

# Protocolos de Roteamento

Prof. Sergio Johann Filho  
sergio.filho@pucrs.br

# Protocolos de Roteamento

- Existem duas principais formas de roteamento:
  - Algoritmo de estado de enlace: link-state (LS)
  - Algoritmo de vetor-distância: distance-vector (DV)
- Algoritmos são implementados através de protocolos de roteamento:
  - Routing Information Protocol (RIP) - DV
  - Open Shortest Path First (OSPF) - LS
  - Border Gateway Protocol (BGP) - DV

# RIP

- Foi um dos primeiro protocolos de roteamento intra-AS da Internet (AS = sistemas autônomos)
  - Foi amplamente adotado, entre outros motivos, por ter sido incluído no Unix/BSD
  - Ainda é utilizado
- Versões:
  - RIPv1 (RFC 1058) - 1988
  - RIPv2 (RFC 1723) - 1994
  - RIPng (RFC 2080) – RIP next generation (suporte a IPv6) - 1997

# RIP

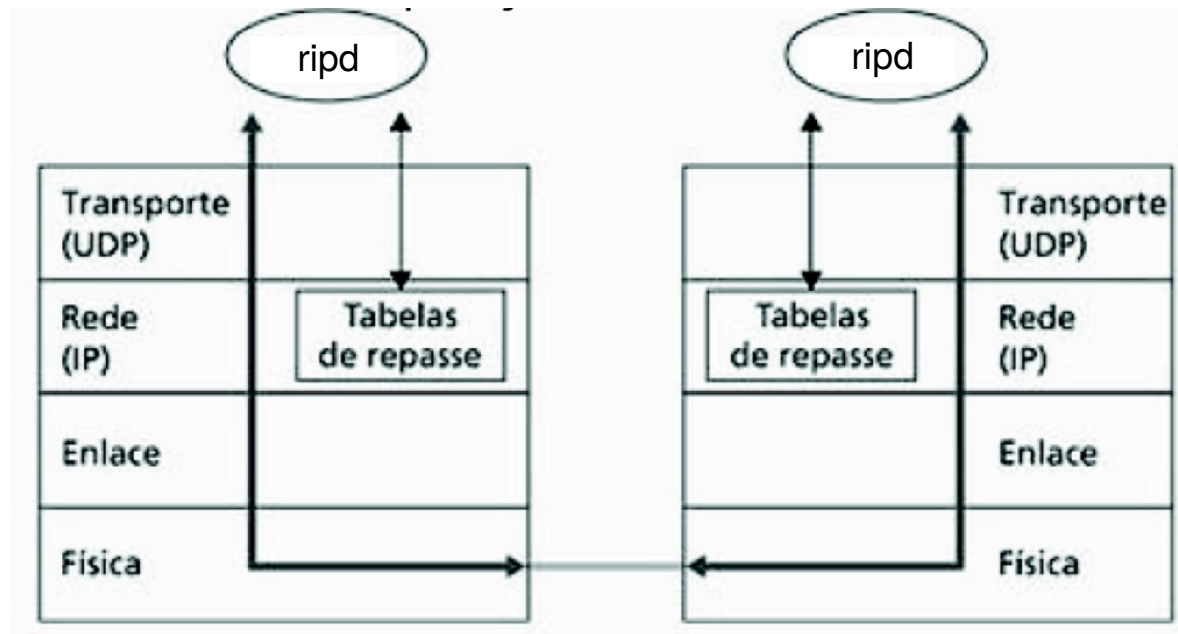
- Usa o algoritmo vetor-distância (DV)
  - O custo do enlace é sempre 1, ou seja, escolhe caminho mais curto
- Usa o termo salto (hop) para determinar o caminho de menor custo até o destino
- O custo máximo de um caminho é 15 saltos
  - Limita que o SA tenha no máximo 15 roteadores de diâmetro

