



Módulo 8: Camada de rede

Versão original: Cisco Network Academy

Versão modificada: Eduardo Costa

Introdução às redes v7.0 (ITN)



Módulo 8: Tópicos

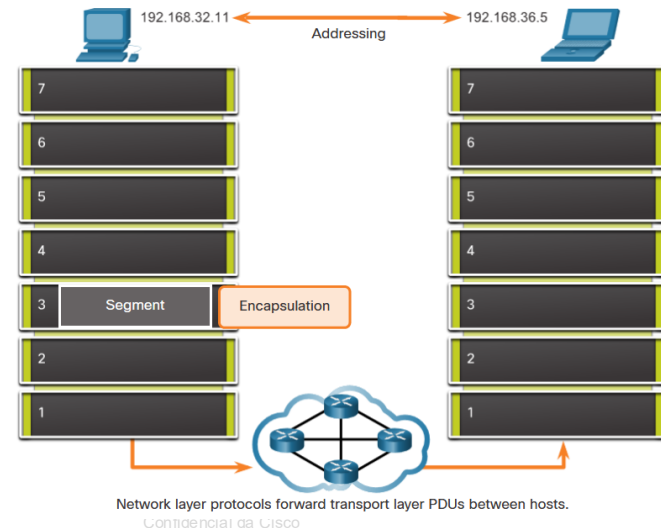
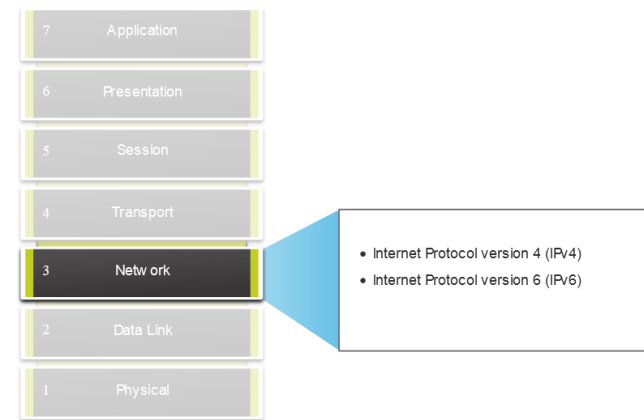
O que vou aprender neste módulo?

Título do Tópico	Objetivo do Tópico
Características da camada de rede	Explicar como a camada de rede usa os protocolos IP para comunicações confiáveis.
Pacote IPv4	Explicar a função dos campos principais do cabeçalho nos pacotes IPv4.
Pacote IPv6	Explicar a função dos campos principais do cabeçalho nos pacotes IPv6.
Como um host encaminha	Explicar como os dispositivos de rede usam as tabelas de encaminhamento para direcionar pacotes para uma rede de destino.
Tabelas de encaminhamento do router	Explicar a função dos campos na tabela de encaminhamento de um router.

8.1 Características da camada de rede

Camada de Rede

- Fornece serviços para permitir que dispositivos finais troquem dados
- IP versão 4 (IPv4) e IP versão 6 (IPv6) são os principais protocolos de comunicação da camada de rede.
- A camada de rede executa quatro operações básicas:
 - Endereça os dispositivos finais
 - Encapsulamento
 - Encaminhamento
 - Desencapsulamento

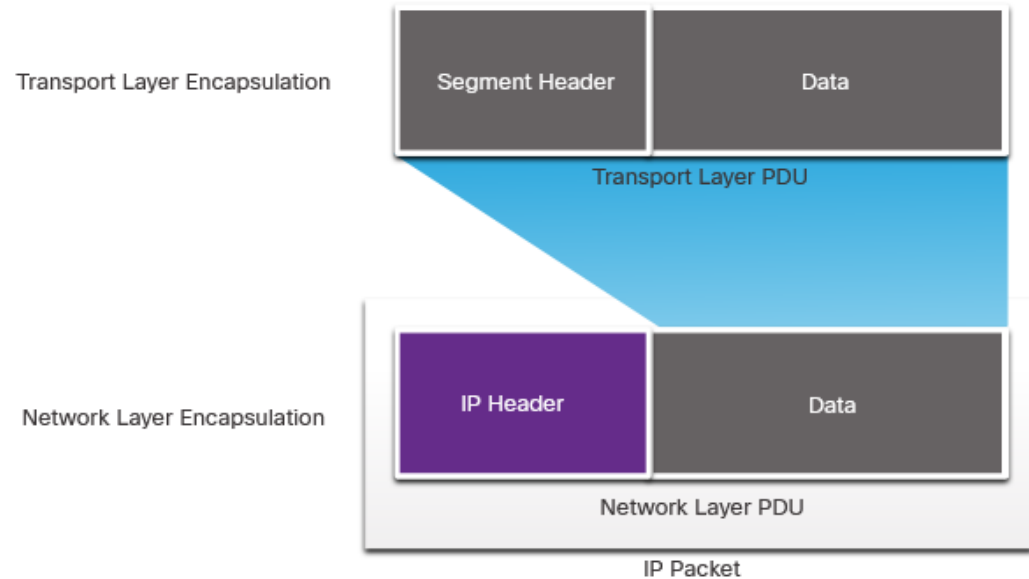


Características da camada de rede

Encapsulamento IP

- O IP encapsula os segmentos da camada de transporte.
- O IP pode usar um pacote IPv4 ou IPv6 sem impacto no segmento da camada 4.
- O pacote IP será examinado por todos os dispositivos de camada 3 à medida que atravessa a rede.
- O endereçamento IP não sofre alterações desde a origem até ao destino.

