



90398 - Tecnologias de Redes de Computadores

Aula 3 – Camada de rede

Pedro Gonçalves – pasg@ua.pt

Sumário

- Protocolo IP:
 - Endereçamento IPv4.
 - Gamas de endereços.
 - Formato dos datagramas.
 - Fragmentação / reassemblagem de datagramas IP.
- Configuração das máquinas de rede.
- Processo de subdivisão de redes.
- Encaminhamento em redes IP.
- Mensagens de erro e de controlo - protocolo ICMP:
 - formato do pacote,
 - mensagens existentes,
 - comandos ping e traceroute;
- Resolução de endereços MAC – protocolo ARP:
 - processo de resolução do endereço;
 - formato do pacote;
 - comando arp para manipulação da tabela;



Protocolo IP – *Internet Protocol*

- Apareceu na década de 70, do Departamento de Defesa Americano.
- Foi formalmente definido em 1971 na RFC 971.
- É orientado ao datagrama (pacote) e é responsável pela circulação dos pacotes na rede.
- Pertence à camada 3.
- Depende das camadas superiores para estabelecer serviço de ligação.
- Pode executar funções de subdivisão e de reassemblagem.



Protocolo IP - características

- Contem funções de:
 - Endereçamento global.
 - Encaminhamento.
 - Fragmentação /reassemblagem.
- Pacotes são criados no terminais e são encaminhados pelos routers de rede – salto-a-salto.