# Funcionamento RIP

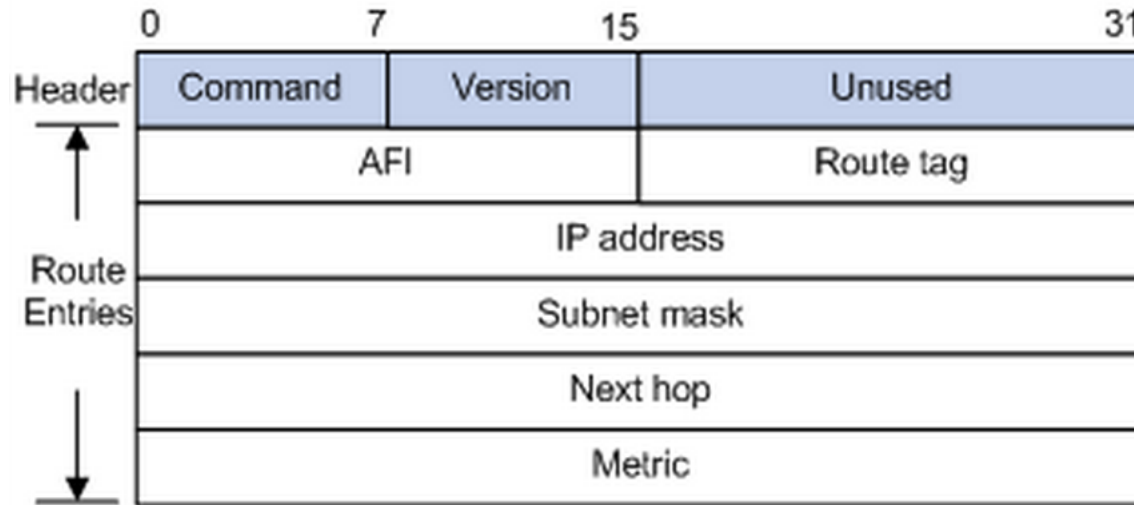
- RIP define dois tipos de mensagens:
  - RIP request message
  - RIP response message
- Quando um novo roteador inicia, ele envia um RIP request para todas as suas interfaces
  - Os roteadores vizinhos responde com uma RIP response message (carregando as suas tabelas de roteamento)
- A cada 30 segundos os roteadores anunciam suas tabelas de roteamento para os vizinhos
  - Se algo mudou, recalcula tabela e envia para os vizinhos (algoritmo DV)

# Implementação

- RIP normalmente é implementado na camada de aplicação (porta UDP 520)
- No Linux: pacote quagga (daemon ripd)

