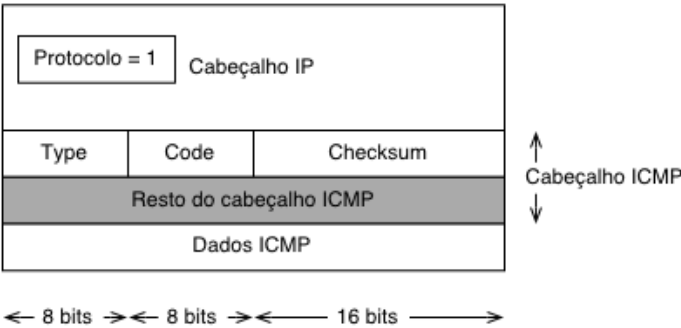


Internet Control Message Protocol - ICMP

- Protocolo de Controlo da Internet
- Teste da Internet e aviso de anomalias
- Formato de um pacote ICMP
 - No caso de mensagens ICMP de erro os dados são a cópia do cabeçalho IP e dos primeiros bytes do fragmento que causou/sofreu o erro



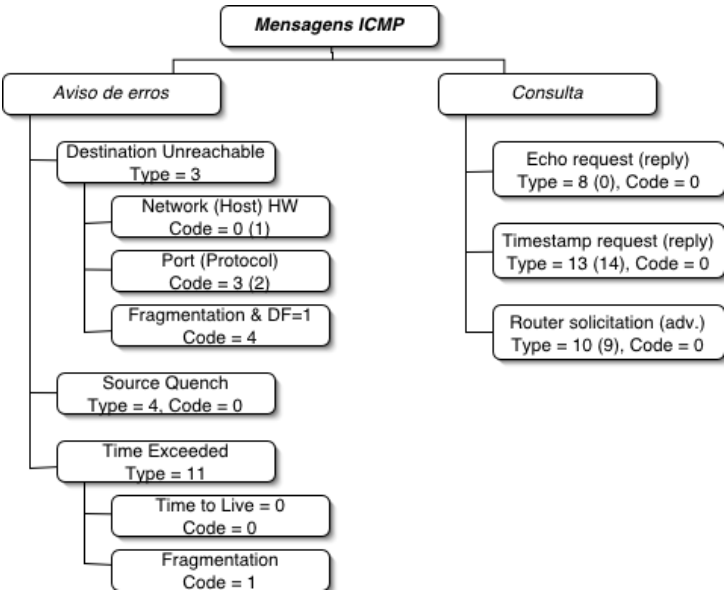
ISCTE 2017/2018

Equipa Redes Digitais I

1

1

Internet Control Message Protocol - ICMP



ISCTE 2017/2018

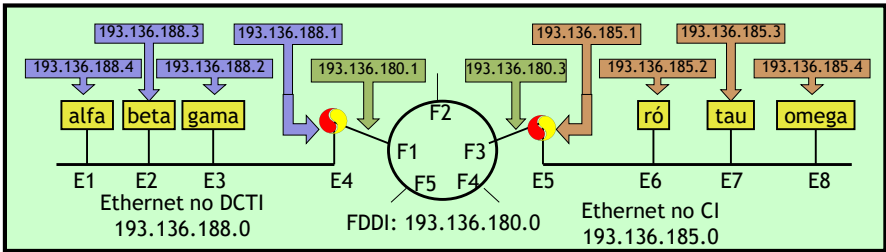
Equipa Redes Digitais I

2

2

Address Resolution Protocol - ARP

- O endereço IP não pode ser usado para enviar tramas pois o “Data Link Layer” não os compreende. (e.g., Ethernet 48-bit)
- É necessário mapear o endereço IP num endereço DL (e.g., Ethernet, FDDI, etc.)



alfa ⇒ beta

(alfa constrói um pacote com o endereço de destino = 193.136.188.3)

Optimizações:

- Cache ARP results for a period
- Broadcast Ethernet address at boot

- 1) Existir um ficheiro com o mapeamento entre end. IP e end. Ethernet - **impensável e não funciona!**
- 2) ARP:
 - i) alfa difunde: “Quem tem o endereço 193.136.188.3 ?”
 - ii) beta responde com E2 e alfa fica a saber que 193.136.188.3 ⇔ E2 (193.136.188.4 ⇔ E1)
 - iii) alfa constrói uma trama Ethernet para E2 com o pacote IP (193.136.188.3)

Address Resolution Protocol - ARP (2)

alfa ⇒ omega (alfa constrói um pacote com o endereço de destino = 193.136.185.4)

Como E8 não pertence à sub-rede:

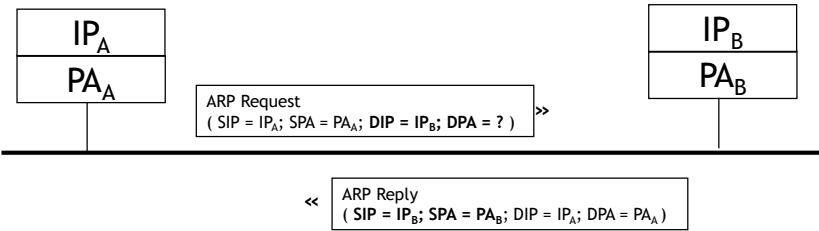
- Opção 1** - alfa reconhece que o endereço 193.136.185.4 é remoto e envia para o endereço Ethernet que trata todo o tráfego remoto (gateway) - **caso típico**
- Opção 2** - E4 o “router” do DCTI responde (193.136.185.4 ⇔ E4) e o tráfego para E8 vai para o “router” - **proxy ARP**

Em ambos os casos:

- alfa constrói uma trama Ethernet para E4 com o pacote IP (193.136.185.4)
- O “router” retira o pacote IP da trama Ethernet e consulta a sua tabela para 193.136.185.4
- Fica a saber que para a rede 193.136.185.0 tem que ir pelo “router” 193.136.180.3
- Se não conhecer o endereço FDDI de 193.136.180.3 usa ARP para conhecer o endereço F3
- No “router” do CI o pacote IP é retirado da trama FDDI e o software IP verifica que este tem que ser entregue ao 193.136.185.4
- Caso não conheça o endereço Ethernet de 193.136.185.4 usa o ARP e fica a conhecer E8.
- Constrói uma trama Ethernet para E8

Protocolo ARP

- Exemplo
 - Máquina A envia por broadcast o ARP Request
 - Máquina B envia por unicast o ARP Reply
- IP_A e IP_B, pertencem à mesma rede IP
- P_{AA} e P_{AB} estão na mesma rede física



Exemplo de trama ARP Request

| No. | Status | Source Address | Dest Address | Summary | Len | Delta Time |
|-----|--------|----------------|--------------|--|-----|------------|
| 1 | M | Fujtsu17A623 | Broadcast | ARP: C PA=[141.29.155.16] PRO=IP | 60 | 0.000.000 |
| 2 | | XircomF57C6E | Fujtsu17A623 | ARP: R PA=[141.29.155.16] HA=XircomF57C6E PR | 60 | 0.000.490 |

DLC: ----- DLC Header -----

DLC: Frame 1 arrived at 14:50:45.9550; frame size is 60 (003C hex) bytes.

DLC: Destination = BROADCAST FFFFFFFF, Broadcast

DLC: Source = Station Fujtsu17A623

DLC: Ethertype = 0806 (ARP)

DLC:

ARP: ----- ARP/RARP frame -----

ARP:

ARP: Hardware type = 1 (10Mb Ethernet)

ARP: Protocol type = 0800 (IP)

ARP: Length of hardware address = 6 bytes

ARP: Length of protocol address = 4 bytes

ARP: Opcode 1 (ARP request)

ARP: Sender's hardware address = 00E00017A623

ARP: Sender's protocol address = [141.29.155.91]