Observação: A utilização de NAT altera o endereçamento, mas será discutido apenas num módulo posterior.



Características do IP

O IP deve ter baixa sobrecarga e pode ser descrito como:

- Sem ligação (*Connectionless*)
- Melhor Esforço (*Best Effort*)
- Independente do meio físico

Sem ligação (*Connectionless*)

IP não estabelece ligação

- Nenhuma ligação é estabelecida com o destino antes do envio dos pacotes de dados.
- Não há informações de controlo necessárias (sincronizações, confirmações, etc.).
- O destino receberá o pacote quando ele chegar, mas nenhuma pré-notificação é enviada pelo IP.
- Se houver necessidade de tráfego orientado à ligação, outro protocolo irá tratar disso (normalmente TCP na camada de transporte).

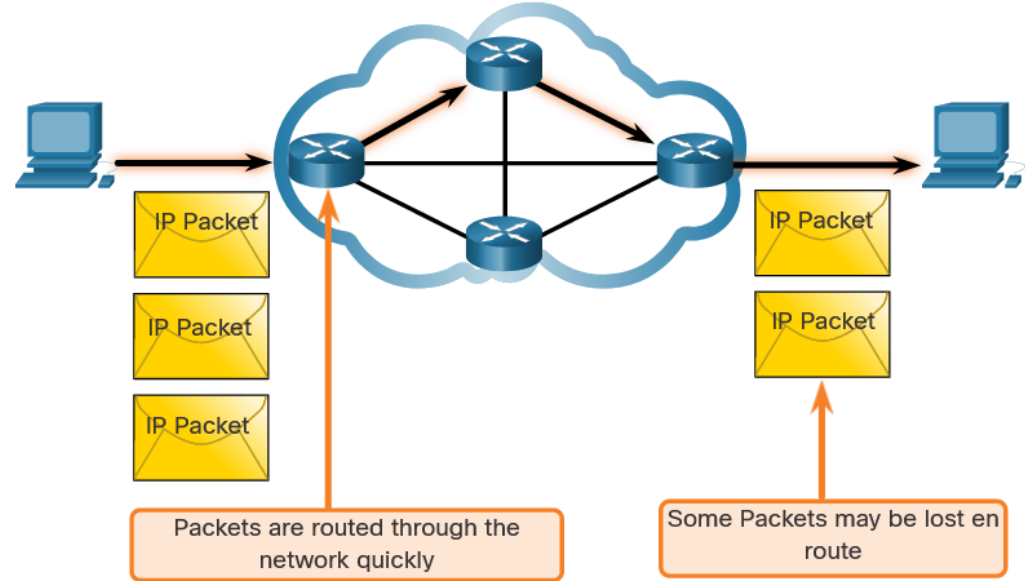


Características da camada de rede

Melhor Esforço (*Best Effort*)

IP é melhor esforço

- IP não garante a entrega do pacote.
- O IP tem sobrecarga reduzida, uma vez que não há mecanismo para reenviar dados que não são recebidos.
- IP não espera confirmações.
- IP não sabe se o outro dispositivo está operacional ou se recebeu o pacote.



Características da camada de rede

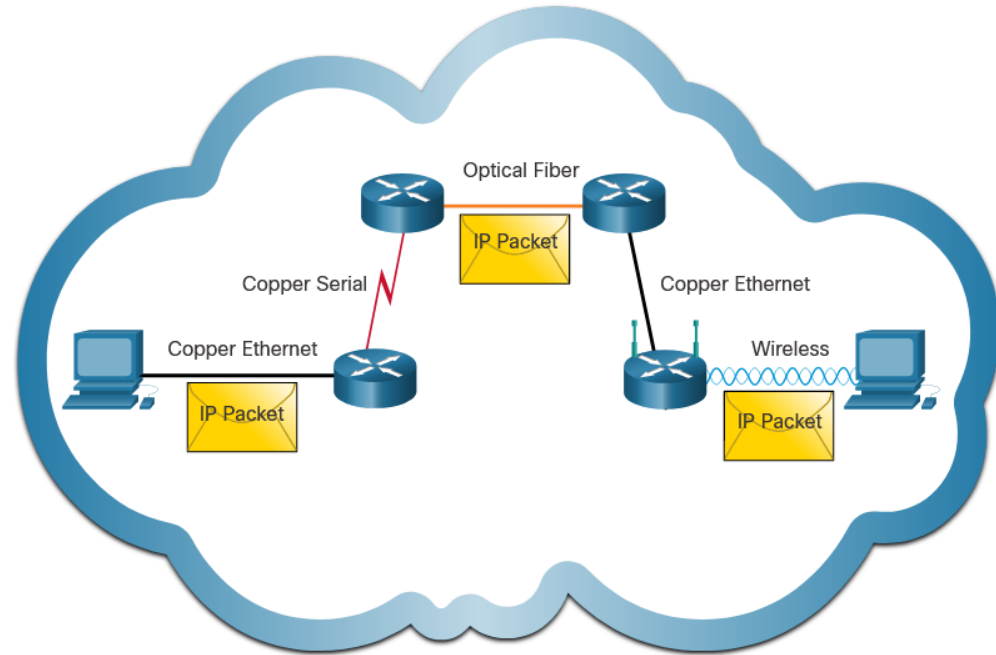
Independente do meio físico

IP não é confiável

- O IP não pode gerir ou corrigir pacotes não entregues ou corrompidos.
- IP não pode retransmitir após um erro.
- O IP não pode reordenar pacotes fora de sequência.
- IP deve depender de outros protocolos para essas funções.