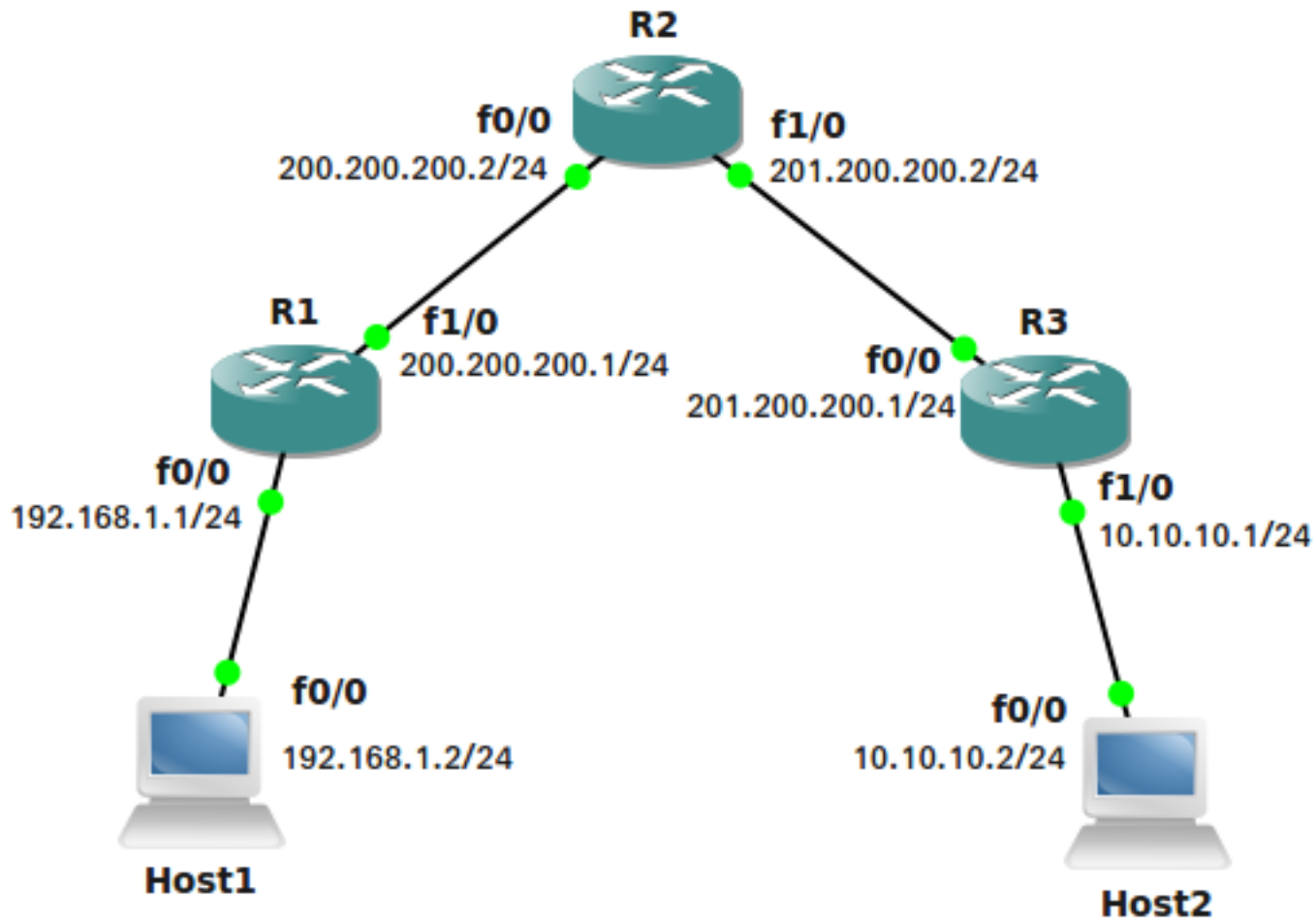


# Formato pacote RIP



- Command: 1 para request, 2 para response
- Version: 1 para RIPv1, 2 para RIPv2
- AFI (Address Family ID): 2 para IP
- Até 25 entradas de rotas

# Exemplo 1





# Exemplo 1

## Exemplo de configuração dos roteadores:

- usando CLI (command-line interface) padrão Cisco
- Configurar as máquinas host com *no ip routing* (ver tutorial GNS3) e as interfaces

### Configuração roteador R1:

```
enable
configure terminal
router rip
network 192.168.1.0
network 200.200.200.0
exit
exit
copy running-config startup-config
```

### Configuração roteador R2:

```
enable
configure terminal
router rip
network 200.200.200.0
network 201.200.200.0
exit
Exit
copy running-config startup-config
```

### Configuração roteador R3:

```
enable
configure terminal
router rip
network 201.200.200.0
network 10.10.10.0
exit
exit
copy running-config startup-config
```

