

Protocolos em Redes de Dados

- Aula 02 -

Os protocolos IP

Luís Rodrigues

ler@di.fc.ul.pt

DI/FCUL

Endereço rede e endereço "físico"

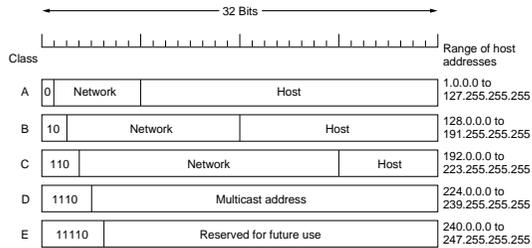
- ⑥ Cada interface é identificada por um endereço do nível rede.
- ⑥ O endereço, tal como normalizado em 1981, possui dois campos lógicos:
 - △ Identificador de rede.
 - △ Identificador de nó.
- ⑥ O tamanho de cada um destes campos depende da "classe" do endereço.

- ⑥ Corresponde ao nível rede do modelo OSI.
- ⑥ Executa-se sobre os mais diversos protocolos do nível de comunicação de dados.
- ⑥ Em cada passo, é necessário fazer uma tradução entre o endereço IP e o endereço "físico" de destino.

Classes de endereços

- ⑥ Foram definidas três classes de endereços
 - △ Classe A: "0" + (7 dígitos rede) + (24 dígitos nó)
 - △ Classe B: "10" + (14 dígitos rede) + (16 dígitos nó)
 - △ Classe C: "110" + (21 dígitos rede) + (8 dígitos nó)
- ⑥ Posteriormente foi introduzido o endereço de difusão.
 - △ Difusão: "1110" + 28 dígitos endereço difusão.

Formato do endereço IP



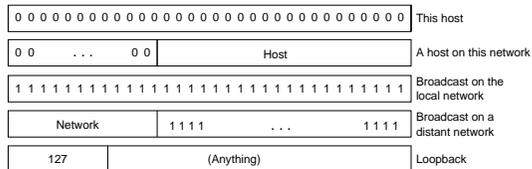
Protocolos em Redes de Dados- Aula 02 -Os protocolos IP - p.5

Endereços reservados

- ⑥ 0.X.Y.Z
 - △ Nó X.Y.Z nesta rede
- ⑥ C.C.C.255
 - △ Endereço para difusão na rede
- ⑥ 127.X.Y.Z
 - △ Loopback (endereço local à máquina)
- ⑥ 224.0.0.2
 - △ Todos os encaminhadores na sub-rede

Protocolos em Redes de Dados- Aula 02 -Os protocolos IP - p.6

Endereços IP reservados



Protocolos em Redes de Dados- Aula 02 -Os protocolos IP - p.7

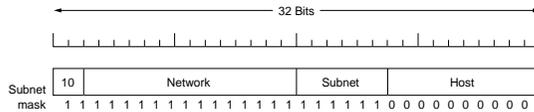
Sub-redes

- ⑥ Dada a pouca flexibilidade do esquema anterior, em 1984 foi introduzida a noção de sub-rede.
 - △ Divisão do campo correspondente ao endereço de rede.
 - △ Máscara de dígitos identifica o comprimento do campo sub-rede.

Máscara	Endereço	Rede	Sub-rede	Nó
0xFFFFF000	10.27.32.100	10	27	32.100
0xFFFFFE00	136.27.33.100	136.27	16	1.100
0xFFFFFC0	193.27.32.197	193.27.32	3	5

Protocolos em Redes de Dados- Aula 02 -Os protocolos IP - p.8

Sub-redes em IP



Endereços sem "classes"

- Os endereços de classe B são em número reduzido.
- As instituições obtêm endereços de classe C.
 - Explosão do tamanho das tabelas de encaminhamento.
 - Solução: endereços consecutivos identificados por um prefixo comum.
 - Esvaziamento da noção de "classe" de endereço.

Encaminhamento sem classes

- Crescimento das tabelas de encaminhamento:
 - De 350 entradas em 1988 para 42.000 em 1996.
- Agrupar entradas consecutivas com caminhos semelhantes.
- Agregação e encaminhamento:
 - O endereço mais específico prevalece.
 - Nunca seguir rotas menos específicas para um endereço sobre o qual se faz agregação.
 - Caso contrário podem gerar-se ciclos.

