

IEEE 802.11: WLAN

Uma WLAN (Wireless LAN) é uma rede local sem fio padronizada pelo IEEE 802.11. É conhecida também pelo nome de Wi-Fi, abreviatura de “Wireless Fidelity” (fidelidade sem fios)

IEEE 802.11: WLAN

Objetivos:

- ✓ Prover conectividade a equipamentos ou estações que requeiram instalação rápida e exijam mobilidade;
- ✓ Oferecer um padrão para utilização pelos órgãos de regulamentação.

Ex: notebooks, tablets, smartphones.

Presente em:

Empresas, hotéis, aeroportos, universidades, hospitais e centros comerciais, etc, oferecendo a possibilidade de acesso à rede com suporte à mobilidade.

IEEE 802.11: WLAN

Motivação:

As redes *wireless* eram muito caras, lentas, tinham uma série de problemas de interferências e eram baseadas em tecnologias proprietárias.

Com desenvolvimento do padrão IEEE 802.11:

- *Problemas técnicos foram resolvidos*
- *Mobilidade, rápida instalação, flexibilidade, escalabilidade.*

Obs: **Segurança** continua sendo um problema.

IEEE 802.11: WLAN

Características:

- transmissão de dados por ondas de rádio
- modulação do sinal sobre uma onda portadora;
- visada:
 - ambientes externos: *requer visada direta*
 - ambientes internos: *não requer visada direta*
- garantem funcionalidades de LANs convencionais
- as diferentes tecnologias (*a, b, g, n*, etc) e equipamentos possibilitam taxas de transmissão e alcances variados.

IEEE 802.11: WLAN

IEEE 802.11	Ano	Taxa Max	Distância	Frequência
802.11b	1999	11 Mbps	30 m	2.4 Ghz
802.11g	2003	54 Mbps	30m	2.4 Ghz
802.11n (WiFi 4)	2009	600 Mbps	70m	2.4, 5 Ghz
802.11ac (WiFi 5)	2013	3.47Gpbs	70m	5 Ghz
802.11ax (WiFi 6)	2020	14 Gbps	70m	2.4, 5 Ghz
802.11af	2014	35 - 560 Mbps	1 Km	Bandas de TV não usadas (54-790 MHz)
802.11ah	2017	347Mbps	1 Km	900 Mhz

Todas usam o protocolo de múltiplo acesso CSMA/CA e possuem versões para os modos infra-estruturado e adhoc

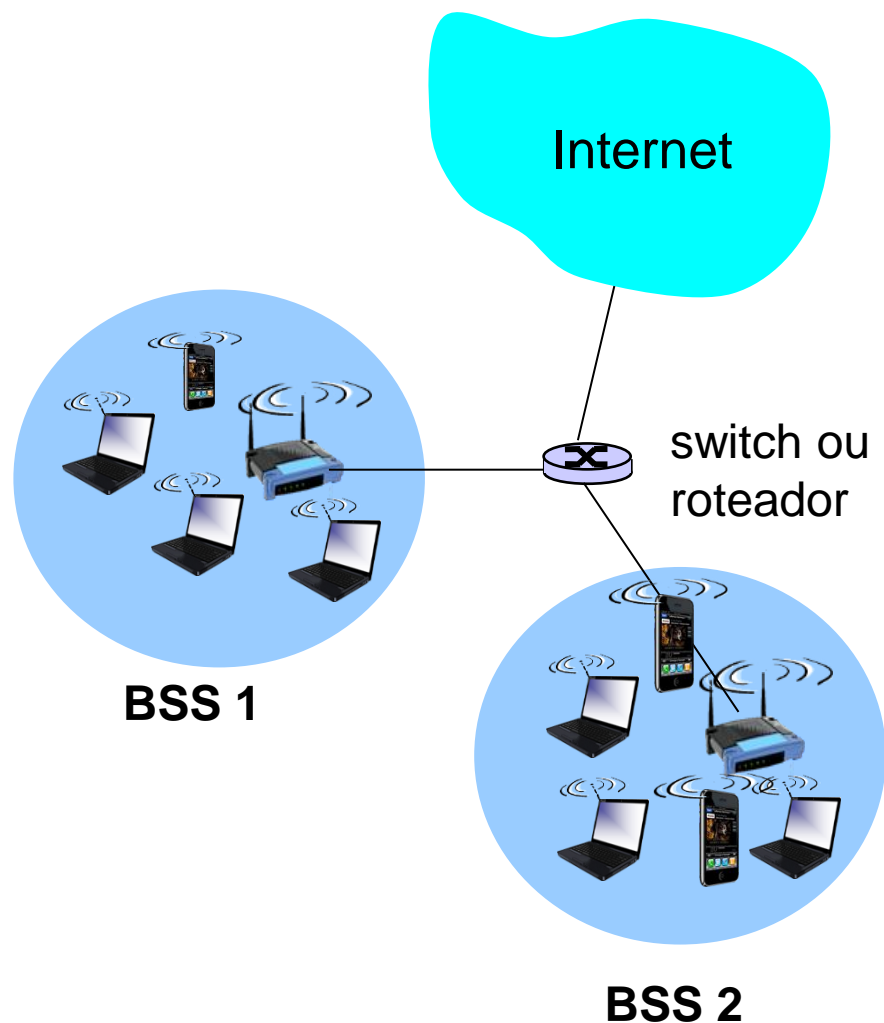
IEEE 802.11: WLAN

802.11n: múltiplas antenas - duas ou mais antenas do lado do remetente e duas ou mais antenas do lado do destinatário

Faixas de frequência: 2.4 - 2.5 GHz ou 5 GHz

Pode chegar a 600 Mbps

802.11 LAN - arquitetura



- ❑ Um *host* sem fio se comunica com a estação base
 - estação base = access point (AP)
- ❑ Basic Service Set (BSS) ("célula"):
 - no modo infraestruturado contém:
 - *Hosts* sem fio
 - access point (AP): estação base
 - no modo *ad hoc*: somente *hosts* sem fio

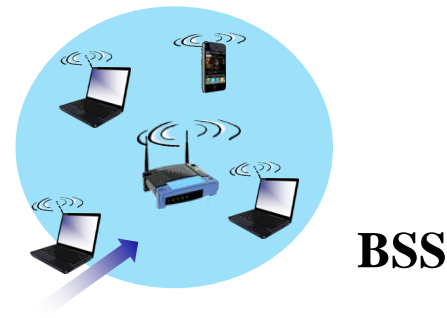
802.11 - canais e associação

- ✓ o espectro é dividido em canais de diferentes frequências
 - o administrador da rede escolhe um número de canal para o AP e designa um Identificador de Conjunto de Serviços (SSID) composto de uma ou duas palavras
 - possível interferência: canal pode ser o mesmo que o escolhido por um AP vizinho!
- ✓ uma **selva de Wi-Fis** é qualquer localização física na qual uma estação sem fio recebe um sinal suficientemente forte de dois ou mais APs

