

Redes de Computadores

Cap 6 - Internetworking

Universidade do Minho
Grupo de Comunicações por Computador
Departamento de Informática

Internetworking

Introdução

- Nenhuma das tecnologias existentes de rede local (LAN) é adequada para satisfazer **todos os requisitos de comunicações** das aplicações.
- Nenhuma dessas tecnologias é totalmente **escalável**:
 - Os endereços não têm estrutura, resultando em:
 - dificuldade de administração e encaminhamento
 - Não há mecanismos de encaminhamento nos protocolos
 - Os PDU têm comprimentos limitados;
 - Os métodos de acesso não suportam grandes distâncias

Internetworking

Introdução



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Questões:

Será que para existir um serviço de rede único e global (universal) é necessário adoptar a mesma tecnologia de rede em todos os locais?

Ou será possível oferecer serviços de conectividade universal mesmo adoptando diferentes tecnologias locais?

--> É possível a conectividade global entre redes com diferentes tecnologias locais introduzindo uma camada protocolar superior independente das mesmas:

A camada protocolar de rede, também chamada de **interligação de redes** ou de **internetworking**

Internetworking

Introdução



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

O *internetworking* baseia-se na utilização de funcionalidades específicas de rede (realizadas tanto em *hardware* como em *software*) que proporcionam um **serviço global de interligação de redes locais (LAN) heterogéneas**:

- **Software: protocolos de rede -internetworking**
- **Hardware: encaminhadores - routers**

Internetworking

Introdução



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Funções principais de um *router*

1 Escolha do melhor caminho (*routing*)

- Consiste na construção da sua própria **tabela de encaminhamento** (*routing table*) que traduz o próximo salto do melhor caminho de um PDU para o seu destino
- A tabela pode ser populada **estática** ou **dinamicamente** através de protocolos de encaminhamento executados entre routers

2 Entrega (*forwarding*)

- Consiste na consulta da tabela de encaminhamento para decidir para onde enviar os PDU recebidos, i.e., o **próximo salto**: endereço de entrega/interface de saída

Internetworking

Introdução



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Características de um *router*

- Opera ao nível da camada protocolar de rede
- Dispõe de múltiplos interfaces de rede
 - ex: interliga diferentes redes IP e assegura a sua interconectividade
 - cada interface tem uma identificação (endereço) de rede distinta

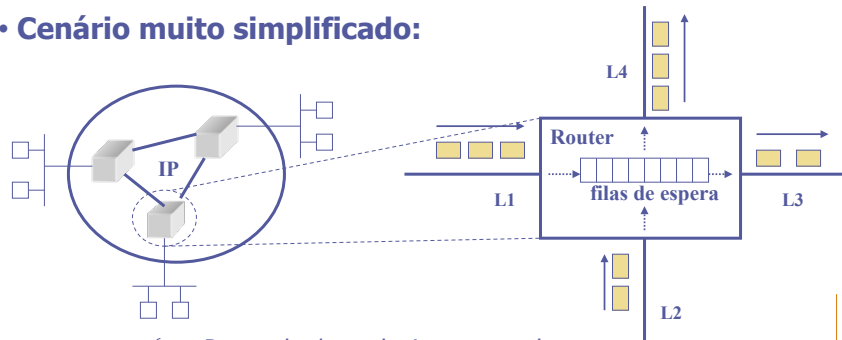
Internetworking

Introdução



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

• Cenário muito simplificado:



Características:

- Protocolos/tecnologias suportadas
- Capacidade de processamento
- Memória, buffers internos
- Técnicas de gestão dos buffers
- etc ...

LEI-RC

Universidade do Minho

7

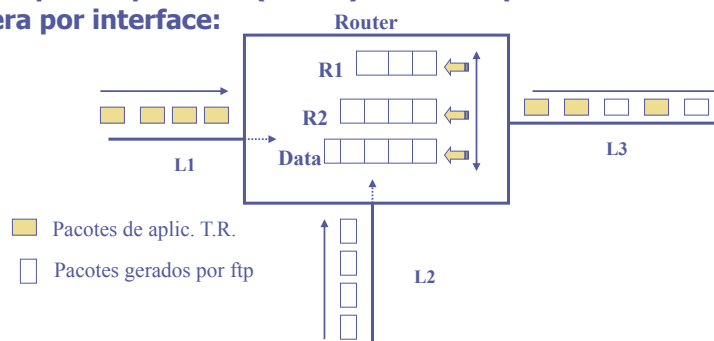
Internetworking

Introdução



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

• Exemplo simplificado (router) com múltiplas filas de espera por interface:



- Decidir como os pacotes são tratados internamente no equipamento
- Garantir que se processa x pacotes/tempo numa dada fila de espera
- etc ...