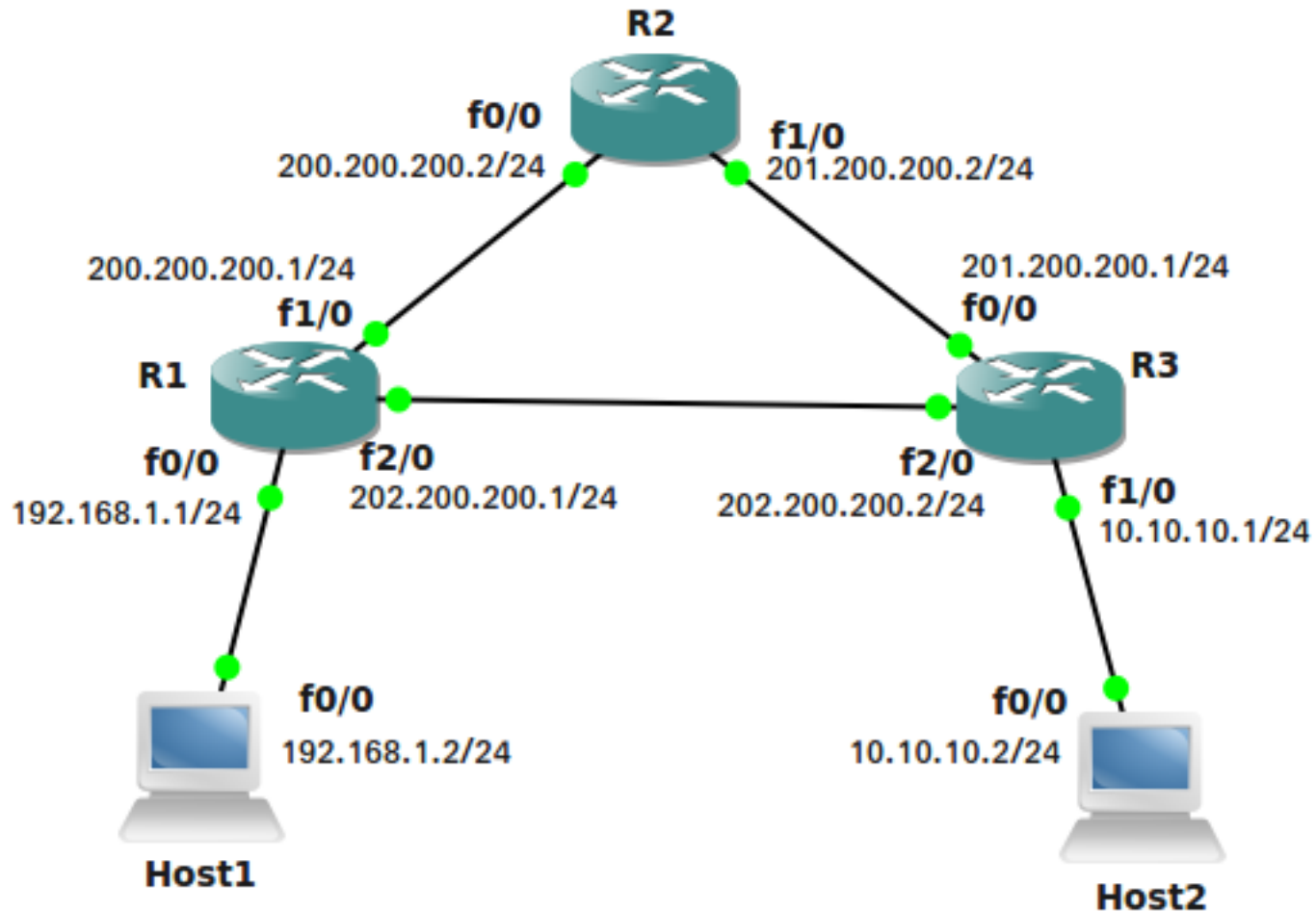
## Para verificar as rotas nos roteadores:

R1# show ip route

## Para verificar a rota utilizada em entre os hosts:

Host1# traceroute 10.10.10.2

# Exemplo 2



# Exemplo 2

## Exemplo de configuração dos roteadores:

- usando CLI (command-line interface) padrão Cisco

### Configuração roteador R1:

```
enable
configure terminal
router rip
network 192.168.1.0
network 200.200.200.0
network 202.200.200.0
exit
exit
copy running-config startup-config
```

### Configuração roteador R2:

```
enable
configure terminal
router rip
network 200.200.200.0
network 201.200.200.0
exit
Exit
copy running-config startup-config
```

### Configuração roteador R3:

```
enable
configure terminal
router rip
network 201.200.200.0
network 10.10.10.0
network 202.200.200.0
exit
exit
copy running-config startup-config
```

