

# Aula 20 – RIP, OSPF, BGP

Diego Passos

Universidade Federal Fluminense

Redes de Computadores I

Material adaptado a partir dos slides  
originais de J.F Kurose and K.W. Ross.

# Revisão da Última Aula...

## ● Roteamento baseado em Vetor de Distâncias:

- Ideia: melhor caminho até destino composto por enlace até vizinho e melhor caminho do vizinho até destino.
- Nós anunciam suas **estimativas** de custo até cada destino.
- Ao **receber** novas estimativas, nó **atualiza** suas próprias.
- Processo iterativo, **converge para melhores rotas**.
- Algoritmo **distribuído**: nós precisam conhecer apenas vizinhança.

## ● Contagem ao infinito:

- Potencial problema, ocorre em caso de grandes pioras nos custos dos enlaces.
- Solução (parcial): **envenenamento reverso**.

## ● Roteamento Hierárquico:

- Dois níveis: dentro e fora de **Sistemas Autônomos**.
  - Intra-AS e Inter-AS.
- Tabela de roteamento construída por **colaboração dos dois processos**.
- Reduz escopo, complexidade do roteamento.
- **Nem sempre é globalmente ótimo!**

## ● Roteamento batata-quente:

- Tirar datagrama do AS o mais rápido possível.

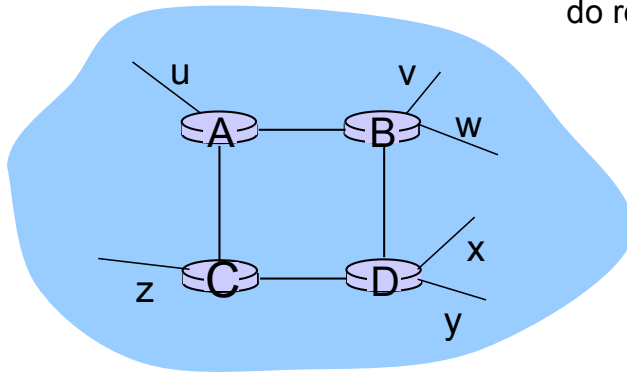
# Roteamento Intra-AS

# Roteamento Intra-AS

- Também conhecido como **IGP (*Interior Gateway Protocols*)**.
- Protocolos mais conhecidos desta categoria:
  - RIP: *Routing Information Protocol*.
  - OSPF: *Open Shortest Path First*.
  - IGRP: *Interior Gateway Routing Protocol* (Proprietário da Cisco).

# RIP (Routing Information Protocol)

- Incluído no BSD-UNIX em 1982.
- Baseado em Vetor de Distâncias.
  - Métrica de roteamento: # de saltos (máximo = 15), cada enlace tem custo 1.
  - Vetores de distância anunciados a cada 30 segundos.
  - Cada anúncio: lista de até 25 **sub-redes de destino**.



do roteador A para as sub-redes de destino

<u>sub-rede</u>	<u>saltos</u>
u	1
v	2
w	2
x	3
y	3
z	2

# RIP: Exemplo (I)

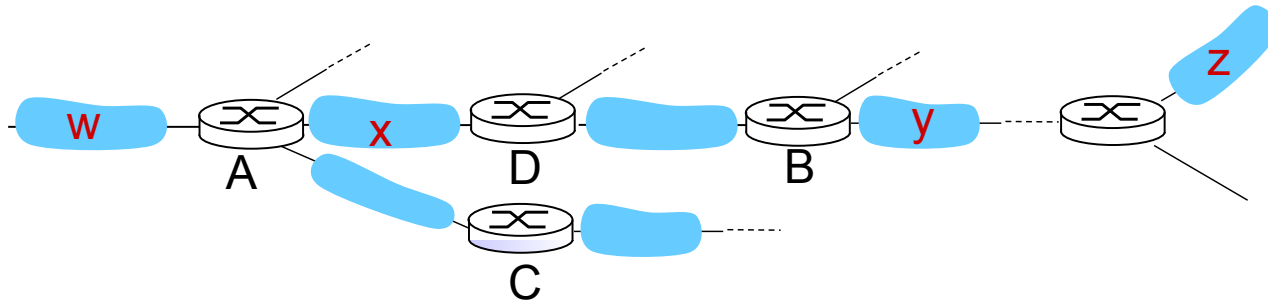


tabela de roteamento no roteador D

sub-rede destino	próx. salto	# saltos
W	A	2
Y	B	2
Z	B	7
X	--	1
....	....	....