ARP: Target hardware address = 000000000000

ARP: Target protocol address = [141.29.155.16]

ARP:

ARP: 18 bytes frame padding

Exemplo de trama ARP Reply

| No. | Status | Source Address | Dest Address | Summary | Len | Delta Time |
|-----|--------|----------------|---------------|--|-----|------------|
| 1 | M | Fujitsu17A623 | Broadcast | ARP: C PA=[141.29.155.16] PRO=IP | 60 | 0.000.000 |
| 2 | | XircomF57C6E | Fujitsu17A623 | ARP: R PA=[141.29.155.16] HA=XircomF57C6E PR | 60 | 0.000.490 |

DLC: ----- DLC Header -----

DLC: Frame 2 arrived at 14:50:45.9555: frame size is 60 (003C hex) bytes.

DLC: Destination = Station Fujitsu17A623

DLC: Source = Station XircomF57C6E

DLC: Ethertype = 0806 (ARP)

DLC:

ARP: ----- ARP/RARP frame -----

ARP:

ARP: Hardware type = 1 (10Mb Ethernet)

ARP: Protocol type = 0800 (IP)

ARP: Length of hardware address = 6 bytes

ARP: Length of protocol address = 4 bytes

ARP: Opcode 2 (ARP reply)

ARP: Sender's hardware address = 0010A4F57C6E

ARP: Sender's protocol address = [141.29.155.16]

ARP: Target hardware address = 00E00017A623

ARP: Target protocol address = [141.29.155.91]

ARP:

ARP: 18 bytes frame padding

Comando ARP (Windows)

- Exemplo: Mostrar a tabela de ARP da máquina

C:\WINDOWS>arp -a

| Interface: 192.168.17.160 on Interface 0x1000002 | | |
|--|-------------------|---------|
| Internet Address | Physical Address | Type |
| 192.168.17.54 | 00-4f-49-04-4f-48 | dynamic |
| 192.168.17.161 | 00-4f-49-04-3f-0d | dynamic |
| 192.168.17.254 | 00-e0-1e-a8-2c-7d | dynamic |

- (Na tabela só aparecem entradas com endereços IP da rede local (porque será?))

Comando ARP (Windows)

- Permite mostrar e modificar a tabela de tradução do protocolo ARP

ARP -a [inet_addr] [-N if_addr]

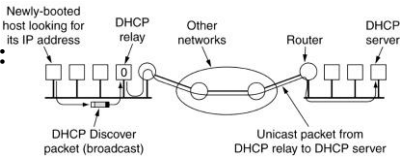
ARP -s inet_addr eth_addr [if_addr]

ARP -d inet_addr [if_addr]

| | |
|------------|--|
| -a | Displays current ARP entries |
| -N if_addr | Displays the ARP entries for the network interface specified |
| -s | Adds the host and permanently associates the Internet address inet_addr with the Physical address eth_addr |
| -d | Deletes the host specified by inet_addr. |
| if_addr | If present, specifies the Internet address of the interface |

RARP, BOOTP e DHCP

- Obtenção de um endereço IP sendo conhecido apenas o endereço Ethernet
- **Exemplo:** “boot” de uma “workstation” sem disco em que a máquina recebe uma imagem do sistema operativo a partir de um servidor remoto
«O meu endereço ethernet é ... alguém conhece o meu endereço IP?»
- **RARP (Reverse Address Resolution Protocol):**
 - Utiliza a difusão limitada para aceder ao servidor RARP (não passa pelos “routers”)
=> É necessário um servidor RARP em cada rede
- **BOOTP (Bootstrap Protocol):**
 - Utiliza mensagens UDP que são encaminhadas pelos routers
 - Requer configuração manual das tabelas que mapeiam os endereços IP em endereços Ethernet
- **DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol):**
 - Evolução do protocolo BOOTP
 - Permite configuração automática e manual



DHCP (2)