Limites à agregação

- Quando um fornecedor possui um cliente com endereços fora da agregação, deve disseminar rotas específicas.
- Não se pode agregar um conjunto de endereços não consecutivo:
 - Caso contrário pode gerar-se um "buraco negro".

NAT

- 6 Certas gamas de endereços foram reservadas para uso privado.
- 6 Não podem ser propagadas rotas para estas redes.
- 6 Permitem criar redes sem adquirir endereços válidos.
- 6 Necessita de encaminhadores que realizem tradução de endereços.
- 6 Network Address Translation.
- 6 Encaminhamento com conversão de endereços.
- 6 Traduz endereços privados num conjunto de endereços válido.

NAT

- 6 Funcionalidade básica: tradução um-para-um.
- 6 Um endereço privado é traduzido num endereço público.
 - 6 No caminho de volta o encaminhador utiliza a tabela para saber qual o endereço privado.

NAT: conversão de pacotes

- 6 Ao trocar o endereço, o encaminhador necessita de recalcular a soma de controlo.
- 6 Se for um pacote TCP:
 - 6 É necessário modificar o cabeçalho TCP.
- 6 O comando FTP usa o endereço IP:
 - 6 NAT necessita de analisar conteúdos.
- 6 O mesmo se aplica a outros protocolos:
 - 6 ICMP, etc.

NAT: conversão de endereços

- 6 A tradução pode ser dinâmica:
 - 6 Os endereços válidos vão sendo usados à medida que são necessários.
- 6 Ou estática:
 - 6 Um endereço privado tem sempre a mesma tradução.

PAT

- 6 Tradução de vários endereços internos para externos utilizando o campo "porto" dos protocolos TCP e UDP.
- 6 Máquinas distintas são traduzidas para portos distintos.

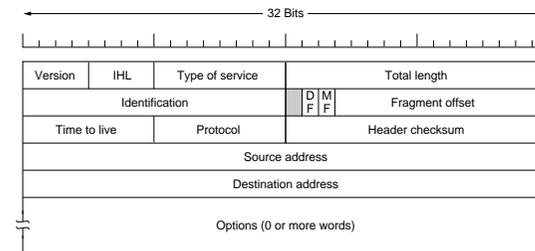
Endereços e interfaces

- 6 Cada endereço IP está associado a uma interface.
- 6 Um nó pode ter vários endereços:
 - ▲ Em particular se tiver várias interfaces.
- 6 As tabelas de encaminhamento não guardam endereços de nós.
 - ▲ Apenas de redes.

O pacote IP

- 6 Tamanho máximo do pacote: 65, 535 octetos.
- 6 Cabeçalho normalizado de 20 octetos.
- 6 O cabeçalho prevê a utilização de opções que podem levar a incluir mais informação de controlo no cabeçalho.

Cabeçalho IP



Campos do cabeçalho IP

- ⑥ Versão
 - △ A mais implantada na actualidade: 4
- ⑥ IHL:
 - △ Entre 5 (sem opções) e 15 (em palavras de 32 dígitos)
- ⑥ TTL:
 - △ Originalmente em segundos, geralmente identifica simplesmente o número de "saltos" (hops).
- ⑥ Protocolo:
 - △ ICMP, IGMP, GGP, IP, ST, TCP, EGP, UDP, IGRP, OSPF.

Campos do cabeçalho IP

- ⑥ Soma de controlo
 - △ Do cabeçalho, soma simples, eficiente, mas pouco segura.
- ⑥ Tipo de serviço:
 - △ D(istance), T(hroughput), R(eliable), C(heapest)
 - △ Precedência (8 níveis)

Fragmentação

- ⑥ O pacote pode ser fragmentado no seu percurso.
 - △ Um campo "deslocamento" indica qual o octeto inicial do fragmento.
 - △ Um dígito MF (more fragments) indica qual o último fragmento.
 - △ A fragmentação pode ser inibida pela activação de um dígito DF (don't fragment).

Opções IP

- ⑥ Pouco usadas actualmente devido à sua utilidade, segurança e penalização no desempenho nos encaminhadores.
 - △ Loose source routing (Substituída pelo encapsulamento IP sobre IP).
 - △ Strict source routing.
 - △ Record route.

ICMP

- ⑥ Internet Control Message Protocol
 - △ Usado para controlo, gestão e informações de erro.
 - △ Echo reply, Destination Unreachable, Source Quench, Redirect, Echo, Router Advertisement, Time Exceeded, Parameter Problem, Timestamp, Timestamp Reply, Information Request, Information Reply.
- ⑥ Ping (Echo + Echo Reply).
- ⑥ Traceroute (TTL).

