

Introdução aos Sistemas e Redes de Computadores 2010/11

TP11- Guião de Introdução às Redes de Computadores e Internet

Assunto -- as camadas de Aplicação, Transporte e Rede: conceitos de nomes simbólicos e endereços de rede; conceitos relacionados com canais de dados e tempos de transferência de informação associados; o mecanismo de encaminhamento (*routing*); os comandos *nslookup*, *ping*, e *traceroute* (*Linux*) ou *tracert* (*Windows*).

A. A relação entre nomes simbólicos e endereços reais

Esta secção ilustra, através de exemplos concretos, a relação entre nomes simbólicos de nós na rede e os seus endereços reais, i.e. os seus *endereços da camada de rede*, também designados “*endereços IP*”.

1. Abra uma janela do browser e estabeleça uma ligação ao servidor de páginas *Web* do conhecido *portal/motor de busca* “*Sapo Portugal*”,

a) usando o seu nome simbólico:

```
http://www.sapo.pt/
```

b) usando o seu endereço real:

```
http://213.13.146.140
```

2. Consultar o serviço que mantém a relação entre *nome simbólico* e *endereço IP* através do comando *nslookup* (ou o comando *host*).

2.1. Invoque, para o exemplo anterior, o comando *nslookup* partindo do nome simbólico:

```
$ nslookup www.sapo.pt
```

O resultado obtido será algo semelhante a:

```
$ nslookup www.sapo.pt
Server:          193.136.122.1
Address:         193.136.122.1#53

Non-authoritative answer:
Name:            www.sapo.pt
Address: 213.13.146.140
```

Nota: Como pode verificar o endereço real do portal do “*sapo*” é *213.13.146.140*.

Para mais, neste caso, a máquina que dá a resposta, situa-se no DI, no endereço *193.136.122.1*. Ou seja, o site do *sapo* é acedido tão frequentemente, que o seu endereço real já é conhecido por uma máquina local no DI, designada por “*servidor de nomes*” (“*name server*”), cujo nome simbólico é *ns.di.fct.unl.pt*.

2.2. Invoque agora, o comando *nslookup* partindo do endereço real do servidor do “Sapo Portugal”:

```
$ nslookup 213.13.146.140
```

O resultado obtido será, novamente, algo semelhante a:

```
Server:          193.136.122.1
Address:         193.136.122.1#53

Non-authoritative answer:
140.146.13.213.in-addr.arpa      name = sapo.pt.

Authoritative answers can be found from:
146.13.213.in-addr.arpa        nameserver =
a.ns.146.13.213.in-addr.arpa.
a.ns.146.13.213.in-addr.arpa    internet address =
212.55.154.202
```

2.3. O nome simbólico do servidor de nomes do DI também pode ser obtido através do comando *nslookup*:

```
$ nslookup 193.136.122.1
Server:          193.136.122.1
Address:         193.136.122.1#53

1.122.136.193.in-addr.arpa      name = ns.di.fct.unl.pt.
1.122.136.193.in-addr.arpa      name = mail.di.fct.unl.pt.
1.122.136.193.in-addr.arpa      name = srv1.di.fct.unl.pt.
```

3. Repita o exercício **1**, usando agora um dos endereços em baixo. Para tal:

- Abra uma página *web* usando o endereço simbólico que escolheu.
- Pesquise o seu endereço real, usando o *nslookup*.
- Abra a mesma página *web*, usando agora o endereço real do servidor *web*.
- Endereços que pode experimentar:

```
www.fct.unl.pt
asc.di.fct.unl.pt
www.clix.pt
www.cmu.edu
```

4. Qual o significado dos vários campos do nome simbólico de um *host* bem como do seu endereço real? Como é feita a resolução de nomes?

O protocolo de resolução de nomes na Internet é designado *DNS*

- “O *DNS (Domain Name Service)* é uma base de dados distribuída, replicada e hierárquica de registo de nomes e atributos de objectos (hosts, ...)”.
- A organização hierárquica compreende um conjunto de domínios, cada um com um servidor que conhece toda a informação desse domínio (“*authority domain server*”).
- Essa organização hierárquica, compreende:
 - na raiz da hierarquia estão os “*top level domains*” – Exemplos: com, net, etc; países: pt, fr, uk, etc.