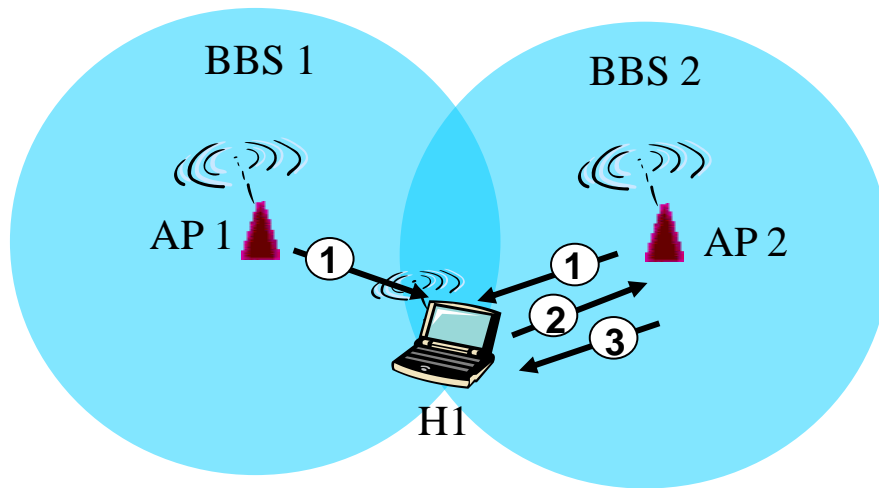
802.11: canais e associação

host deve ser **associado** com um AP:

- Varre os canais, escuta quadros de sinalização (**beacon frames**) enviados periodicamente pelo AP, que contêm a identificação do AP (SSID) e o endereço MAC
- Em geral, o hospedeiro escolhe o AP cujo quadro de sinalização é recebido com a intensidade de sinal mais alta.
- Seleciona um AP para se associar (algoritmo no firmware)
- Pode realizar autenticação
- Após a associação, o hospedeiro vai rodar o protocolo DHCP para obter o endereço IP na sub-rede do AP

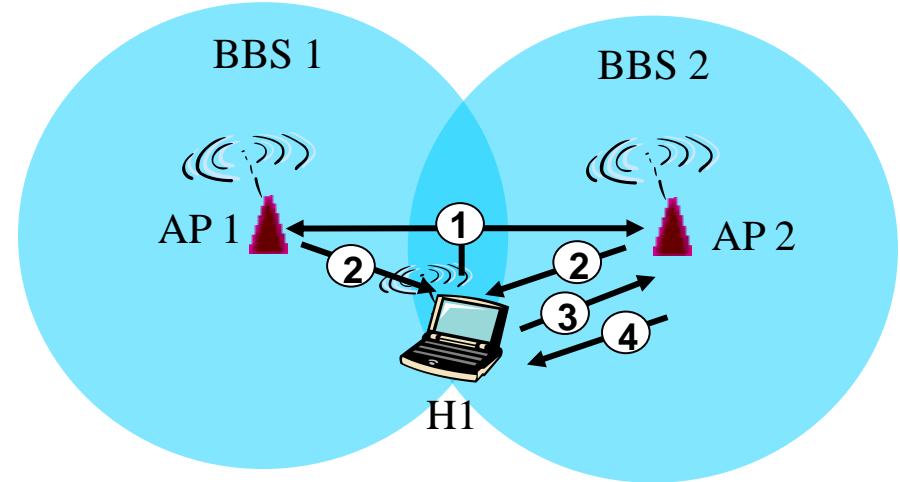


802.11: Varredura passiva/ativa para APs



Varredura passiva:

- (1) Quadros de sinalização enviados pelos APs
- (2) Quadro de solicitação de associação enviado de H1 para o AP selecionado
- (3) Quadro de resposta de associação enviado do AP selecionado para H1



Varredura ativa:

- (1) H1 faz uma Difusão do quadro de solicitação de investigação
- (2) Quadros de resposta de investigação enviados pelos APs
- (3) Quadro de solicitação de associação enviado por H1 ao AP selecionado
- (4) Quadro de resposta de associação enviado do AP para H1

IEEE 802.11: múltiplo acesso

Objetivo:

Coordenar transmissões. Estações querem transmitir ao mesmo tempo no mesmo canal \Rightarrow colisões

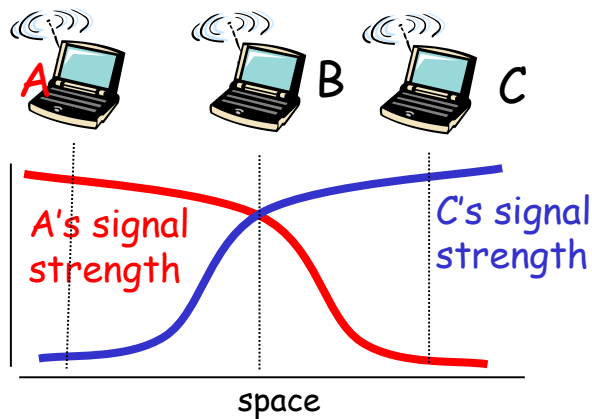
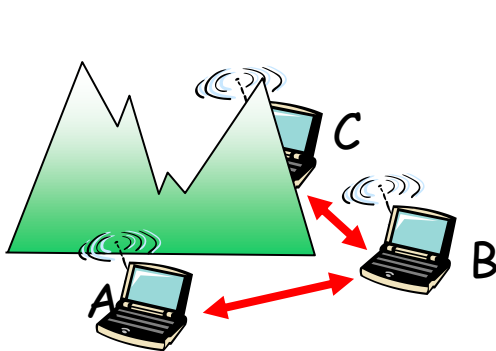
- ✓ Inspirado no sucesso da Ethernet e seu protocolo de acesso aleatório (CSMA/CD)
- ✓ protocolo de acesso aleatório é denominado **CSMA com prevenção de colisão (CSMA/CA)**
- ✓ Devido ao excesso de erros, usa um esquema de reconhecimento/retransmissão (ARQ) de camada de enlace

IEEE 802.11: múltiplo acesso

Ethernet: CSMA/CD (Collision Detection)