## Para verificar as rotas nos roteadores:

R1# show ip route

## Para verificar a rota utilizada em entre os hosts:

Host1# traceroute 10.10.10.2

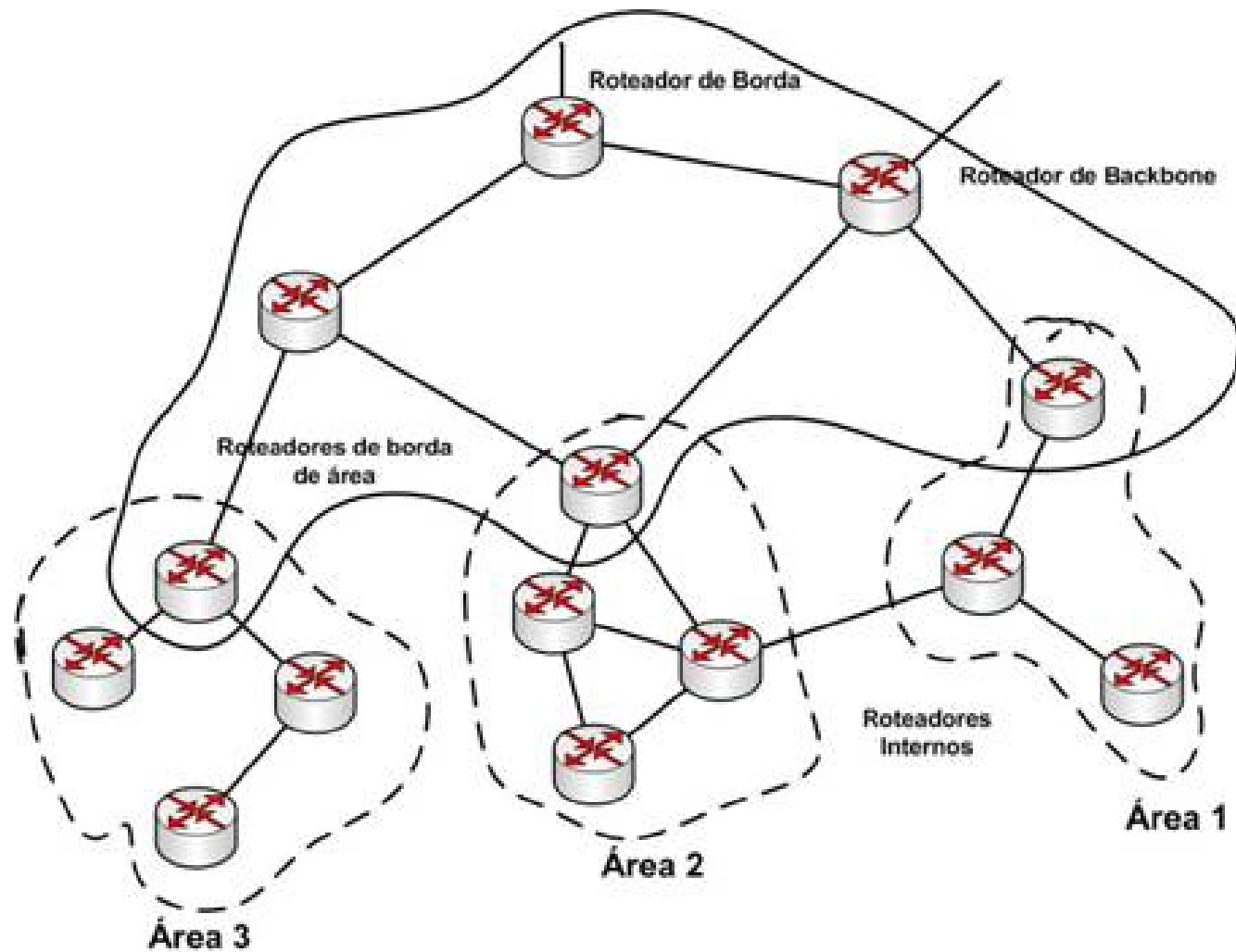
# OSPF

- Open Shortest Path First (OSPF)
- Utilizado em roteamento Intra-AS
- Concebido como sucessor do RIP
- Algoritmo de estado de enlace
  - Broadcasting de informação de estado de enlace
  - Algoritmo de caminho de menor custo de Dijkstra

# OSPF

- Introduz o conceito de Área:
  - divide a rede em áreas numeradas
  - diminuir a complexidade e minimizar a comunicação entre roteadores
- Área 0 (backbone):
  - é a área principal;
  - atua como elo de ligação com as demais áreas existentes;
  - comunicação entre as demais áreas deve ser feita obrigatoriamente através da área 0

# OSPF



# Funcionamento

- Cada roteador constrói um grafo representando a rede (topologia completa)
- O roteador então roda localmente o algoritmo de caminho mais curto de Dijkstra
  - Determina uma árvore de caminho mais curto para todas as sub-redes, sendo ele mesmo a raiz da árvore
- O custo dos enlaces são definidos pelo administrador:
  - Se configurar tudo como 1, funciona como roteamento de salto mínimo (similar ao RIP)
  - Inversamente proporcional à capacidade do link

