



Endereçamento de Campos

Para DS	De DS	Mensagem	Endereço 1	Endereço 2	Endereço 3	Endereço 4
0	0	quadros estação a estação em um IBSS; <small>todos os quadros de gerenciamento/control</small>	DA	SA	BSSID	N / D
0	1	Do AP para a estação	DA	BSSID	SA	N / D
1	0	Da estação para AP	BSSID	SA	DA	N / D
1	1	De um AP para outro no mesmo DS	RA	TA	DA	SA

RA: Endereço do receptor

TA: Endereço do Transmissor

DA: Endereço de destino

SA: Endereço de Origem

BSSID: endereço MAC do AP em uma infraestrutura BSS



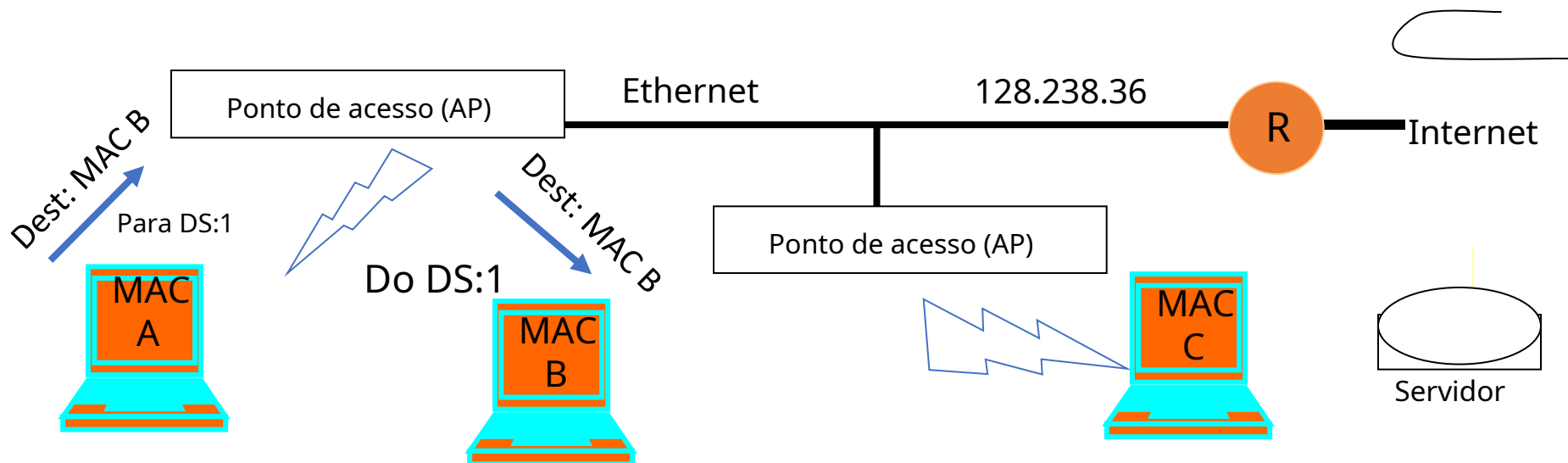
Exemplos de fluxo de dados

- Caso 1: Pacote de uma estação sob um AP para outra na área de cobertura do mesmo AP
- Caso 2: Pacote entre estações em um IBSS
- Caso 3: Pacote de uma estação 802.11 para um servidor com fio na Internet
- Caso 4: Pacote de um servidor de Internet para uma estação 802.11



Caso 1: Comunicação

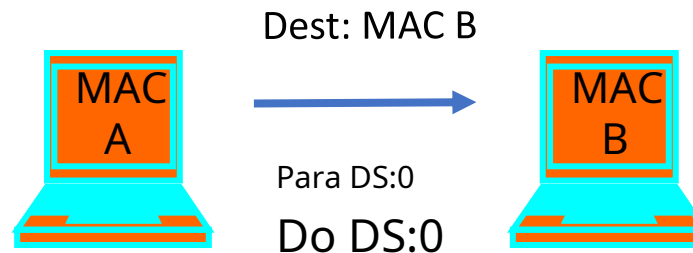
Por dentro do BSS



- O AP sabe quais estações estão registradas nele, então sabe quando pode enviar o quadro diretamente para o destino



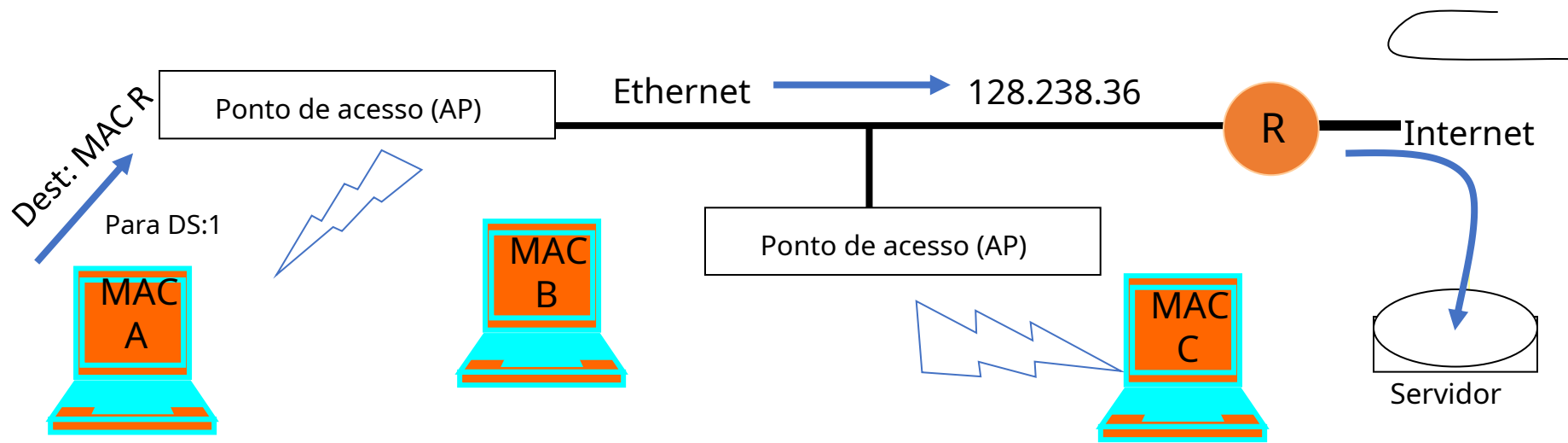
Caso 2: Ad Hoc



- Transmissão direta somente em IBSS (BSS Independente), ou seja, sem AP
- Observação:
 - no modo de infraestrutura (ou seja, quando o AP está presente), mesmo que B possa ouvir A, A envia o quadro para o AP e o AP o retransmite para B