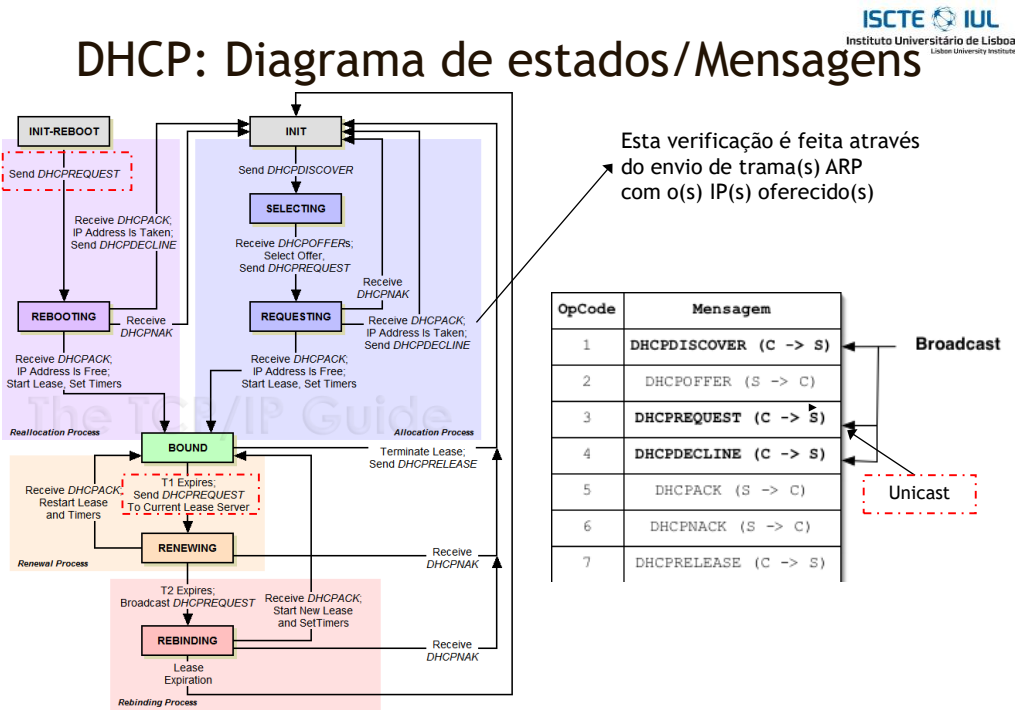
- Protocolo cliente/servidor de nível aplicação
 - Configuração do cliente
 - E.g., endereço IP, máscara rede, IP *router*, servidor DNS
 - Pode ser utilizado para outros parâmetros que não relacionados com o IP
 - Exemplos: TIME OFFSET, Localização geográfica, Printer server
- Dois tipos de entradas na base de dados do servidor
 - Entradas estáticas (pares cliente/parâmetros fixos)
 - Entradas dinâmicas: conjunto de endereços disponíveis
- Arquitectura do DHCP
 - Pode existir mais de um servidor de DHCP por rede
 - Um servidor DHCP pode servir várias redes (DHCP *relay*)

ISCTE 2017/2018

Equipa Redes Digitais I

11

11



ISCTE 2017/2018

Equipa Redes Digitais I

12

12

O Relay Agent

- Re-encapsula os pedidos em broadcast do cliente em mensagens dirigidas ao(s) servidor(es)
- Como sabe o servidor que configuração fornecer ao cliente ?
 - O Relay Agent altera as mensagens em que é intermediário
 - A interface de entrada do pedido no Relay Agent está na rede do cliente!
- Serve de intermediário também nas respostas ao cliente