# RIP: Exemplo (II)

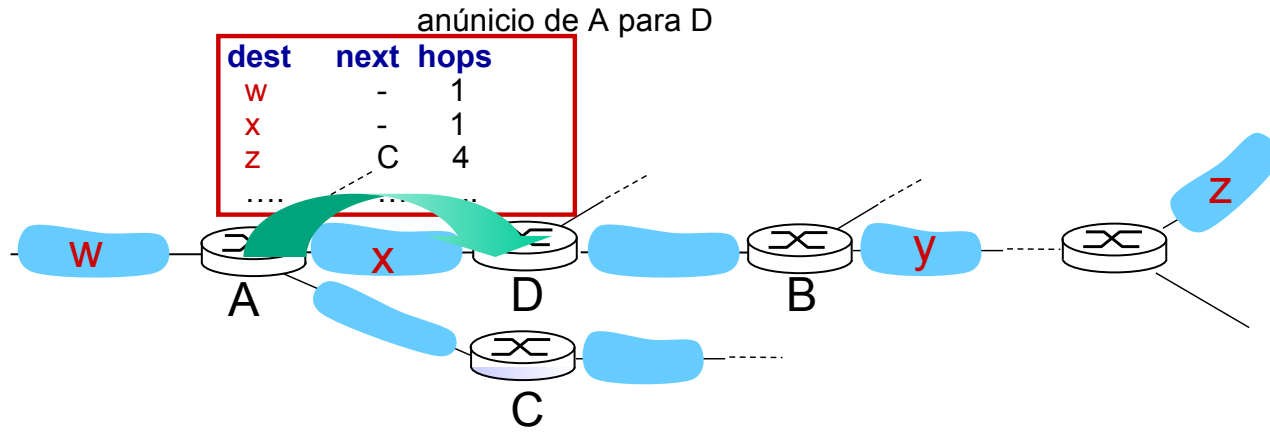


tabela de roteamento no roteador D

sub-rede destino	próx. salto	# saltos
w	A	2
y	B	2
z	<del>B</del> → A	<del>7</del> → 5
x	--	1
....	....	....

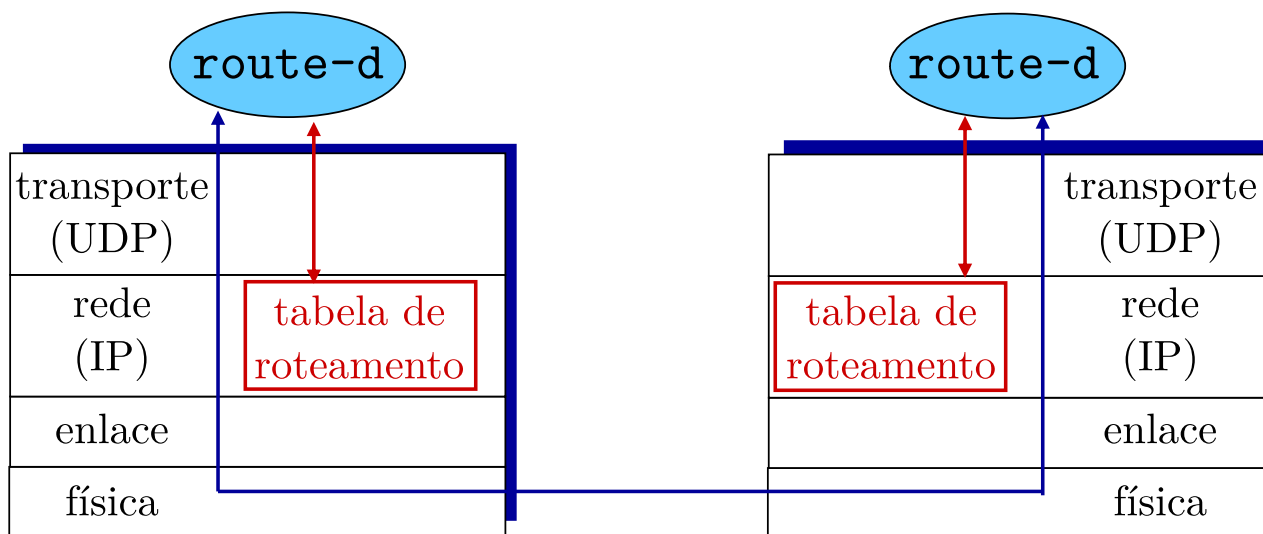
# RIP: Falha de Enlaces, Recuperação

- Se nenhum anúncio é ouvido após 180 segundos, vizinho/enlace declarado morto.
  - Rotas através daquele vizinho são invalidadas.
  - Novos anúncios enviados aos demais vizinhos.
  - Vizinhos, por sua vez, enviam outros anúncios (se suas tabelas mudaram).
  - Informação de falha de enlaces se propaga rapidamente (?) pela rede toda.
  - **Envenenamento reverso** usado para prevenir loops em ping-pong (distância infinita = 16 saltos).



# RIP: Processamento da Tabela de Roteamento

- Tabela de roteamento no RIP é gerenciada por um processo **no nível da aplicação** chamado de **route-d** (*daemon*).
- Anúncios são enviados em **pacotes UDP**, periodicamente repetidos.