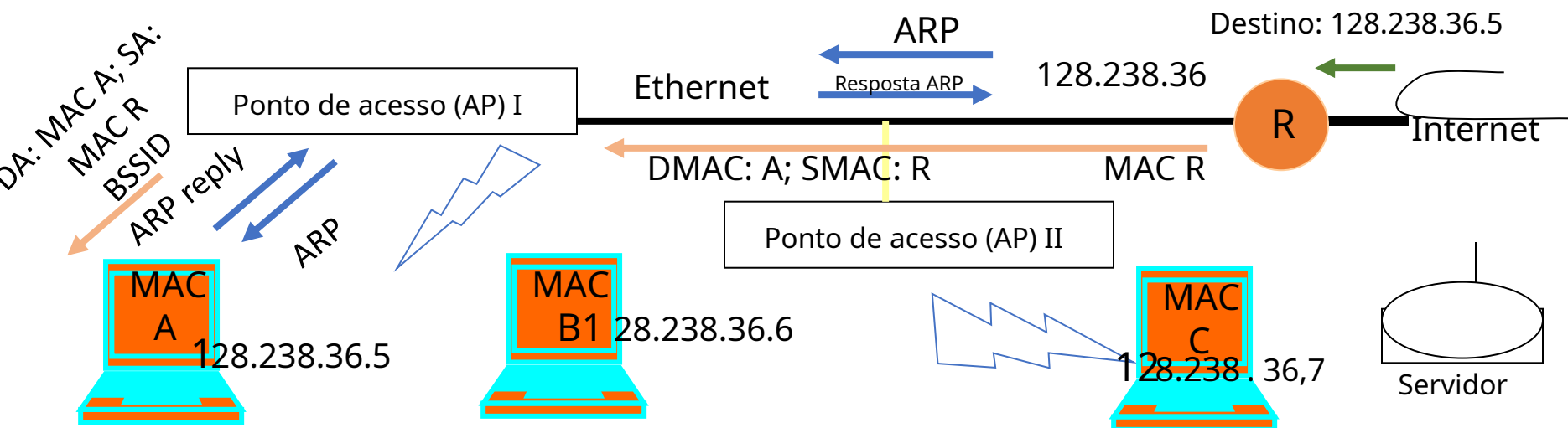
Caso 3: Para a Internet



- MAC A determina o endereço IP do servidor (usando DNS)
- A partir do endereço IP, determina que o servidor está em uma sub-rede diferente
- Conseqüentemente, ele define MAC R como DA;
 - Endereço 1: BSSID, Endereço 2: MAC A; Endereço 3: DA
- O AP irá olhar o endereço DA e enviá-lo pela Ethernet
 - AP é uma ponte 802.11 para Ethernet
- O roteador R irá retransmiti-lo para o servidor



Caso 4: Da Internet à Estação



- O pacote chega ao roteador R – usa ARP para resolver o endereço IP de destino
 - O AP não sabe nada sobre endereços IP, então simplesmente transmitirá ARP em seu link sem fio
 - DA = todos – endereço de broadcast no ARP
- MAC Um host responde com seu endereço MAC (resposta ARP)
 - AP passa resposta ao roteador
- O roteador envia pacotes de dados, que o AP simplesmente encaminha porque sabe que o MAC A está registrado



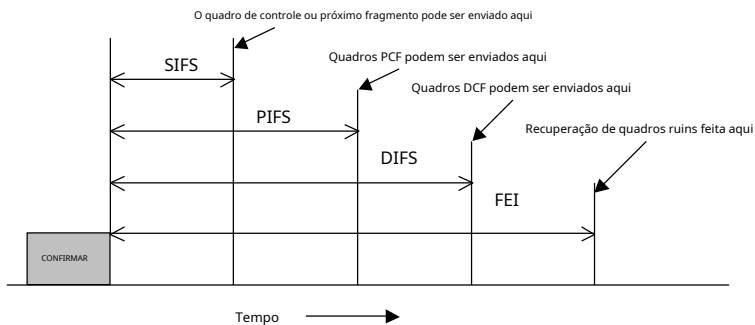
Contorno

- Padrão 802.11
- Camada física
- MAC
 - DCF
 - PCF
- Funções MAC avançadas



Camada MAC

- Serviço de dados assíncronos (DCF)
 - CSMA/CA
 - RTS/CTS
- Serviço controlado por tempo (PCF)
 - Votação
- Espaçamento entre quadros (IFS)
 - DIFS (distribuído), para o nó começar a transmitir
 - PIFS (ponto), usado pelo PCF para acesso à rede
 - SIFS (curto), entre pacotes do mesmo fluxo



DCF: Função de Coordenação de Distribuição

PCF: Função de Coordenação de Ponto

DIFS: Espaçamento entre quadros DCF

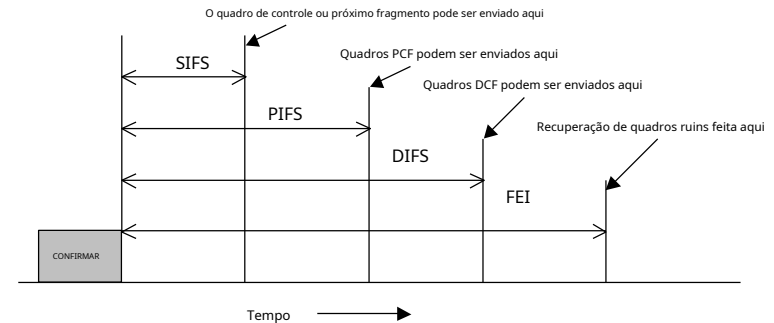
PIFS: Espaçamento entre quadros PCF

SIFS: Espaçamento entre quadros curto



Acesso Múltiplo ao Carrier Sense

- Antes de transmitir um pacote, detecte a portadora
- Se estiver ocioso, envie
 - Depois de esperar por um espaçamento entre quadros DCF (DIFS)
- Se estiver ocupado, então
 - Aguarde que a mídia fique ociosa por um período DIFS (DCF IFS)
 - Passe pela espera exponencial e envie
 - Quer evitar que várias estações esperando para transmitir colidam automaticamente
- Aguarde o ACK
 - Se houver um, você terminou
 - Se não houver, suponha que houve uma colisão, retransmita usando espera exponencial