LEI-RC

Universidade do Minho

8

Internetworking

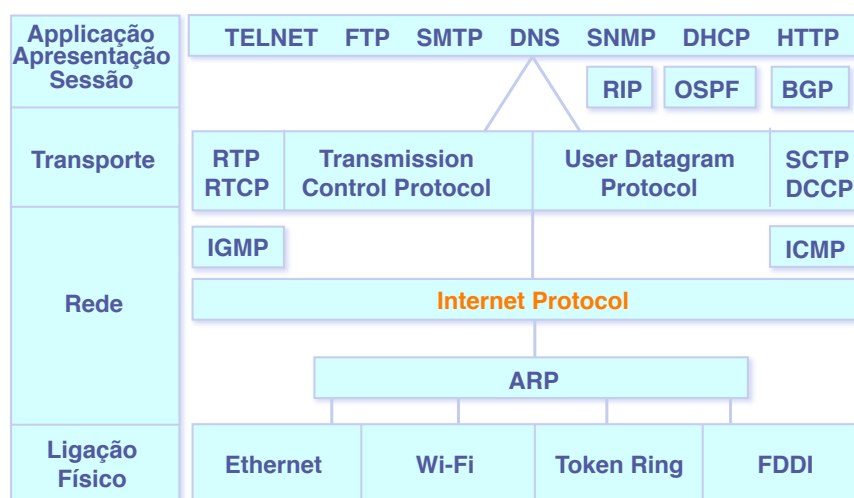
Arquitetura TCP/IP

Características da pilha TCP/IP

- Aberta
 - especificações publicadas e bem conhecidas
 - abertura completa ao desenvolvimento de código
- Portável
 - independência do sistema operativo e plataforma
 - quaisquer sistemas podem comunicar
- Estável e Robusta
 - normas testadas ao longo de três décadas e ainda em desenvolvimento e aperfeiçoamento
- Suporte global
 - incluída na globalidade dos sistemas de computação

Internetworking

O modelo TCP/IP: IP e outros protocolos



Internet Protocol - IP

Introdução



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- O objectivo primário do Internet Protocol (IP) é assegurar funções de *internetworking*
- No IP, **datagrama** é o termo normalmente utilizado para designar a unidade de dados de rede:

Datagrama: unidade de dados (pacote) que é encaminhada pela rede independentemente de outras que a precedam ou sucedam, não havendo garantia da sua entrega

- o processo de entrega dos datagramas IP é baseado no endereço destino do datagrama e nas tabelas de routing presentes nos diversos *hosts* (e.g. *routers, end systems*)
- Versões: IPv4 (uso generalizado), IPv6 (migração progressiva)

Internet Protocol - IP

Principais funções

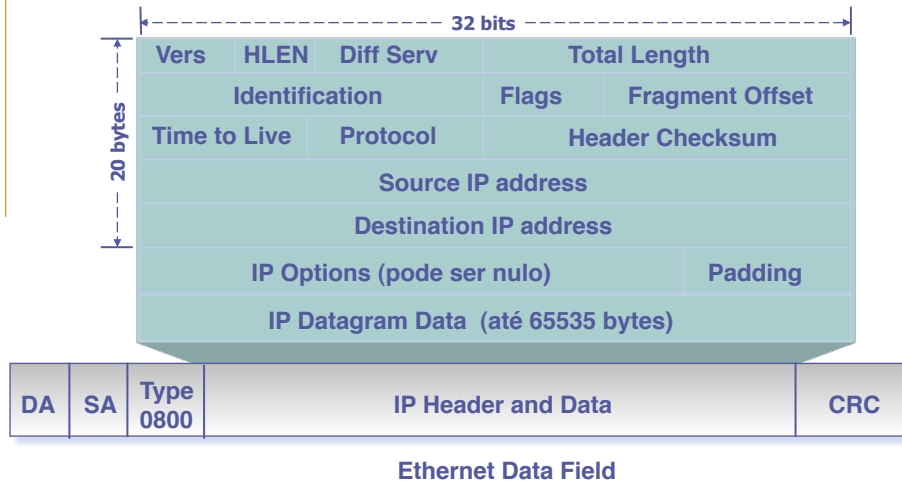


Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- É um protocolo de interligação de redes
 - paradigma protocolar do **melhor esforço** (*best effort*):
--> o protocolo esforça-se por entregar os datagramas ao destino **mas não o garante** (datagramas podem perder-se, e não são retransmitidos pelo nível de rede)
- Principais funções:
 - Define uma unidade elementar para **transferência de dados**:
 - o PDU do IP é um datagrama IP
 - Endereçamento, encaminhamento e fragmentação
 - incorpora um esquema de **endereçamento universal**
 - inclui mecanismos para o **encaminhamento** de datagramas
 - a **fragmentação** de datagramas permite trânsito em qualquer LAN

Internet Protocol - IP

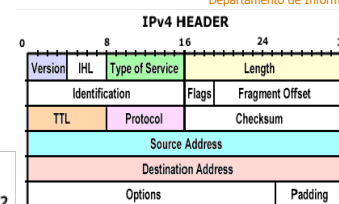
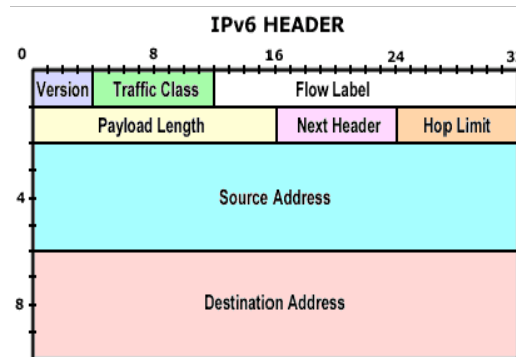
Formato de um datagrama IPv4



Internet Protocol - IP

Formato do datagrama IPv6

- Campos do datagrama IPv6:



Alteração do formato e composição do pacote IPv4

Internet Protocol - IP

Tópicos gerais sobre IPv6



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- IPv6 - define novo formato de pacotes com introdução de novas funcionalidades na camada IP
 - novos formatos de endereços
 - espaço de endereçamento alargado e hierárquico
 - diminuição do overhead de processamento
 - melhor desempenho dos elementos de rede
 - introdução de novas *opções IP* (usando *next header*)
 - introdução de mecanismos de segurança a nível da camada de rede
 - mecanismos para auto-configuração das interfaces