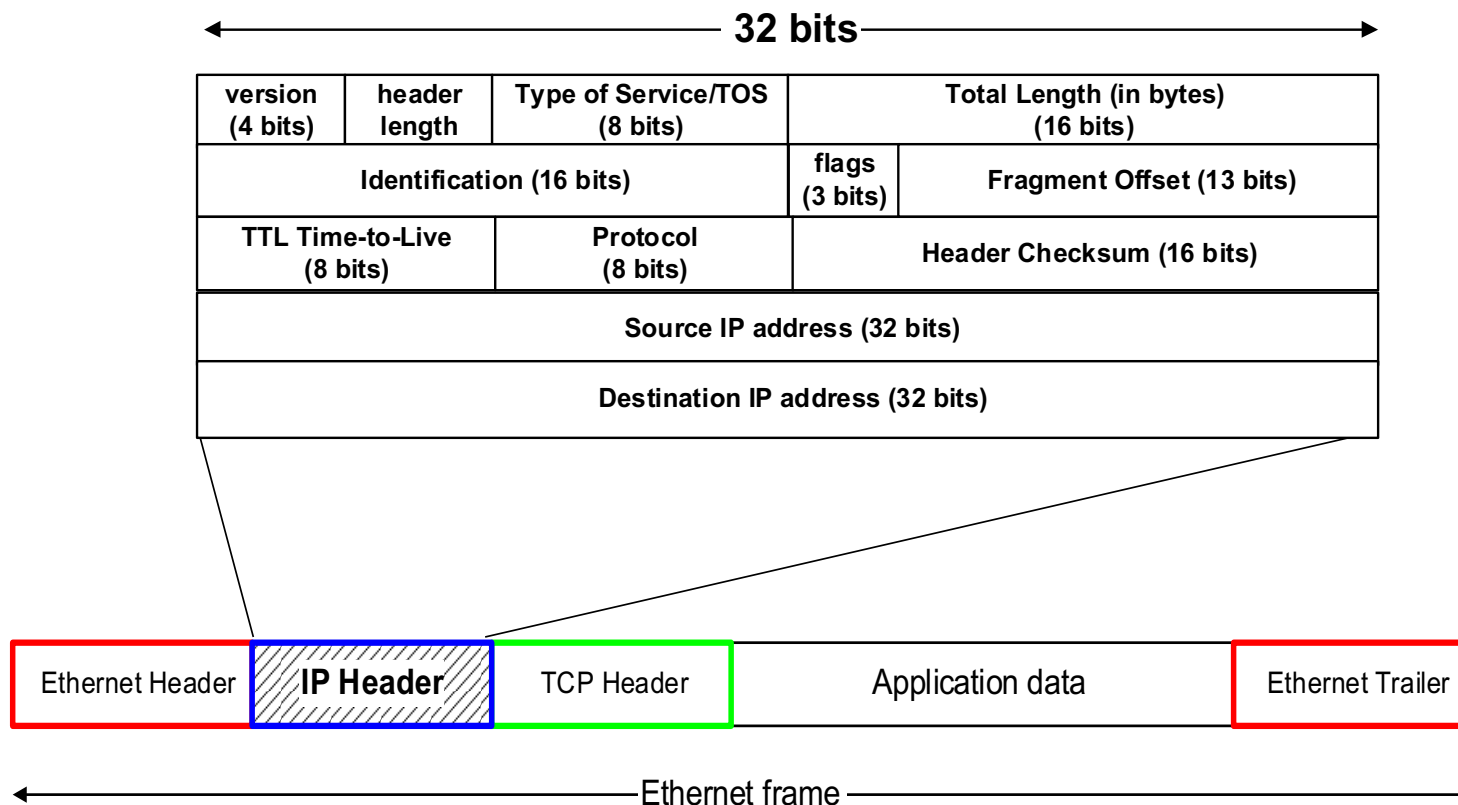


Características do IP

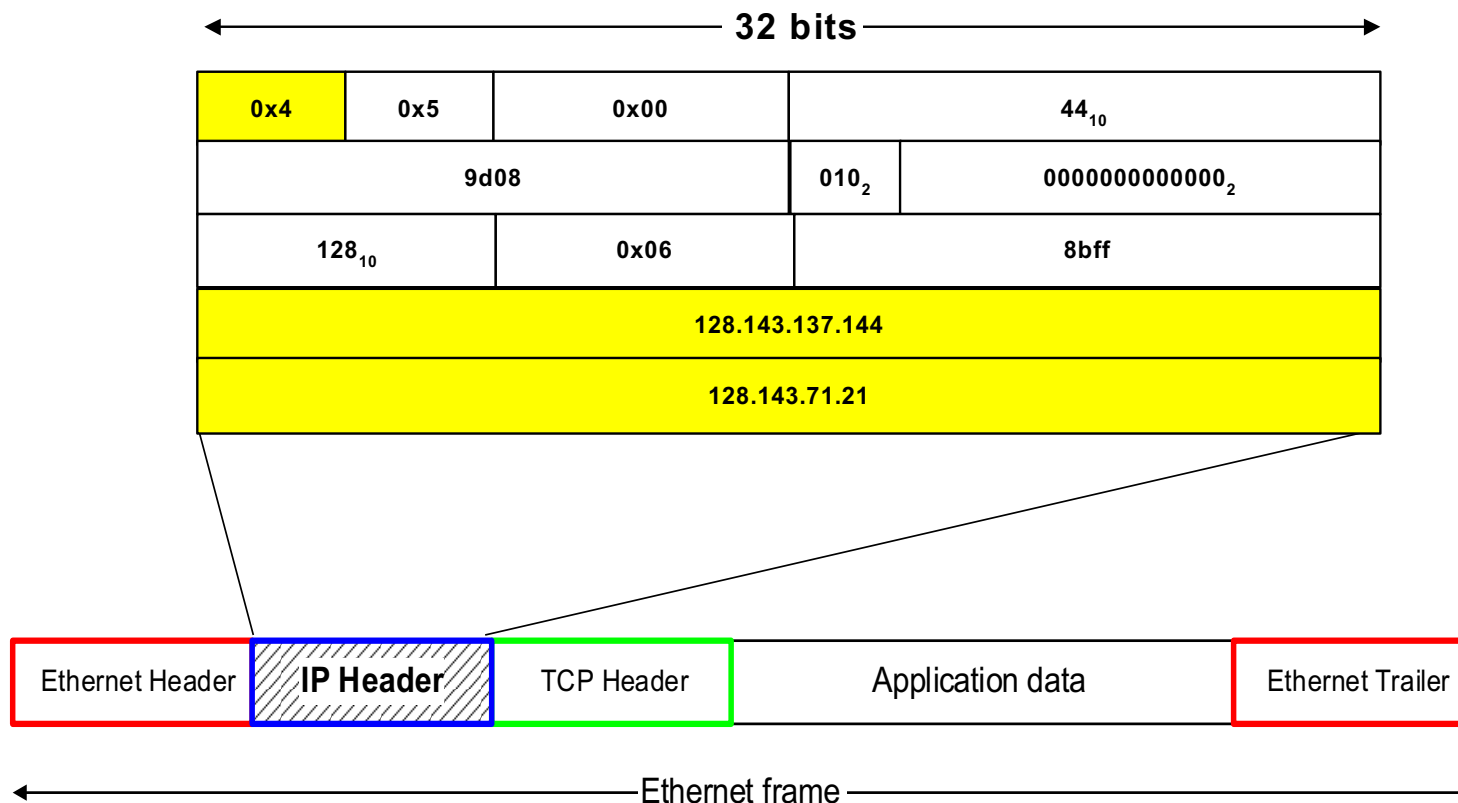
- Fornece um serviço não-orientado à conexão (*connectionless*).
- Datagramas têm tamanho variável.
- Entrega de tipo best-effort: atrasos, desordenação, corrupção e perda são possíveis; as camadas de software de níveis mais elevados resolvem estes problemas.
- Executa apenas expedição de dados - usa as tabelas de encaminhamento preparadas por outros protocolos (*eg.* RIP e OSPF).
- Fornece apenas serviços do tipo “Send & Delivery” – as mensagens de erro e controle são geradas pelo ICMP.