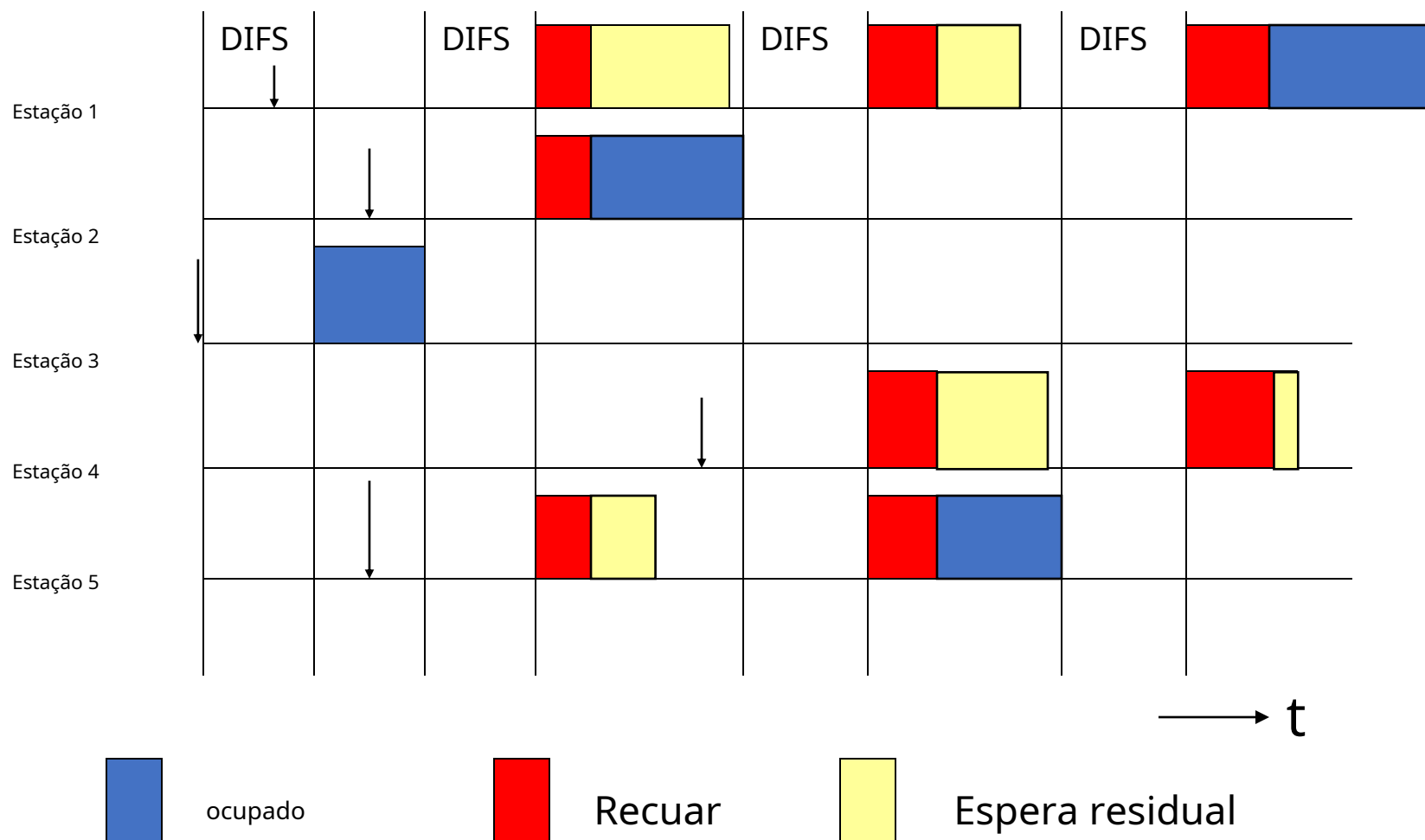


Recuo exponencial

- Forçar as estações a esperar por um período aleatório de tempo para reduzir a chance de colisão
 - O período de espera aumenta exponencialmente após cada colisão
 - Semelhante à Ethernet
- Se o meio for detectado como ocupado:
 - Aguarde que a mídia fique ociosa por um período DIFS (DCF IFS)
 - Escolha um número aleatório na janela de contenção (CW) = contador de espera
 - Diminuir o temporizador de espera até atingir 0
 - Mas congele o contador sempre que o meio ficar ocupado
 - Quando o contador chega a 0, transmite o quadro
 - Se duas estações tiverem seus temporizadores chegando a 0; ocorrerá colisão;
- Após cada tentativa de retransmissão malsucedida:
 - aumentar a janela de contenção exponencialmente
 - 2^{eu-1} começando com CW_{min} até $CW_{máx}$, por exemplo, 7, 15, 31, ...



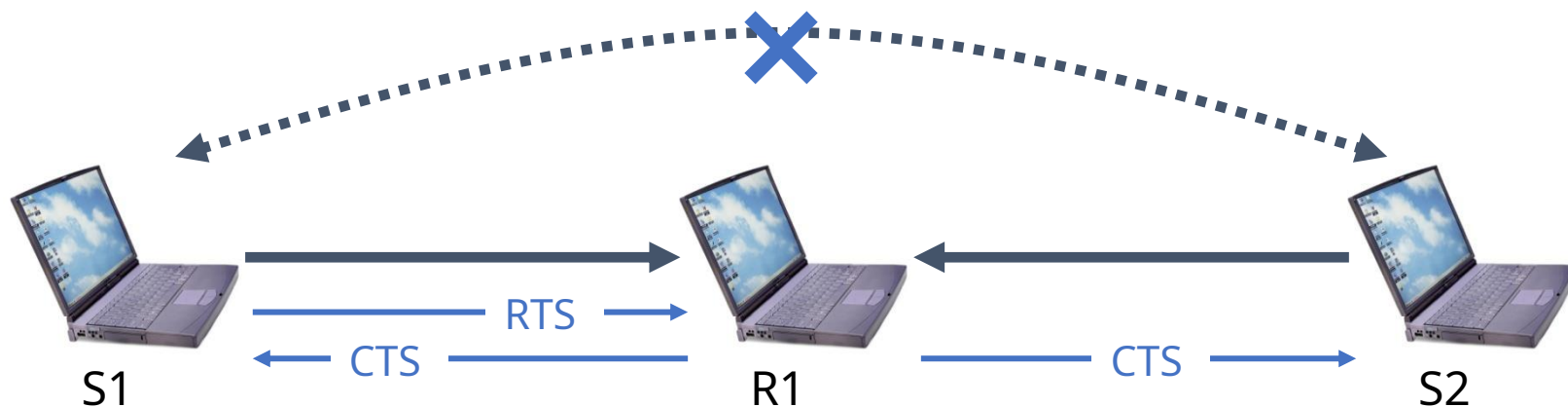
CSMA/CA





Prevenção de Colisões

- Difícil detectar colisões em um ambiente de rádio
 - Durante a transmissão, uma estação não consegue distinguir sinais fracos de ruído – seu próprio sinal é muito forte
- Por que as colisões acontecem?
 - Transmissões quase simultâneas
 - Período de vulnerabilidade: atraso de propagação
 - Situação de nó oculto: dois transmissores não conseguem ouvir um ao outro e sua transmissão se sobrepõe em um receptor





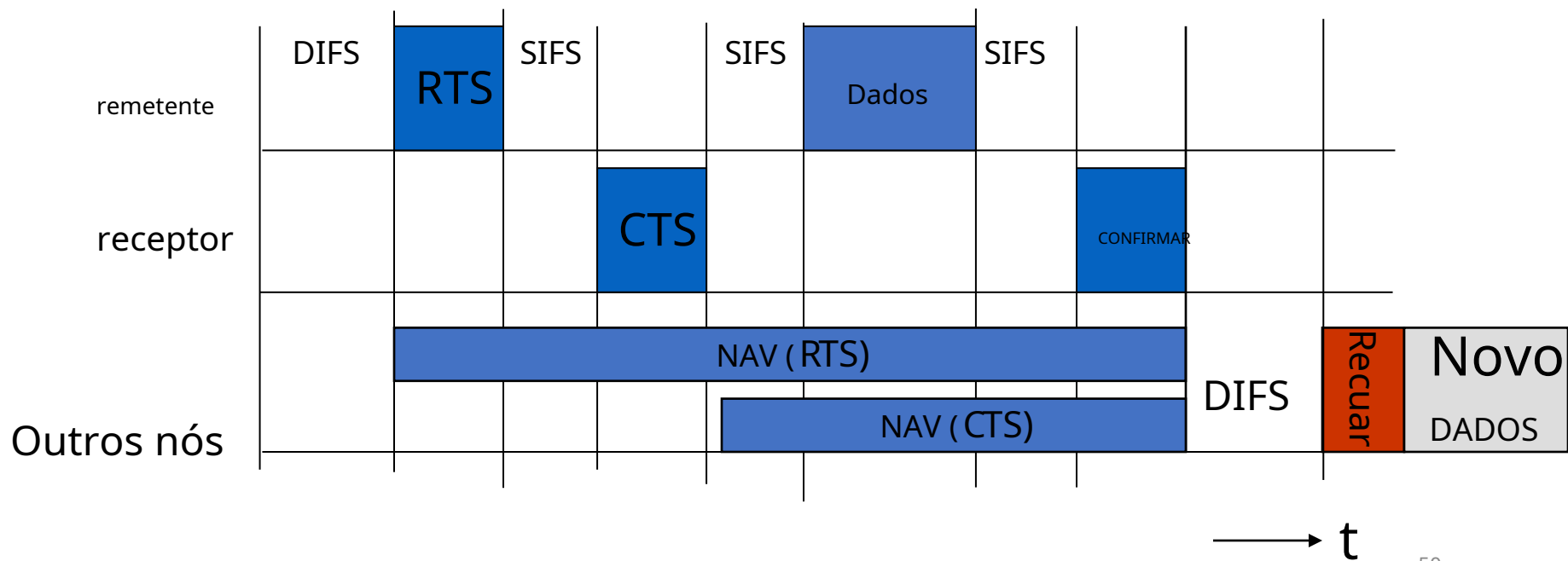
Solicitar para enviar e liberar para enviar

