Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

**Redes de Computadores**

**2.º Trabalho Laboratorial**

**Rede de Computadores**



Antonio Mendes

Mariam

Sergio

Luis

Porto, 23 de Dezembro de 2019

**Sumário**

Este 2.º trabalho prático foi desenvolvido para a unidade curricular Redes de Computadores em duas partes: a 1.ª parte com o propósito de implementar um cliente FTP de forma a que seja possível descarregar ficheiros de servidores FTP e a 2.ª parte com o objetivo principal de estudo de uma rede de computadores, fazendo a sua configuração e consequente análise dos resultados obtidos.

O cliente FTP foi implementado com sucesso e todas as experiências foram realizadas e analisadas devidamente.

**1. Introdução**

O projeto corrente tem como principal intuito a realização de duas partes: a implementação de uma aplicação para download via FTP e o estudo de uma rede de computadores.

Na 1.ª parte o programa construído deverá transferir ficheiros de um servidor para um cliente FTP através da *Internet*. Para que tal seja possível, é necessário conhecer o protocolo FTP, assim como as mensagens necessárias para a sua concretização.

Para a 2.ª parte, foi necessário montar e configurar uma rede que permitisse ligar os computadores de uma determinada forma e estudar as consequências resultantes dessas configurações.

Pretende-se com este relatório demonstrar todas as considerações necessárias para que seja possível a criação do cliente FTP assim como os passos a realizar para preparar as várias redes de computadores apresentadas nas experiências. É a partir delas que obtemos as conclusões pretendidas.

**2. Aplicação para *download***

**2.1 Arquitetura**

Para a implementação da aplicação de download foi necessário perceber como a troca de mensagens se processa para que se faça autenticação e posterior pedido do ficheiro a transferir. De acordo com o *RFC959* percebe-se que o programa deverá seguir a seguinte sequência:

1. Validar e guardar dados introduzidos pelo utilizador respeitantes ao *host*, *path*, *username* e *password*. Estes dois últimos, caso não existam, deverão ser definidos como *anonymous(ou none no caso da password)*.
2. Obter endereço IP em função do *host* com a função *gethostbyname(host).*
3. Abrir *socket* para conexão TCP/IP com o IP obtido e a porta para FTP (21).
4. Obter mensagem de conexão.
5. Enviar “USER *username*” e esperar resposta positiva a pedir *password*.
6. Enviar “PASS *password*” e esperar resposta positiva da autenticação.
7. Enviar “PASV” e esperar resposta positiva, contendo a porta à qual se vai ligar.
8. Abrir novo *socket* para conexão de dados com o IP obtido anteriormente e a porta obtida no passo 7 que resulta da soma *V1\*256 + V2*.
9. Fazer pedido de *Retrieve* com “RETR *path*” para o *socket* de controlo e obter resposta positiva.
10. Fazer *read’s* sucessivos no *socket* de dados para obter o ficheiro pedido.
11. Receber respostas finais a indicar a conclusão com sucesso da transferência de dados.

Daqui se retiram algumas conclusões acerca das funções necessárias para a implementação correta da aplicação:

Conjugando todas estas funções consegue-se uma aplicação de download bastante eficaz.

**2.2 *Downloads* bem-sucedidos**

Foram testados diversos links, incluindo:

* ftp://ftp.up.pt/
* http://speedtest.tele2.net/ (onde foi tentado vários tamanhos de ficheiros desde 1MB até 1GB)

Em todos eles verificou-se que a receção era bem-sucedida e percebeu-se que a mensagem de sucesso de envio.

**3. Configuração de redes e análise**

**Experiência 1**

Nesta primeira experiência começou-se por retirar a ligação dos computadores à rede do laboratório. De seguida, fez-se a configuração destes através do comando *ifconfig*. No final, usamos o comando “ping” para verificar a conectividade dos dois computadores configurados: *tuxy1* e *tuxy4*.

Os pacotes ARP (*Address Resolution Protocol*) são pacotes utilizados para encontrar um endereço da camada de ligação (*MAC*) a partir do endereço da camada de rede (*IP*). *MAC* (*Media Access Control*) é um endereço físico associado à interface de comunicação, que liga um dispositivo à rede enquanto que o endereço *IP* é a identificação de um determinado dispositivo numa rede. O endereço *MAC* dos pacotes *ARP* é *00:21:5a:c7:64:8e* e os endereços *IP* de origem e de destino são, respetivamente, *172.16.40.1* e *172.16.40.254*.

Os pacotes gerados pelo comando *ping* têm como endereço *MAC* *00:c0:df:08:d5:b3* e *IP*s iguais aos anteriores.

Para determinar qual o tipo de pacote recebido temos de verificar os octetos número 25 e 26 da *ethernet frame*. Através desses octetos vemos se a *frame* corresponde a *ARP*, *IP* ou *ICMP*. Também através desses octetos conseguimos é possível saber o tamanho da *frame*.