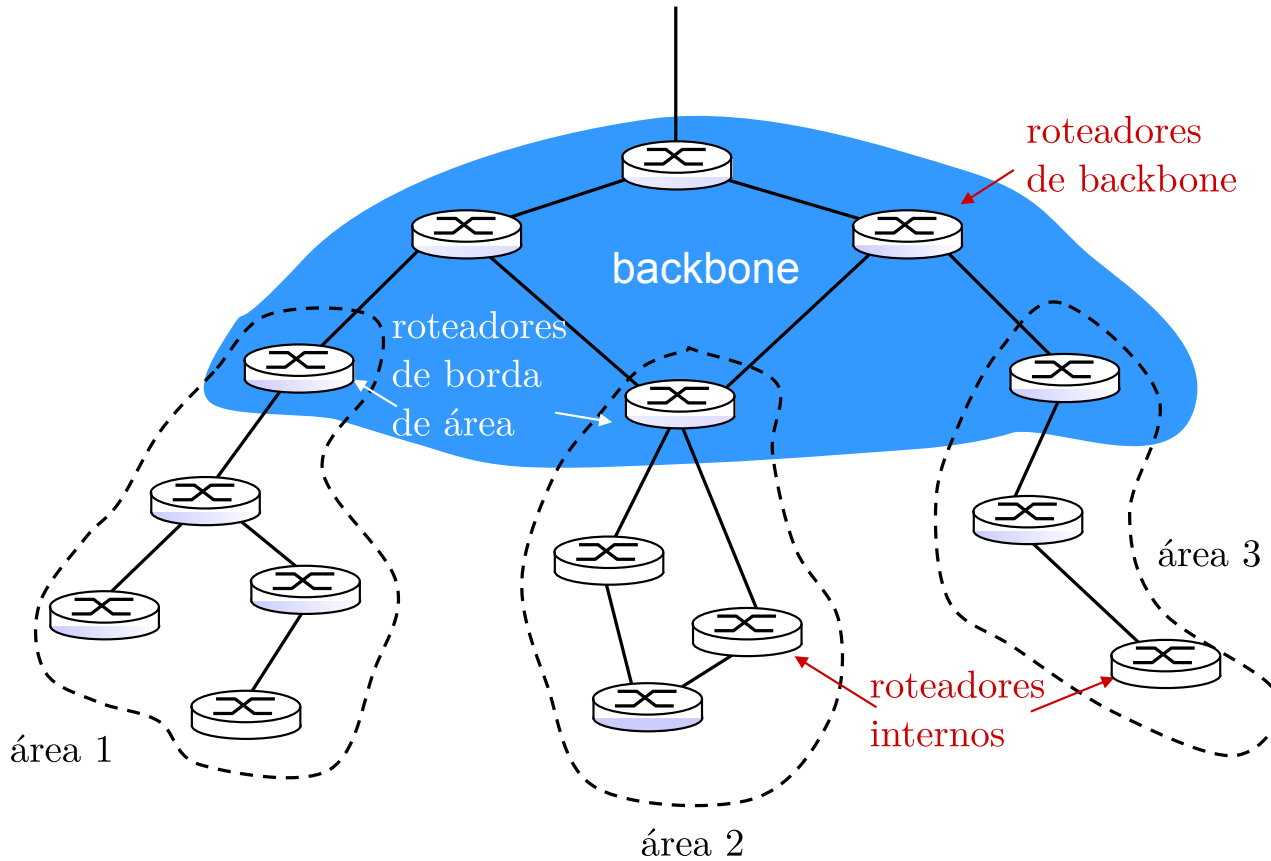
# OSPF (Open Shortest Path First)

- “open”: publicamente disponível.
- Utiliza roteamento baseado em Estado de Enlace.
  - Disseminação de mensagem de estado dos enlaces locais.
  - Mapa da topologia mantido locamente em cada nó.
  - Rotas computadas através do Algoritmo de Dijkstra.
- Anúncios do OSPF carregam uma entrada para cada vizinho do nó.
- Anúncios inundados para o AS **inteiro**.
  - Transportados em mensagens OSPF diretamente sobre IP (ao invés de TCP ou UDP).
- Protocolo **IS-IS**: praticamente idêntico ao OSPF.

# Funcionalidades “Avançadas” do OSPF (Não Encontradas no RIP)

- **Segurança:** todas as mensagens são autenticadas (para prevenir ataques).
- **multipath:** múltiplos caminhos de mesmo custo são permitidos (RIP seleciona um único).
- Para cada enlace, múltiplas métricas para diferentes valores de **ToS**.
  - e.g., enlaces de satélite tem custo “baixo” para tráfego de melhor esforço, mas alto para tráfego de tempo real.
- Suporte integrado para roteamento **multicast**:
  - OSPF Multicast (MOSPF) usa as mesmas informações de topologia usadas pelo OSPF.
- **OSPF Hierárquico:** para execução em grandes domínios.

# OSPF Hierárquico (I)



# OSPF Hierárquico (II)

- **Hierarquia em dois níveis:** área local e *backbone*.
  - Anúncios de estado de enlace apenas dentro da área.
  - Cada nó conhece detalhadamente a topologia da sua área, mas conhece apenas a direção (caminho mais curto) para redes em outras áreas.
- **Roteadores de borda de área:** “resume” distâncias para redes na própria área, anunciam para outros Roteadores de Borda de Área.
- **Roteadores de *backbone*:** executam o OSPF limitado ao *backbone*.