- “*second level domains*” – nós intermédios
 - Nas folhas da árvore encontram-se os *servidores de nomes locais* (“*local name servers*”) -- exemplo: `ns.di.fct.unl.pt`.
 - O *DNS* define a sintaxe dos nomes DNS e “é um *protocolo do nível aplicacional* que permite a tradução de nomes de hosts, routers, etc.”
 - Os nomes DNS (“*fully qualified domain name*”) são “construídos de baixo para cima”.
 - A resolução de nomes compreende a pesquisa começando na raiz da árvore de domínios (ou, por exemplo, a resposta pode estar guardada/já ser conhecida do servidor de nomes local).
5. Experimente agora o *applet* no endereço a seguir indicado, que pretende ilustrar o funcionamento do mecanismo de resolução de nomes na Internet (*Domain Name System*)

http://media.pearsoncmg.com/aw/aw_kurose_network_2/applets/dns/dns.html

B. Canais de comunicação e tempos de transferência de informação

Nesta secção são apresentados, e ilustrados com exemplos, conceitos relacionados com canais de dados, bem como tempos de transferência de informação associados.

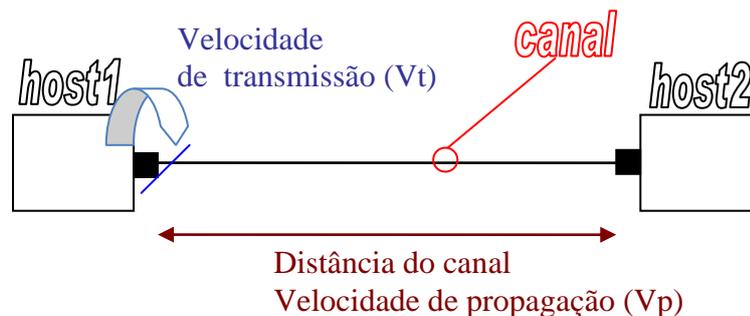


Figura 1

A **Figura 1** descreve, de modo esquemático, um *canal de comunicação* entre dois nós (*end-points*) na rede (*host1* e *host2*). No contexto deste exemplo, considera-se o *emissor* como sendo o *host1*, e o *receptor* como sendo o *host2*.

Como referido nas aulas teóricas, a informação é transferida pela rede em unidades designadas por *pacotes*. Cada pacote contém um certo número de *bits*, e essa quantidade é geralmente representada em *base 10*, se nada é dito em contrário. Por exemplo,

se a *dimensão de um pacote* é *1000KBytes*,
então, o pacote contém $1000 * 10^3 * 8$ bits

A determinação dos tempos de transferência entre os dois nós depende de características tais como:

- **Distância do canal** (*channel length*) – comprimento do canal de comunicação que liga os dois nós; a distância é geralmente dada em unidades de **metro** ou **Km**.
- **Velocidade de propagação** (*propagation speed*), (representado V_p na Figura) – é a velocidade de propagação do sinal ou, simplificada, a taxa a que cada unidade de informação consegue transitar no meio físico que suporta o canal de comunicação; esta velocidade mede-se em **metros por segundo (m/s)** e, tipicamente, os seus valores são próximos da velocidade da luz.
- **Velocidade de transmissão**, ou *transmission rate* (representado V_t na Figura) – é a **velocidade do canal de comunicação**, e corresponde à taxa a que o emissor consegue injectar bits no canal de dados; esta velocidade mede-se em **bits por segundo (bps)** e define a **capacidade do canal**.

Novamente, tanto a velocidade de propagação como a velocidade de transmissão são representadas em **base 10**. Por exemplo,

se a **velocidade de transmissão é 1Mbps**, então,
essa taxa corresponde a **10^6 bits / segundo**.