A loopback interface é uma interface de rede à qual só a própria máquina tem acesso. Possui o endereço de *IP* fixo *127.0.0.1*, no caso do *IPv4*, ou *::1*, no caso do *IPv6*. Esta interface é útil na realização de testes à stack TCP/IP mesmo que o computador não esteja ligado a nenhuma rede. Serve também para aceder mais facilmente a serviços de rede instalados na própria máquina, como por exemplo *webservers*.

**Experiência 2**

Depois de a primeira experiência ter sido concluída com sucesso, o objectivo da segunda experiência é a implementação de duas *virtual LANs* (*VLANs*) num *switch*. Nesta experiencia a *vlan40* vai ser constituída pelo *tuxy1* e pelo *tuxy4* enquanto a *vlan41* vai ser constituída única e exclusivamente pelo *tuxy2*.

Antes de implementarmos as *VLAN*s considerámos de boa prática fazer *reset* às configurações do *switch* e às configurações de rede dos *tuxy*’s. Para a configuração das *VLAN*s foram utilizados os seguintes comandos:

1. *configure terminal*
2. *vlan 40* (*41* para a segunda vlan)
3. *interface fastethernet 0/P* (P - porta do switch)
4. *switchport mode access*
5. switchport *access vlan 40*
6. *end*

Nesta segunda experiência como existem dois computadores na mesma *VLAN*, e um outro computador no mesmo *switch* mas noutra *VLAN*, podemos concluir que existem dois domínios de *broadcast*. A partir dos *logs* que capturámos no *tuxy1* e no *tuxy2* concluímos que se fizermos *ping -b 172.16.40.255,* o *tuxy1* obtém uma resposta que provem do *tuxy4*. Isto só é possível pelo facto de estarem na mesma *VLAN*. Mas, se no *tuxy2* colocarmos o comando *ping -b 172.16.41.255,* este não obtém qualquer resposta porque é o único computador da segunda *VLAN*.

**Experiência 3**

Nesta experiência o objetivo principal é a transformação do *tuxy4* num *router*, permitindo que haja ligação entre as duas *VLANs* anteriormente criadas. Para a realização da experiência foi necessário configurar os endereços IP dos computadores, as suas rotas e as tabelas de *forwarding*. Os comandos mais utilizados para este fim foram: *route -n*, *route add*, *ifconfig* e o comando *ping* (este último para testes).

O passo fundamental nesta experiência foi a atribuição de um endereço IP ao eth1 do *tuxy4* que iria ser ligado ao *switch*, na *VLAN41*. De seguida, para que seja possivel a comunicação entre as duas *VLANs*  foi necessário configurar as rotas nos computadores *tuxy1* e *tuxy2*. As rotas adicionadas às tabelas destes computadores passavam a indicar que para qualquer pedido o *default gateway* (endereço através do qual deverão ser enviados os pacotes com determinado destino) era o *172.16.40.254* no caso do *tuxy1* e *172.16.41.253* no caso do *tuxy2*. Para além disso foi necessário configurar as opções *ip\_forward* e *ignore\_broadcasts* no *tuxy4* *c*om os seguintes comandos:

1. *echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip\_forward*
2. *echo 0 > /proc/sys/net/ipv4/icmp\_echo\_ignore\_broadcasts*

Configurando as tabelas de redirecionamento, verifica-se que por cada entrada são apresentados o *IP* de destino, o *IP* de *gateway*, a máscara do endereço, flags associadas, o custo do caminho, variáveis de estado (*ref* e *use*) e a interface utilizada. As mensagens *ARP* geradas logo após a ligação foram as seguintes:

* Who has 172.16.40.1? Tell 172.16.40.254 (Pedido do tuxy4)
* 172.16.40.1 is at 00:c0:df:08:d5:b3
* Who has 172.16.41.1? Tell 172.16.41.253 (Pedido do tuxy4)
* 172.16.41.1 is at 00:12:3f:4d:eb:fb
* Who has 172.16.41.253? Tell 172.16.41.1 (Pedido do tuxy2)
* 172.16.41.253 is at 00:c0:df:25:1a:f4
* Who has 172.16.40.254? Tell 172.16.40.1 (Pedido do tuxy1)
* 172.16.40.254 is at 00:21:5a:c7:64:8e

Estas mensagens aparecem porque os computadores, para comunicarem na rede *ethernet*, precisam de conhecer quais os endereços *MAC* desses mesmos dispositivos. As mensagens *ARP* são enviadas na esperança de obter uma resposta com o endereço *MAC* pretendido.