LEI-RC

Universidade do Minho

19

Internet Protocol - IP

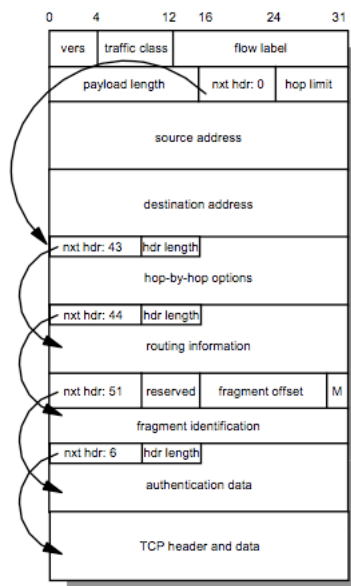
Formato do datagrama IPv6



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Uso do campo next header para implementar opções específicas

Exemplo de pacote IPv6 incluindo múltiplos headers



LEI-RC

20

Internet Protocol - IP

Fragmentação



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Um datagrama cujo comprimento exceda o MTU definido para a LAN/MAN, é dividido em datagramas mais curtos, chamados **fragmentos**, que serão reagrupados no destino de modo a reconstituírem o datagrama original
 - Os fragmentos são datagramas IP e são encaminhados na rede tal como qualquer outro datagrama IP
- **MTU** (*Maximum Transfer Unit*): número máximo de bytes aceites no campo de dados da trama (payload)
- A fragmentação não depende dos routers, mas sim das características das LAN/MAN ligadas aos seus interfaces
- O processo de fragmentação pode ser recorrente ao longo do caminho entre uma origem e um destino IP.

LEI-RC

Universidade do Minho

21

Internet Protocol - IP

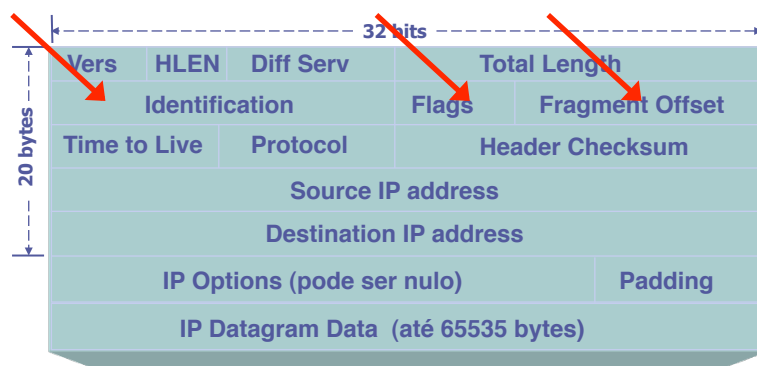
Fragmentação



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Vantagens/Desvantagens ?

- Campos manipulados na fragmentação IPv4:



LEI-RC

Universidade do Minho

22

Internet Protocol - IP

Fragmentação



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Campos manipulados na fragmentação IPv4:
 - *identification* - identifica fragmentos pertencentes ao mesmo datagrama original
 - *more fragments* - flag que determina se o fragmento é o ultimo
 - *may fragment* - identificação da possibilidade ou não do datagrama ser fragmentado pela rede
 - *fragment offset* - offset dos dados do fragmento relativamente ao datagrama original
- Em IPv6, por defeito, não está prevista fragmentação

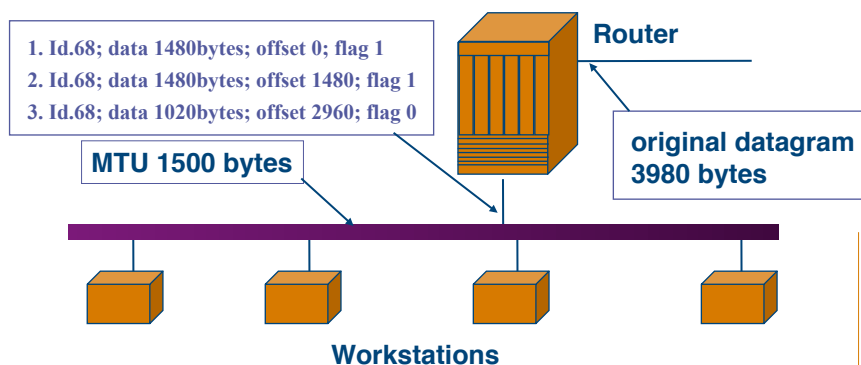
Internet Protocol - IP

Fragmentação



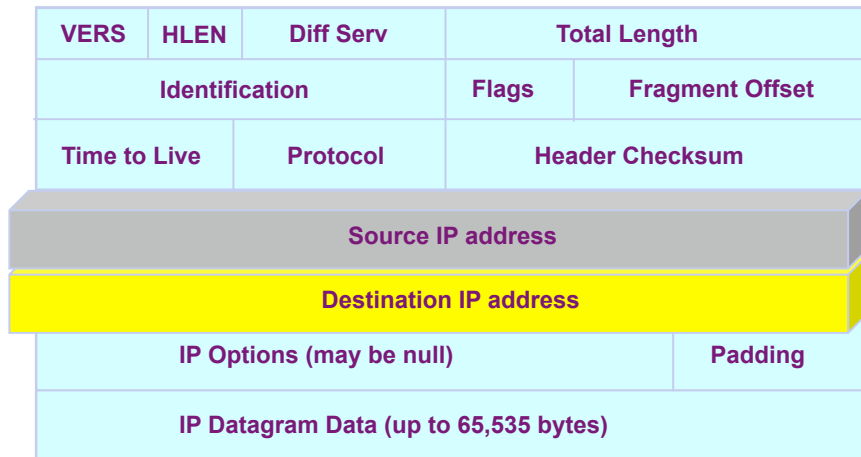
Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Exemplo de Fragmentação