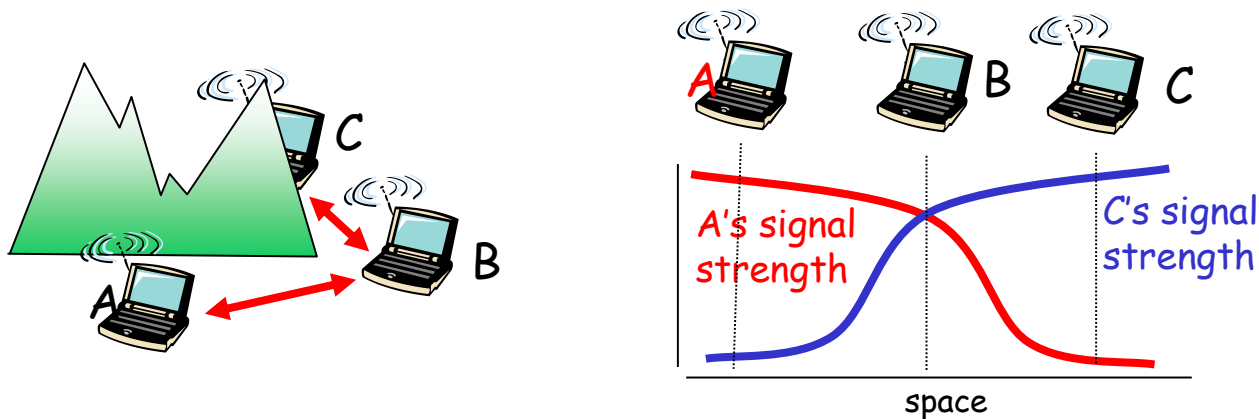
Por que o 802.11 não usa CSMA/CD?

- Dificuldade de detectar colisões: diferença entre as potências dos sinais TX e RX
- Mesmo se a potência estiver boa pode ser difícil a detecção (terminal escondido e devanescimento)



IEEE 802.11: múltiplo acesso

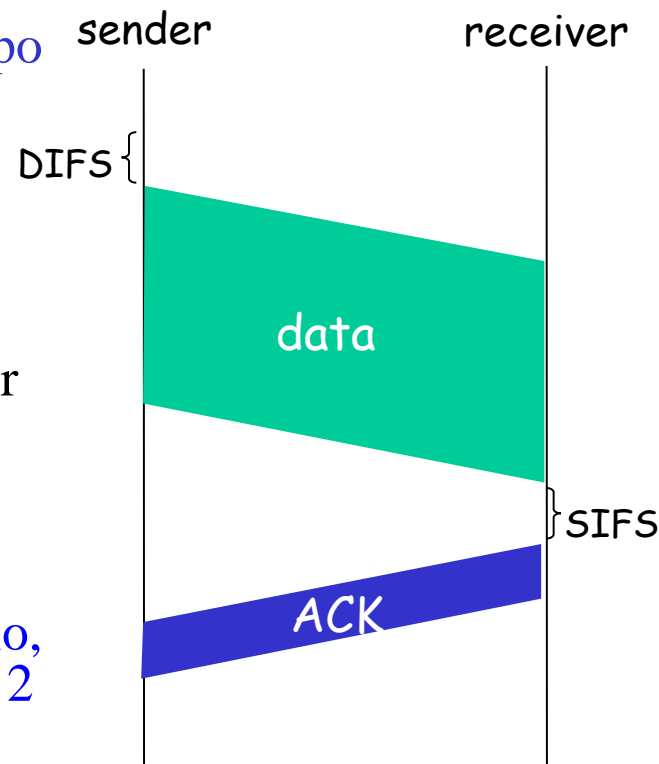
- ❑ evita colisões (CSMA/CA): dois ou mais nós transmitindo ao mesmo tempo
- ❑ 802.11: CSMA – “escuta” o meio antes de transmitir
 - para não colidir com outras transmissões em andamento
- ❑ **802.11: não realiza detecção de colisão!**
 - *qdo começa a transmitir vai até o fim (não interrompe)*
 - objetivo: **evitar colisões**: CSMA/C(ollision)A(voidance)



IEEE 802.11: CSMA/CA

Emissor 802.11

- 1 se o canal estiver livre, espera um pequeno tempo (DIFS) e então transmite todo o quadro (não há detecção de colisão)
- 2 se o canal estiver ocupado então
inicia um tempo de *backoff* aleatório
faz contagem regressiva quando o canal estiver livre (senão congela timer)
3. transmite qdo o tempo expirar e espera ACK
4. se receber ACK, volta ao passo 2, caso contrário, aumenta o intervalo de *backoff* e repete o passo 2