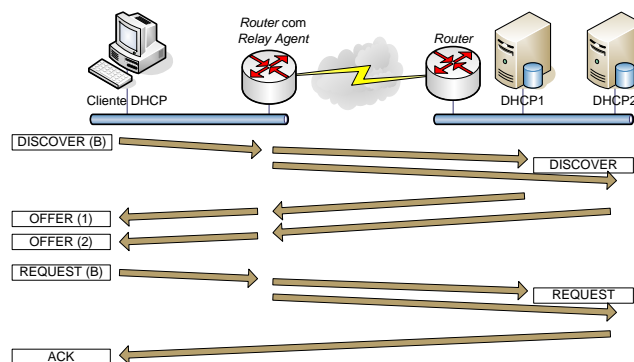
ISCTE 2017/2018

Equipa Redes Digitais I

14

14

Obtenção de configuração via Relay Agent



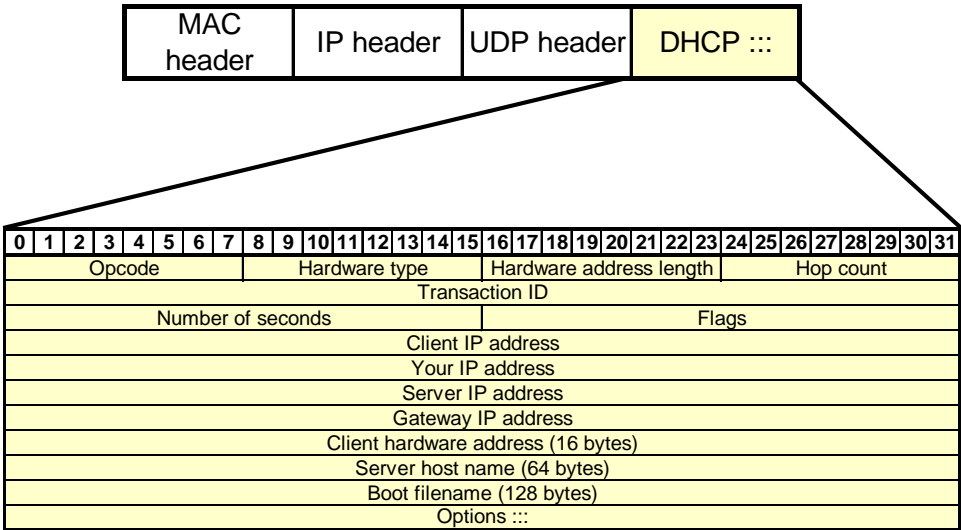
ISCTE 2017/2018

Equipa Redes Digitais I

15

15

Mensagem DHCP



ISCTE 2017/2018

Equipa Redes Digitais I

16

16

O cabeçalho DHCP - Campos

- Opcode: 8 bit
 - 1 - BOOTREQUEST, Boot request
 - 2 - BOOTREPLY, Boot reply
- Hardware type: 8 bit
 - Os mais comuns:
 - 1 - Ethernet
 - 14 - SMDS
 - 15 - Frame Relay
 - 18 - Fibre Channel
 - 24 - IEEE1394 (RFC2855)
 - Ver: [Lista completa dos atribuídos pela IANA](#)
- Hardware address length: 8 bit - Dimensão em bytes dos endereços físicos/MAC.
- Hop count: 8 bit - Usado pelos relay agents para limitar a propagação das mensagens.
- Transaction ID: 32 bit - Número aleatório escolhido pelo cliente e usado para associar os pedidos às respostas.
- Number of seconds: 16 bit - Tempo decorrido desde que o cliente iniciou o processo de aquisição ou renovação de endereço.
- Flags. 16 bit ([RFC 1542](#)) - Só definido o bit de maior peso, quando activo, o cliente pretende que a resposta do servidor ao pedido seja enviada em broadcast.