São apresentados, de seguida, alguns pacotes *ICMP* encontrados nos *logs* da experiência:

* 15 20.622984 172.16.40.1 172.16.40.254 ICMP 98 Echo (ping) request id=0xce0f, seq=1/256, ttl=64
* 16 20.623141 172.16.40.254 172.16.40.1 ICMP 98 Echo (ping) reply id=0xce0f, seq=1/256, ttl=64
* 43 41.386994 172.16.40.1 172.16.41.253 ICMP 98 Echo (ping) request id=0xdb0f, seq=1/256, ttl=64
* 44 41.387148 172.16.41.253 172.16.40.1 ICMP 98 Echo (ping) reply id=0xdb0f, seq=1/256, ttl=64
* 94 146.923228 172.16.40.1 172.16.41.1 ICMP 98 Echo (ping) request id=0x0514, seq=1/256, ttl=64
* 95 146.925034 172.16.41.1 172.16.40.1 ICMP 98 Echo (ping) reply id=0x0514, seq=1/256, ttl=63

Os endereços IP encontrados apresentam-se acima.

Os pacotes *ICMP* são utlizados para controlo de erros numa rede. Neste caso aparecem no *log* devido aos pedidos feitos pelo comando *ping* no *tuxy1*. Em cada par encontra-se um pedido e um resposta. Os *MAC* *addresses* dos computadores *tuxy1*, *tuxy4* e *tuxy2* são, respetivamente, *00:c0:df:08:d5:b3*, *00:21:5a:c7:64:8e* e *00:12:3f:4d:eb:fb*.

**Experiência 4**

A partir da configuração conseguida anteriormente, era necessário fazer uma extensão à *VLAN41*, que consiste em adicionar um *router* para comunicação à *Internet.* Esta configuração teria de ser feita inicialmente sem *NAT* e só depois com *NAT*.

Para configurar o *router* de forma a que seja possível a conexão com o exterior foram realizados os seguintes passos:

1. interface gigabitethernet 0/0
2. ip address 172.16.41.254 255.255.255.0
3. no shutdown
4. exit
5. interface gigabitethernet 0/1
6. ip address 172.16.1.49 255.255.255.0
7. no shutdown
8. exit

Para além disso foi necessário redefinir as rotas para que os vários *tuxys* pudessem ter ligação ao *router* comercial.

Fazendo *ping* do *tuxy1* para o *tuxy4* o caminho seguido pelos pacotes é do *tuxy1* para o *tuxy4*. Se mandarmos um *ping* a partir do *tuxy1* para o *tuxy2*, o trajeto dos pacotes divide-se em dois caminhos: no primeiro, o pacote vai desde o *tuxy1* até ao *tuxy4*; no segundo, devido ao reencaminhamento, o pacote vai desde o *tuxy4* até ao *tuxy2*. No caso em que o *ping* é feito do *tuxy1* para o *router* comercial, o caminho dos dados é similar ao que foi referido anteriormente, só que desta vez o *router* comercial é o local de destino.

Quando o *ping* é feito do *tuxy1* para o endereço do *router* do laboratório, o trajeto seguido pelos pacotes é o mesmo que o trajeto seguido até ao router, adicionando ainda o caminho até ao router do laboratório. No entanto, como os endereços que estamos a utilizar fazem parte da gama de endereços privados, os pacotes não contêm informação suficiente para se saber quem foi o emissor que fez o pedido. Por isso, na experiência realizada, verificou-se que não há qualquer conectividade nos endereços externos à rede configurada. Só ativando corretamente a funcionalidade de *NAT* é que é possível ter acesso a toda a rede externa. O pacote, antes de ser enviado pela rede externa, terá de ser alterado. O endereço *IP* interno é substituído pelo endereço de acesso à rede criada, ou seja, *172.16.1.49* adicionando o número de porta correspondente ao computador que enviou. Posteriormente, quando chegar a resposta ao pedido anterior, o destino do pacote recebido no *router* é substituído pelo endereço *IP* interno do computador ao qual vai ser feita a entrega. Assim, resumidamente, o *NAT* permite que computadores de redes privadas possam aceder a redes externas sem necessitarem de um endereço público para cada um. Um endereço, tipicamente fornecido pelo ISP, é suficiente para que um conjunto de computadores possa comunicar com o exterior.