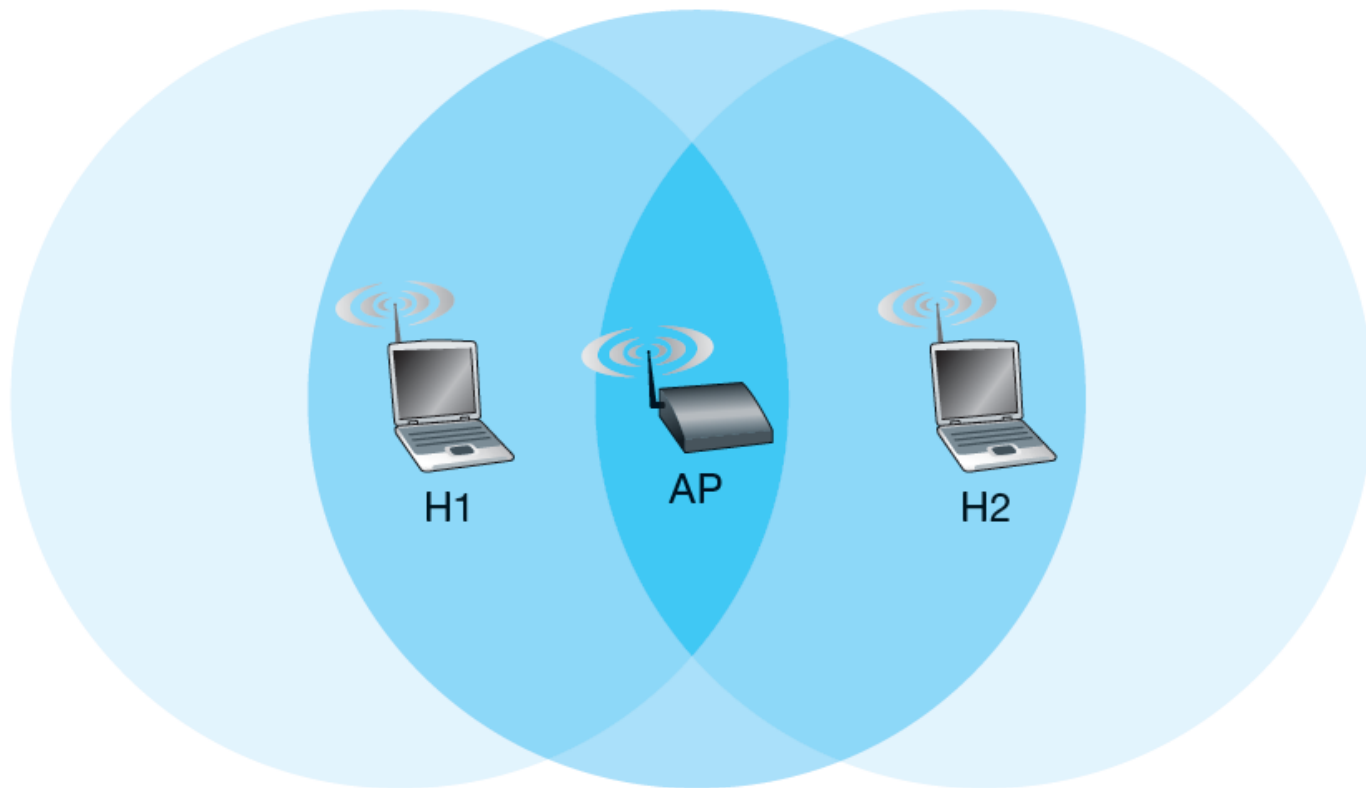


Receptor 802.11

- se o quadro recebido estiver com CRC OK
envia ACK depois de esperar um **SIFS**

Tratando de terminais ocultos: RTS e CTS

Exemplo de terminal oculto: H1 está oculto de H2, e vice-versa



IEEE 802.11: evitando colisões (RTS e CTS)

idéia: permitir ao emissor reservar o canal pelo tempo de tx dos dados + ack, evitando colisões de quadros longos

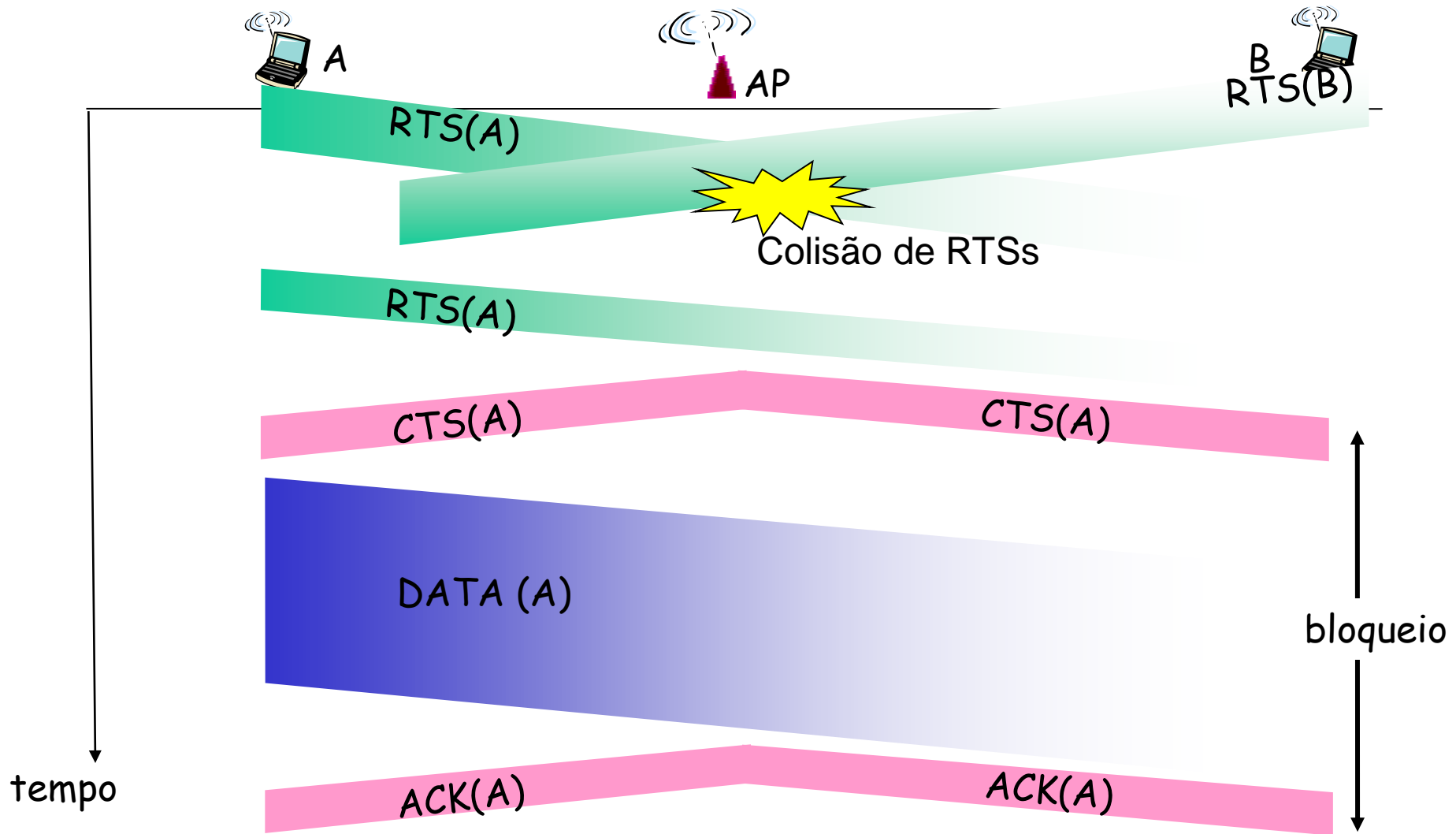
- ❑ Emissor primeiramente envia pequenos pacotes de controle request-to-send (RTS) para o AP indicando o tempo que vai gastar para tx o quadro e receber o ack. O RTS é ouvido por todas as estações ao seu alcance (inclusive o AP)

Obs: os pacotes RTS podem ainda colidir uns com os outros, mas como eles são pequenos, não causam longos atrasos

- ❑ AP envia um pct *clear-to-send* (CTS) em broadcast para todas as estações que estão ao seu alcance, em resposta ao RTS
- ❑ Emissor transmite o quadro de dados
- ❑ Outras estações bloqueiam suas transmissões durante o tempo reservado

Evita completamente as colisões de quadros de dados usando pequenos pcts de reserva!

Evitando Colisões: troca de RTS-CTS

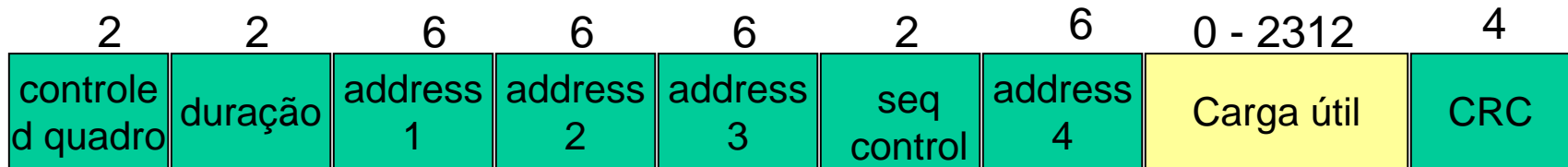


Tratando de terminais ocultos: RTS e CTS

A utilização dos quadros RTS e CTS pode melhorar o desempenho de dois modos importantes:

- O problema da estação oculta é atenuado.
- Desde que os quadros RTS e CTS sejam corretamente transmitidos, os quadros DATA e ACK subsequentes deverão ser transmitidos sem colisões.