ISCTE 2017/2018

Equipa Redes Digitais I

17

17

Cabeçalho DHCP - Campos

- Client IP address: 32 bit - Endereço actual do cliente (0.0.0.0 inicialmente)
- Your IP address: 32 bit - Endereço oferecido ao cliente.
- Server IP address: 32 bit - Endereço do servidor (para comunicações directas)
- Gateway IP address: 32 bit - Endereço primário da interface do relay agent por onde entrou o pedido do cliente.
- Client hardware address: 16 byte - Endereço físico/MAC do cliente.
- Server host name: 64 byte - Nome do servidor de arranque do S.O. (também usado para overload de opções)
- Boot filename: 128 byte - Nome completo (com caminho) do ficheiro de arranque do S.O. (também usado para overload de opções)
- [BOOTP/DHCP options](#): Dimensão variável - Os 4 primeiros bytes têm o valor «mágico» de 0x63825363 (o mesmo que havia sido definido para o BOOTP). O resto deste campo consiste numa lista de parâmetros «etiquetados» chamados de opções segundo o típico formato TLV (type, length, value). Todas as vendor extensions definidas para o BOOTP são também válidas com opções DHCP.

Opções DHCP mais relevantes

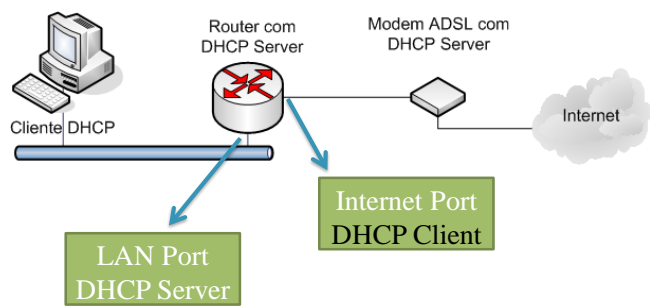
| Code | Dimensão | Descrição | Detalhes em: |
|------|----------|----------------------------------|------------------------------|
| 1 | 4 | Subnet Mask. | |
| 3 | 4+ | Router. | |
| 6 | 4+ | Domain Name Server. | |
| 12 | 1+ | Host Name. | |
| 15 | 1+ | Domain Name. | |
| 44 | 4+ | NetBIOS over TCP/IP name server. | RFC 1533, RFC 2132 |
| 46 | 1 | NetBIOS over TCP/IP Node Type. | RFC 1533, RFC 2132 |
| 50 | 4 | Requested IP Address. | RFC 1533, RFC 2132 |
| 51 | 4 | IP address lease time. | RFC 1533, RFC 2132 |
| 52 | 1 | Option overload. | RFC 1533, RFC 2132 |
| 53 | 1 | DHCP message type. | RFC 1533, RFC 2132, RFC 3203 |
| 54 | 4 | Server identifier. | RFC 1533, RFC 2132 |
| 55 | 1+ | Parameter request list. | RFC 1533, RFC 2132 |
| 56 | 1+ | Message. | RFC 1533, RFC 2132 |
| 57 | 2 | Maximum DHCP message size. | RFC 1533, RFC 2132 |
| 58 | 4 | Renew time value. | RFC 1533, RFC 2132 |
| 59 | 4 | Rebinding time value. | RFC 1533, RFC 2132 |
| 255 | 0 | End. | |

| Valor | Tipo | Definida em: |
|-------|----------------|--------------|
| 1 | DHCPDISCOVER | RFC2132 |
| 2 | DHCP OFFER | RFC2132 |
| 3 | DHCPREQUEST | RFC2132 |
| 4 | DHCPDECLINE | RFC2132 |
| 5 | DHCPACK | RFC2132 |
| 6 | DHCPNAK | RFC2132 |
| 7 | DHCPRELEASE | RFC2132 |
| 8 | DHCPINFORM | RFC2132 |
| 9 | DHCPFORCERENEW | RFC3203 |

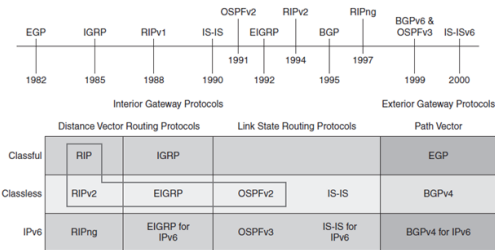
Valores definidos para a opção 53
(DHCP Message Type)

- [Lista completa pode ser obtida na IANA](#)
(Internet Assigned Numbers Authority)