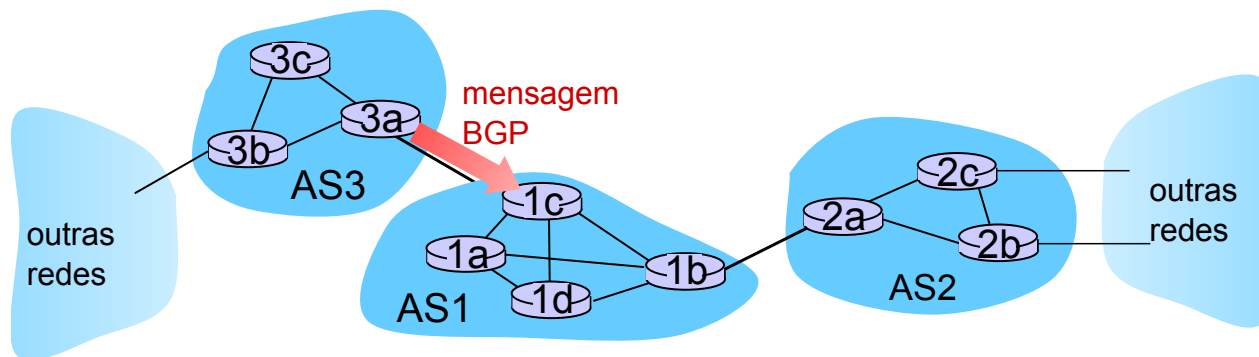
# Roteamento Inter-AS

# Roteamento Inter-AS na Internet: BGP

- **BGP (Border Gateway Protocol):** o padrão *de facto* para roteamento inter-domínios.
  - “A cola que mantém a Internet junta”.
- BGP provê a cada AS uma maneira de:
  - **eBGP:** obter informações sobre sub-redes alcançáveis de ASs vizinhos.
  - **iBGP:** propagar informações de sub-redes externas alcançáveis para todos os roteadores do AS.
  - Determinar “boas” rotas para outras redes com base nas informações das sub-redes alcançáveis e políticas diversas.
- Permite a uma sub-rede anunciar sua existência para o resto da Internet: “**estou aqui!**”

# BGP: Conceitos Básicos

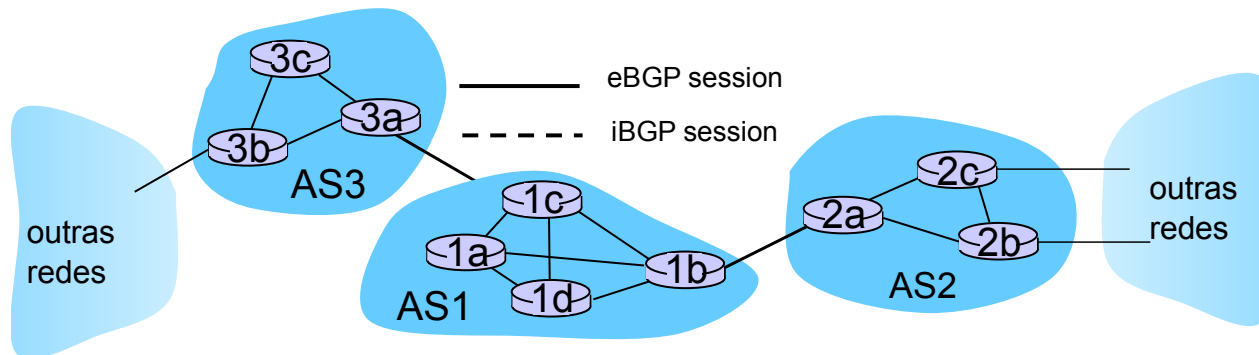
- **Sessão BGP:** dois roteadores BGP (“peers”) trocam mensagens BGP.
  - Anunciam **caminhos** para vários prefixos de sub-redes diferentes (protocolo baseado em “vetor de caminhos”).
  - Trocadas sobre conexões TCP semi-permanentes.
- Quando o AS3 anuncia um prefixo para o AS1:
  - AS3 **se compromete** a encaminhar datagramas em direção àquele prefixo.
  - AS3 pode agregar prefixos nos seus anúncios.





# BGP: Distribuindo Informação de Caminhos

- Usando a sessão eBGP entre 3a e 1c, AS3 envia prefixos alcançáveis para o AS1.
  - 1c pode, então, usar o iBGP para distribuir novas informações de prefixos conhecidos para todos os roteadores no AS1.
  - 1b pode, então, re-anunciar a informação de prefixos alcançáveis para o AS2 através da sessão eBGP entre 1b e 2a.
- Quanto roteador aprende um novo prefixo, ele cria uma entrada para o prefixo na sua tabela de roteamento.



# Atributos de Caminhos e Rotas BGP

- Prefixos anunciados incluem atributos BGP.
  - prefixo + atributos = “rota”.
- Dois atributos importantes:
  - **AS-PATH**: contém lista de ASs pelos quais o anúncio do prefixo passou: *e.g.*, AS 67, AS 17.
  - **NEXT-HOP**: indica roteador do AS de próximo salto (que pode estar a vários saltos do AS atual).
- Roteador *gateway* que recebe anúncios utiliza **política de importação** para aceitá-los ou não.
  - *e.g.*, nunca encaminhe para o AS x.
  - Roteamento baseado em **políticas**.