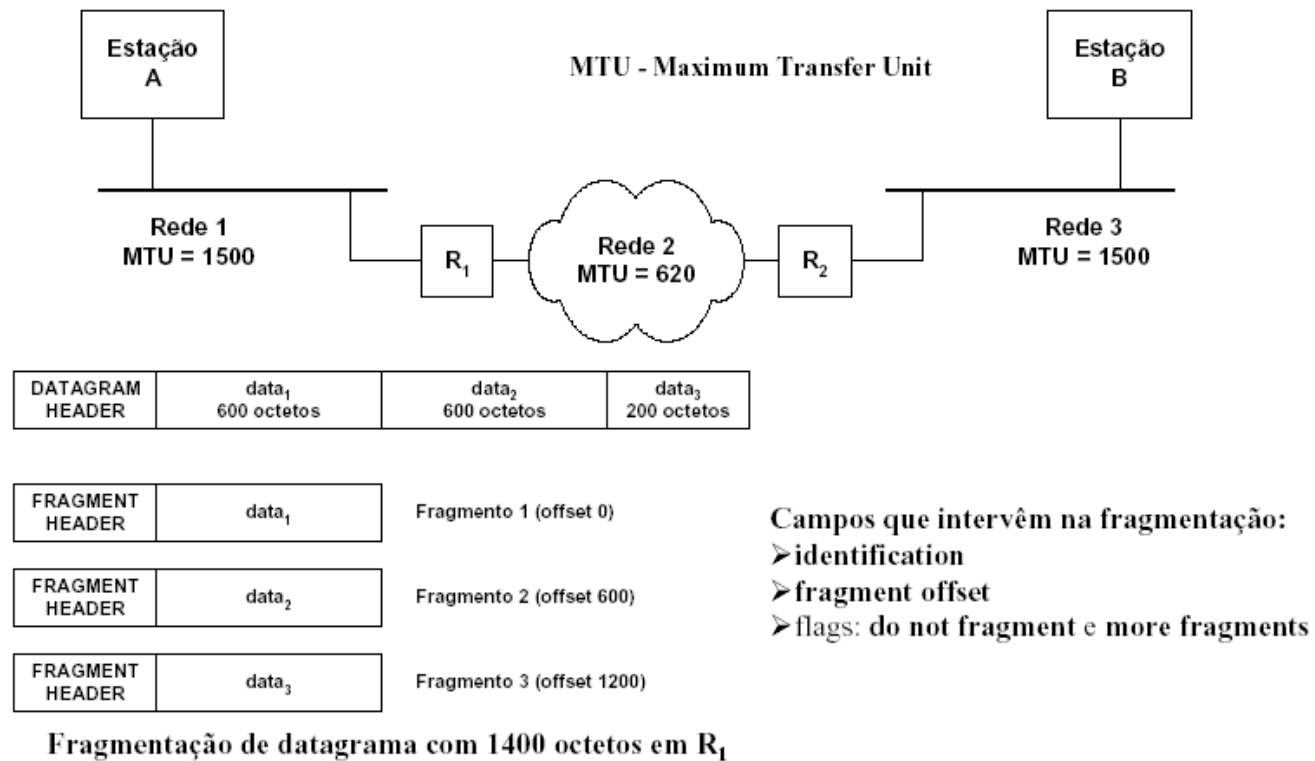
Pacote IP



Pacote IP



Fragmentação e reassemblagem em IP





Endereços IP

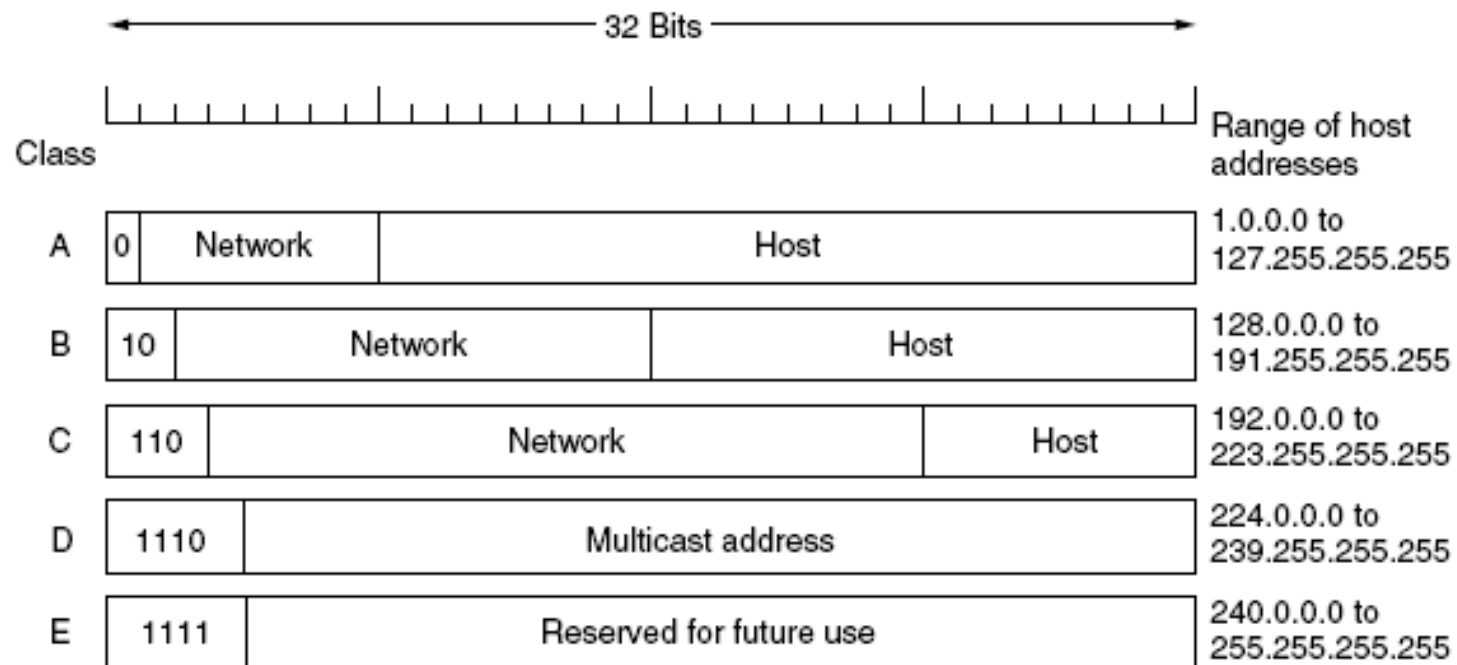
Endereços IP

- Endereço único para cada máquina ligada à rede.
- Versão 4 do protocolo (IPv4) – endereços de 32 bits.



- Exemplo:
- endereço na forma decimal 193.137.86.113 corresponde a
- 11000001 10001001 1010110 1110001.

Classes de endereços



Classes de Endereços II

- Rede de classe A – 16777216 endereços.
- Rede de classe B – 65536 endereços.
- Rede de Classe C – 256 endereços.
- Redes de Classe A estão todas reservadas.
- Nem todos os endereços são válidos:
 - 193.137.86.0 é reservado para situações especiais em que máquinas arrancam.
 - 193.137.86.255 é reservado para endereço de BROADCAST.