Internet Protocol - IP

Endereçamento



Internet Protocol - IP

Endereçamento

Um endereço IP é um identificador ao nível de rede

- IPv4: **32-bit unsigned binary value**
 xxxxxxxx.xxxxxxxx.xxxxxxxx.xxxxxxxx (/ n)
 (em notação decimal - *dot decimal notation*)
- uma parte identifica a **rede** (ou subrede) e a outra identifica a interface da **estação** (*host*) nessa rede
 <rede id> <host id>
- na *Internet*, cada *endereço de rede* tem de ser único
- distribuídos originalmente por 5 classes (A a E)
- atribuídos pela IANA (*Internet Assigned Number Authority*)

Internet Protocol - IP

Endereçamento

- Endereçamento por classes (**ou Classful**)
 - esquema original, baseado na RFC 791
 - usa os primeiros bits como identificadores de classe
- Endereçamento sem classes (**ou Classless**)
 - não considera os bits de classe; é utilizada uma máscara de 32 bits para determinar o endereço de rede
 - permite routing mais eficiente por agregação de rotas, designado CIDR (*Classless Internet Domain Routing*)
 - tabelas de encaminhamento mais pequenas
 - as rotas são agregadas por grupos de endereços adjacentes
 - usado pelas tabelas de routing de ISPs

Internet Protocol - IP

Endereçamento por classe

| Identificador da classe | Parte do Endereço de Rede | Parte do Endereço de Estação |
|-------------------------|--|--------------------------------|
| Classe A | | |
| 0 | 7 bits de end. de rede | 24 bits de endereço de estação |
| Classe B | | |
| 10 | 14 bits de endereço de rede | 16 bits de endereço de estação |
| Classe C | | |
| 110 | 21 bits de endereço de rede | 8 bits end. de estação |
| Classe D | | |
| 1110 | Endereços Multicast no intervalo 224.0.0.0 - 239.255.255.255 | |
| Classe E | | |
| 11110 | Classe E – Reservado para utilização futura | |

Internet Protocol - IP

Endereçamento

Endereços IPv4 por classes

| Classe | A | B | C | D |
|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---|
| (1º byte) redes | (1-126) * 126 | (128-191) 16.382 | (192-223) 2.097.150 | |
| hosts/rede | (2 ²⁴ -2) 16.777.214 | (2 ¹⁶ -2) 65.534 | (2 ⁸ -2) 254 | Grupo multicast (224.0.0.0- 239.255.255.255) |
| reservado | host a 0s ou 1s | host a 0s ou 1s | host a 0s o u 1s | |

* 127. - loopback

Ex: Classe A - 120.10.10.1 (rede 120.0.0.0; host 10.10.1)

Classe B - 130.100.80.1 (rede 130.100.0.0; host 80.1)

Classe C - 192.136.9.1 (rede 192.136.9.0; host 1)

Classe D - endereço IP para difusão em grupo limitada a hosts IP a ele associados

Internet Protocol - IP

Endereçamento

- Endereços reservados:
 - os primeiros 4 bits não podem ser 1 (classe E)
 - 127.x.x.x é o endereço reservado para *loopback*
 - bits de host a 0s ou 1s (qualquer host, todos os hosts)
 - bits de rede ou subnet a 0s ou 1s (qualquer rede, todas as redes)
- Endereços privados: atribuídos para internets privadas (sem conectividade IP global, não devem ser visíveis nem são encaminhados na Internet) (ver RFC1918):
 - bloco 192.168.0.0 - 192.168.255.255
 - bloco 172.16.0.0 - 172.31.255.255
 - bloco 10.0.0.0 - 10.255.255.255
- Um host com múltiplas interfaces de redes é designado *multihomed*

Internet Protocol - IP

Endereçamento: restrições



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Endereços para configuração dinâmica do Link-Local:
 - Está reservado o bloco 169.254 /16 para comunicação entre estações ligadas ao mesmo meio físico nas seguintes condições:
 - Quando um interface não foi configurado com um endereço IP, nem manualmente nem por uma fonte na rede (ex: DHCP) a estação pode configurar automaticamente o interface com um endereço IPv4 de prefixo 169.254 /16 (RFC 3927)
 - Algoritmo:
 1. Gera um endereço aleatório uniformemente distribuído no intervalo [169.254.1.0 , 169.254.254.255]
 2. Envia ARP-request com endereço de destino igual ao gerado (probe)
 3. Se houver ARP-reply então repete 1. porque há colisão de endereço
 4. Senão anuncia endereço gerado através de um ARP-announcement

Internet Protocol - IP

Endereçamento



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Máscara de endereço

Máscara: padrão que conjugado com o endereço IP, devolve a parte do endereço de rede (ou sub-rede)

- No endereçamento **por classes** as máscaras são (default mask):
 - Classe A: 11111111.00000000.00000000.00000000
notação decimal: 255.0.0.0 notação CIDR: /8
 - Classe B: 11111111.11111111.00000000.00000000
notação decimal: 255.255.0.0 notação CIDR: /16
 - Classe C: 11111111.11111111.11111111.00000000
notação decimal: 255.255.255.0 notação CIDR: /24
- No endereçamento **sem classes** as máscaras têm qualquer outro valor permitindo a criação de *subnets* (subredes) da classe original ou *supernets*.