# BGP: Seleção de Rota

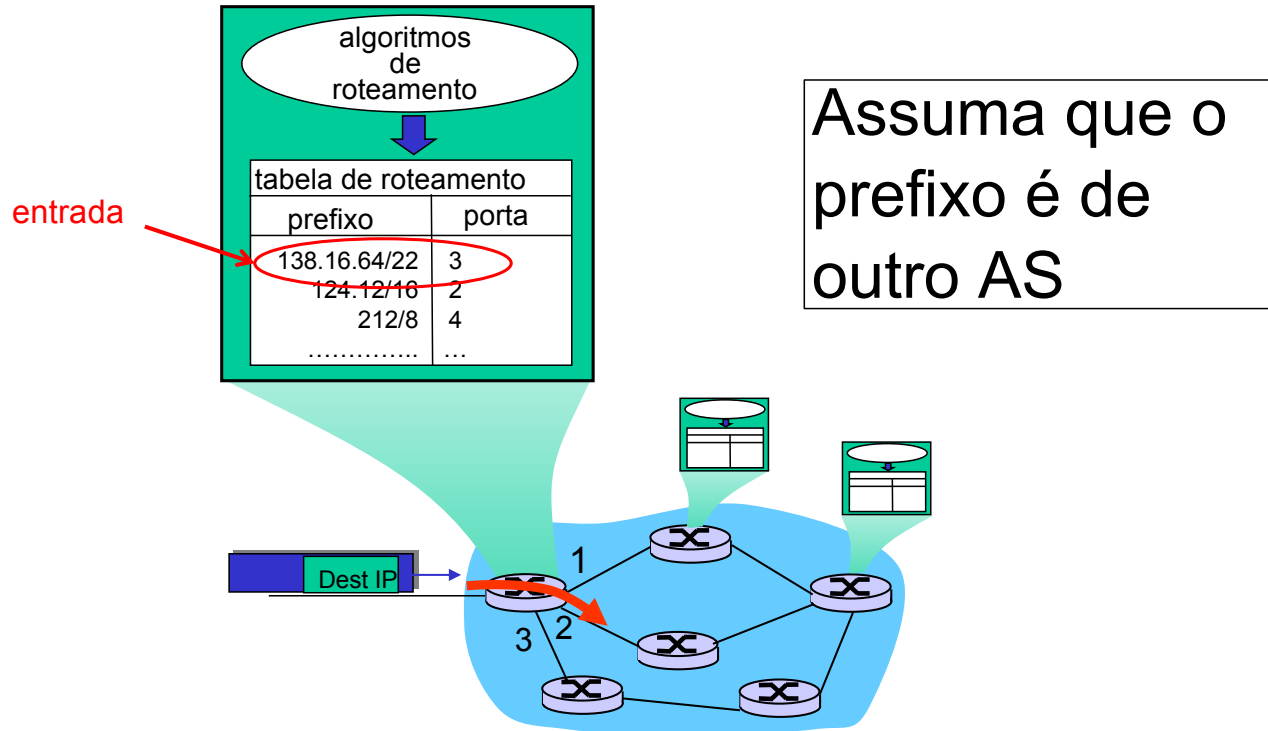
- Roteador pode aprender múltiplas rotas para um AS de destino. Seleção é baseada em:
  1. Valor do atributo *Local Preference*: decisão baseada em política.
  2. AS-PATH mais curto.
  3. Roteador NEXT-HOP mais próximo: roteamento batata-quente.
  4. Critérios adicionais.

# Mensagens BGP

- Mensagens BGP trocadas entre *peers* sobre conexão TCP.
- Mensagens BGP:
  - **OPEN:** abre conexão TCP para o *peer* e autentica transmissor.
  - **UPDATE:** anuncia novo caminho (ou anula anúncio antigo).
  - **KEEPALIVE:** mantém a conexão aberta em caso de inatividade prolongada; também serve de ACK para mensagem OPEN.
  - **NOTIFICATION:** reporta erros na mensagem anterior; também usada para fechar conexão.

- **Como uma entrada é colocada na tabela de roteamento de um roteador?**
  - Resposta é complicada!
  - Junta Roteamento Hierárquico, BGP e OSPF.
  - Provê boa visão geral do funcionamento do BGP!