O protocolo IP é independente de meio físico.

- O IP não se preocupa com o tipo de quadro necessário na camada de ligação de dados ou com o tipo de meio na camada física.
- Pacotes IP podem ser enviados por qualquer tipo de meio: cobre, fibra ou sem fios.



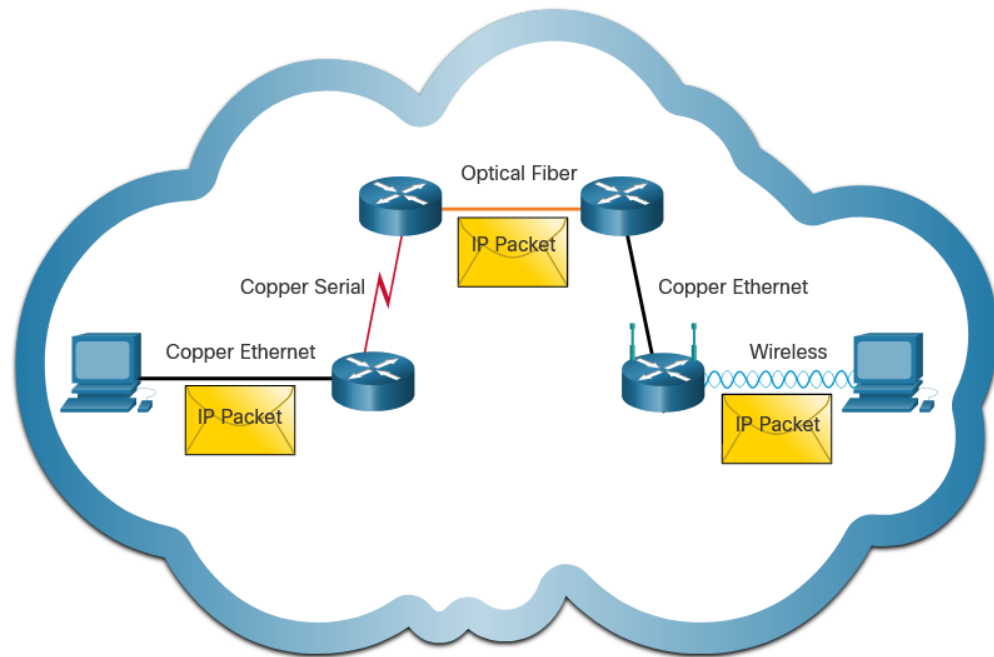
Independente do meio físico (Cont.)

A camada de rede estabelece a Unidade Máxima de Transmissão (MTU – Maximum Transmission Unit).

- A camada de rede recebe essa informação a partir da informação de controlo enviada pela camada de ligação de dados.
- Em seguida, a rede estabelece o tamanho da MTU.

Fragmentação ocorre quando a Camada 3 divide o pacote IPv4 em unidades menores.

- Fragmentação causa latência.
- O IPv6 não fragmenta pacotes.
- Exemplo: Num router passa-se de Ethernet para uma WAN lenta, com um MTU menor



8.2 Pacote IPv4

Cabeçalho dos Pacotes IPv4

IPv4 é o principal protocolo de comunicação na camada de rede.

O cabeçalho da camada rede tem muitas finalidades:

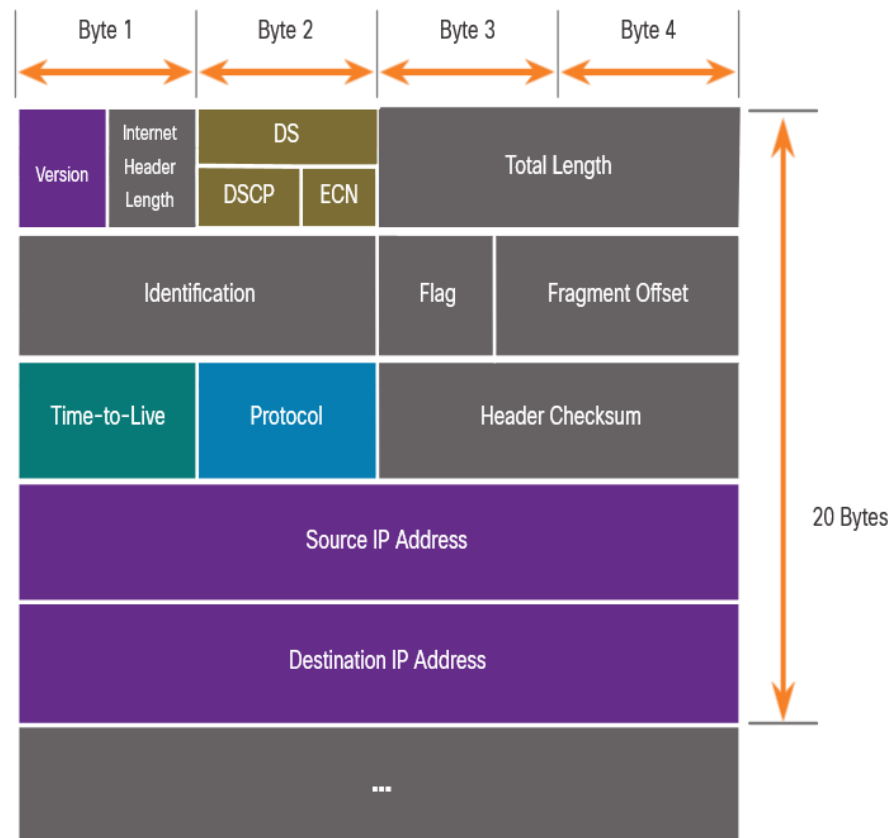
- Garante que o pacote é enviado na direção correta (para o destino).
- Contém informação para o processamento da camada de rede em vários campos.
- As informação no cabeçalho é usada por todos os dispositivos de camada 3 que manipulam o pacote