Quadro 802.11: endereçamento



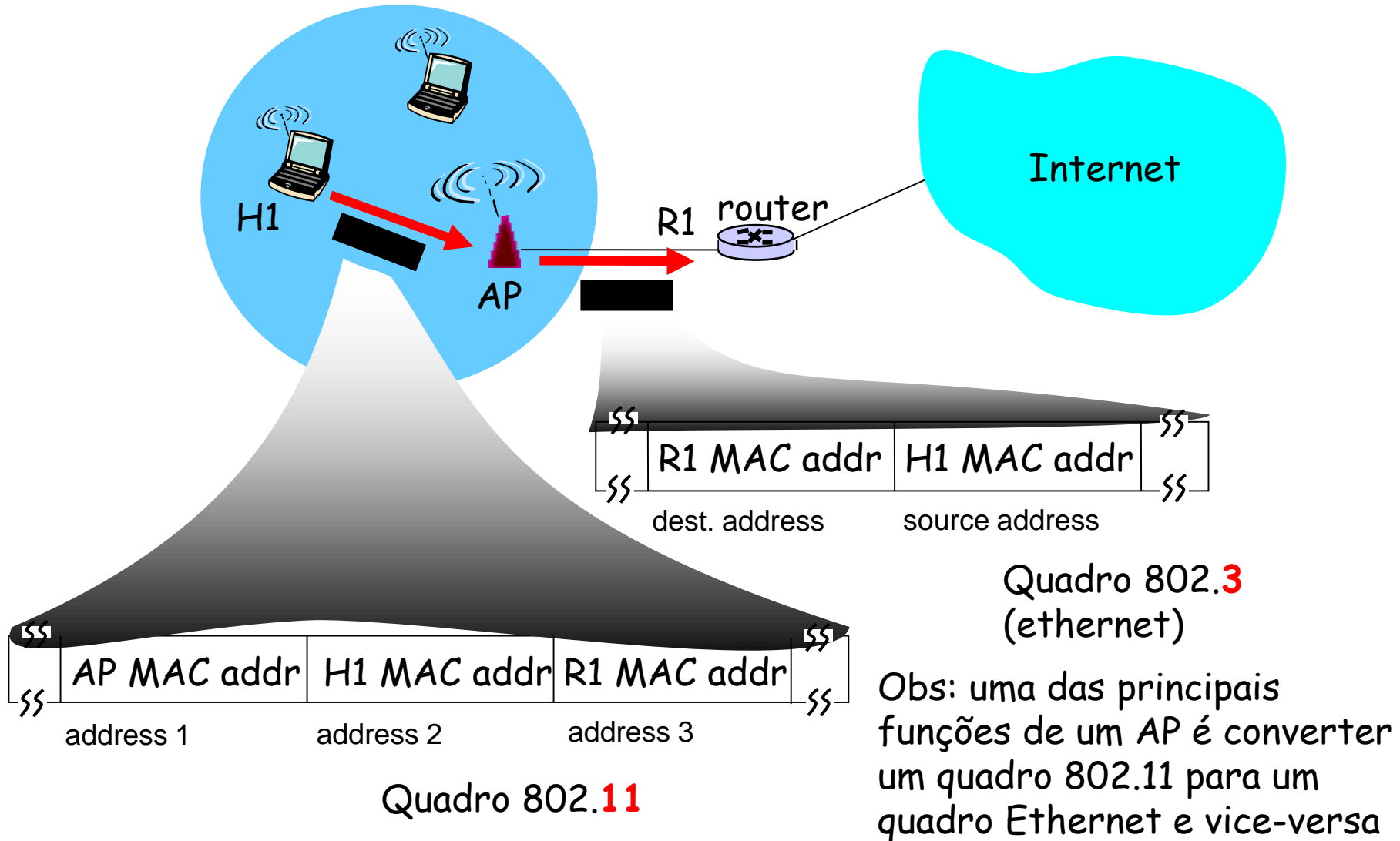
Address 1: endereço MAC de destino: host s/ fio ou AP q vai receber o quadro

Address 2: endereço MAC do host sem fio ou do AP transmitindo o quadro

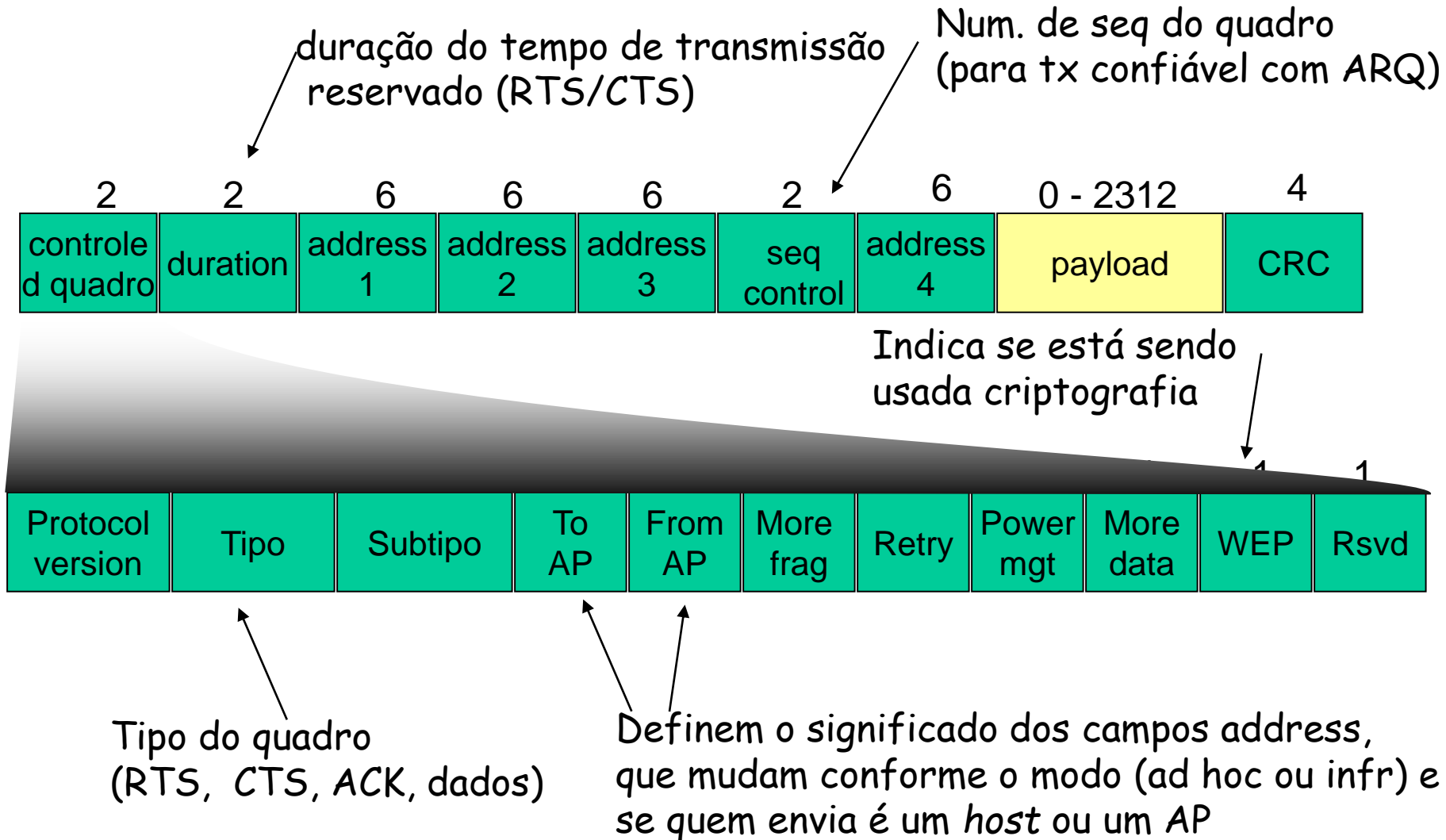
Address 3: endereço MAC do roteador ao qual o AP esta conectado