Internet Protocol - IP

Endereçamento



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Endereçamento sem classes e subnetting

- Considere-se o endereço IP 130.1.5.1
 - é o endereço da estação **5.1** da rede **130.1.0.0** (classe B) considerando máscara por defeito (default mask): 255.255.0.0 ou /16
- Considere-se o endereço IP **130.1.5.1/24**
 - é o endereço da estação **1** da sub-rede **130.1.5.0**
 - o subnetting é definido no espaço host ID inicial
 - <rede id><subrede id><host id>

8 bits para subnetting:
Nº subredes - 2^8-2
Nº hosts - 2^8-2

| Rede | Estação | Máscara de subrede | Rede | Subrede | Estação |
|-----------------------------------|---------|---------------------------------|-------|---------|---------|
| 130.1 | 5.1 | 255.255.255.0 | 130.1 | 5 | 1 |
| interpretação original por classe | | interpretação sem classe (CIDR) | | | |

LEI-RC

Universidade do Minho

33

Internet Protocol - IP

Endereçamento



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Considere-se o endereço IP **130.1.9.1/21**
 - é o endereço da estação **257** da sub-rede **130.1.8.0**

| 130 | 1 | Subrede | Estação |
|-------------|------------|--------------|------------|
| 10 0000 1 0 | 0 000000 1 | 0 000 1 00 1 | 0 000000 1 |
| 130 | 1 | 9 | 1 |

(máscara com 21 bits)

O endereço Lógico é:

Rede: 130.1.0.0

Subnet: 8

Host: 257

11111111.11111111.11110000.00000000

Máscara de Subnet 255.255.248.0

5 bits para subnetting:
Nº subredes - 2^5-2
Nº hosts - $2^{11}-2$

LEI-RC

Universidade do Minho

34

Internet Protocol - IP

Endereçamento

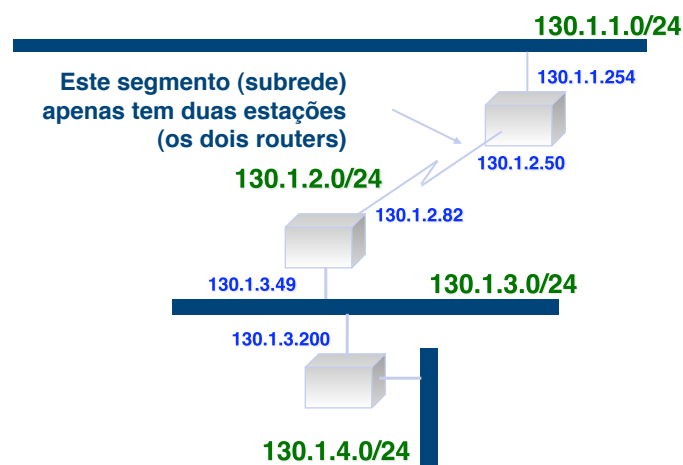
Sub-redes (Subnetting)

- permite melhor organização e gestão dos endereços
- permite introduzir mais níveis hierárquicos para routing
- contudo reduz espaço de endereçamento (vários endereços passam a não utilizáveis)



Internet Protocol - IP

Exemplo

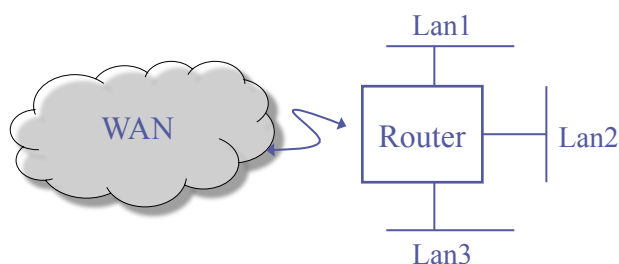


Internet Protocol - IP

Endereçamento

Exercício:

- Definir um esquema de subnetting a partir do endereço privado de Classe C 192.168.1.x para permitir a existência de 3 subredes IP (com número mínimo de bits para a subnet mask). Indicar **endereços de rede, subrede, hosts, máscaras de rede, subrede**



Internet Protocol - IP

Endereçamento

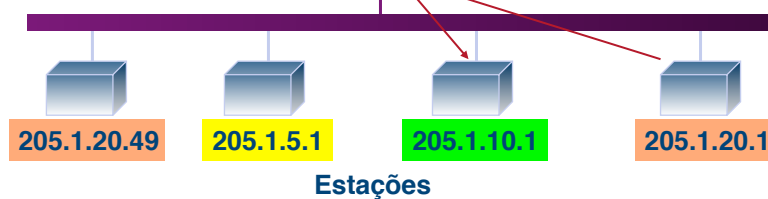
Múltiplas (sub)redes no mesmo interface

Tabela de encaminhamento
do router para este interface

| | |
|------------|-------|
| 205.1.5.0 | intf0 |
| 205.1.10.0 | intf0 |
| 205.1.20.0 | intf0 |

Router

A estação 205.1.20.1
remete ao router os
datagramas destinados
à estação 205.1.10.1