Campos do Cabeçalhos dos Pacotes IPv4

As características do cabeçalho de rede IPv4:

- É em binário.
- Contém vários campos de informação
- O diagrama é lido da esquerda para a direita, 4 bytes por linha
- Os dois campos mais importantes são os endereços de origem e de destino.

Protocolos podem ter uma ou mais funções.



Campos do Cabeçalho dos Pacotes IPv4

Campos mais importantes no cabeçalho IPv4:

Função	Descrição
Versão	Isso será para v4, ao contrário de v6, um campo de 4 bits = 0100
Serviços Diferenciados	Usado para QoS: campo DiffServ — DS ou o IntServ mais antigo — ToS ou Tipo de Serviço
Soma de verificação do cabeçalho	Detectar corrupção no cabeçalho IPv4
Tempo de vida (TTL)	Contagem de saltos de camada 3. Quando se tornar zero, o router eliminará o pacote.
Protocolos	I.D.s do protocolo de próximo nível: ICMP, TCP, UDP, etc.
Endereço IPv4 de Origem	Endereço de origem de 32 bits
Endereço IPV4 de destino	Endereço de destino de 32 bits

8.3 Pacotes IPv6

Limitações do IPv4

O IPv4 tem três limitações principais:

- Esgotamento de endereços IPv4 — Ficámos basicamente sem endereçamento IPv4.
- Falta de conectividade de extremo a extremo — Para que o IPv4 sobreviva mais tempo, foi criado o endereçamento privado e o NAT. Com a utilização do endereçamento privado deixa de ser possível a comunicação direta com o endereçamento público.
- Aumenta a complexidade da rede — o NAT foi definido como uma solução temporária e cria problemas na rede como um efeito colateral da manipulação do endereçamento dos cabeçalhos de rede. O NAT causa latência e dificuldades na depistagem de problemas.



Visão geral do IPv6

- O IPv6 foi desenvolvido pela Internet Engineering Task Force (IETF).
- O IPv6 supera as limitações do IPv4.
- Melhorias que o IPv6 fornece:
 - **Aumento do espaço de endereçamento**
 - baseado em endereços de 128 bits, e não em 32 bits
 - **Manipulação otimizada de pacotes** - O cabeçalho IPv6 foi simplificado e tem menos campos
 - **Elimina a necessidade de NAT** - uma vez que há uma grande quantidade de endereçamento, não há necessidade de usar o endereçamento privado internamente e do seu mapeamento para endereços públicos partilhados

IPv4 and IPv6 Address Space Comparison

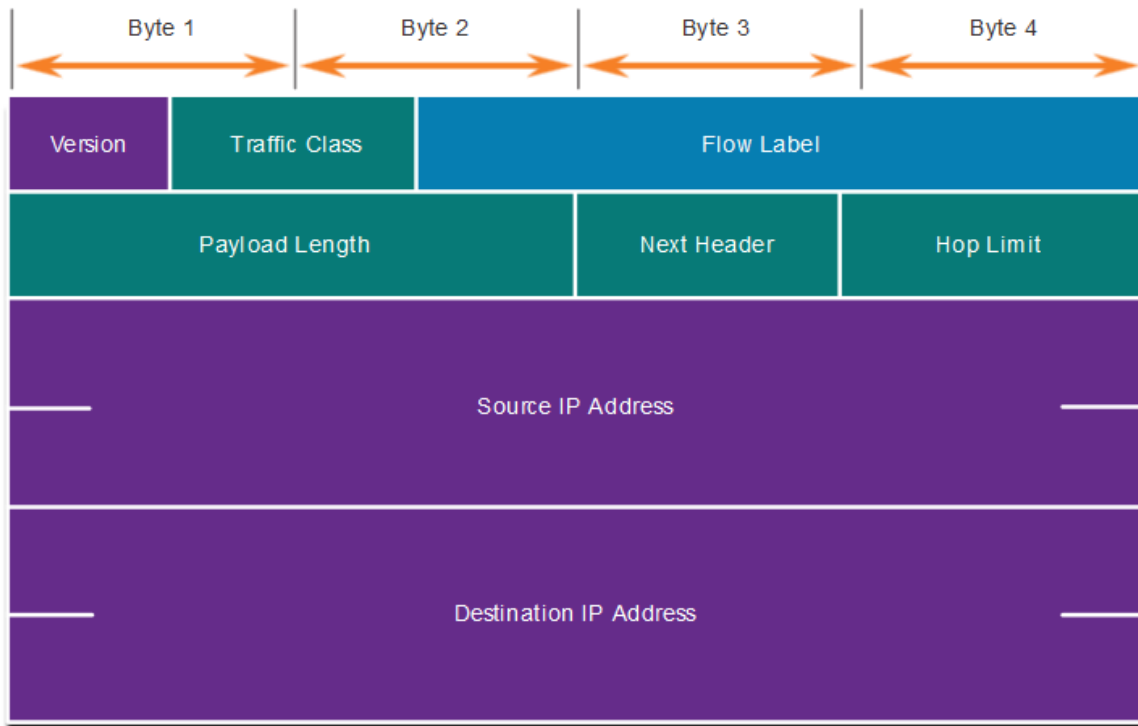
Number Name	Scientific Notation	Number of Zeros
1 Thousand	10 ³	1,000
1 Million	10 ⁶	1,000,000
1 Billion	10 ⁹	1,000,000,000
1 Trillion	10 ¹²	1,000,000,000,000
1 Quadrillion	10 ¹⁵	1,000,000,000,000,000
1 Quintillion	10 ¹⁸	1,000,000,000,000,000,000
1 Sextillion	10 ²¹	1,000,000,000,000,000,000,000
1 Septillion	10 ²⁴	1,000,000,000,000,000,000,000,000
1 Octillion	10 ²⁷	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000
1 Nonillion	10 ³⁰	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000
1 Decillion	10 ³³	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000
1 Undecillion	10 ³⁶	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000