# Como a Entrada é Inserida na Tabela de Roteamento? (I)

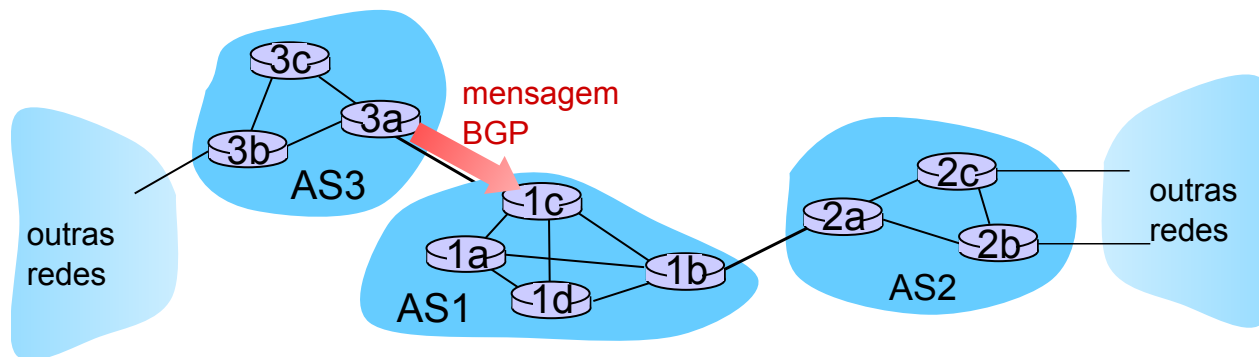


# Como a Entrada é Inserida na Tabela de Roteamento? (II)

- **Visão de alto nível:**

1. Roteador passa a conhecer o prefixo.
2. Roteador determina a porta de saída para alcançar o prefixo.
3. Roteador insere mapeamento porta-prefixo na tabela de roteamento.

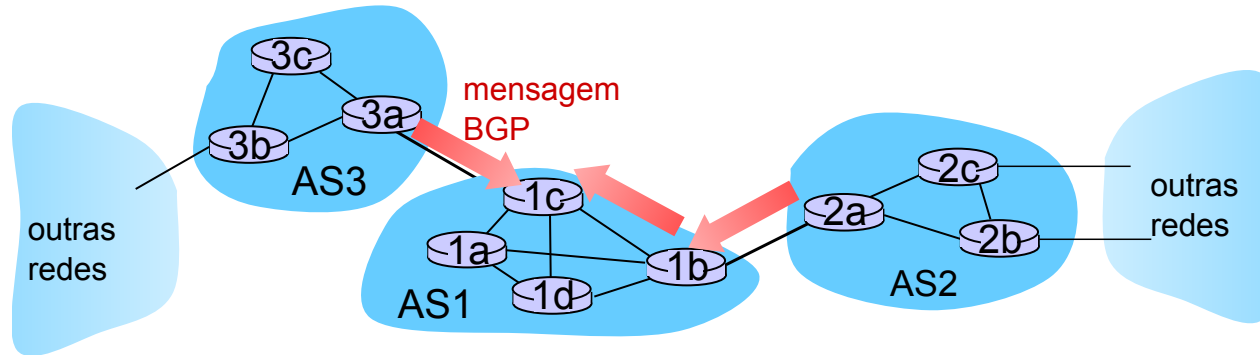
# Roteador Passa a Conhecer o Prefixo



- Mensagem BGP contém “rotas”.
- “Rota” é um prefixo, mais seus atributos: AS-PATH, NEXT-HOP, ...
- Exemplo de rota BGP:
  - Prefixo: 138.16.64/22.
  - AS-PATH: AS3 AS131.
  - NEXT-HOP: 201.44.13.125.



# Roteador Pode Receber Múltiplas Rotas



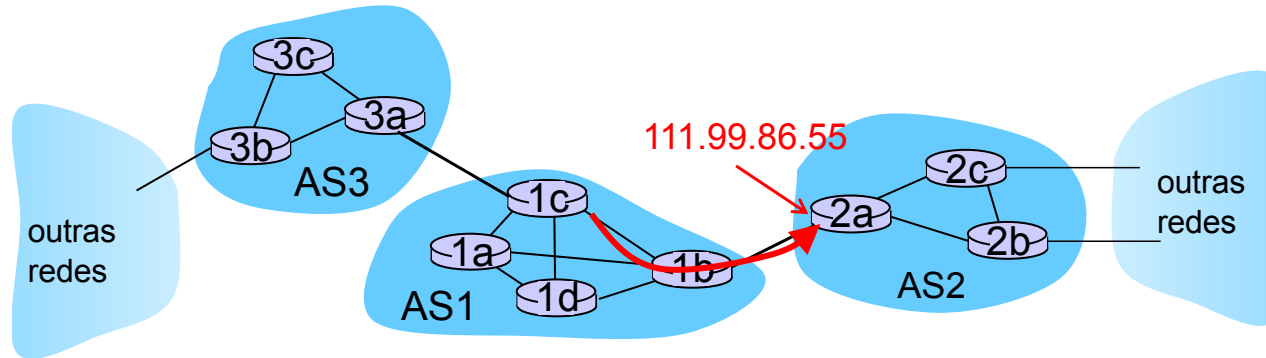
- Roteador pode receber múltiplos anúncios de rotas para **um mesmo prefixo**.
- Precisa selecionar um.

# Seleção da Melhor Rota BGP para o Prefixo

- Roteador seleciona rota com base no AS-PATH mais curto.
- Por exemplo:
  - AS2 AS17 para alcançar 138.16.64/22 (**selecionada**).
  - AS3 AS131 AS201 para alcançar 138.16.64/22.
- E se ocorrer um empate? Voltaremos a este ponto em breve!

