

**Universidade do Minho**  
**Mestrado Integrado em Engenharia Informática**  
**Redes de Computadores**  
**TP2: Protocolo IP (Parte II)**

*Endereçamento e Encaminhamento IP*

## 1. Objectivos

Neste trabalho continua-se o estudo do protocolo IPv4 com ênfase no endereçamento e encaminhamento IP. Serão estudadas algumas das técnicas mais relevantes que foram propostas para aumentar a escalabilidade do protocolo IP, mitigar a exaustão dos endereços IPv4 e também reduzir os recursos de memória necessários nos *routers* para manter as tabelas de encaminhamento.

Das técnicas mais comuns, destacam-se:

- 1) Classless InterDomain Routing<sup>1</sup> (CIDR) - RFCs 1517, 1518, 1519, 1520
- 2) Subredes (*Subnetting*)
- 3) Variable Length Subnet Masking<sup>2</sup> (VLSM) - RFC 1009
- 4) Sumarização de Rotas (*Supernetting*)
- 5) IP não numerados
- 6) Atribuição dinâmica de endereços usando o DHCP<sup>3</sup>
- 7) Utilização de endereços privados - RFC 1918

Relativamente à exaustão de endereços as técnicas acima referidas apenas solucionam o problema no curto prazo. Uma solução para responder ao aumento significativo do número de endereços que se antevem necessários a médio e longo prazo é o uso progressivo do *Internet Protocol* versão 6 (IPv6).

## 2. Endereçamento e Encaminhamento IP

Recorda-se que um endereço IP identifica a interface de rede de um *host* numa determinada rede IP.

Originalmente, os endereços IP foram organizados em classes. Nesse esquema, o identificador de *host* e de rede estão pré-definidos. A classe A foi definida para redes de grande dimensão, a classe B para redes de média dimensão e a C para redes de pequena dimensão. A classe D é usada para comunicação em grupo (*multicast*) e a classe E é reservada. Atualmente, é usada a notação CIDR que, com auxílio de uma máscara de rede (*netmask*), permite determinar a parte do endereço IP que identifica a rede e o *host*.

Tomando como exemplo um endereço classe A 10.10.10.10, por defeito, a máscara de rede é sempre 255.0.0.0. Isto significa que o endereço de rede corresponde ao primeiro byte e o identificador de *host* aos três últimos bytes do endereço. Na notação CIDR especifica-se o número de bits (/n) usados para identificar o endereço de rede, e.g.

---

<sup>1</sup> Encaminhamento Inter-Domínio sem Classes

<sup>2</sup> Máscaras de sub-rede de comprimento variável

<sup>3</sup> *Dynamic Host Configuration Protocol*

10.10.10.10/8, podendo o valor de /n variar. Assim, no esquema de endereçamento sem classes, a máscara de rede é variável e determinada de acordo com o valor /n.

#### Caso de estudo:

Considere que a organização MIEI-RC é constituída por quatro departamentos (A, B, C e D) e cada departamento possui um *router* de acesso à sua rede local. Estes *routers* ( $R_a$ ,  $R_b$ ,  $R_c$ ,  $R_d$ ) estão interligados entre si por ligações Ethernet a 1Gbps, formando um anel. Por sua vez, existem dois servidores ( $S_1$ ,  $S_2$ ) na rede do departamento D, e pelo menos dois *laptops* por departamento, interligados ao *router* respetivo através de um comutador (*switch*). Considere apenas a existência de um comutador por departamento.

A conectividade IP externa da organização é assegurada através de um router de acesso R conectado a  $R_d$  por uma ligação ponto-a-ponto a 10 Gbps.

Construa uma topologia CORE que reflita a rede local da empresa. Para facilitar a visualização pode ocultar o endereçamento IPv6.