# Funcionamento

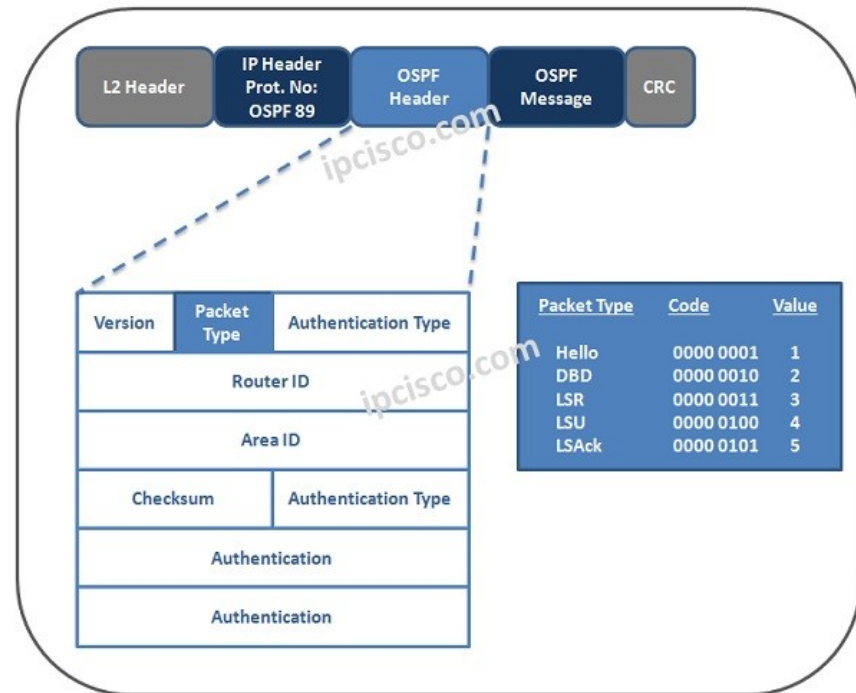
- Os roteadores enviam informações de estado de enlace para todos os roteadores da sua área
  - Diferente do RIP que envia informações apenas para os vizinhos
- Informações são enviadas sempre que houver uma mudança no estado de um enlace
  - Exemplo: mudança de custo, mudança up/down
- Também transmite o estado de um enlace periodicamente, mesmo sem mudança
  - Pelo menos a cada 30 minutos



# Funcionamento

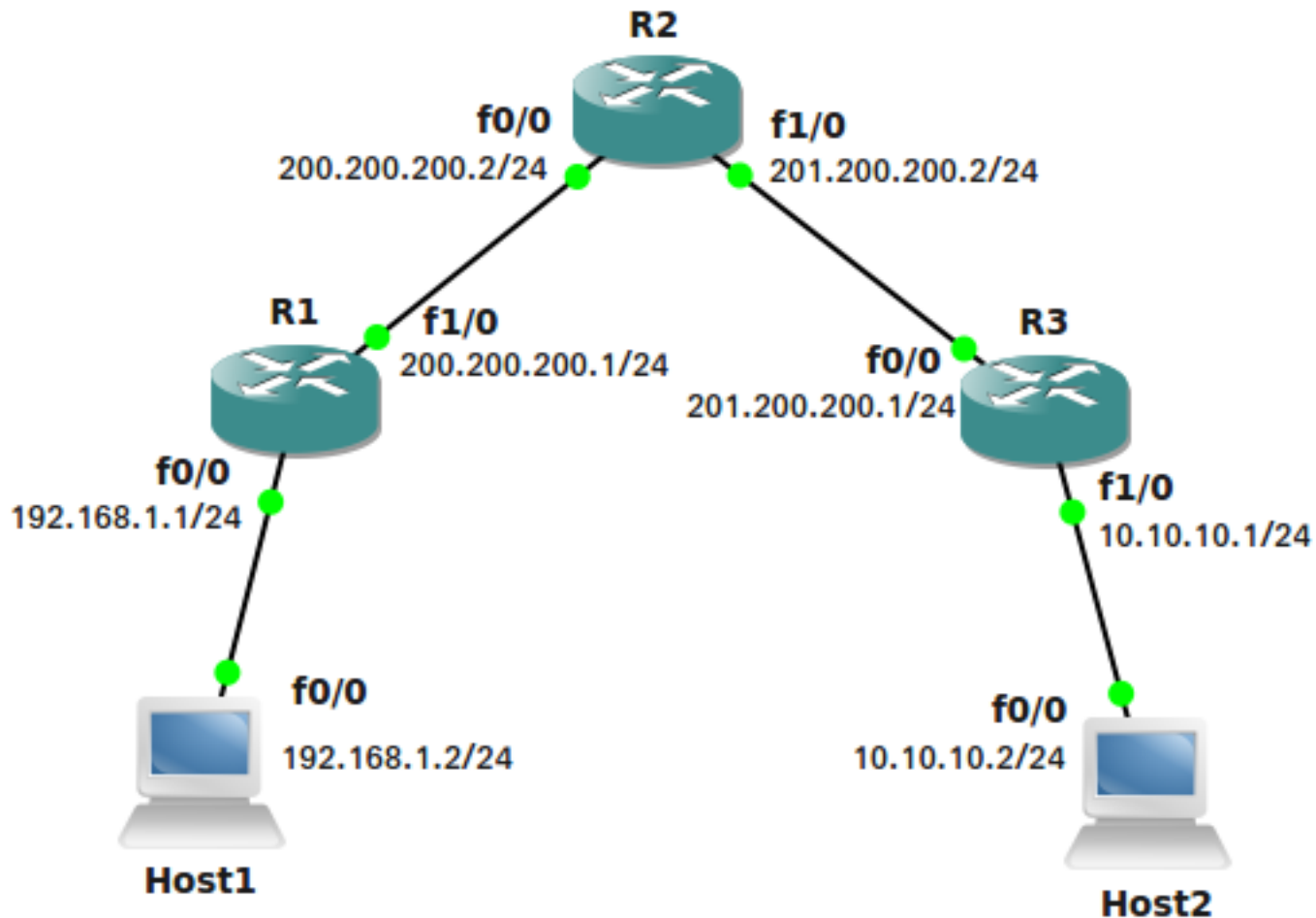
- Mensagem OSPF são enviadas diretamente sobre IP
  - Número do protocolo 89
- Tipos de mensagens:
  - 1 Hello
  - 2 Descrição da base de dados
  - 3 Requisição do estado do link
  - 4 Atualização do estado do link
  - 5 ACK do estado do link