- Antes de enviar um pacote, uma estação primeiro envia um RTS.
- A estação receptora responde com um CTS.
 - RTS e CTS são menores que pacotes de dados
 - RTS e CTS usam IFS mais curtos para garantir acesso
- As estações que ouvem o RTS ou o CTS “lembram” que o meio estará ocupado durante a transmissão
 - Com base em um ID de duração no RTS e CTS
- Virtual Carrier Sensing: estações mantêm Network Allocation Vector (NAV)
 - Tempo que deve decorrer antes que uma estação possa amostrar o canal para status inativo



RTS/CTS: NAV

- NAV: Vetor de alocação de rede
- NAV atua como um registro de alocação de recursos distribuído (em cada nó)
- RTS/CTS
 - Não é uma preocupação “grande”





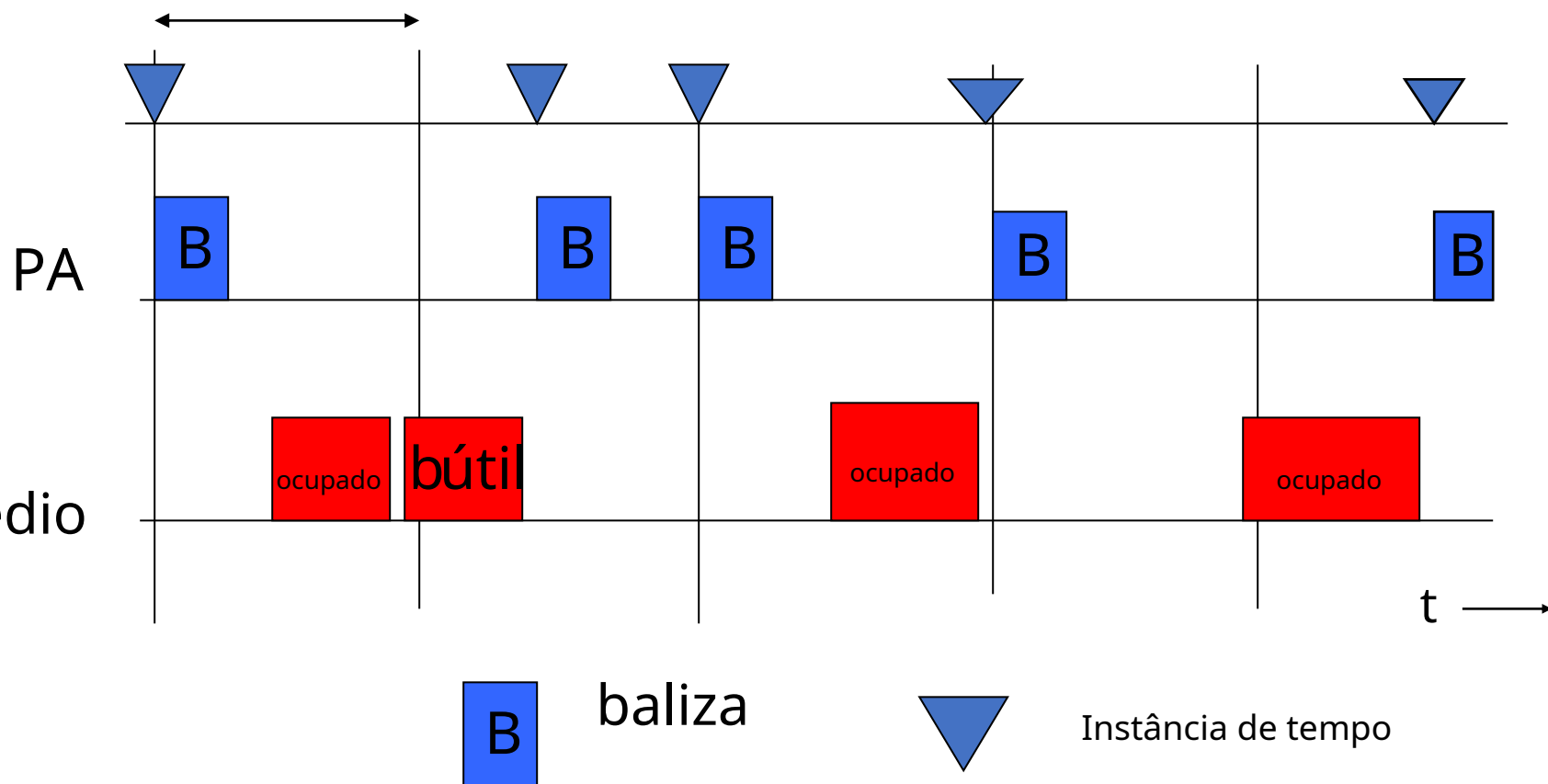
Sincronização

- Função de sincronização de tempo (TSF)
 - Os beacons do AP são enviados em instantes bem definidos.
 - O conteúdo do pacote é o instante exato em que ele chega à rede.
- Usado também para gerenciamento de energia
 - Todos os relógios de todas as estações do BSS estão sincronizados
 - Isso permite que o STA acorde para verificar se existem pacotes.