Encaminhamento

- ⑥ Rede de destino igual à rede de origem
 - △ Próximo passo é o destino final
- ⑥ Caso contrário:
 - △ Próximo passo é um encaminhador:
 - Encaminhador por omissão (cliente).
 - Tabela de encaminhamento (encaminhador).
- ⑥ Traduzir o endereço do próximo passo num endereço "físico".

ARP

- ⑥ Address Resolution Protocol.
 - △ Difunde-se o endereço IP de destino.
 - △ O nó com esse endereço responde.
 - △ Extrai-se o endereço físico desse nó.
 - △ A tradução é mantida em cache temporariamente.
 - △ Nota: em redes que não suportam difusão (como o ATM) pode ser necessário introduzir um servidor de tradução.

Encaminhador por omissão

- ⑥ Configurado estaticamente.
- ⑥ Através de anúncios ICMP.
 - △ (router advertisements e redirects)

Obtendo um endereço IP

- ⑥ Configuração estática.
- ⑥ RARP.
 - △ Reverse Address Resolution Protocol.
- ⑥ BOOTP.
 - △ BOOTstrap Protocol
- ⑥ DHCP:
 - △ Dynamic Host Configuration Protocol.

Protocolos relacionados

- ⑥ TCP
 - △ Transport Control Protocol.
- ⑥ UDP
 - △ User Datagram Protocol.
- ⑥ DNS
 - △ Domain Name Server.
- ⑥ SNMP
 - △ Simple Network Management Protocol.

Do IPv4 para o IPv6

- ⑥ Motivação original
 - △ Esgotamento dos endereços IPv4.
- ⑥ Uma das mudanças fundamentais:
 - △ Aumento do tamanho dos endereços de 32 para 128 dígitos.
- ⑥ Tipos de endereços:
 - △ Unicast (ponto-a-ponto).
 - △ Multicast (para todos de um grupo).
 - △ Anycast (para um de um grupo).

Representação dos endereços

- ⑥ Campos de 16 dígitos separados por ':'
 - △ FEDC:BA98:7654:FEDC:BA98:7654:3210
- ⑥ Campos consecutivos com zeros podem ser omitidos e substituídos por '::'
 - △ 1080:0000:0000:0000:0008:0008:200C:417A
 - △ 1080::8:800:200C:417A

Formato do endereço

- 6 A possibilidade de inserir o endereço da interface (que é suposto ser único) no endereço IPv6 permite fazer *autoconfiguração*.
 - △ Não é necessário recorrer a um servidor de DHCP para obter o endereço.
 - △ Esta solução pode colocar problemas de privacidade.
 - △ É também possível usar números aleatórios para gerar endereços IP temporários.

Formato do endereço

- 6 Endereços agregáveis:
 - △ TLA (Top Level Aggregator)
 - A maioria atribuídos a entidades coordenadoras (IANA, APNIC, ARIN, RIPE).
 - △ NLA (Next Level Aggregator)
 - Usados para distinguir fornecedores de serviço.
 - △ SLA (Site Level Aggregator)
 - Usado por instituições.

Comp.	3	13	8	24	16	64
Endereço	001	TLA	Reserved	NLA	SLA	Interface

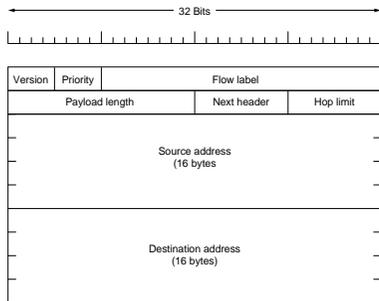
Endereços especiais

- 6 Unspecified
 - △ Usado como endereço de origem de um nó ainda não configurado.
- 6 Loopback
- 6 IPv4
- 6 Site local
 - △ Endereços inválidos (usados dentro de uma organização)
- 6 Link local
 - △ Idêntico para um elo da rede (por exemplo, numa rede *ad hoc*)

Endereços difusão

- 6 Incluem a noção de âmbito:
 - △ No IPv4 base, só configurável através de uma cuidadosa escolha do TTL.
- 6 Categorias de âmbito:
 - △ Node-local
 - △ Link-local
 - △ Site-local
 - △ Organization-local

Formato do pacote IPv6



Protocolos em Redes de Dados- Aula 02 -Os protocolos IP - p.37

Sumário das diferenças

- 6 Formato fixo.
- 6 Ausência da soma de controlo.
- 6 Ausência de opções.
 - △ Embutidas no Next Header (sequência de cabeçalhos).
- 6 Ausência de segmentação.
 - △ Descoberta do tamanho de transmissão máximo.