Legend

-  There are 4 billion IPv4 addresses
-  There are 340 undecillion IPv6 addresses

Campos no cabeçalho dos pacotes IPv6

- O cabeçalho IPv6 é simplificado, mas não menor.
- O cabeçalho tem 40 bytes ou octetos de comprimento.
- Vários campos IPv4 foram removidos para melhorar o desempenho.
- Alguns campos IPv4 foram removidos para melhorar o desempenho:
 - Flag
 - Deslocamento do fragmento
 - Soma de verificação do cabeçalho



Cabeçalho do Pacote IPv6

Campos significativos no cabeçalho IPv6:

Função	Descrição
Versão	Isso será para v6, ao contrário de v4, um campo de 4 bits = 0110
Classe de tráfego	Usado para QoS: Equivalente ao campo DiffServ — DS
Etiqueta de fluxo	Informa o dispositivo para tratar o fluxos idênticos (mesma etiqueta) da mesma maneira, campo de 20 bits
Tamanho do conteúdo	Este campo de 16 bits indica o comprimento da parte dos dados ou do conteúdo útil do pacote IPv6
Próximo cabeçalho	I.D.s do protocolo do próximo nível: ICMP, TCP, UDP, etc.
Limite de saltos	Substitui o campo TTL da Camada 3 de contagem de saltos (hop count)
Endereço IPv6 de Origem	Endereço de origem de 128 bits
Endereço IPv6 de destino	Endereço de destino de 128 bits

Cabeçalho do pacote IPv6 (Cont.)

O pacote IPv6 também pode conter cabeçalhos de extensão (EH – Extension headers).

Características dos cabeçalhos EH:

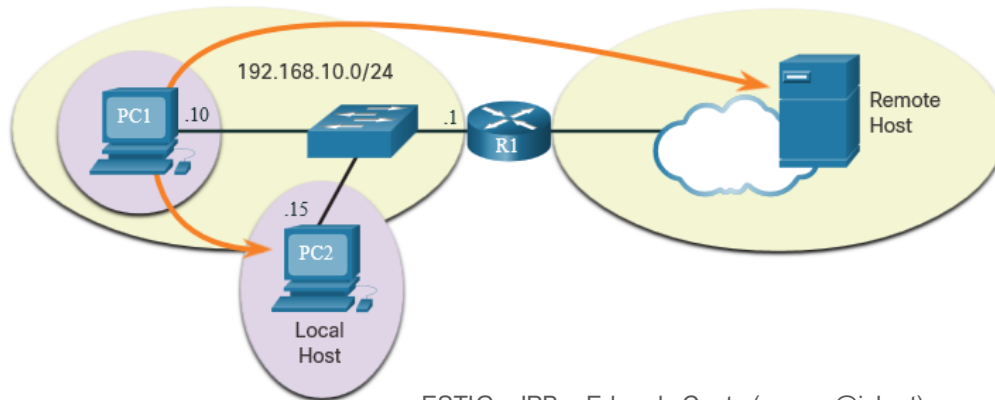
- fornecer informações opcionais sobre a camada de rede
- são opcionais
- são colocados entre o cabeçalho IPv6 e o conteúdo útil
- podem ser usados para fragmentação, segurança, suporte à mobilidade etc.

Nota: Ao contrário do IPv4, os routers não fragmentam pacotes IPv6.

8.4 Como um host encaminha

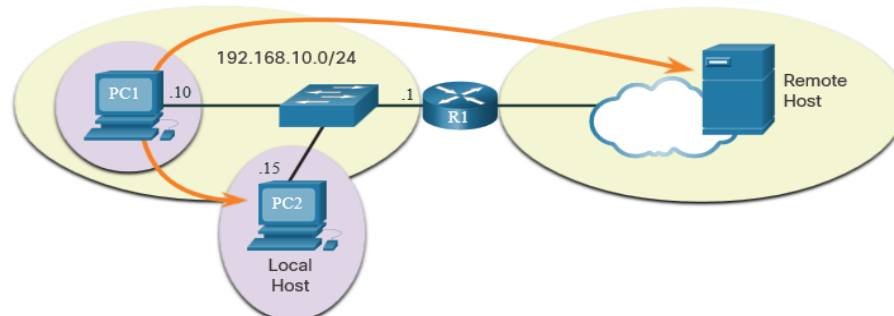
Decisão de encaminhamento do host

- Os pacotes são sempre criados na origem.
- Cada dispositivo host cria sua própria tabela de roteamento.
- Um host pode enviar pacotes para o seguinte:
 - Próprio — 127.0.0.1 (IPv4), ::1 (IPv6)
 - Hosts locais — o destino está na mesma LAN
 - Hosts remotos — os dispositivos não estão na mesma LAN



Decisão de encaminhamento do host (Cont.)