Os tempos de transferência entre os dois nós que vamos considerar são:

- **Tempo de transmissão** – é o tempo necessário para injectar no canal de dados um determinado conjunto de bits; este tempo é geralmente representado em *segundos*, e depende da quantidade da informação a transmitir (e.g. número de bits de um pacote), bem como da velocidade de transmissão do canal.

Tempo de transmissão (representado T_t) é dado pela fórmula:

$$T_t = D_p / V_t$$

Ou seja,

$$T_t = \text{dimensão do pacote (bits)} / \text{velocidade de transmissão (bps)}$$

- **Tempo de propagação** (“*propagation delay*”) – é o tempo necessário para um bit de informação chegar ao destino através do canal; este tempo depende apenas da distância do canal bem como da sua velocidade de propagação.

Tempo de propagação (representado T_p) é dado pela fórmula:

$$T_p = D_c / V_p$$

Ou seja,

$$T_p = \text{dimensão do canal (metros)} / \text{velocidade de propagação do sinal (metros / s)}$$

Ou, de modo equivalente,

$$T_p = D_c \text{ (Km)} / V_p \text{ (Km/s)}$$

- **Tempo de transmissão extremo a extremo** (“*transmission delay*”) ou *latência* (ou simplesmente “*delay*”) – tempo para que um pacote de informação chegue ao destino.

Tempo de transmissão extremo a extremo, no contexto da **Figura 2**, é dado pela fórmula:

$$T_e = T_t + T_p$$

Ou seja,

$$T_e = \text{tempo de transmissão (seg)} + \text{tempo propagação (seg)}$$

1. Considere o *applet* no seguinte endereço:

http://media.pearsoncmg.com/aw/aw_kurose_network_2/applets/transmission/delay.html

1.1. Experimente-o para os seguintes valores:

```
Dc (Length) = 1000Km; Vt (Rate) = 1 Mbps;
Dimensão_do_pacote (Packet size) = 100 Bytes;
```

a) Verifique, usando as fórmulas acima, que o tempo de transmissão extremo extremo que calculou corresponde (é semelhante) ao *transmission delay* que aparece a vermelho na figura do *applet*.

b) Neste caso, qual é maior, o tempo de transmissão ou o tempo de propagação?

1.2. Experimente agora o mesmo *applet* para os seguintes valores:

```
Dc (Length) = 1000Km; Vt (Rate) = 1 Mbps;
Dimensão_do_pacote (Packet size) = 500 Bytes;
```

a) Novamente, verifique, usando as fórmulas acima, que o tempo de transmissão extremo extremo que calculou corresponde (é semelhante) ao *transmission delay* que aparece a vermelho na figura do *applet*.

b) Neste caso, qual é maior, o tempo de transmissão ou o tempo de propagação? Que implicações podem existir?

2. Um dos comandos muito úteis em Redes de Computadores é o comando *ping* que envia um *pacote* (sem dados) para um nó da rede (destino), o qual, por sua vez, faz o eco enviando também um *pacote* (sem dados) para o emissor. De modo a obter resultados mais fiáveis (com base em dados estatísticos), o comando *ping* não envia um único pacote, mas faz vários envios em sequência – i.e. envia um pacote, e só após receber o pacote “eco” desse pacote, envia novo pacote. Tal repete-se, por exemplo, até o utilizador abortar o comando com *ctrl+c* (^C).

2.1. Experimente invocar o comando *ping* para o seguinte endereço:

```
$ ping www.fct.unl.pt
```

Deverá obter algo semelhante a:

```
$ ping www.fct.unl.pt
PING www.fct.unl.pt (193.136.126.41) 56(84) bytes of data.
64 bytes from www.fct.unl.pt (193.136.126.41): icmp_seq=1 ttl=59
time=0.899 ms
64 bytes from www.fct.unl.pt (193.136.126.41): icmp_seq=2 ttl=59
time=0.712 ms
64 bytes from www.fct.unl.pt (193.136.126.41): icmp_seq=3 ttl=59
time=0.754 ms
64 bytes from www.fct.unl.pt (193.136.126.41): icmp_seq=4 ttl=59
time=0.750 ms
```

```
64 bytes from www.fct.unl.pt (193.136.126.41): icmp_seq=5 ttl=59
time=0.766 ms
64 bytes from www.fct.unl.pt (193.136.126.41): icmp_seq=6 ttl=59
time=1.03 ms
^C
--- www.fct.unl.pt ping statistics ---
6 packets transmitted, 6 received, 0% packet loss, time 5020ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.712/0.819/1.036/0.116 ms
```