Internet Protocol - IP

Encaminhamento



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- Tanto os routers como as estações, possuem uma **tabela de encaminhamento**
- As entradas na tabela incluem:
 - 1ª coluna: Endereço da Rede de destino (mais máscara)
 - 2ª coluna: Endereço IP da interface de entrega (next hop)
 - Nª coluna: Identificador da interface de saída da máquina local
 - colunas opcionais: flags, tráfego no interface, custo, etc.
- A entrega (forwarding), ou salto (hop) seguinte de um datagrama IP, é decidida em função do endereço IP de destino do datagrama

LEI-RC

Universidade do Minho

41

Internet Protocol - IP

Encaminhamento



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Exemplo: tabela de encaminhamento da estação 192.110.1.240

```
> netstat -nr
destination  next_hop    netmask     flags    use    interface
default      192.110.1.254  0.0.0.0     UG       102410  tu0
192.110.1.0  192.110.1.240  255.255.255.0  UH       234576  tu0
.....
192.168.1.0  192.110.1.253  255.255.255.0  UG       124586  tu0
```

Leitura da última linha:

Um datagrama destinado à rede 192.168.1.0 será entregue na interface de endereço 192.110.1.253 saindo pela interface local tu0

Qual a topologia de rede que se pode inferir da tabela?

LEI-RC

Universidade do Minho

42

Internet Protocol - IP

Encaminhamento

Entrega (forwarding)

- É facilitada pelo endereçamento hierárquico
- O endereço IP é: **a.b.c.d/m = X.Y** (rede.estação)
 - 1) usar máscara para extrair o endereço de rede **X**
 - 2) procurar entrada que melhor se ajuste a **X**
 - se X é local, entregar no interface **X.Y** (entrega directa)
 - senão usar **X** para determinar o próximo salto (next hop);
 - 3) A entrada **0.0.0.0/0** ajusta-se a todos os **X**

Internet Protocol - IP

Supernetting

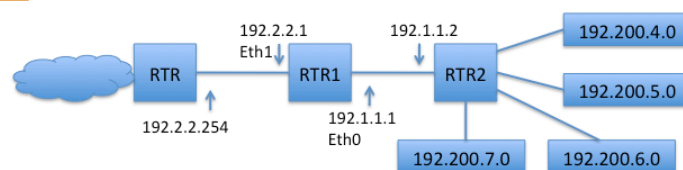


Tabela de encaminhamento de RTR1 - sem Supernetting

| Destino | Próximo Nó | Máscara | Interface |
|-------------------------|-------------|---------------|-----------|
| 192.2.2.0 | 192.2.2.1 | 255.255.255.0 | Eth1 |
| 192.1.1.0 | 192.1.1.1 | 255.255.255.0 | Eth0 |
| 192.200.4 (0000 0100).0 | 192.1.1.2 | 255.255.255.0 | Eth0 |
| 192.200.5 (0000 0101).0 | 192.1.1.2 | 255.255.255.0 | Eth0 |
| 192.200.6 (0000 0110).0 | 192.1.1.2 | 255.255.255.0 | Eth0 |
| 192.200.7 (0000 0111).0 | 192.1.1.2 | 255.255.255.0 | Eth0 |
| Default | 192.2.2.254 | 0.0.0.0 | Eth1 |

| | | | |
|------------------------|-----------|--------------------------|------|
| 192.200.4(0000 0100).0 | 192.1.1.2 | 255.255.252 (11111100).0 | Eth0 |
|------------------------|-----------|--------------------------|------|

Internet Protocol - IP

Encaminhamento



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Encaminhamento (routing):

- a) **Estático** - baseado em rotas pré-definidas
 - as rotas permanecem fixas
 - reduz o tráfego na rede
 - esquema simples mas pouco flexível
- b) **Dinâmico** - rotas actualizadas ao longo do tempo
 - os routers trocam informação de routing entre si
 - esta actualização dinâmica de rotas é obtida através de protocolos específicos de encaminhamento (routing):
 - RIP, OSPF, BGP, etc
 - grande flexibilidade e adaptação (automática) a falhas ou mudanças na configuração de rede
 - o tráfego de actualização pode causar sobrecarga na rede

Internet Protocol - IP

Encaminhamento



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- **Computação dinâmica das rotas:**
 - centralizada - cada router, conhecendo a topologia da área, determina o melhor caminho para os possíveis destinos dessa área
 - distribuída - cada router envia informação de encaminhamento que conhece aos routers seus vizinhos (redes a que dá acesso)
- **Princípio utilizado**
 - Vector Distância (*Vector Distance*)
 - e.g. Routing Information Protocol (RIP), IGRP
 - Estado das ligações (*Link State*)
 - e.g. Open Shortest Path First (OSPF)

Internet Protocol - IP

Encaminhamento



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

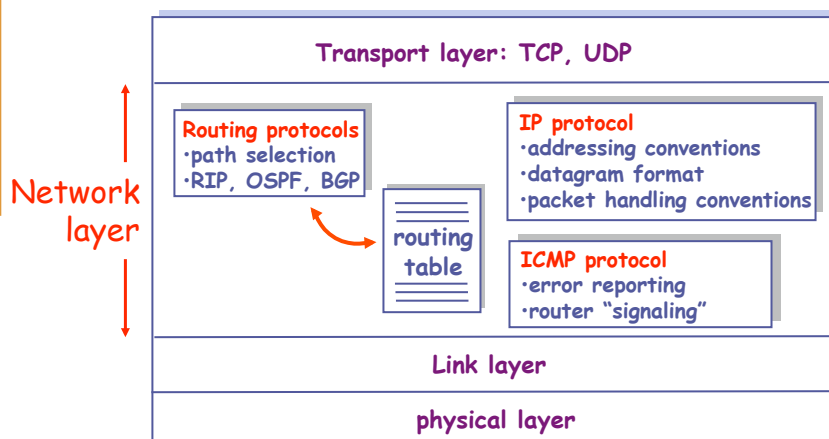
- **caminho de defeito** é a rota a seguir caso não exista uma entrada específica na tabela para a rede de destino
 - é um caso particular de encaminhamento estático
 - a rota por defeito tem prioridade inferior à das outras rotas
 - é identificado pelo termo **default** ou pela rede **0.0.0.0**
 - permite reduzir a tabela de encaminhamento
- Os protocolos de encaminhamento modelam a rede como um gráfo e calculam o melhor caminho para um dado destino