Sincronização

Atraso entre beacons





Contorno

- Padrão 802.11
- Camada física
- MAC
 - DCF
 - PCF
- Funções MAC avançadas

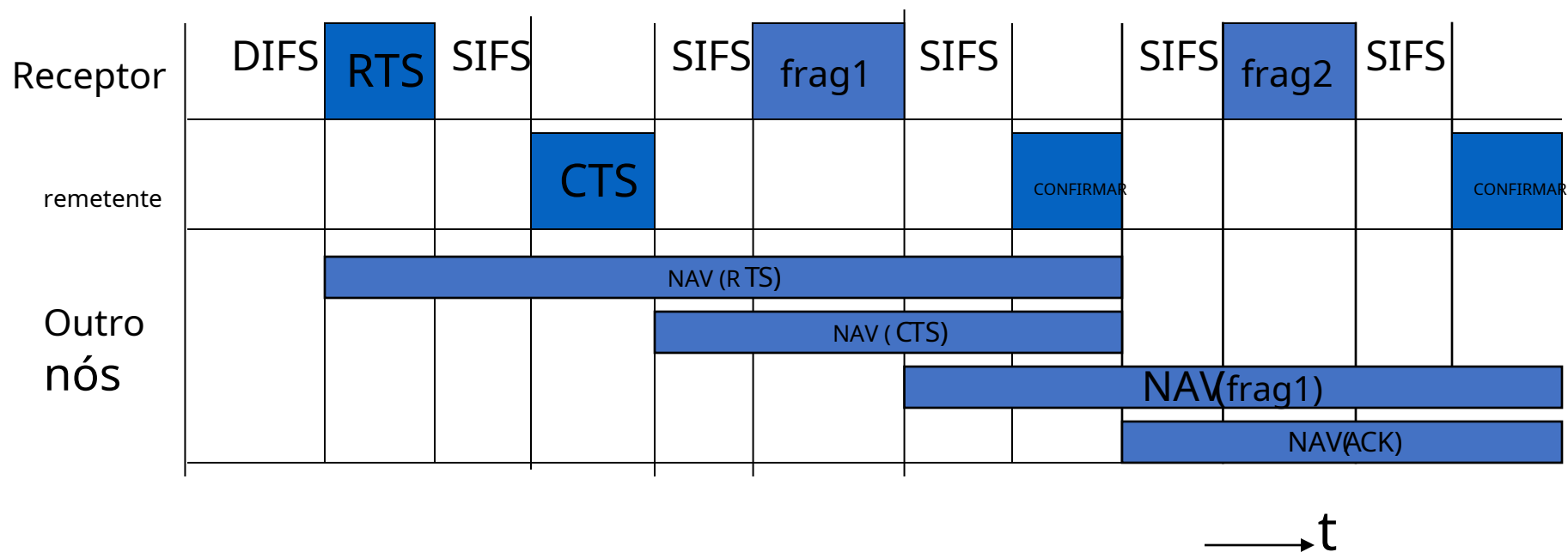


Mais alguns recursos MAC

- O uso de RTS/CTS é controlado por um limite RTS
 - RTS/CTS é usado apenas para pacotes de dados maiores que o limite RTS
 - Não faz sentido usar RTS/CTS para pacotes de dados curtos – alto overhead!
- O número de tentativas é limitado por um contador de tentativas
 - Contador de novas tentativas curto: para pacotes menores que o limite RTS
 - Contador de novas tentativas longo: para pacotes maiores que o limite RTS
- Os pacotes podem ser fragmentados.
 - Cada fragmento é reconhecido
 - Mas todos os fragmentos são enviados em uma sequência
 - O envio de quadros mais curtos pode reduzir o impacto de erros de bits
 - Temporizador vitalício: tempo máximo para todos os fragmentos do quadro



Fragmentação



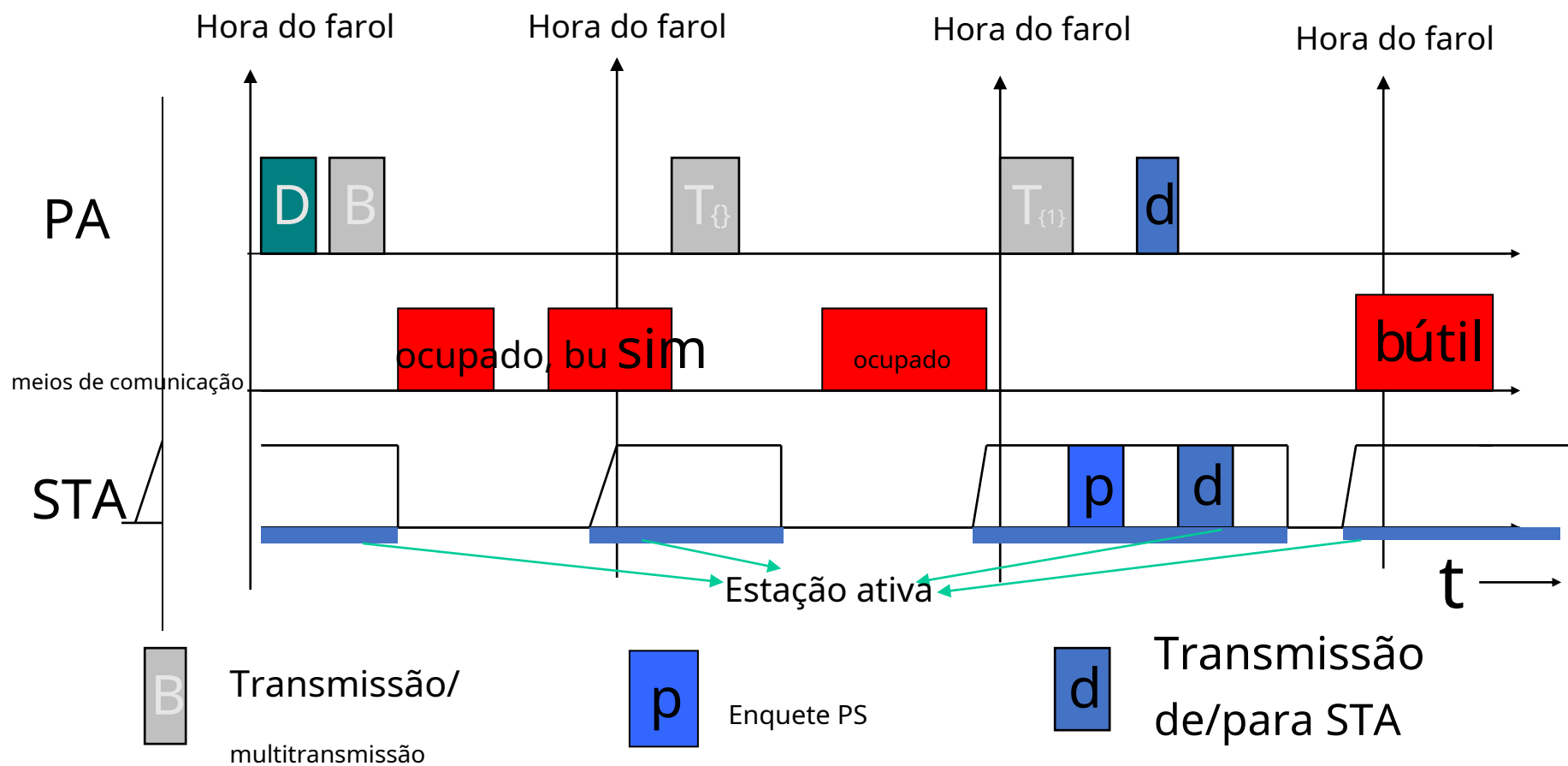


Gerenciamento de energia (infraestrutura)

- PAs armazenam pacotes em buffer para estações em modo de economia de energia
 - APs anunciam em beacons quais pacotes estão aguardando com o TIM (Mapa de indicação de tráfego)
 - Quadros de transmissão/multicast também são armazenados em buffer no AP
 - Enviado após beacons, mesmo período de tempo comum.
 - Usa Mapa de Indicação de Tráfego de Entrega (DTIM)
 - AP controla intervalo DTIM
- STA em economia de energia desperta periodicamente para ouvir beacons
 - Se tiver dados pendentes, envie um PS-Poll
 - AP envia dados em buffer para esta pesquisa PS
- TSF (Função de Sincronização de Tempo) garante que o AP e as estações estejam sincronizados
 - Sincroniza os relógios dos nós no BSS



Gerenciamento de energia





Como uma estação se conecta a um ponto de acesso?