Address 4: usado somente no modo ad hoc

Quadro 802.11 : endereçamento

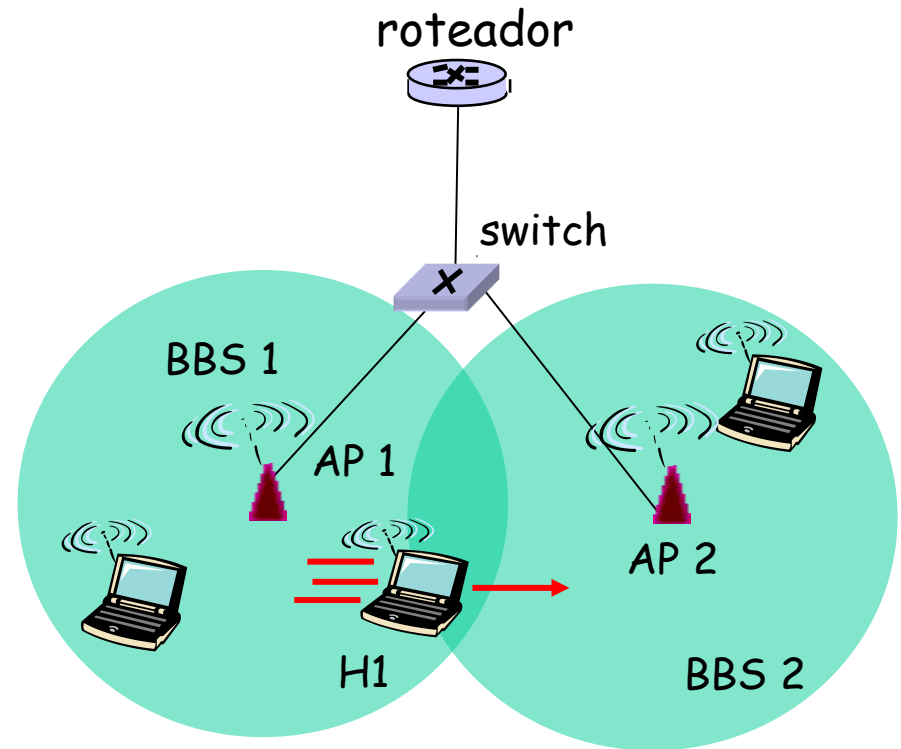


Quadro 802.11 : endereçamento



802.11: mobilidade dentro da mesma sub-rede

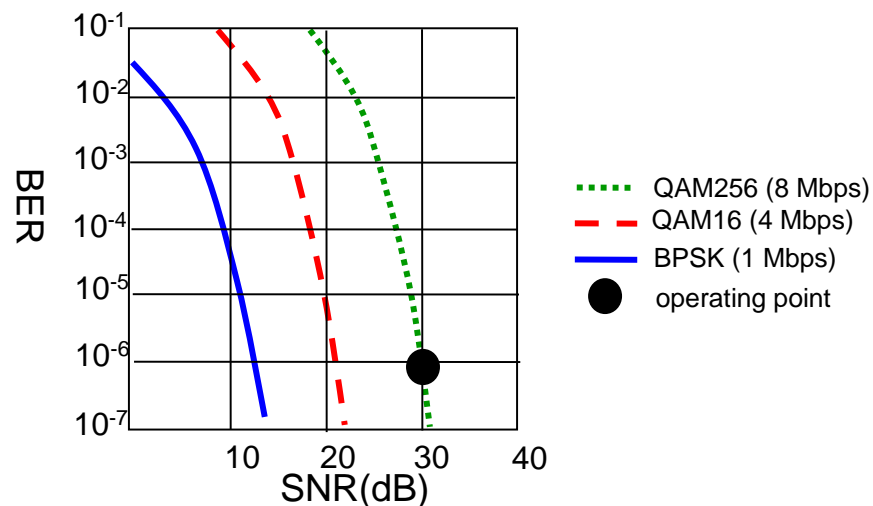
- ❑ H1 permanece na mesma sub-rede: endereço IP pode permanecer o mesmo (switch)
- ❑ switch: qual AP está associado com H1?
- ❑ "self-learning": switches montam suas tabelas automaticamente, mas não estão aptos a manusear mobilidade excessiva. Existe um par entre o end. de sua interface e H1
Solução: AP2 broadcasts um quadro ethernet com o endereço fonte de H1 logo depois da associação



802.11: recursos avançados

Adaptação da taxa de tx:

- A estação base ou host móvel mudam a taxa de transmissão dinamicamente (técnicas de modulação da camada física)
- Conforme a movimentação do host, a relação SNR varia
- Semelhante ao controle de congestionamento do TCP



1. SNR decai e BER aumenta conforme o nó se distancia da estação base
2. Quando o BER se torna muito alto é realizada uma mudança para uma taxa de transmissão menor mas com um menor BER