Para a configuração do *NAT* no *router* comercial do laboratório foram introduzidos os seguintes comandos no seu terminal:

1. *ip nat pool ovrld 172.16.1.49 172.16.1.49 prefix 24*
2. *ip nat inside source list 1 pool ovrld overload*
3. *access-list 1 permit 172.16.40.0 0.0.0.7*
4. *access-list 1 permit 172.16.41.0 0.0.0.7*

Para a configuração das rotas estáticas foram introduzidos os seguintes comandos:

1. *ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.1.254*
2. *ip route 172.16.40.0 255.255.255.0 172.16.41.253*

**Experiência 5**

Esta experiência tem como principal objetivo a configuração do *DNS* (*Domain Name System* - Sistema de Nomes de Domínios), que é um sistema que obtém endereços *IP* a partir do nome do *host* e vice-versa, permitindo assim que o utilizador não precise de decorar os endereços das máquinas às quais se pretende conectar. Para a concretização dos objetivos delineados configuramos o servidor DNS em cada um dos computadores da nossa rede com o endereço *172.16.1.2 -* *lixa.netlab.fe.up.pt*. Para isso, foi necessário editar o ficheiro */etc/resolv.conf*, adicionando o seguinte conteúdo:

*search netlab.fe.up.pt*

*nameserver 172.16.1.2*

Os pacotes trocados pelo serviço de *DNS* aquando da captura do *log* no *Wireshark* são os seguintes:

* *18 27.730402 172.16.10.1 172.16.1.2 DNS 69 Standard query 0xa3d0 A google.pt*
* *19 27.732435 172.16.1.2 172.16.10.1 DNS 263 Standard query response 0xa3d0 A 173.194.41.215 A 173.194.41.216 A 173.194.41.223*

Verifica-se nestes pacotes o pedido *DNS* para se obter o endereço da máquina com *hostname* *google.pt*, tendo obtido o *IP* *173.194.41.215*. O tipo de pacotes que são trocados pelo *DNS* são do tipo *IP*, que contêm a origem do pedido e o *hostname* do qual se quer obter o *IP* ou o *IP* caso se pretenda saber o *hostname* correspondente.

**Experiência 6**

O objetivo da experiência 6 era perceber se o cliente *FTP* tinha sido construído corretamente e se era possível descarregar dados através da rede criada ao longo das experiências anteriores. Para isso foi necessário executar o cliente *FTP* no *tuxy1* e no *tuxy2* e esperar que o ficheiro fosse transferido com sucesso, enquanto decorria a captura no *Wireshark*.

Na aplicação *FTP* construída são criadas duas ligações *TCP*: na primeira, são enviadas as informações de controlo para que seja possível a obtenção dos dados pretendidos; na segunda ligação obtêm-se os pacotes que permitem resconstruír os dados pedidos.

As ligações *TCP* são divididas em três fases: “*connection establishment*”, em que é estabelecida a ligação através da troca de pacotes com dados acerca da ligação, “*transfer phase*”, na qual é transferida toda a informação e “*connection termination*”, que fecha os circuitos virtuais estabelecidos e liberta todos os recursos que foram alocados.

O mecanismo de *ARQ* associado ao *TCP* permite assegurar a entrega segura de dados. Uma falha faz com que haja uma retransmissão de dados. Além disso o *TCP* usa os mecanismos que o *ARQ* disponibiliza para evitar situações de congestionamento da rede. Os campos relevantes para este mecansmo são o *“sequence number”, “acknowledgement number”, “window size” e “check sum”* (este ultimo é usado para correção de erros). A partir dos *logs* obtidos consegue-se visualizar facilmente os números de sequência e a troca de mensagens geradas de forma a que o número de pacotes em processamento não exceda o tamanho máximo da janela definida, que estes não cheguem fora de ordem, que não apareçam pacotes duplicados e que haja correção de erros. No decurso da transferência verificou-se que a velocidade aumentou até atingir um ponto em que a janela foi excedida. Nesse momento, para evitar congestionamento a velocidade diminuiu de forma a que a situação fosse resolvida, estando de acordo com o comportamento do mecanismo de controlo de congestionamento do *TCP*.

Posteriormente, foi iniciada uma nova transferência no *tuxy2* enquanto a transferência no *tuxy1* decorria. Verificou-se que a velocidade no *tuxy1* diminui, o que mostra que a largura de banda é divida pelos dois computadores. (Nota: A captura no *tuxy2* foi iniciada depois da iniciada no *tuxy1*. No entanto percebe-se a variação no *tuxy1* por volta dos 30s e no *tuxy2* por volta dos 33s.)

**4. Conclusões**

Todas as experiências propostas para este trabalho laboratorial foram realizadas com sucesso. No final obteve-se uma rede através da qual era possível a comunicação interna entre computadores e a comunicação externa, permitindo, por exemplo, o acesso a páginas *web*.

Através da configuração da rede no laboratório foi possível perceber alguns factos teóricos importantes em redes de computadores, tais como os protocolos *Ethernet* e *TCP/IP*. Para além disso, adquiriu-se conhecimentos necessários para a configuração dos dispositivos que irão fazer parte de uma rede: computadores, *routers* e *switches*.

A realização deste trabalho laboratorial permitiu obter uma nova visão sobre redes de computadores, que cada vez mais estão presentes no nosso dia, quer no computador, quer nos dispositivos móveis.