Serviços de controle no MAC

- Sincronização, Roaming e Associação
 - Funções para encontrar uma rede
 - Alterar APs
 - Pesquise APs.
- Gerenciamento de energia
 - modo de suspensão sem perder pacotes
 - Funções de gerenciamento de energia
- MIB: Base de informações de gerenciamento
- Segurança: autenticação e criptografia



SSID

- Mecanismo usado para segmentar redes sem fio
 - Várias redes sem fio independentes podem coexistir no mesmo local
- Cada AP é programado com um SSID que corresponde à sua rede
- O computador cliente apresenta SSID correto para acessar o AP
- Compromissos de segurança
 - O AP pode ser configurado para “transmitir” seu SSID
 - A transmissão pode ser desativada para melhorar a segurança
 - SSID pode ser compartilhado entre usuários do segmento wireless



Gerenciamento de associação: digitalização

- A digitalização é necessária para:
 - Encontre e conecte-se a uma rede
 - Encontre um novo AP durante roaming
- Verificação passiva:
 - A estação simplesmente escuta o Beacon e obtém informações do BSS. A energia é salva.
- Verificação ativa:
 - Estação transmite solicitação de sonda; provoca resposta de sondagem do AP. Poupa tempo.



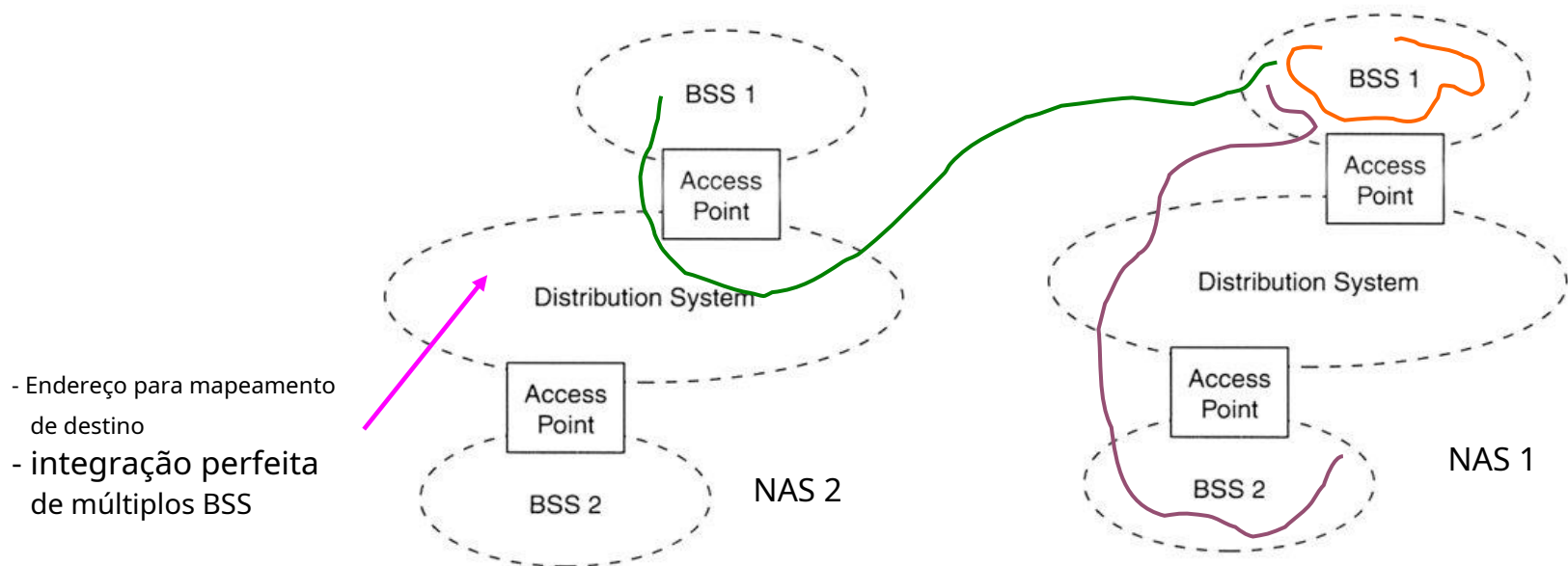
Gerenciamento de associação: digitalização e adesão

- A estação deve se associar a um AP antes de poder usar a rede
 - O AP deve saber sobre eles para poder encaminhar pacotes
- Reassociação (roaming): a associação é transferida
 - Suporta mobilidade no mesmo ESS
- Dissociação: estação ou AP pode encerrar a associação
- As estações podem detectar AP com base na varredura
- Ingressando em um BSS
 - Sincronização no campo Timestamp e frequência (ou seja, canal):
 - Adote parâmetros PHY
 - Outros parâmetros: BSSID, WEP, Período de Beacon, etc.



Mobilidade IEEE 802.11

- A norma define os seguintes tipos de mobilidade:
 - Sem transição: nenhum movimento ou movimentação dentro de um BSS local
 - Transição BSS: a estação se move de um BSS em um ESS para outro BSS dentro do mesmo ESS
 - Transição ESS: a estação se move de um BSS em um ESS para um BSS em um ESS diferente (roaming contínuo não suportado)





Roaming

- Roaming: rede de mudança de estação (BSS)
- STA pode ir:
 - Fora da área de cobertura do seu AP
 - Mas ainda sob a área de cobertura de outro AP
- Reassociar o STA ao novo AP permite que a comunicação continue