- 1) Atenda aos endereços IP atribuídos automaticamente pelo CORE aos diversos equipamentos da topologia.
  - a. Indique que endereços IP e máscaras de rede foram atribuídos pelo CORE a cada equipamento. Para simplificar, pode incluir uma imagem que ilustre de forma clara a topologia definida e o endereçamento usado.
  - b. Tratam-se de endereços públicos ou privados? Porquê?
  - c. Porque razão não é atribuído um endereço IP aos *switches*?
  - d. Usando o comando *ping* certifique-se que existe conectividade IP entre os *laptops* dos vários departamentos e os servidores do departamento D (basta certificar-se da conectividade de um *laptop* por departamento).
  - e. Verifique se existe conectividade IP do router de acesso para os servidores  $S_1$  e  $S_2$ .
- 2) Para o *router* e um *laptop* do departamento B:
  - a. Execute o comando `netstat -rn` por forma a poder consultar a tabela de encaminhamento unicast (IPv4). Inclua no seu relatório as tabelas de encaminhamento obtidas; interprete as várias entradas de cada tabela. Se necessário, consulte o manual respetivo (`man netstat`).
  - b. Diga, justificando, se está a ser usado encaminhamento estático ou dinâmico (sugestão: analise que processos estão a correr em cada sistema).
  - c. Admita que, por questões administrativas, a rota por defeito (0.0.0.0 ou *default*) deve ser retirada definitivamente da tabela de encaminhamento do servidor  $S_1$  localizado no departamento D. Use o comando `route delete` para o efeito. Que implicações tem esta medida para os utilizadores da empresa que acedem aos servidores. Justifique.
  - d. Adicione as rotas estáticas necessárias para restaurar a conectividade para o servidor  $S_1$ , por forma a contornar a restrição imposta na alínea c). Utilize para o efeito o comando `route add` e registre os comandos que usou.
  - e. Teste a nova política de encaminhamento garantindo que o servidor está novamente acessível, utilizando para o efeito o comando *ping*. Registe a nova tabela de encaminhamento do servidor.

### 3. Definição de Sub-redes

Por forma a minimizar a falta de endereços IPv4 é comum a utilização de sub-redes. Além disso, a definição de sub-redes permite uma melhor organização do espaço de endereçamento das redes em questão.

Para definir endereços de sub-rede é necessário usar a parte prevista para endereçamento de *host*, não sendo possível alterar o endereço de rede original. Recordase que o *subnetting*, ao recorrer ao espaço de endereçamento para *host*, implica que possam ser endereçados menos *hosts*.

Considere a topologia definida anteriormente. Assuma que o endereçamento entre os *routers* se mantém inalterado, contudo, o endereçamento em cada departamento deve ser redefinido.

- 1) Considere que dispõe apenas do endereço de rede IP 172.16.0.0/16, defina um novo esquema de endereçamento para as redes dos departamentos (mantendo a rede de acesso e core inalteradas) e atribua endereços às interfaces dos vários sistemas envolvidos. Deve justificar as opções usadas.
- 2) Qual a máscara de rede que usou (em formato decimal)? Quantos *hosts* IP pode interligar em cada departamento? Justifique.
- 3) Garanta e verifique que conectividade IP entre as várias redes locais da organização MIEI-RC é mantida.

### Bibliografia

*Internetworking* - Protocolo IP (Notas de Apoio das Aulas Teóricas)

*Internet Protocol (IP)*: <http://tools.ietf.org/html/rfc791>

### Relatório do trabalho realizado

O relatório final do TP2 deve incluir:

- uma secção "Questões e Respostas" relativas ao enunciado acima, incluindo para cada questão: a questão, a resposta e a prova da realização da mesma (se aplicável);
- uma secção de "Conclusões" que autoavale os resultados da aprendizagem decorrentes das várias vertentes estudadas no trabalho.

O relatório pode um formato livre ou o formato LNCS e ser submetido na plataforma de ensino com o nome RC-TP2-PL<TurnoGrupo>.pdf (por exemplo, RC-TP2-PL11.pdf para o grupo PL1.1) no final da aula prevista para a conclusão do trabalho.