- O dispositivo de origem determina se o destino é local ou remoto
- Método de determinação:
 - IPv4 — A origem usa seu próprio endereço IP e máscara de sub-rede, juntamente com o endereço IP de destino
 - IPv6 — A origem usa o endereço de rede e o prefixo anunciados pelo router local
- O tráfego local é despejado na interface do host a ser tratado por um dispositivo intermediário.
- O tráfego remoto é encaminhado diretamente para o gateway por omissão (*default gateway*) na LAN.



Gateway por omissão (*default gateway*)

Um router ou um switch de camada 3 pode ser um gateway por omissão (*default gateway*).

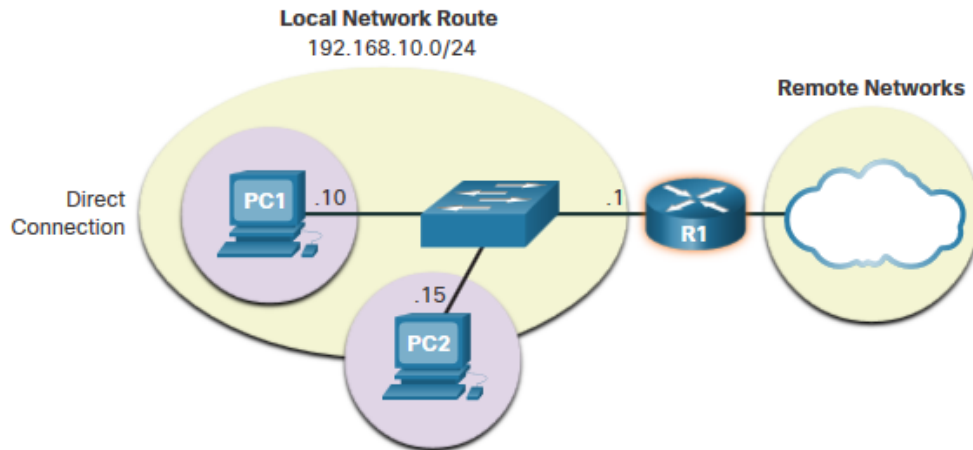
Características de um gateway por omissão (DGW):

- Deve ter um endereço IP no mesmo intervalo que o resto da LAN.
- Pode aceitar dados da LAN e é capaz de encaminhar o tráfego para fora da LAN.
- Pode encaminhar para outras redes.

Se um dispositivo não tiver um gateway por omissão ou um gateway por omissão incorreto, o seu tráfego não será capaz de sair da LAN.

Um host encaminha para o gateway por omissão

- Em IPv4 o host obterá o gateway por omissão (DGW) estaticamente ou através de DHCP.
- Em IPv6 o DGW pode ser enviado através de uma solicitação de roteador (RS) ou pode ser configurado manualmente.
- Um DGW é uma rota estática que será uma rota de último recurso na tabela de encaminhamento.
- Todos os dispositivos na LAN precisarão do DGW se pretenderem enviar tráfego remotamente.



Tabelas de encaminhamento do host

- No Windows, **route print** ou **netstat -r** exibe a tabela de encaminhamento do PC
- São apresentadas três seções por estes dois comandos:
 - Lista de interfaces — todas as interfaces potenciais e endereçamento MAC
 - Tabela de encaminhamento IPv4
 - Tabela de encaminhamento IPv6



IPv4 Routing Table for PC1

```
C:\Users\PC1> netstat -r
```

IPv4 Route Table

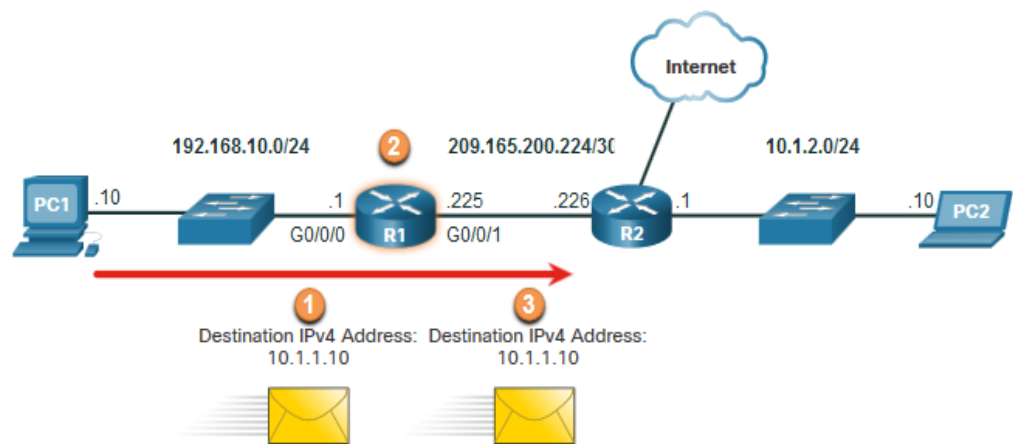
Active Routes:

Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
	0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.10.1	192.168.10.10	25
	127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
	127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	127.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	192.168.10.0	255.255.255.0	On-link	192.168.10.10	281
	192.168.10.10	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281
	192.168.10.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281
	224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
	224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	192.168.10.10	281
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281

8.5 Introdução ao Encaminhamento

Decisão de encaminhamento de pacotes no router

O que acontece quando o router recebe o quadro do dispositivo host?



