por um IFS livre e, adicionalmente,
 - » Espera tempo de back-off aleatório (collision avoidance, múltiplo de slot → $n * 20 \mu s$)
- ◆ Se outra estação ocupa o meio durante o tempo de back-off
 - » O timer é suspenso

MAC-DCF CSMA/CA - Estações Concorrentes



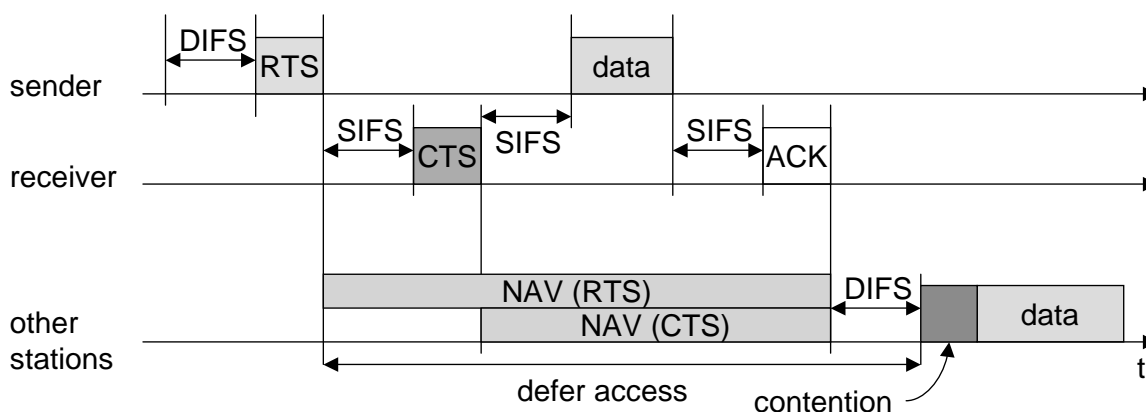
MAC-DCF CSMA/CA – Método de Acesso

- ◆ Envio de pacote unicast
 - » Estação espera DIFS antes de enviar pacote
 - » Se pacote é recebido correctamente (CRC no nível MAC sem erros)
 - ◆ receptor confirma de imediato, com ACK, depois de esperar SIFS
 - » Retransmissão automática da trama, em caso de erros de transmissão
 - » Em caso de colisão
 - ◆ Valor máximo da janela de contenção duplica
 - ◆ Janela de contenção tem valores mínimos e máximos (ex.: 7 e 255)



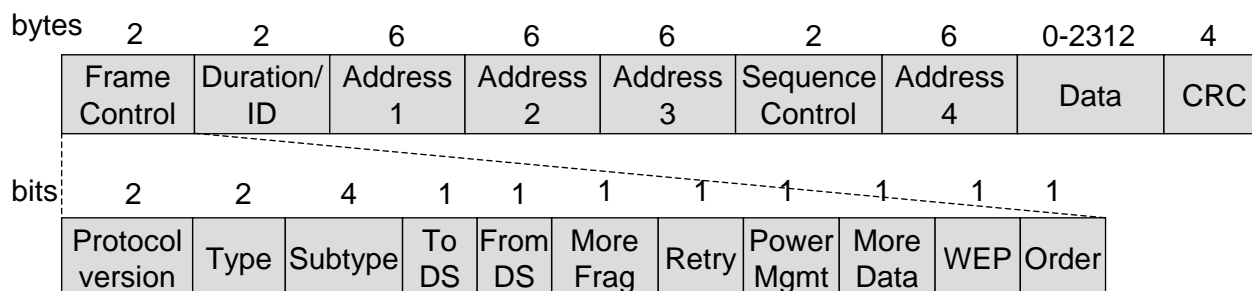
MAC DCF c/ RTS/CTS

- ◆ 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, depois de esperar SIFS. Confirmação com ACK
 - » Outras estações conhecem reservas observando RTS e CTS



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



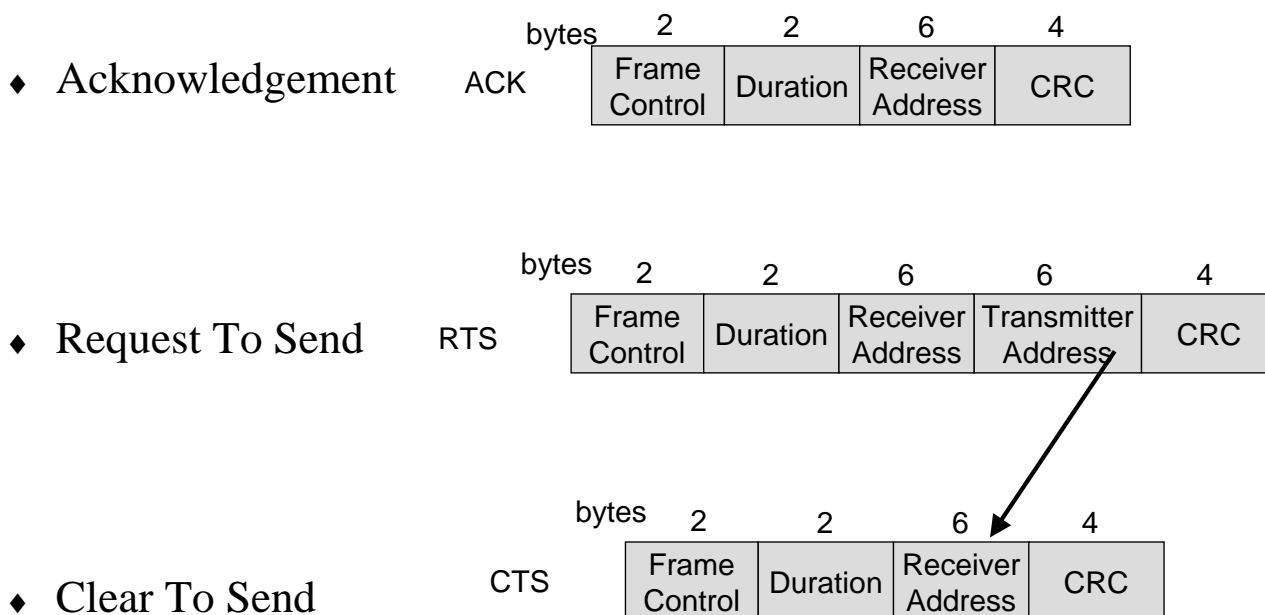
Formato do Endereço MAC

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

Suporte de mobilidade entre BSS
 Usado para evitar túneis

Tramas Especiais - ACK, RTS, CTS



(Fig. 7.17 do livro está errada)