2.2. Experimente invocar mais do que uma vez o comando em 2.1. O que observa?

2.3. Experimente agora invocar o comando *ping* para um endereço no estrangeiro:

```
$ ping www.google.com
```

Ou por exemplo:

```
$ ping www.cmu.edu
```

Deverá obter algo semelhante a:

```
$ ping cmu.edu
PING cmu.edu (128.2.10.162) 56(84) bytes of data.
64 bytes from WWW-CMU-1.ANDREW.CMU.EDU (128.2.10.162): icmp_seq=1 ttl=236
time=147 ms
64 bytes from WWW-CMU-1.ANDREW.CMU.EDU (128.2.10.162): icmp_seq=2 ttl=236
time=146 ms
64 bytes from WWW-CMU-1.ANDREW.CMU.EDU (128.2.10.162): icmp_seq=3 ttl=236
time=147 ms
64 bytes from WWW-CMU-1.ANDREW.CMU.EDU (128.2.10.162): icmp_seq=4 ttl=236
time=146 ms
64 bytes from WWW-CMU-1.ANDREW.CMU.EDU (128.2.10.162): icmp_seq=5 ttl=236
time=147 ms
64 bytes from WWW-CMU-1.ANDREW.CMU.EDU (128.2.10.162): icmp_seq=6 ttl=236
time=147 ms
^C
--- cmu.edu ping statistics ---
6 packets transmitted, 6 received, 0% packet loss, time 5005ms
rtt min/avg/max/mdev = 146.969/147.075/147.257/0.333 ms
```

2.4. Do resultado do comando *ping* é possível extrair a seguinte informação:

- O *Round Trip Time*, ou *RTT*, de um *pacote*, o qual, em termos gerais, representa o tempo que um pacote demora a chegar ao destino e a voltar.
- O *RTT* permite estimar o tempo de propagação, uma vez que o *RTT* é o “tempo de ida e volta”. Assim, em termos simplificados, pode-se considerar:

$$\mathbf{RTT = 2 * (tempo\ de\ propagação)}$$

Ou seja,

$$\mathbf{Propagation\ delay = RTT / 2}$$

- O *RTT* apresentado pelo comando *ping* é dado em três valores: tempo mínimo, tempo máximo, tempo médio.

- Se houve *perda de pacotes*, ou seja, um determinado pacote não chegou ao destino, ou o seu pacote de “eco” não chegou ao destino. Ver secção C, exercício 1.

2.5. No caso do exemplo acima, qual o RTT médio? E qual o valor do tempo de propagação?

C. Camada de rede - mecanismo de encaminhamento (*network routing*)

O objectivo desta secção é compreender o que é o mecanismo de encaminhamento na rede (ou *network routing*), suas características e funcionamento básicos. Como descrito na aula teórica, a transferência de informação através de diferentes redes na Internet (que é uma “rede de redes”) é feita através de *encaminhadores de pacotes*, ou *network routers*.