Internet Protocol - IP

Camada de Rede em Hosts e Routers



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática



Internet Protocol - IP

Exemplo: internet do laboratório



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

ROUTER-LAB> show ip route

Esquema ...

```
C 192.168.89.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
  192.168.88.0/24 is subnetted, 3 subnets
C   192.168.88.64/26 is directly connected, FastEthernet0/0
C   192.168.88.128/26 is directly connected, Serial2/0
C   192.168.88.192/26 is directly connected, Serial2/1
C 192.168.91.0/24 is directly connected, FastEthernet2/0
C 192.168.90.0/24 is directly connected, FastEthernet2/1
B 193.136.20.0/24 via 192.168.88.65
S* 0.0.0.0/0 via 192.168.88.65
Codes: C - connected, S - static, B - BGP, * - candidate default
```

Internet Protocol - IP

Exemplo: internet do laboratório



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

ROUTER-EXT> show ip route

Esquema ...

```
B 192.168.89.0/24 via 192.168.88.66
  192.168.88.0/24 is subnetted, 3 subnets
C   192.168.88.64/26 is directly connected, FastEthernet0/0
C   192.168.88.128/26 is directly connected, Serial0/0
C   192.168.88.192/26 is directly connected, Serial0/1
B 192.168.91.0/24 via 192.168.88.66
B 192.168.90.0/24 via 192.168.88.66
C 193.136.20.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
S* 0.0.0.0/0 193.136.20.254
Codes: C - connected, S - static, B - BGP, * - candidate default
```

ARP

Protocolo de Resolução de Endereços (IP)



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

- ARP (Address Resolution Protocol) mapeia um endereço de rede no endereço MAC (48 bytes) que lhe corresponde.
- RFC 826: *An Ethernet Address Resolution Protocol*
- Operação:
 - local à LAN
 - não usa encapsulamento IP
 - o EtherType ARP é: 0x0806
 - ARP-PDUs: *ARP Request* e *ARP Reply*

LEI-RC

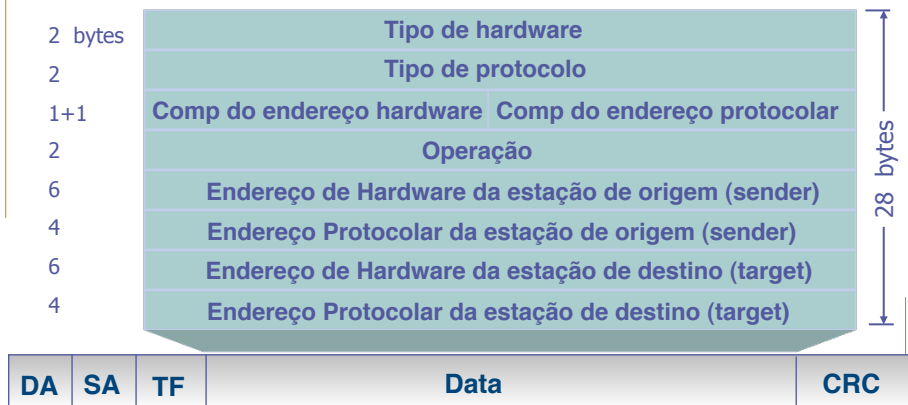
Universidade do Minho

52

ARP PDU



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática



DA - Destination Address SA - Source Address TF - Type Field

LEI-RC

Universidade do Minho

53

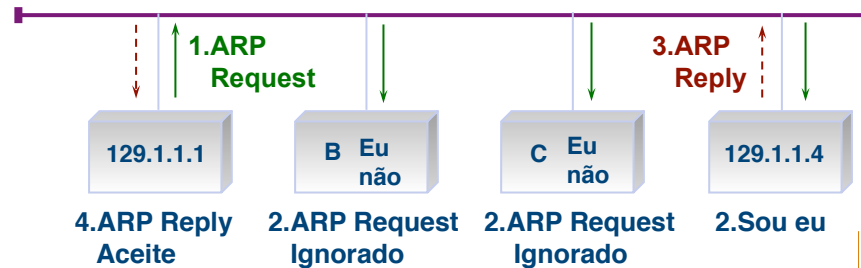
ARP Operação



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

1. Quem tem o endereço MAC da estação 129.1.1.4?

3. Aqui está o meu Endereço MAC



[Nagle98]

- *ARP Request* é enviado em broadcast
- *ARP Reply* é enviado em unicast à estação requerente, que mantém temporariamente a resolução na **cache de ARP**