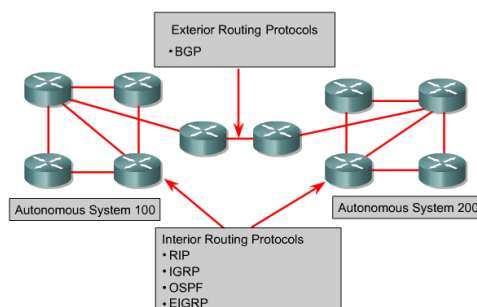
Exemplo prático



Visão Geral dos Protocolos de Routing



Visão Geral dos Protocolos de Routing



- RIP – Protocolo de routing interior com base na distância
- IGRP – Protocolo de routing interior da Cisco com base na distância
- OSPF – Protocolo de routing interior com base no estado das ligações
- EIGRP – Protocolo de routing interior da Cisco com base na distância
- BGP – Protocolo de routing exterior com base na distância

ISCTE 2017/2018

Equipa Redes Digitais I

22

22

Routing Information Protocol (RIP)

- Encaminhamento dentro de um sistema autónomo (intra-AS)
 - Estações passivas (apenas escutam) e activas (escutam e enviam)
- Utiliza o algoritmo de vector distância
 - Métrica utilizada é o número de saltos (max. rede 15 saltos)
 - Vectores distância trocados a cada 30 segundos
 - Vectores distância trocados em mensagens *RIP Advertisement*
 - Máximo de 25 destinos de rede dentro do AS
 - Uma estação pode pedir o vector do seu vizinho através de *RIP Request*
 - Mecanismos para lidar com falhas / recuperação
 - Utiliza a estratégia de *split horizon* para lidar com o problema *count to infinity*
 - Se nenhum anúncio é escutado durante 180 seg numa determinada linha:
 - A ligação/vizinho é declarada(o) como estando inactiva(o)
 - As rotas via aquele vizinho são invalidadas enviando um *poison route* (i.e., d=16)
- RIP Versão 1 (RFC1058), Versão 2 (RFC2453)

ISCTE 2017/2018

Equipa Redes Digitais I

23

23

Open Shortest Path First - OSPF

- **Interior Gateway Routing Protocol:**
 - Encaminhamento dentro de um sistema autónomo
 - Desenvolvido pela IETF 1988-1990
 - **Routing Internet Protocol (RIP)**
 - Protocolo original da Internet
 - *Distance vector protocol*
 - Bom para sistemas pequenos
 - Problema: *count-to-infinity*.
 - Substituído por um protocolo do tipo *Link State* (Maio de 1979)
- Requisitos do OSPF:**
- Algoritmo aberto
 - Suportar várias métricas: distância, atraso, etc.
 - Dinâmico, adaptando-se automaticamente e rapidamente às mudanças de topologia
 - Encaminhamento baseado no tipo de serviço
 - Balanceamento da carga
 - Suportar sistemas hierárquicos
 - Segurança contra falsas informações
 - Ligações via túnel

Border Gateway Protocol - BGP

- **Exterior Gateway Routing Protocol:** encaminhamento entre sistemas autónomos
- Entre sistemas autónomos é necessário encaminhar os pacotes de acordo com questões políticas, económicas ou de segurança
- As redes são classificadas em três categorias:
 - Redes-extremo "*Stub-networks*": só têm uma ligação ao grafo BGP
 - Redes multi-conectadas "*Multiconnected networks*": podiam ser usadas para transportar tráfego de trânsito só que o recusam
 - Redes de trânsito "*Transit networks*": próprias para tráfego de trânsito podendo exibir restrições (operadoras)
- "*Distance Vector Protocol*" que além do custo guarda qual o caminho usado e diz aos vizinhos qual o caminho exacto que usa para um dado destino
- Exemplo:

Não existe o problema do "count-to-infinity"!

 - F recebe dos seus vizinhos a seguinte informação sobre D
 - B: BCD
 - G: GCD
 - I: IFGCD
 - E: EFGCD