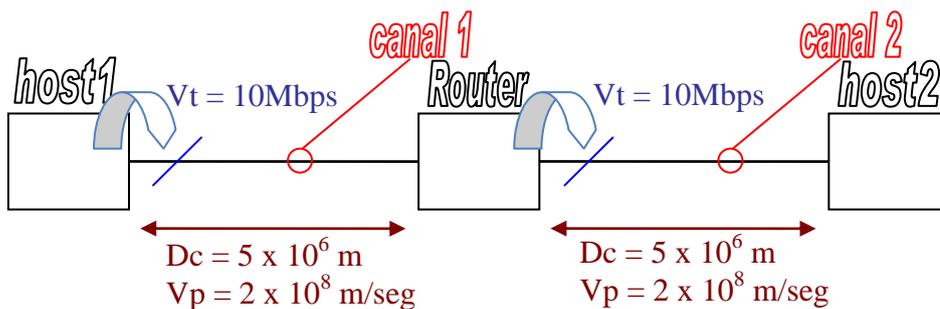


Figura 2

A **Figura 2** descreve, de modo esquemático, um *canal de comunicação* entre dois nós na periferia da rede (*host1* e *host2*), mas em que há um *encaminhador de pacotes* (*Router*) entre esses dois nós. Para efeitos da **Figura 2**, considera-se que o *host1* é a origem/emissor de informação e o *host2* é o destino/receptor da informação. Como pode ser observado, neste caso, o *host1* está ligado ao *Router* por um canal de dados com características iguais ao canal de dados que liga o *Router* ao *host2*.

O *Router* ou *encaminhador de pacotes* é responsável por retransmitir um pacote, dirigindo-o pela rede mais indicada em direcção ao destino. O seu funcionamento básico inclui as seguintes características:

- Mecanismo “*Store & Forward*”: só depois de um pacote ser recebido na totalidade, é então retransmitido pelo *Router*.
- O *Router* tem uma *fila de espera* que permite guardar os pacotes que vão chegando do emissor, i.e. através do **canal 1** na **Figura 2**. Os pacotes são então guardados na fila de espera enquanto o router não os consegue retransmitir pelo canal de dados de saída, i.e. **canal 2** da **Figura 2**.

1. Considere o *applet* no endereço que se segue, em que se pode ver a fila de espera de um Router em funcionamento:

http://media.pearsoncmg.com/aw/aw_kurose_network_2/applets/queuing/queuing.html

O *emission rate*, é a chegada de pacotes ao *Router* por unidade de tempo.

O *transmission rate* define quantos pacotes o *Router* consegue transmitir, por unidade de tempo.

- 1.1. Experimente-o para os seguintes valores:

```
Emission rate = 500 packet/s
Transmission rate = 1000 packet/s
```

- 1.2. Experimente-o agora com os seguintes valores:

```
Emission rate = 500 packet/s
Transmission rate = 350 packet/s
```

- 1.3. Compare as implicações da situação 1.2 e compare-as com a situação 1.1.

2. Considere agora o comando *tracert* que, em Windows (ou *tracert* em Mac OS ou Linux), permite ver o caminho que um pacote pode tomar até ser entregue no destino. Por exemplo, experimente

```
$ tracert google.com
```

Poderá obter algo semelhante a:

```
$ tracert google.com
tracert: Warning: google.com has multiple addresses; using 64.233.187.99
tracert to google.com (64.233.187.99), 30 hops max, 38 byte packets
 1  cb-di.fct.unl.pt (193.137.126.9)  0.821 ms  0.594 ms  0.581 ms
 2  * 193.137.126.250 (193.137.126.250) 0.807 ms 0.823 ms
 3  193.137.126.237 (193.137.126.237) 0.754 ms 1.040 ms 0.845 ms
 4  * * *
 5  ROUTER26.FE0-0.Caparica.fcn.pt (193.136.1.57) 20.745 ms 25.480 ms 25.219 ms  ISP-1
 6  ROUTER23.ATM.Lisboa.fcn.pt (193.136.1.49) 15.292 ms 28.718 ms 18.059 ms
 7  ROUTER1.GE.Lisboa.fcn.pt (193.137.0.30) 26.636 ms 27.361 ms 31.728 ms
 8  fcn.pt1.pt.geant.net (62.40.103.177) 18.932 ms 22.466 ms 18.792 ms  ISP-2
Tier-2
 9  so-1-1-0.rt1.mad.es.geant2.net (62.40.112.97) 46.327 ms 46.908 ms 29.681 ms
10  so-7-2-0.rt1.gen.ch.geant2.net (62.40.112.25) 60.513 ms 49.571 ms 57.895 ms
11  so-2-0-0.rt1.mil.it.geant2.net (62.40.112.34) 60.679 ms 67.048 ms 55.344 ms
12  so-7-1.car1.Milan1.Level3.net (213.242.65.25) 70.669 ms 49.548 ms 56.444 ms  ISP-3
Tier-1
13  ge-0-0-0.mp1.Milan1.Level3.net (4.68.125.245) 49.805 ms 67.002 ms 74.548 ms
14  as-3-0.bbr2.Frankfurt1.Level3.net (4.68.128.185) 90.561 ms 71.205 ms 93.187 ms
15  as-3-0.bbr2.Washington1.Level3.net (4.68.128.206) 212.899 ms ...
16  ae-21-54.car1.Washington1.Level3.net (4.68.121.114) 151.303 ms ....
17  GOOGLE-INC.car1.Level3.net (4.79.228.38) 154.910 ms 150.433 ms 148.843 ms  Rede
18  66.249.95.149 (66.249.95.149) 170.159 ms 185.014 ms 163.636 ms  Destino
19  64.233.187.99 (64.233.187.99) 163.370 ms 167.770 ms 194.189 ms
```