Divisão do espaço de endereçamento

Classe	# bits no prefixo	# máximo de redes	# bits no sufixo	# máximo de hosts por rede
A	7	128	24	16,777,216
B	14	16,384	16	65,536
C	21	2,097,152	8	256

NOTA: Nem todos os possíveis endereços podem ser usados!



Endereços IP especiais



tudo 0s		ESTE HOST ¹
tudo 0s	host	host NESTA REDE ¹
tudo 1s		BROADCAST LOCAL ²
net	tudo 1s	BROADCAST DIRIGIDO PARA net ²
127	qualquer (em geral 1)	LOOPBACK ³
net	tudo 0s	ESTA net ⁴

¹ Permitido apenas na inicialização; nunca é endereço destino válido

² Nunca é endereço origem válido

³ Nunca deve aparecer na rede

⁴ Reservado para designar a rede

Endereços de Multicast

- Endereços que servem para identificar grupos de máquinas; quando um pacote é enviado para um destes endereços todas as máquinas que pertencem ao grupo indicado nesse endereço o recebem.
- Normalmente é usado pelas aplicações de difusão de audio/video.

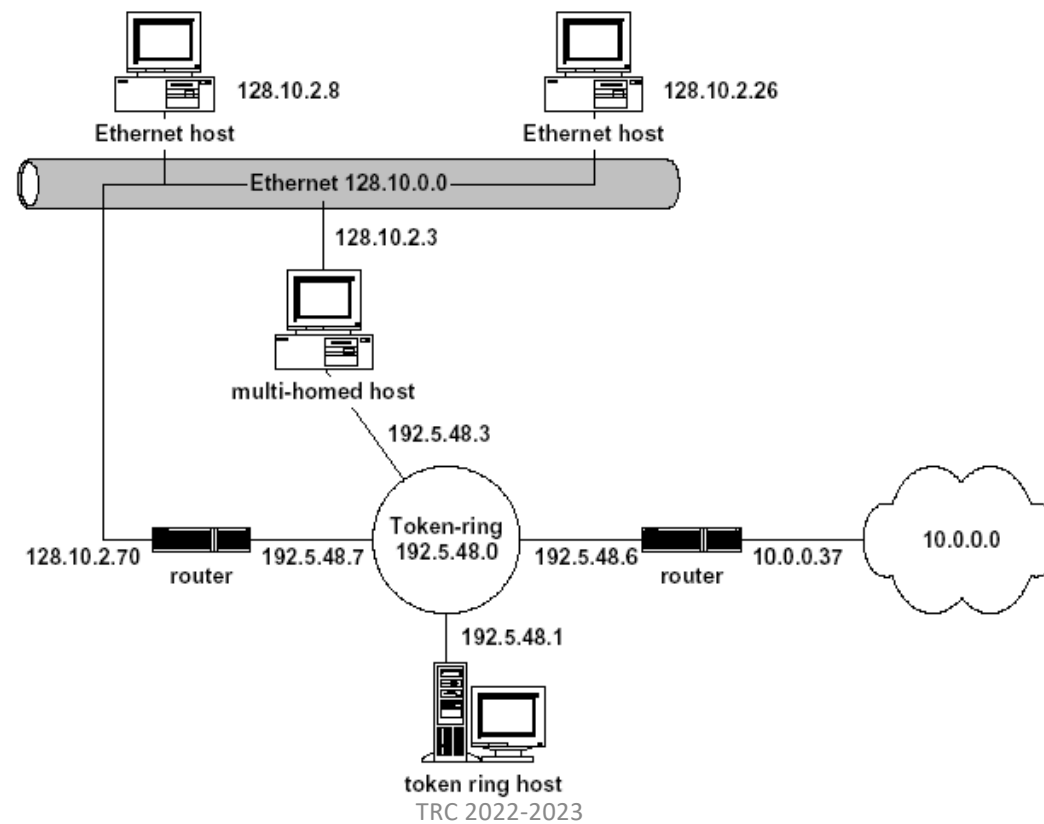


Gamas de endereços



Classe	Gama de endereços
A	0.0.0.0 a 127.255.255.255
B	128.0.0.0 a 191.255.255.255
C	192.0.0.0 a 223.255.255.255
D	224.0.0.0 a 239.255.255.255
E	240.0.0.0 a 247.255.255.255

Exemplo – endereçamento IP



Atribuição de endereços

- Feito localmente sob- coordenação de IANA (Internet Assigned Number Authority) <http://www.iana.org>
- Definição de autoridades regionais - *Regional Internet Registeries* (RIR):
 - APIC (*Asia Pacific Information Center*) <http://www.apic.net>
 - ARIN (*American Registry for Internet*) <http://www.arin.net>
 - RIPE-NCC (*Réseaux IP Européens*) <http://www.ripe.net>
- FCCN (*Fundação da Computação Científica Nacional* - <http://www.fccn.pt>) faz atribuição em Portugal
- UA pediu em 1989 à IANA



Atribuição de endereços – II

- RIR são associações de servidores de acesso.
- Membros dos RIR – Local Internet Registries (LIR) recebem endereços IP e distribuem pelos seus clientes.
- Entidades devem contactar os LIR e não RIR ou IANA
- Regras de atribuição definidas na RFC 2050.
- Grande parte das situações não é necessário pedido de um endereço IP:
 - Máquinas não estão ligadas ao exterior.
 - Utilização de *Network Address Translation* (NAT) nas firewalls.