R1 Routing Table

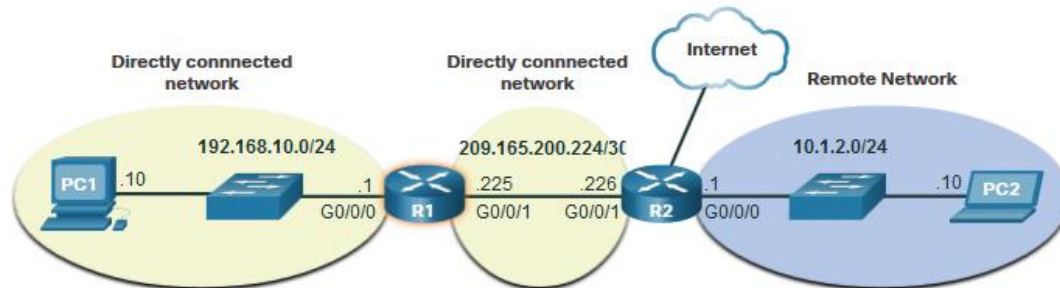
Route	Next Hop or Exit Interface
192.168.10.0 /24	G0/0/0
209.165.200.224/30	G0/0/1
10.1.1.0/24	via R2
Default Route 0.0.0.0/0	via R2

1. Packet arrives on the Gigabit Ethernet 0/0/0 interface of router R1. R1 de-encapsulates the Layer 2 Ethernet header and trailer.
2. Router R1 examines the destination IPv4 address of the packet and searches for the best match in its IPv4 routing table. The route entry indicates that this packet is to be forwarded to router R2.
3. Router R1 encapsulates the packet into a new Ethernet header and trailer, and forwards the packet to the next hop router R2.

Tabela de encaminhamento do router IP

Há três tipos de rotas na tabela de encaminhamento de um router:

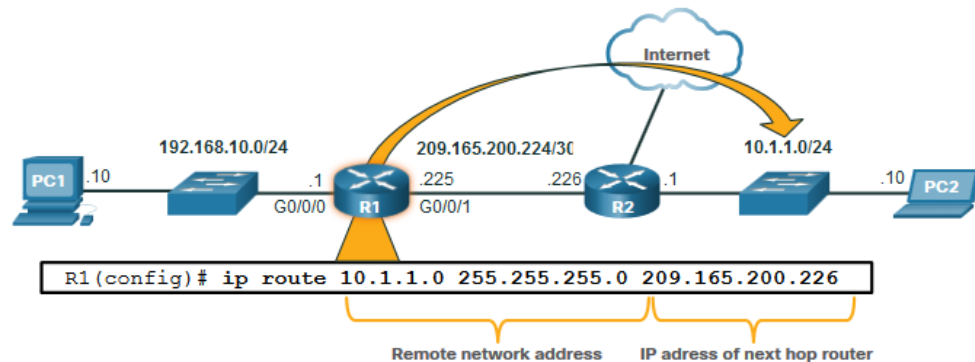
- **Diretamente ligadas** — Estas rotas são adicionadas automaticamente pelo router, desde que a interface esteja ativa e lhe tenha sido atribuído um endereço.
- **Remota** — Estas são as rotas para as quais o router não tem uma ligação direta e pode ser aprendidas:
 - Manualmente — com uma rota estática configurada
 - Dinamicamente — através de um protocolo de encaminhamento que permite que os routers partilhem informações entre eles
- **Rota por omissão** — será usada quando não houver correspondência na tabela de encaminhamento e nesse caso encaminha todo o tráfego para uma direção específica.



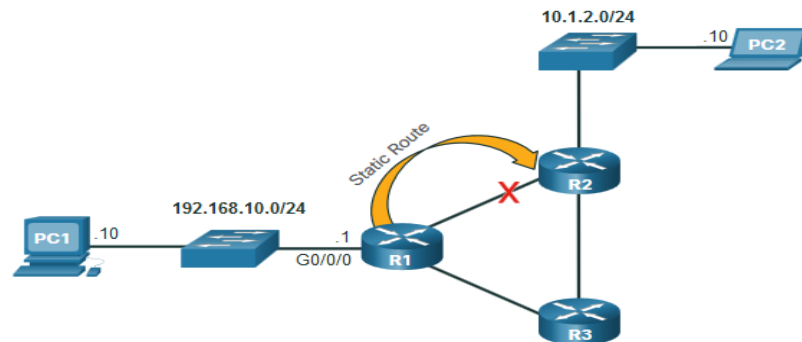
Encaminhamento Estático

Características do encaminhamento estático:

- Deve ser configurado manualmente
- Deve ser atualizado manualmente pelo administrador quando houver uma alteração na topologia
- Bom para pequenas redes não redundantes
- Muitas vezes usado em conjunto com um protocolo de encaminhamento dinâmico para configurar uma rota por omissão



R1 is manually configured with a static route to reach the 10.1.1.0/24 network. If this path changes, R1 will require a new static route.