D. Exercícios adicionais

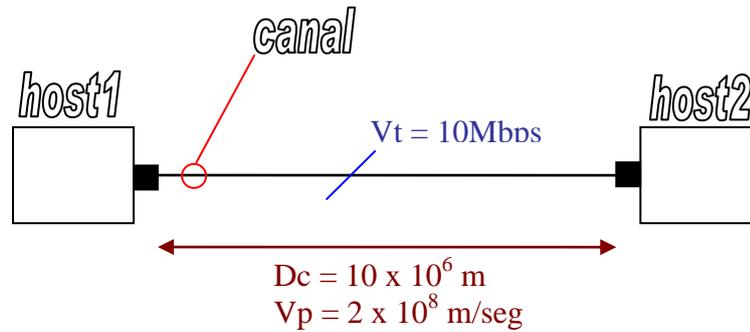


Figura 3

1. Um ficheiro MP3 de 30 M bits de tamanho vai ser transmitido do computador origem para o computador destino. Todos os canais entre os dois computadores têm uma velocidade de transmissão de 10 M bps. Assuma que a velocidade de propagação é de 2×10^8 metros por segundo e que a distância entre os dois computadores é de 10.000 Km. A representação esquemática dos dados do problema é dada na **Figura 3**.

1.1. Suponha que só existe um canal entre os dois computadores. Suponha também que todo o ficheiro é transmitido num único pacote. O tempo de transmissão é de:

- a) 50 mili segundos
- b) 3,05 segundos
- c) 3 segundos
- d) nenhum desses valores

1.2. Suponha que só existe um canal entre os dois computadores. Suponha também que todo o ficheiro é transmitido num único pacote. O tempo de transmissão de extremo a extremo é de:

- a) 3 segundos
- b) 6 segundos
- c) 3,05 segundos
- d) nenhum desses valores

2. No contexto do exercício 1, suponha agora que existem dois canais de 5.000 Km com um router no meio entre os dois computadores, tal como previamente ilustrado na **Figura 2**.

Suponha também que todo o ficheiro é transmitido num único pacote. A transmissão do pacote pelo router só começa depois de este o ter recebido integralmente (*store & forward*). Suponha também que não há nenhuma saturação do router.

2.1. O tempo de transmissão de extremo a extremo é agora de:

- a) 3,05 segundos
- b) 6,1 segundos
- c) 6,05 segundos
- d) nenhum desses valores

3. Porque é que se diz que a Internet não tem garantias de fiabilidade? Quais são os protocolos, ao nível da aplicação, que conhece, que implementam uma qualidade de serviço fiável sobre a Internet?

E. Referências

[1] James F. Kurose and Keith W. Ross, "Computer Networking: A Top-Down Approach", 5/E, Addison-Wesley, 2009, ISBN-13: 9780136079675

[2] Materiais da Cadeira de Redes de Computadores, LEI/DI, Prof. José Legatheaux Martins.