802.11: recursos avançados

Gerenciamento de energia:

O padrão 802.11 provê capacidades de gerenciamento de energia, permitindo que os nós 802.11 minimizem o tempo de suas funções de:

- **percepção**
- **transmissão e recebimento, e**
- **outros circuitos necessários para “funcionar”.**

802.11: recursos avançados

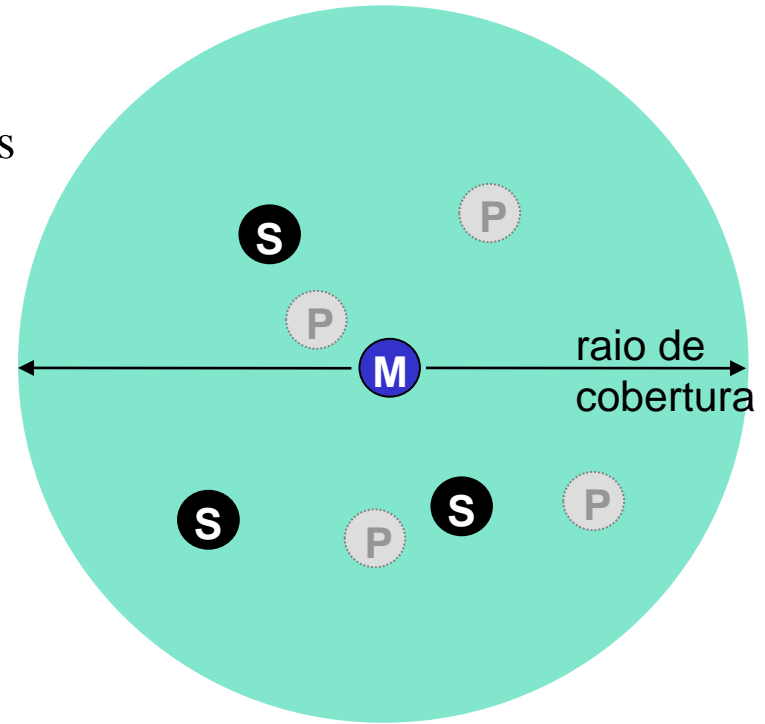
Gerenciamento de energia:

- ❑ **Nó p/ AP: “Vou dormir até o próximo quadro de *beacon* (sinalização)” (por ex.:100 ms)**
 - AP sabe que não pode transmitir quadros para este nó (armazena-os)
 - Nó acorda imediatamente antes de receber o próximo quadro de sinalização (por ex.: 250 μ s)
- ❑ **quadro de sinalização contém uma lista dos nós com quadros AP p/ nó esperando para serem enviados**
 - Nó permanece acordado se existem quadros a serem recebidos; caso contrário dorme novamente até imediatamente antes do próximo quadro de sinalização \Rightarrow ***node dormir até 99% do tempo se***

802.15.1: Redes Pessoais (Piconet): Bluetooth

Características:

- dispositivos separados por, no máximo, 10' s m de diâmetro
- substitui dispositivos com fio por dispositivos sem fio (mouses, teclados, headphones, etc)
- operam no modo *ad hoc*: **são auto-organizáveis**
- TDM: slot de 625 μ s
- Máx 8 dispositivos ativos e 255 *estacionados*
- Opera na banda de freq de 2.4-2.5 GHz (interferência de micro-ondas e telefones s/ fio, por exemplo)
- Taxa de transmissão de até 3 Mbps

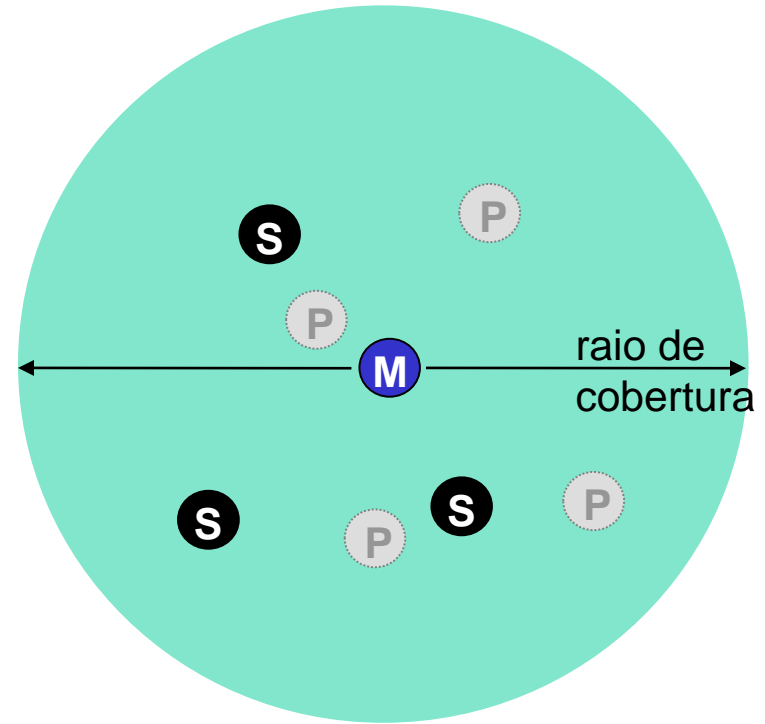


- M** Dispositivo mestre
- S** Dispositivo cliente
- P** Dispos.parked (inativo)

802.15.1: Redes Pessoais (Piconet): Bluetooth

Funcionamento:

- ❑ Pode transmitir em um dos 79 canais diferentes dentro de cada slot
- ❑ Canal muda pseudo-aleatoriamente de slot para slot (FHSS)
- ❑ ⇒ diminui a interferência com outros dispositivos eletrônicos
- ❑ Modelo mestre-escravo:
 - Mestre fornece permissão de entrada de dispositivos clientes na rede
 - Mestre determina a sequência de salto de frequência entre os slots