# Formato pacote OSPF



- 5 tipos de pacote
  - Hello
  - Database descriptor (DBD)
  - Link state request (LSR)
  - Link state update (LSU)
  - Link state acknowledgement (LSAck)

# Exemplo 1



# Exemplo 1

## Exemplo de configuração dos roteadores:

- usando CLI (command-line interface) padrão Cisco

### Configuração roteador R1:

```
enable
configure terminal
router ospf 1
network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
network 200.200.200.0 0.0.0.255 area 0
exit
exit
copy running-config startup-config
```

### Configuração roteador R2:

```
enable
configure terminal
router ospf 1
network 200.200.200.0 0.0.0.255 area 0
network 201.200.200.0 0.0.0.255 area 0
exit
exit
copy running-config startup-config
```

### Configuração roteador R3:

```
enable
configure terminal
router rip
network 201.200.200.0 0.0.0.255 area 0
network 10.10.10.0 0.0.0.255 area 0
exit
exit
copy running-config startup-config
```

## Para verificar as rotas nos roteadores:

R1# show ip route

## Para verificar a rota utilizada em entre os hosts:

Host1# traceroute 10.10.10.2

# OSPF x RIP

- Convergência rápida e sem loops
- Suporta métricas mais precisas e se necessário várias métricas
- Suporta múltiplos caminhos para um mesmo destino
- Suporta separação em múltiplas áreas
- Adiciona segurança (autenticação)

# Roteamento Hierárquico

- Até agora estudamos os algoritmos de roteamento LS e DV
  - A rede foi considerada como uma coleção de roteadores interconectados
  - Todos os roteadores rodam o mesmo algoritmo de roteamento
- Esse modelo possui dois problemas
  - Escala
  - Autonomia administrativa