LEI-RC

Universidade do Minho

54

ARP Operação



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Exemplo de cache ARP

ROUTER > show ip arp

| Protocol | Address | Age (minutes) | Hardware Addr | Type | Interface |
|----------|----------------|---------------|----------------|------|-----------------|
| Internet | 193.136.20.67 | 27 | 00a0.c98d.6ffc | ARPA | FastEthernet0/1 |
| Internet | 193.136.20.105 | 236 | 00a0.c98d.78a0 | ARPA | FastEthernet0/1 |
| Internet | 193.136.20.7 | 10 | 00a0.c98f.4229 | ARPA | FastEthernet0/1 |
| Internet | 193.136.20.3 | 6 | 004f.4907.285a | ARPA | FastEthernet0/1 |
| Internet | 192.168.88.65 | - | 0005.9bf0.74e0 | ARPA | FastEthernet0/0 |
| Internet | 192.168.88.66 | 107 | 0005.3246.8dc1 | ARPA | FastEthernet0/0 |
| Internet | 193.136.20.254 | 0 | 000a.8a97.7480 | ARPA | FastEthernet0/1 |

LEI-RC

Universidade do Minho

55

ICMP

Internet Control Message Protocol



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Funções do Internet Control Message Protocol

- reporta situações anómalas ocorridas no tratamento de datagramas IP
- usa encapsulamento IP
- em datagramas fragmentados, reage apenas ao primeiro fragmento
- não torna o IP fiável, apenas assinala erros
- o IP usa obrigatoriamente o ICMP

ICMP

Internet Control Message Protocol



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Mensagens ICMP

- *echo request, echo reply*
- *destination unreachable* (estação, rede, porta,...)
- *redirect* (redireccionamento por um melhor caminho)
- *TTL exceeded of datagram lifetime* (TTL atingiu 0)
- *timestamp and reply* (responde c/ estampilha temporal)
- *parameter unintelligible*
- *address mask request and reply*
- *router advertisement and solicitation*
- *information request and reply*
-

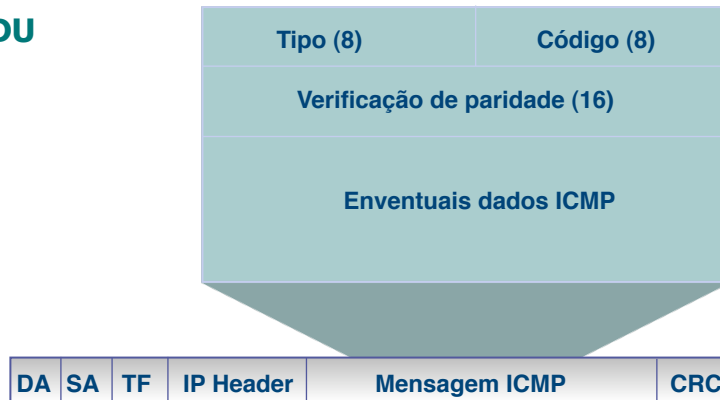
ICMP

Internet Control Message Protocol



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

PDU



LEI-RC

Universidade do Minho

58

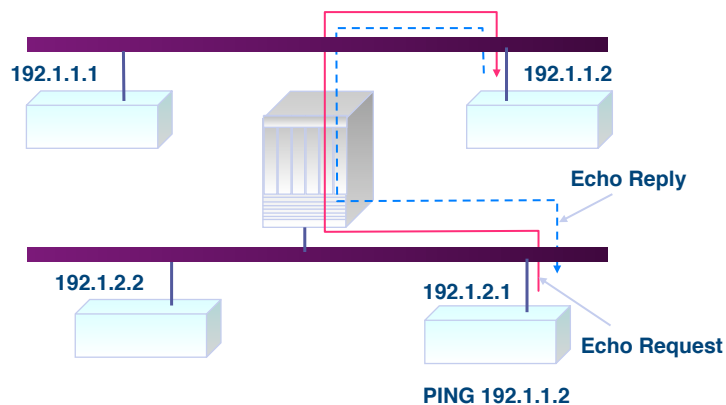
ICMP

Internet Control Message Protocol



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Ping



LEI-RC

Universidade do Minho

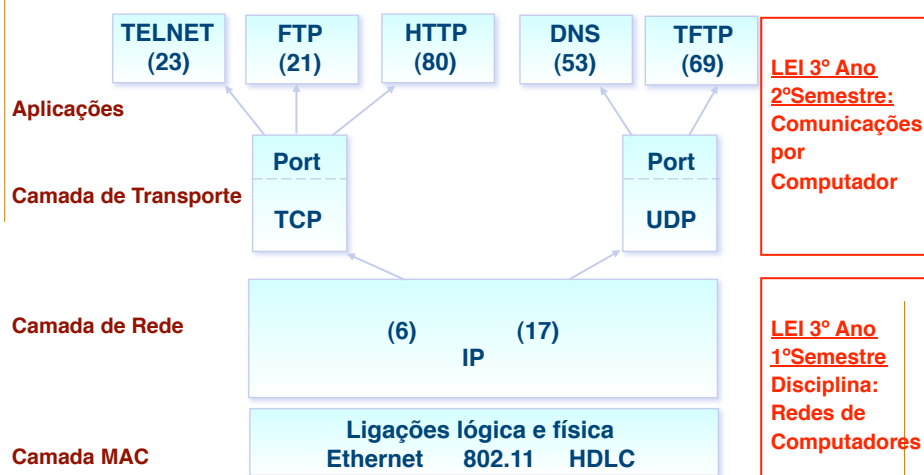
59

TCP/IP

Protocolos de Transporte: UDP e TCP



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática



LEI 3º Ano
2ºSemestre:
Comunicações
por
Computador

LEI 3º Ano
1ºSemestre
Disciplina:
Redes de
Computadores