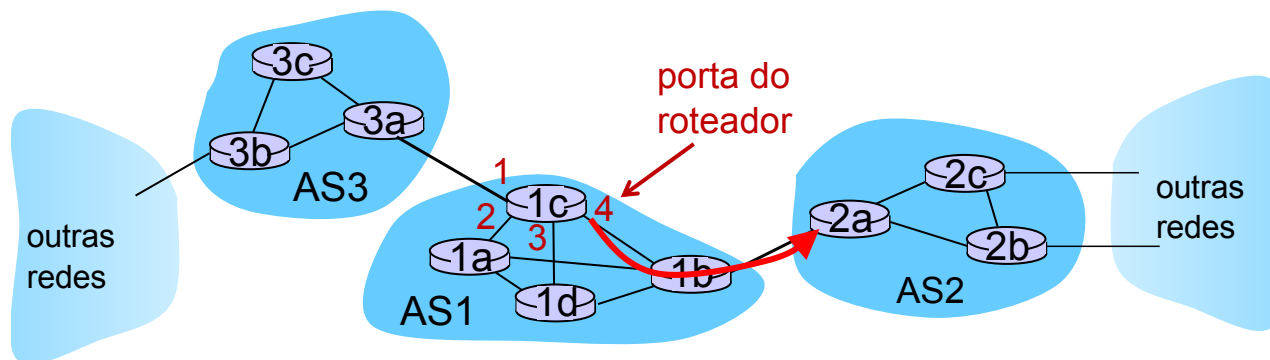
# Encontrar Melhor Rota Interna para a Rota BGP

- Use o atributo NEXT-HOP da rota selecionada.
  - É o endereço IP da interface do roteamento que inicia o AS PATH.
- Exemplo:
  - AS-PATH: AS2 AS17; NEXT-HOP: 111.99.86.55.
- Roteador usa OSPF para encontrar caminho mais curto de 1c para 111.99.86.55.



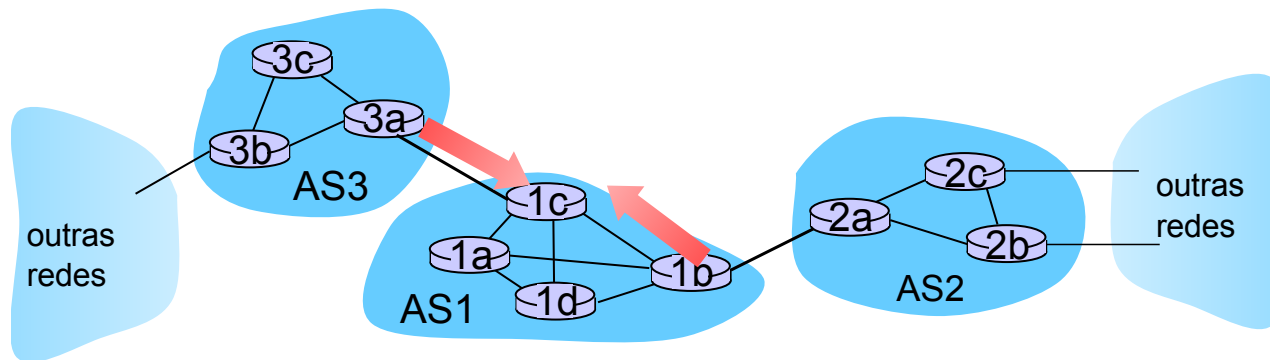
# Roteador Identifica Porta para Rota

- Identifica porta no caminho mais curto apontado pelo OSPF.
- Adiciona entrada mapeamento o prefixo à porta na sua tabela de roteamento.
  - **(183.16.64/22, porta 4).**



# Roteamento Batata-Quente

- Suponha que haja duas ou mais melhores rotas BGP.
- Então escolha aquela com o NEXT-HOP mais próximo.
  - Use o OSPF para determinar qual gateway está mais próximo.
  - Pergunta: de 1c, escolher AS3 AS131 ou AS2 AS17?
  - Resposta: rota AS3 AS 131, já que NEXT-HOP é mais próximo.

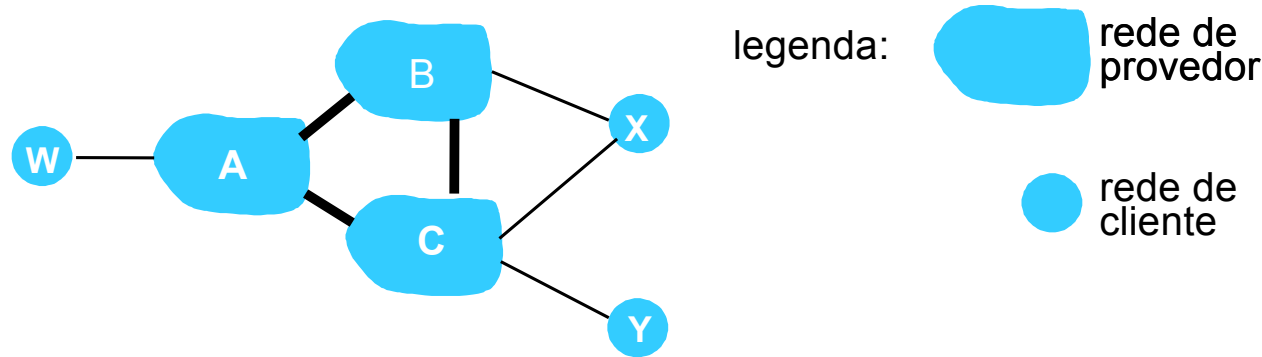


# Como uma Entrada é Inserida na Tabela de Roteamento?

- Sumário:

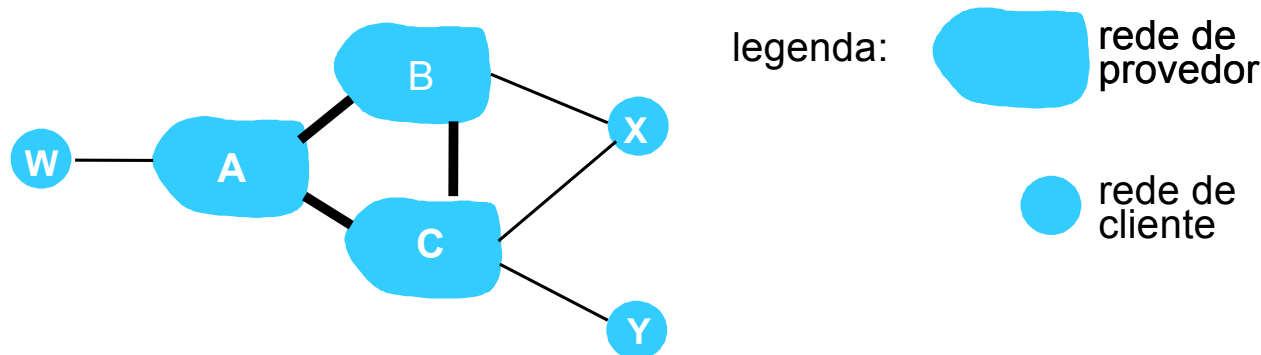
1. Roteador passa a conhecer o prefixo.
  - Através de anúncios BGP de outros roteadores.
2. Determina porta de saída para o prefixo.
  - Usa seleção de rotas BGP para encontrar a melhor rota BGP.
  - Usa OSPF para encontrar melhor rota interna ao AS que leva o pacote até o início da melhor rota BGP.
  - Roteador identifica porta de saída para esta rota.
3. Insere o mapeamento (prefixo, porta) na tabela de roteamento.

# BGP: Políticas de Roteamento (I)



- A, B e C são redes de provedores.
- X, W, e Y são consumidores (clientes dos provedores).
- X é **dual-homed**: se conecta à Internet por dois provedores diferentes.
  - X não quer rotear pacotes de B para C.
  - ...logo, X não irá anunciar para B uma rota para C.

# BGP: Políticas de Roteamento (II)



- A anuncia caminho AW para B.
- B anuncia caminho BAW para X.
- B deve anunciar caminho BAW para C?
  - Claro que não! B não lucra roteando CBAW, já que nem W nem C são clientes de B.
  - B quer forçar C a rotear para W por A.
  - B quer rotear **apenas** tráfego de e para seus clientes!



# Por que Roteamentos Diferentes Intra- e Inter-AS?

- **Políticas:**

- Inter-AS: administrador quer controle sobre como seu tráfego é roteado, quem roteia pela sua rede.
- Intra-AS: único administrador, não são necessárias decisões políticas.

- **Escala:**

- Roteamento hierárquico reduz tamanho das tabelas, reduz tráfego de atualização de rotas.

- **Desempenho:**

- Intra-AS: foco no desempenho.
- Inter-AS: políticas podem dominar decisões.

# Resumo da Aula...

## ● Roteamento Intra-AS:

- Critério: desempenho.
- Principais protocolos: OSPF, RIP, IGRP.
- Também conhecido como IGP.

## ● RIP:

- Vetor de Distâncias.
- Entradas para sub-redes.
- Métrica: número de saltos.
- Distância máxima: 16.
- Envenenamento reverso.
- Roda sobre UDP.

## ● OSPF:

- Estado de Enlace.
- Mais moderno que o RIP.
- Considera segurança, múltiplos caminhos, hierarquia, ...
- Roda diretamente sobre IP.

## ● Roteamento Inter-AS:

- Orientado a políticas.
- Principal protocolo: BGP.

## ● BGP:

- “Vetor de Caminhos”.
- Sessões BGP: TCP.
- Anúncios: **compromisso de rotear**.
- **eBGP** vs. **iBGP**.

## ● BGP: rotas.

- Possuem atributos.
- e.g., AS-PATH.
- e.g., NEXT-HOP.

## ● BGP: seleção de rotas.

- **Baseada em políticas**.
- AS-PATH mais curto.
- NEXT-HOP mais próximo: **roteamento batata-quente**.
- Outros critérios.

# Próxima Aula...

- Última aula de conteúdo!
- Ainda discutiremos roteamento, mas ao invés de comunicação *unicast*:
  - Roteamento *broadcast*.
  - Roteamento *multicast*.