# Roteamento Hierárquico

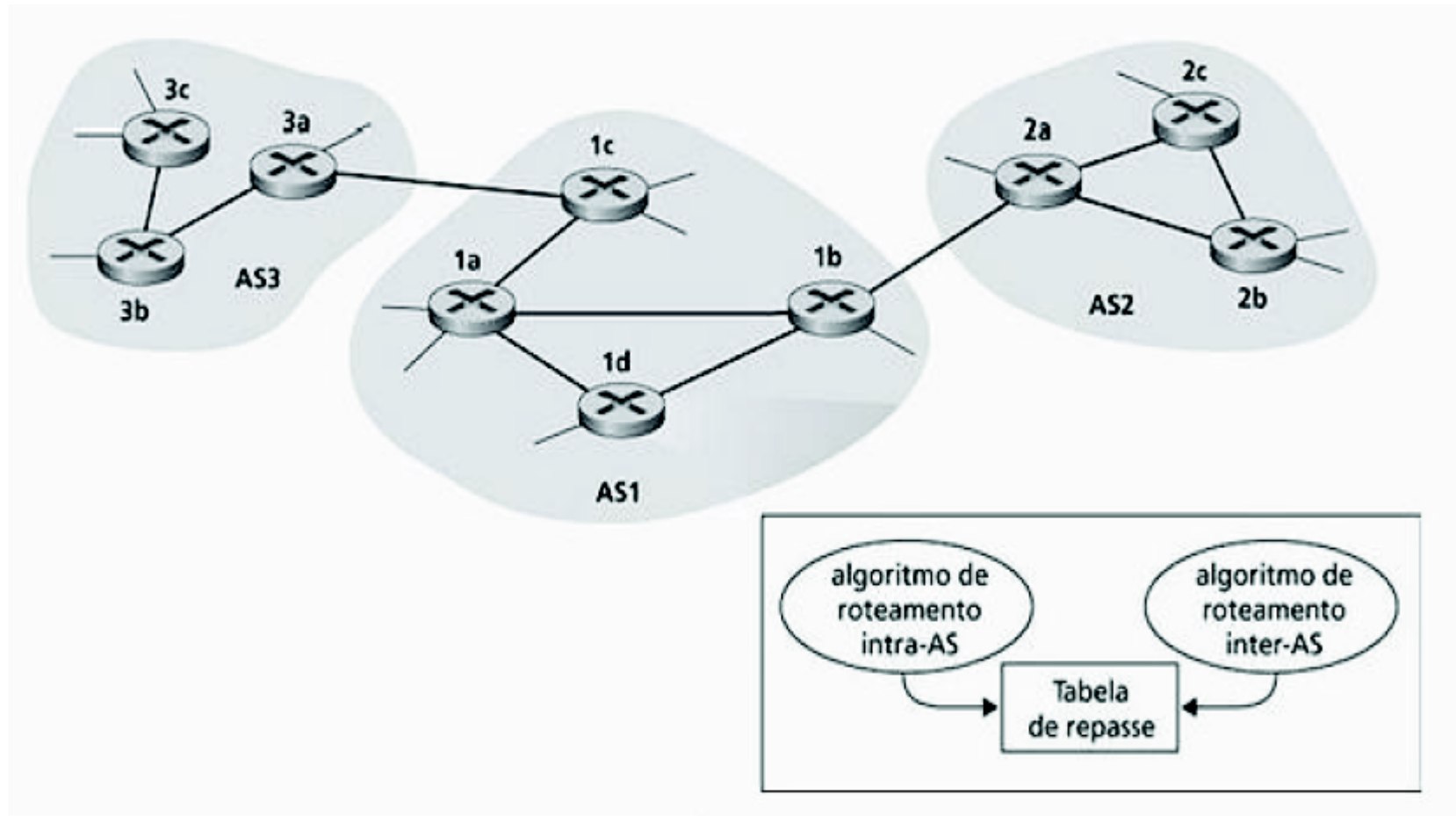
- **Solução:** agrupar os roteadores em sistemas autônomos (AS)
- Um AS consiste em um grupo de roteadores sobre a mesma administração
  - Exemplo: mesmo ISP ou rede corporativa
- Todos os roteadores dentro de um determinado AS rodam o mesmo algoritmo de roteamento.
  - Protocolo de roteamento intra-AS
  - Um ou mais roteadores são encarregados de rotear pacotes para fora do AS - roteador de borda ou gateway router

# Roteamento Hierárquico

- Quando um AS possuir mais de um roteador de borda, como saber para qual roteador encaminhar um determinado pacote?
  - Protocolo de roteamento inter-AS
  - Todos os ASs devem rodar o mesmo protocolo inter-AS para se comunicarem



# Roteamento Hierárquico



# Protocolos de Roteamento

- Intra-AS:
  - Routing Information Protocol (RIP) - DV
  - Open Shortest Path First (OSPF) - LS
- Inter-AS:
  - Border Gateway Protocol (BGP) - DV

# Referências

- Kurose, James F.; Ross, Keith W., Redes de Computadores e a Internet - Uma Abordagem Top-down.
- <https://ipccisco.com/single-area-ospf-configuration/>