Máscara de rede

Máscaras

- Inicialmente os endereços IP tinham fronteiras fixas, sendo a fronteira definida a partir dos primeiros bits do campo de endereço; é o caso dos endereços de classe A, B e C
- Depois passaram a ter fronteiras flexíveis, sendo estas definidas a partir de uma máscara
- A máscara é utilizada para separar a parte de rede da parte de host dos endereços

	decimal		binário		
endereço IP	10.	0.0.1	00001010	00000000	00000000 00000001
máscara	255.	0.0.0	11111111	00000000	00000000 00000000
	←	→	←	→	
	rede	host	rede	host	



Máscara de rede

- Endereço têm duas componentes:
 - Identificação da rede
 - Identificação da máquina.
- Frequentemente precisamos de separar ambas as componentes:
 - *“Este pacote deve ser entregue à gateway?”*
 - *“Para que rede vai este pacote?”*
- Máscara é um número de 32 bits que define a dimensão da rede
 - Permite separar a componente da rede da componente da máquina



Máscara de rede (Cont.)

- Exemplo de máscara de rede:

255 . 255 . 255 . 0

11111111.11111111.11111111.00000000

- Processo utiliza **Algebra Booleana** para filtrar os bits de cada componente do endereço.




Algebra Booleana

- **Boolean Algebra** is a process that applies binary logic to yield binary results.
- Usam-se 4 princípios básicos da algebra booleana:
 - $1 \text{ and } 1 = 1$
 - $1 \text{ and } 0 = 0$
 - $0 \text{ and } 1 = 0$
 - $0 \text{ and } 0 = 0$



Máscaras definidas

- Existem máscaras definidas para os enderços das Classes A, B e C :



Default Subnet Masks	
<i>Address Class</i>	<i>Subnet Mask</i>
Class A	255.0.0.0
Class B	255.255.0.0
Class C	255.255.255.0

Exemplo de utilização

- The subnet mask goes like this:
- 1. Supondo um endereço de destino **206.175.162.21**, sabemos que é de classe C e que a sua representação em binário é :
11001110.10101111.10100010.00010101



Exemplo de utilização *(Cont.)*

2. Também sabemos que a máscara de Class C é:

255.255.255.0 e que o seu equivalente binário é:

11111111.11111111.11111111.00000000



Exemplo de utilização *(Cont.)*

Quando estes dois numeros (the IP address & the subnet mask) são combinados usando algebra booleana, o endereço de rede do endereço destino é obtido assim:

206.175.162.21 11001110.10101111.10100010.00010101

and

255.255.255.0 11111111.11111111.11111111.00000000

yields

11001110.10101111.10100010.00000000



Endereços privados – RFC 1597

- Endereços livremente utilizados.
- Máquinas de uma rede que utilize estes endereços comunicam livremente.
- Não permitem acesso de máquinas ao exterior, a menos da utilização de NAT.

Gamas de endereços privados
10.0.0.0 a 10.255.255.255 1 rede classe A
172.16.0.0 a 172.31.255.255 16 redes de classe B
192.68.0.0 a 192.168.255.255 256 redes classe C