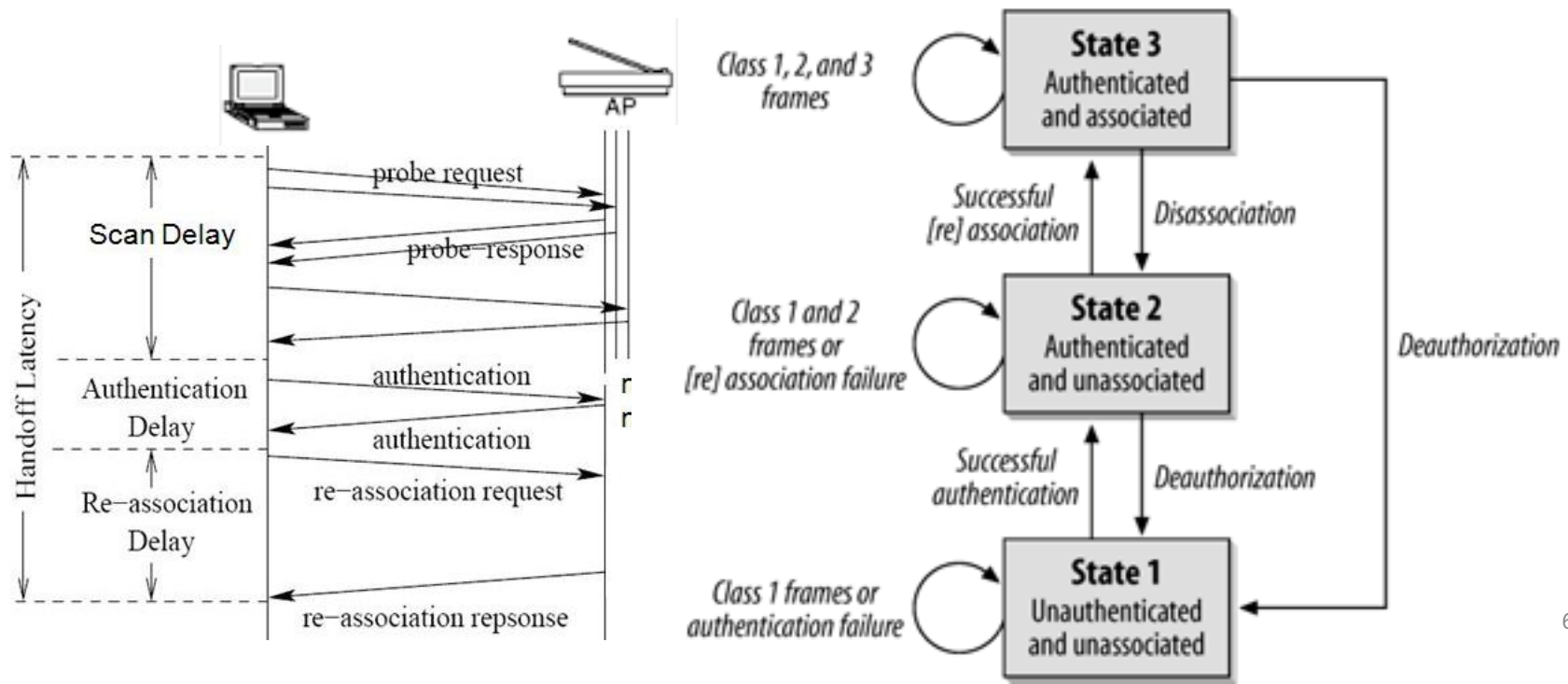
Roaming

- A STA decide que o sinal com o AP atual está ruim.
- STA faz varredura (act/pas) para encontrar novo AP
- STA reassocia-se ao Novo AP (NAP)
 - Inclui autorização.
- Sem resposta positiva
 - STA faz nova varredura
- Com resposta positiva:
 - STA mudou de rede para o novo NAP
 - AP informa a ESS da nova associação
 - As informações no sistema distribuído são sempre atualizadas.



Anexo a um BSS

- A STA encontra um BSS/AP através **Digitalização/sondagem**
- Ambos **Autenticação** assim como **Associação** são necessários para entrar em um BSS





Fase 1: Digitalização

- O STA procura APs
 - **Verificação Passiva**
 - STA analisa canais em busca de **Baliza**pacotes, que são enviados periodicamente pelo AP, anunciando sua presença e SSID
 - **Verificação Ativa**
 - STA envia **Solicitação de investigação**pacotes para todos os canais em sequência
 - A escuta do AP nestes diferentes canais responde com um **Resposta da sonda**



Fase 2: Autenticação

- Depois de encontrar e selecionar um AP, a STA deve autenticar-se com ele. Dois métodos principais:
- Método 1: **Autenticação de sistema aberto**
 - Procedimento padrão, executado em 2 etapas:
 - 1 - STA envia um quadro de autenticação incluindo sua identidade
 - 2 - O AP responde com um quadro como Ack/Nack
- Método 2: **Autenticação de chave compartilhada**
 - STA e AP possuem um segredo compartilhado, obtido de alguma outra forma
 - 1 – STA envia uma solicitação inicial de autenticação
 - 2 – AP responde ao STA com desafio
 - 3 – STA decifra o desafio com chave própria e envia para o AP
 - 4 – AP usa chave própria para decifrar o desafio e comparar resultados



Fase 3: Associação

- Após autenticado, o STA inicia o **Associação** processo, ou seja, trocar informações de roaming e capacidade entre STA e AP
- Procedimento:
 - 1 – STA envia um **Solicitação de associado** para AP, indicando taxas de transmissão suportadas e SSID de associação pretendido
 - 2 – AP aloca recursos e decide se aceita ou rejeita o STA
 - 3 – AP envia um **Resposta da Associação**, indicando a identificação da associação e taxas de transmissão suportadas, caso a associação seja aceita
 - 4 (opcional) – Em caso de handover (transição da STA entre dois APs diferentes), o novo AP informa o antigo AP
- Somente após associar-se ao AP, a STA pode começar a enviar e receber dados



Como estender o alcance em Wi-Fi?



“Extensores” Wi-Fi.

- Barato
- Eles configuram um novo SSID e encaminham todo o tráfego para o SSID original
- Configurações multi-hop são possíveis
 - Exigir configuração manual
- Porque o ponto de acesso original e o extensor possuem SSIDs diferentes
 - Muitos dispositivos não se conectarão automaticamente ao que estiver mais próximo
 - Eles preferem manter a conexão com o SSID original até que o sinal desapareça
 - Isto é, para muitos usuários móveis, motivo suficiente para desistir dessa estratégia.



Malha

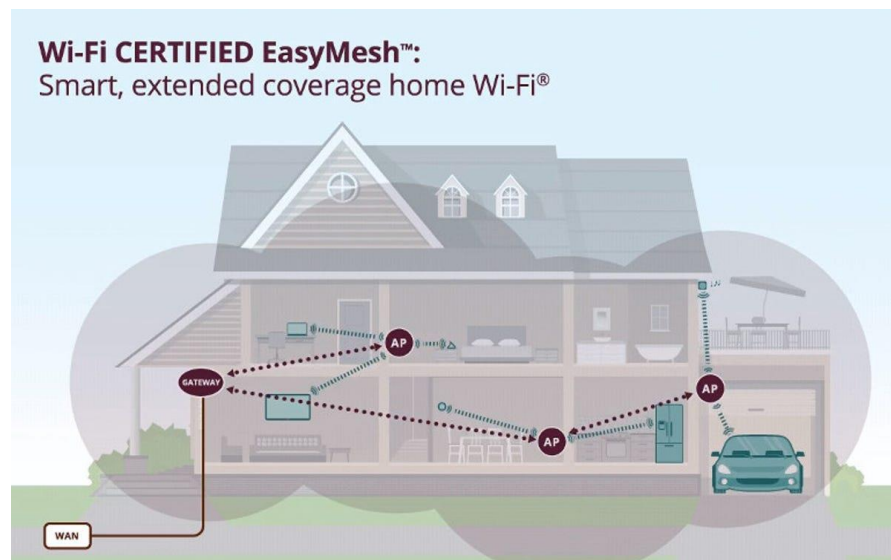
- Padrões diferentes
 - Padrão IEEE 802.11s
 - Concentra-se na configuração das redes mesh
 - Usa um protocolo de roteamento obrigatório – Hybrid Wireless Mesh Protocol
 - Mesh Stations podem colocar APs 802.11 e fornecer acesso à rede mesh para Dispositivos 802.11
 - Um Mesh Gateway interconecta a malha a outras redes não 802
 - Padrão Wi-Fi Alliance (também conhecido como “EasyMesh”)
 - Concentra-se em uma configuração mais “fácil” de redes WiFi mesh
 - incorpora partes do [IEEE 1905.1](http://www.ieee.org/publications_standards/publications/details_standards.cfm?p=IEEE-standards-1905.1) padrão para redes domésticas, o que simplifica a configuração inicial.
 - Especifica que um ponto de acesso – aquele conectado à Internet – será um controlador “Multi-AP”
 - os outros pontos de acesso são chamados de Agentes.
 - O padrão EasyMesh também

<http://intronetworks.cs.luc.edu/current2/mobile/wireless.htm> l



Wi-Fi EasyMesh

- Aliança Wi-Fi Programa de certificação que define redes Wi-Fi de vários pontos de acesso domésticos e de pequenos escritórios que são fáceis de instalar e usar, auto-adaptáveis adicione interoperabilidade entre vários fornecedores.
- Essa tecnologia traz aos consumidores e aos provedores de serviços flexibilidade adicional na escolha de dispositivos Wi-Fi EasyMesh para implantação doméstica.
- Wi-Fi EasyMesh usa um controlador para gerenciar a rede, que consiste no controlador, além de APs adicionais, chamados de agentes.
- O estabelecimento de controladores para gerenciar e coordenar as atividades entre os agentes garante que cada AP não interfira no outro, proporcionando uma cobertura ampliada e uniforme e um serviço mais eficiente.