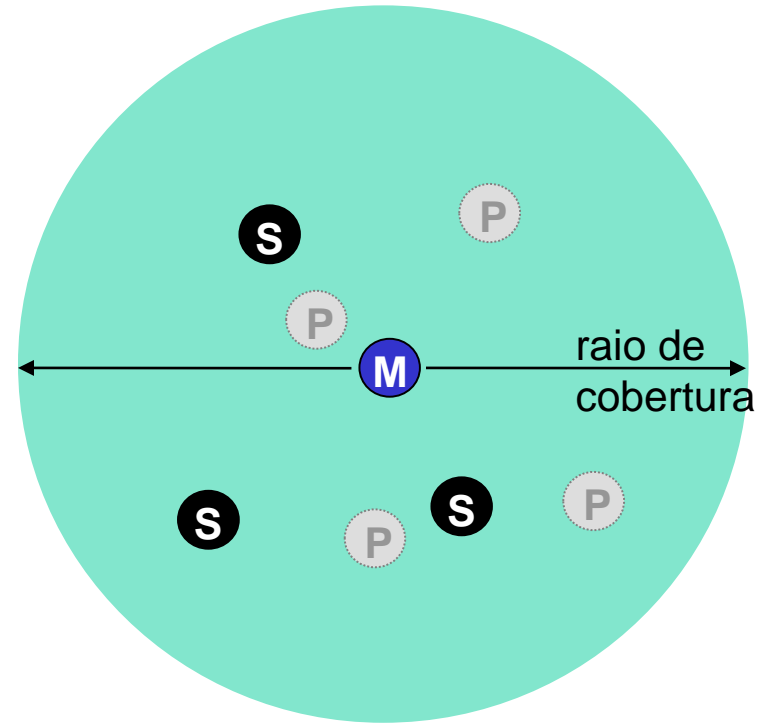
- M** Dispositivo mestre
- S** Dispositivo cliente
- P** Dispos.parked (inativo)

802.15.1: Redes Pessoais (Piconet): Bluetooth

Funcionamento:

Modelo mestre-escravo (cont):

- ❑ Mestre controla a potência de transmissão dos clientes
- ❑ Mestre usa *polling* para conceder permissão aos clientes para transmissão
- ❑ Dispositivos *estacionados(P)*:
 - acordam periodicamente conforme cronograma do mestre (economia de bateria)
 - não podem transmitir até que seu estado seja trocado para *ativo* pelo mestre

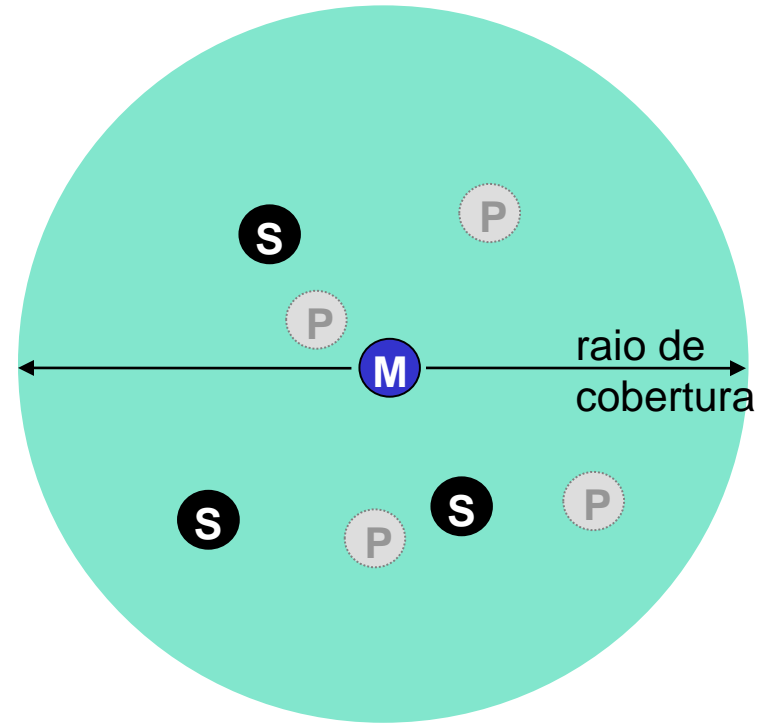


- (M)** Dispositivo mestre
- (S)** Dispositivo cliente
- (P)** Dispos.parked (inativo)

802.15.1: Redes Pessoais (Piconet): Bluetooth

Construção da rede (auto-organização):

- ❑ Nó mestre deve determinar quais dispositivos estão ao seu alcance: **descoberta de vizinhos**, transmitindo, por difusão, 32 mensagens *inquiry* cada uma em uma frequência diferente
- ❑ Repete o processo 128 vezes
- ❑ Cliente escolhe uma frequência e escuta esperando mensagens de inquiry. Quando cliente recebe inquiry escolhe um tempo (backoff) entre 0 e 0,3 seg (evitar colisões) e responde com seu ID

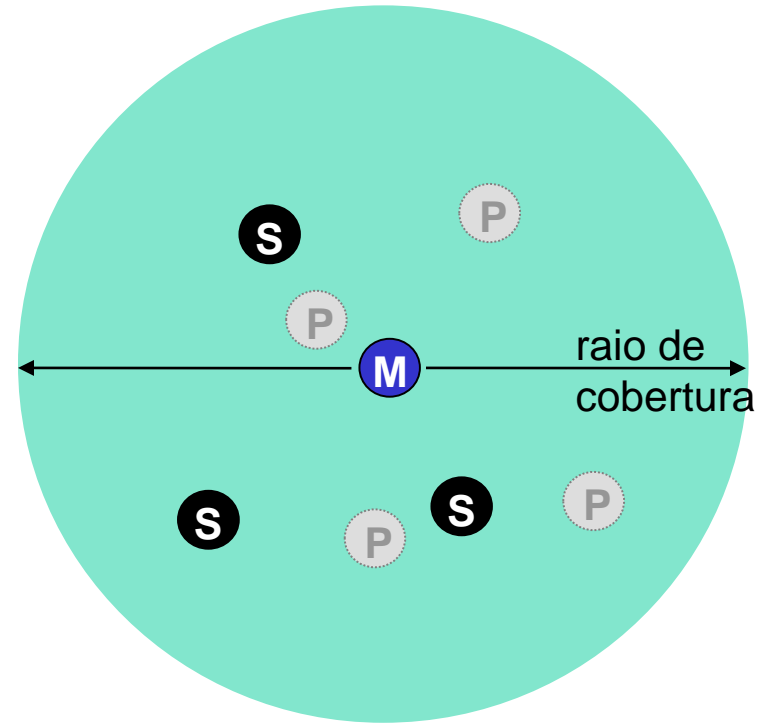


- M** Dispositivo mestre
- S** Dispositivo cliente
- P** Dispos.parked (inativo)

802.15.1: Redes Pessoais (Piconet): Bluetooth

Construção da rede (auto-organização):

- ❑ Após ter descoberto os dispositivos ao seu alcance, mestre convida dispositivos à piconrede: **paginação Bluetooth** (semelhante à associação no 802.11): informa o padrão de salto de frequência ao cliente
- ❑ Cliente responde com ACK à mensagem de **convite de paginação**
- ❑ Mestre envia informações do padrão de salto de frequência usado e de sincronização dos relógios, além de um endereço de membro ativo para o cliente
- ❑ Finalmente, o mestre seleciona o cliente para garantir que ele está ativo



- M** Dispositivo mestre
- S** Dispositivo cliente
- P** Dispos.parked (inativo)