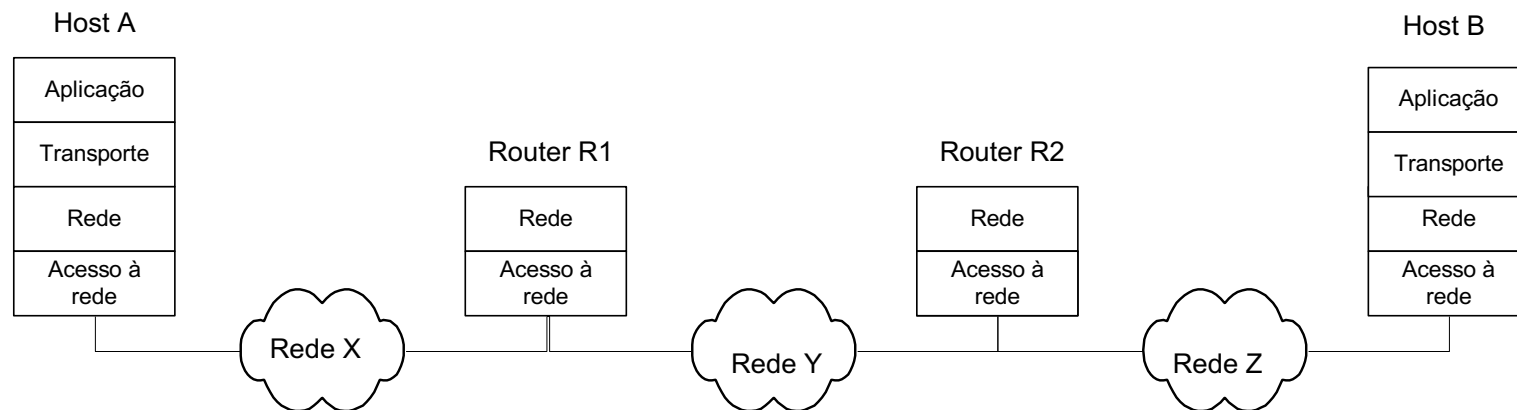
Encaminhamento IP

Encaminhamento em IP

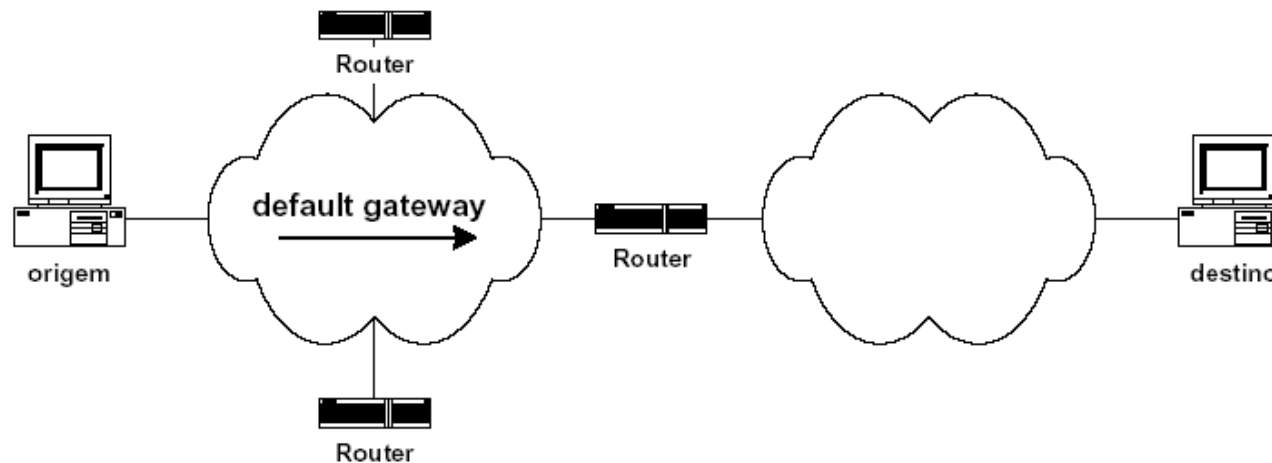
- Processo de procura da máquina para a qual se envia informação assenta na procura na tabela de encaminhamento da entrada que:
 - Tenha um endereço IP igual;
 - Tenha um endereço IP de uma rede correspondente ao pretendido
 - Seja uma entrada usada por defeito, quando nenhum dos critérios anteriores encontrar
- As acções são sempre realizadas por esta ordem!
- Actualização das tabelas pode ser feita de forma estática ou dinâmica



Encaminhamento na Internet

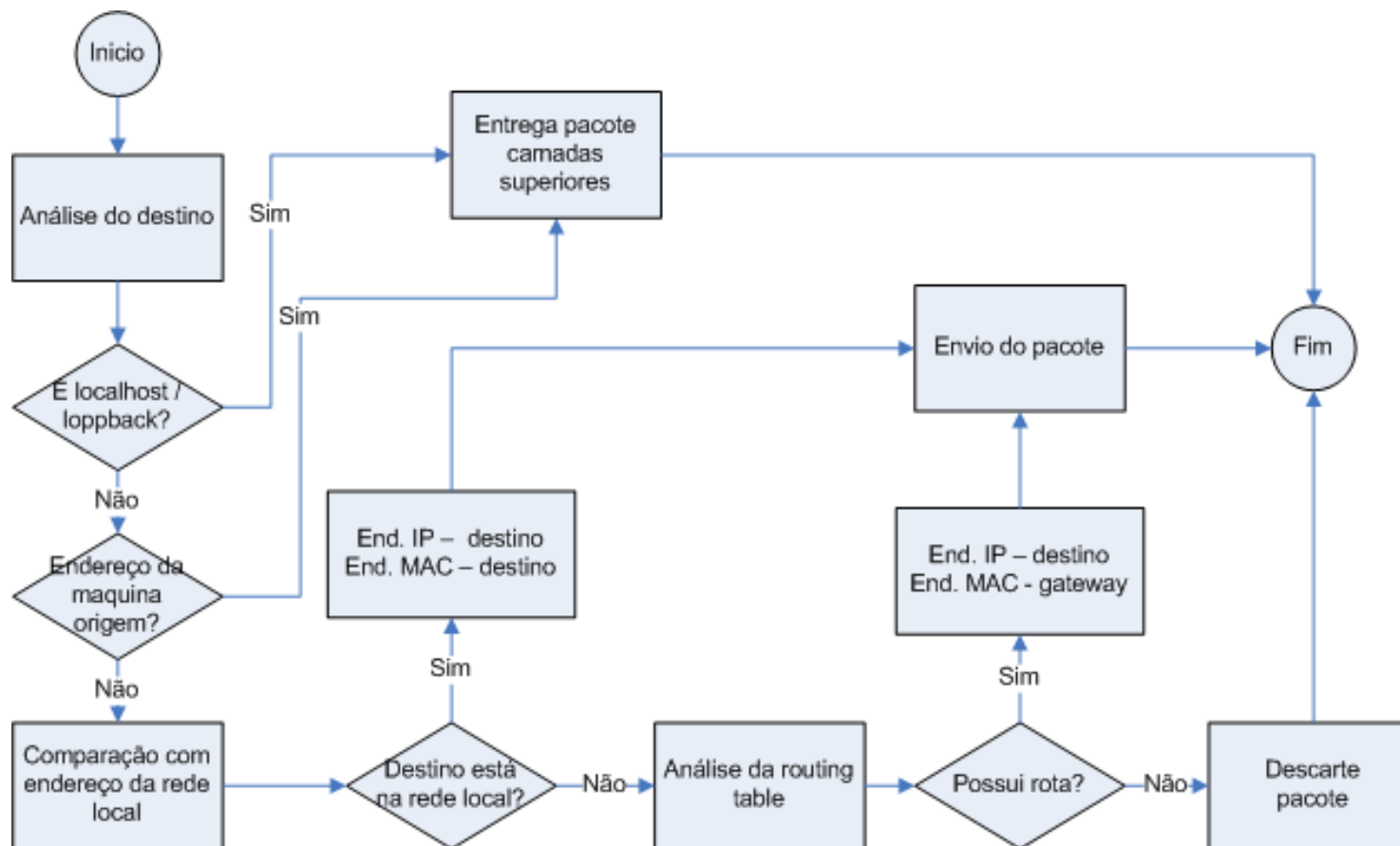


Da estação ao 1º router



- Quando uma estação pretende enviar um pacote IP para uma rede IP que não a sua, o primeiro salto é para o default gateway
- O default gateway é configurado pelo utilizador – corresponde ao endereço IP da interface de um dos routers que pertence à rede da estação