A especificação EasyMesh depende de outros padrões/especificações, seja estendendo-os ou simplesmente referenciando-os.

Isso inclui, principalmente:

- Baseando-se e ampliando o padrão IEEE 1905.1 para configurar interfaces de ponto de acesso Wi-Fi
 - **Descoberta:** como os nós estão se encontrando e identificando o controlador
 - **Configuração por botão:** para inicializar a "integração" de pontos de acesso - o processo comumente referido como "malha"
 - **Comunicação de retorno:** Comunicação entre os nós/pontos de acesso na rede mesh

[Padrão IEEE 1905.1, Rede Doméstica Digital Convergente para Tecnologias Heterogêneas .](#)



Padrão IEEE 1905.1, Rede Doméstica Digital Convergente para Tecnologias Heterogêneas .

- Essa tecnologia permite que dispositivos em rede conectados por diferentes mídias de rede, como Gigabit Ethernet de 2,4 GHz e Wi-Fi de 5 GHz, operem como se estivessem conectados em uma única rede. No EasyMesh, os controladores utilizam os dados dele para configurar os rádios AP de cada agente. Também inclui mecanismos para configurar políticas relacionadas ao controle dos agentes, como métricas e orientação. Além disso, o controlador determina a topologia da rede de agentes, para que possa se adaptar às mudanças nas condições da rede.
- também utilizam mecanismos da nova Wi-Fi Alliance [Ágil Multibanda](#) padrão. Os novos dispositivos certificados Agile Multiband funcionarão melhor à medida que forem movidos de um ponto a outro com direção inteligente e transições de rede mais rápidas.

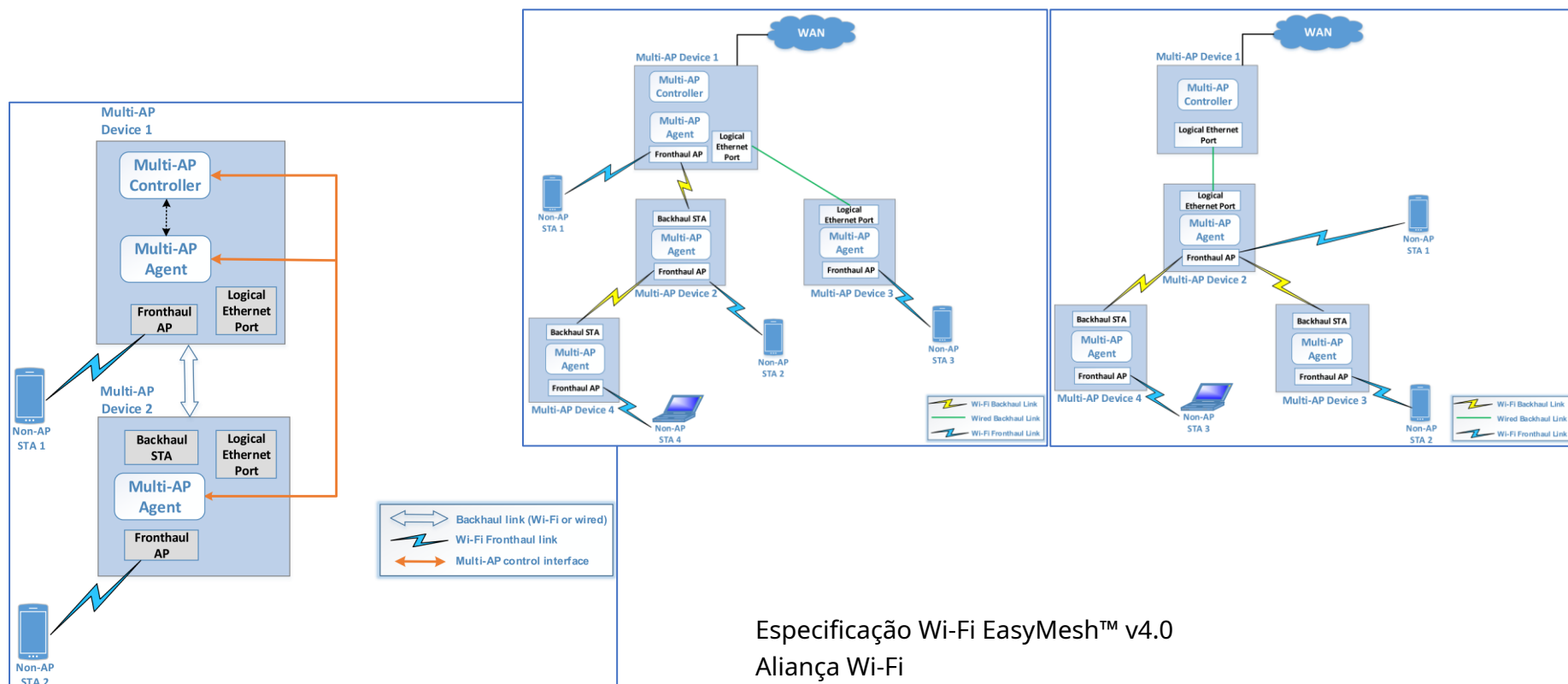


Arquitetura e componentes

- **Controlador**-toda rede EasyMesh deve ter um. O controlador pode ser um dispositivo único ou incorporado em um dispositivo que também possui outras funcionalidades
- **Agente**-para que exista uma rede mesh, pelo menos dois agentes devem estar conectados ao controlador
- **Dispositivo**-qualquer componente de uma rede mesh, quer contenha um controlador, um agente ou ambos



Exemplos de implantações



Especificação Wi-Fi EasyMesh™ v4.0
Aliança Wi-Fi



- a especificação faz *não* padronizar algoritmos ou tomada de decisão
- Como direcionar o cliente constitui uma parte significativa da especificação, informando aos fabricantes como direcionar um cliente de um ponto de acesso para outro.
- Quando um cliente deve ser orientado não está coberto. Portanto, os algoritmos ainda irão variar (e os mecanismos de roaming do cliente ainda poderão interferir).



NETWORK OPERATION MECHANISMS



Network operation mechanisms are needed to create and maintain a self-optimizing network that maximizes performance and improves client roaming

- **Capability reporting** - The master node uses the information sent by other nodes to maintain optimal network performance. Based on network conditions reported by the nodes in the network, the master node could send control commands to one or more nodes to move to a different channel, decrease transmit power, or report bandwidth utilization
- **Channel selection** - The Wi-Fi EasyMesh controller obtains preferred operating channels for the nodes and sets the operating configuration (such as channels, transmit power, etc.) including preferences and restrictions for each radio in the nodes
- **Link metric collection** - Defines the protocol for network devices to convey link metric information associated with the network
- **Client steering** - Master Node may choose to send control messages to "steer", or suggest, a client move its connection from one node to another
- **Optimizing connection between agents** - Manage the connections between nodes by selecting the best path (wired, wireless, or mixed) between nodes to optimize the network