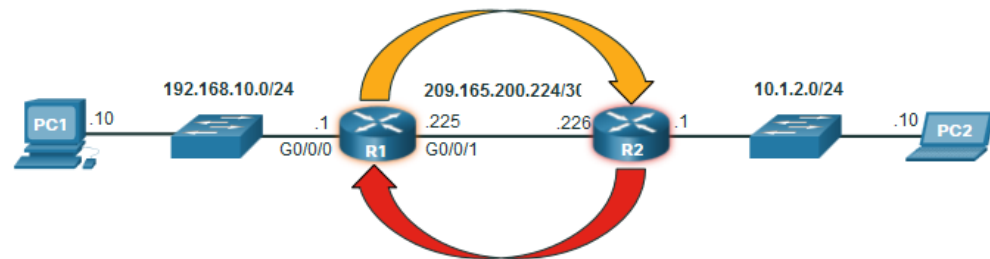
If the route from R1 via R2 is no longer available, a new static route via R3 would need to be configured. A static route does not automatically adjust for topology changes.

Encaminhamento Dinâmico

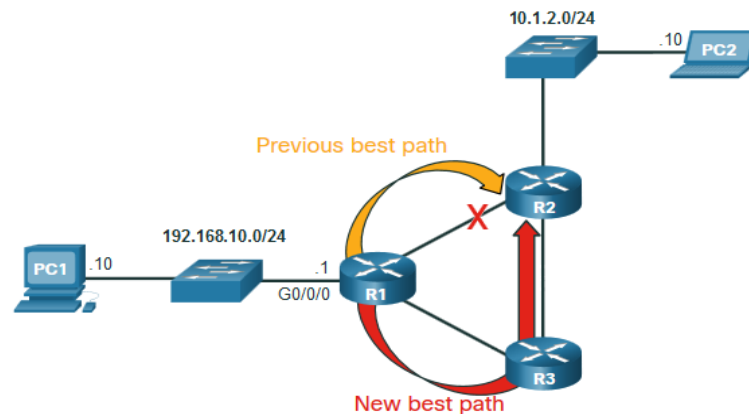
Características do encaminhamento dinâmico:

- Descobrir redes remotas
- Manter as informações de encaminhamento atualizadas
- Escolher o melhor caminho para uma rede de destino
- Encontrar os novos melhores caminhos quando houver uma alteração de topologia

O encaminhamento dinâmico também pode partilhar com outros routers rotas por omissão estáticas.



- R1 is using the routing protocol OSPF to let R2 know about the 192.168.10.0/24 network.
- R2 is using the routing protocol OSPF to let R1 know about the 10.1.1.0/24 network.

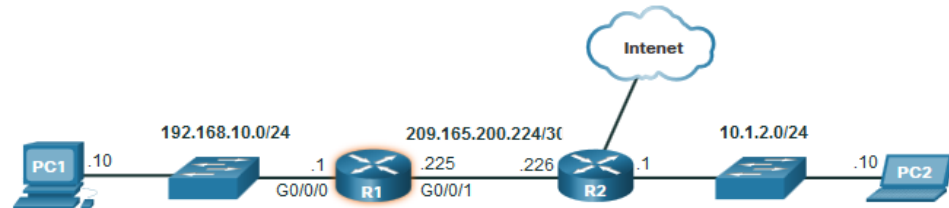


R1, R2, and R3 are using the dynamic routing protocol OSPF. If there is a network topology change, they can automatically adjust to find a new best path.

Introdução às tabelas de encaminhamento IPv4

O comando **show ip route** mostra as seguintes origens de rota:

- **L** - Endereço IP da interface local diretamente ligada
- **C** - Rede diretamente ligada
- **S** - Rota estática que foi configurada manualmente por um administrador
- **O** - OSPF
- **D** - EIGRP



```
R1# show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
       a - application route
       + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PfR

Gateway of last resort is 209.165.200.226 to network 0.0.0.0
S*    0.0.0.0/0 [1/0] via 209.165.200.226, GigabitEthernet0/0/1
      10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O      10.1.1.0 [110/2] via 209.165.200.226, 00:02:45, GigabitEthernet0/0/1
      192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
L      192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
      209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      209.165.200.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
L      209.165.200.225/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
R1#
```

Este comando mostra tipos de rotas:

- Diretamente ligadas - C e L
- Rotas remotas - O, D, etc.
- Rotas por omissão - S *

8.6 - Sumário

O que aprendi neste módulo?

- IP é sem ligação, o melhor esforço e independente do meio físico.
- IP não garante a entrega de pacotes.
- Um cabeçalho do pacote IPv4 consiste em campos que contêm informações sobre o pacote.
- O IPv6 supera a falta de conectividade extremo a extremo do IPv4 e o aumento da complexidade da rede.
- Um dispositivo determinará se um destino é ele próprio, outro host local ou um host remoto.
- Um gateway por omissão é o router que faz parte da LAN e será usado como porta para outras redes.
- A tabela de encaminhamento contém uma lista de todos os endereços de rede conhecidos (prefixos) e para onde encaminhar o pacote.
- O router usa a correspondência de máscara de sub-rede mais longa ou de prefixo.
- A tabela de encaminhamento tem três tipos de entradas de rota: redes diretamente ligadas, redes remotas e uma rota por omissão.