Processo de envio na estação



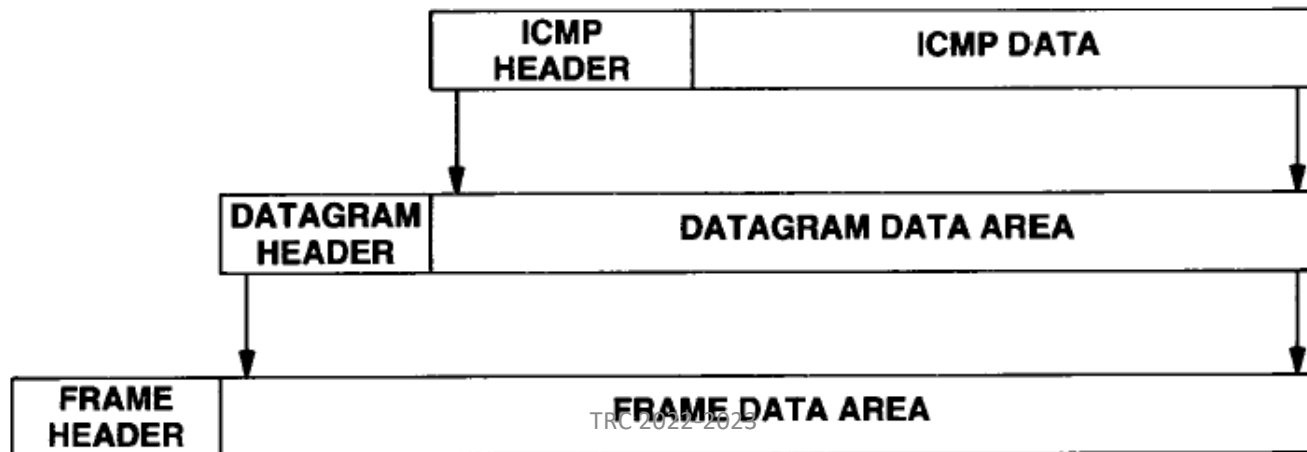
Mensagens de erro e de controlo em IP



ICMP - Internet Control Message Protocol

ICMP

- Faz reporte de erro em IP.
- Foi proposto para comunicar informação de erro entre maquinas IP.
- É transportado em IP com um protocol type 1.
- É considerado uma parte do IP e não como protocolo de camada superior.



Tipos de pacotes ICMP

- Campos do pacote:

- *Type*: define o tipo de mensagem;
- *Code*: fornece informação adicional para caracterizar mensagem.
- *Checksum*: serve para validar informação do pacote ICMP.



Type Field	ICMP Message Type
0	Echo Reply
3	Destination Unreachable
4	Source Quench
5	Redirect (change a route)
8	Echo Request
9	Router Advertisement
10	Router Solicitation
11	Time Exceeded for a Datagram
12	Parameter Problem on a Datagram
13	Timestamp Request
14	Timestamp Reply
15	Information Request (obsolete)
16	Information Reply (obsolete)
17	Address Mask Request
18	Address Mask Reply

Teste de “reachability” - ping

- Permite detectar se é possível atingir determinada rede.
- Máquina origem envia ICMP echo request.
- Máquina destino envia ICMP echo reply.



```
C:\WINDOWS\System32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Versão 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\Pedro>ping www.ua.pt

A enviar para www.ua.pt [193.136.173.18] com 32 bytes de dados:

Resposta de 193.136.173.18: bytes=32 tempo=65ms TTL=126
Resposta de 193.136.173.18: bytes=32 tempo=172ms TTL=126
Resposta de 193.136.173.18: bytes=32 tempo=69ms TTL=126
Resposta de 193.136.173.18: bytes=32 tempo=85ms TTL=126

Estatísticas de ping para 193.136.173.18:
    Pacotes: Enviados = 4, Recebidos = 4, Perdidos = 0 (perda: 0%),
    Tempo aproximado de ida e volta em milissegundos:
        Mínimo = 65ms, Máximo = 172ms, Média = 97ms

C:\Documents and Settings\Pedro>_
```

Análise de encaminhamento - traceroute

- Envio de vários pacotes incrementando o TTL.
- Recolha da informação das respostas.
- Permite analisar saltos de um pacote.
- Permite ver qual das máquinas do caminho que está congestionada ou em baixo.



```
C:\WINDOWS\System32\cmd.exe
C:\Documents and Settings\Pedro>tracert tux.estga.ua.pt

A rastrear a rota para tux.estga.ua.pt [193.137.86.170]
até um máximo de 30 saltos:

 1    58 ms    51 ms    54 ms    vpn01.ras.ua.pt [192.168.1.1]
 2    57 ms    56 ms    52 ms    gt-vpn.ras.ua.pt [192.168.1.254]
 3    69 ms    56 ms    58 ms    cic-sw03-12g.core.ua.pt [10.10.200.5]
 4    69 ms    55 ms    56 ms    gt-cyber.core.ua.pt [193.136.86.195]
 5    84 ms    66 ms    76 ms    estga-ua.rem.nat.ua.pt [192.168.250.6]
 6    83 ms    74 ms    70 ms    estga-centro-sw01-24fx.core.ua.pt [10.10.201.1]
 7    90 ms    74 ms    71 ms    tux.estga.ua.pt [193.137.86.170]

Rastreio concluído.
C:\Documents and Settings\Pedro>
```