Protocolos em Redes de Dados- Aula 02 -Os protocolos IP - p.38

Tipos de "Next Header"

- 6 "Hop-by-Hop Header"
 - △ O único cabeçalho que é processado pelos encaminhadores intermédios (para os restantes cabeçalhos, apenas o nó de destino processa esse cabeçalho).
 - △ Deve ser o primeiro cabeçalho após o cabeçalho IPv6.
 - △ Usado, por exemplo, para fazer reserva de recursos.

Protocolos em Redes de Dados- Aula 02 -Os protocolos IP - p.39

Tipos de "Next Header" (cont.)

- 6 "Routing Header"
 - △ Lista de endereços
- 6 Fragment header:
 - △ A fragmentação é feita por um protocolo na origem (por exemplo o UDP).
 - △ O cabeçalho identifica os fragmentos.
- 6 Security headers.
- 6 Destination options.

Protocolos em Redes de Dados- Aula 02 -Os protocolos IP - p.40

ICMP v6

- ⑥ Tipos de erros
 - △ Destination Unreachable, Packet too big, Time Exceeded, Parameter problem, Echo request, Echo reply.

Resolução de endereços

- ⑥ Cada nó mantém quatro "caches".
 - △ Destinos recentes (IP de "next-hops").
 - △ Vizinho adjacente (endereços "físicos").
 - △ Lista de prefixos anunciados por encaminhadores.
 - △ Lista de encaminhadores (que enviaram anúncios).

Anúncios dos encaminhadores

- ⑥ Os encaminhadores enviam periodicamente anúncios.
 - △ Possuem um prazo de validade.
 - △ Para além de se anunciarem, divulgam parâmetros de configuração (tal como o MTU para redes que possuem MTU variável).

Enviando um pacote

- ⑥ O endereço de destino está na cache de destinos.
 - △ Usa-se o "next hop" da cache.
- ⑥ O endereço de destino emparelha com um dos prefixos anunciados.
 - △ Destino está numa rede local.
- ⑥ Caso contrário:
 - △ Usa-se o encaminhador por omissão

Endereço físico

- ⑥ Pode já estar na cache de vizinhos.
- ⑥ Mensagem de "solicitação"
 - △ Mensagem ICMP enviada em difusão, pedindo uma redução de um endereço IP.
- ⑥ Estes pacotes são respondidos com uma mensagem ICMP do tipo "Anúncio de vizinho".
- ⑥ Redirects:
 - △ Contêm o endereço IP de destino e o endereço IP de um encaminhador melhor.

Casos particulares

- ⑥ Se não existem anúncios de encaminhadores
 - △ Todos os endereços são considerados locais (para redes de pequena dimensão, sem encaminhadores).
- ⑥ Caso o tráfego seja unidireccional, as entradas da cache devem ser revalidadas periodicamente.
- ⑥ Os temporizadores usam alarmes aleatórios.
- ⑥ Os anúncios são feitos usando um "hop-count" de 255.
 - △ Estes anúncios não devem ser propagados na rede.
 - △ Protecção contra anúncios remotos.

Configuração automática

- ⑥ Endereço válido localmente:
 - △ Com base no endereço físico do dispositivo.
 - △ Antes de ser usado, é feita uma solicitação para detectar eventuais endereços duplicados.
- ⑥ Autoconfiguração sem estado:
 - △ "Router solicitation" and "router advertisement" permitem obter o identificador da rede.
 - △ Um endereço único é criado usando o prefixo da rede e o endereço físico.
- ⑥ Autoconfiguração com estado.
 - △ DHCP

Tempo de vida dos endereços

- ⑥ Os prefixos anunciados possuem um tempo de vida.
- ⑥ Os endereços fornecidos por DHCP também possuem um tempo de vida.
 - △ Validade e preferência.
 - △ Não devem ser iniciadas ligações depois da preferência para evitar que um endereço fique inválido durante uma ligação.

Sumário

- ⑥ O protocolo IP.
- ⑥ O formato dos endereços.
- ⑥ A tradução endereços IP para endereços físicos.
- ⑥ O IPv6.