Protocollo ARP

Address Resolution Protocol

Resolução de endereços

- Os pacotes levam sempre endereço MAC (do destinatário ou do router que interliga essa rede) para além de endereço IP.
- Envio de endereços exige que se convertam os endereços IP em endereços físicos (endereços de 48 bits dependentes do hardware).
- Tradução deve ser dinâmica (endereço MAC é dependente do protocolo)
- Protocolo ARP - *Address Resolution Protocol* - RFC 826
- Conversão inversa é feita pelo RARP – *Reverse Address Resolution Protocol* – RFC 903 e é usada para obtenção de IP em máquinas sem disco.

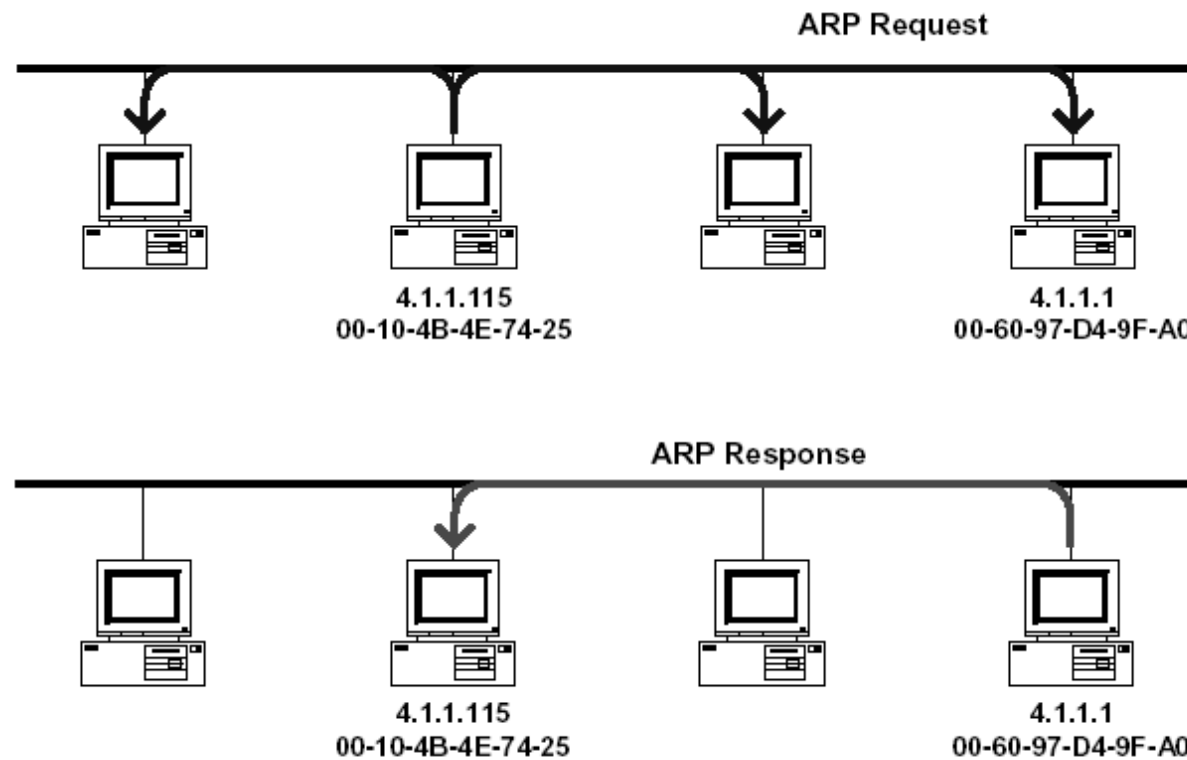


Resolução de Endereços – II

- Sempre que é preciso enviar um pacote para um endereço é procurado na tabela ARP.
- Dados da tabela tem validade (tipicamente 20 minutos).
- Caso não exista o protocolo ARP envia um pedido BROADCAST para a rede (*WHO HAS ADDRESS?*) que será recebido por todos os elementos da rede, e onde se solicita endereço físico em causa.
- A máquina que tem o endereço IP enviado no pedido envia uma resposta a especificar o endereço físico / *MAC Address* que é guardado pela primeira na tabela ARP e envia pacote.



ARP – Address Resolution Protocol



Comando ARP – consulta da tabela ARP

```
ARP -a [inet_addr] [-N if_addr]
```

-a Displays current ARP entries by interrogating the current protocol data. If `inet_addr` is specified, the IP and Physical addresses for only the specified computer are displayed. If more than one network interface uses ARP, entries for each ARP table are displayed.

-g Same as **-a**.

inet_addr Specifies an internet address.

-N if_addr Displays the ARP entries for the network interface specified by `if_addr`.

-d Deletes the host specified by `inet_addr`.

-s Adds the host and associates the Internet address `inet_addr` with the Physical address `eth_addr`. The Physical address is given as 6 hexadecimal bytes separated by hyphens. The entry is permanent.

eth_addr Specifies a physical address.

if_addr If present, this specifies the Internet address of the interface whose address translation table should be modified. If not present, the first applicable interface will be used.

Example:

```
> arp -s 157.55.85.212 00-aa-00-62-c6-09 .... Adds a static entry.
> arp -a .... Displays the arp table.
```



E é tudo...

- Questões?
- Comentários?

