

Rede de Computadores

Relatório Trabalho2



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

FEUP

Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Redes de Computadores

Hugo Ari Rodrigues Drumond — 201102900 — hugo.drumond@fe.up.pt

José Pedro Pereira Amorim — 201206111 — ei12190@fe.up.pt

João Ricardo Pintas Soares — 201200740 — ei12039@fe.up.pt

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rua Roberto Frias, 4200-65 Porto, Portugal

28 de Dezembro de 2014

1 Introdução

Este trabalho laboratorial, desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular de Redes de Computadores (RCOM), teve como objetivo desenvolver uma aplicação ftp e compreender/implementar/configurar uma rede de computadores. Ao longo deste relatório, serão descritos os aspetos fundamentais do referido trabalho, permitindo obter um conhecimento detalhado deste. Os ficheiros de análise usados para chegar às conclusões presentes ao longo do relatório encontram-se na pasta parte2 e o código da aplicação ftp na pasta parte1. Só não foram colocados os ficheiros da última experiência devido ao tamanho dos mesmos.

2 Parte 1

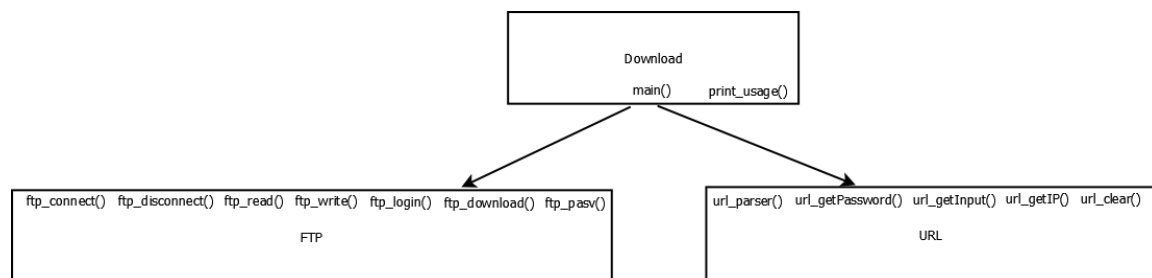


Figura 1: Arquitetura da aplicação download

A aplicação consiste em três componentes: FTP, URL e download. O componente FTP é responsável pela comunicação com o servidor FTP usando Berkeley Sockets. As suas funções fornecem os meios para o estabelecimento das conexões TCP (controlo e dados), a terminação dessas conexões, e a transferência de dados. Este componente não tem visibilidade para nenhum dos outros componentes da aplicação. O componente URL é responsável por fazer parser do URL FTP passado para a aplicação como argumento na linha de comandos, retirando o host, path, user e password. Caso um, ou vários, destes parâmetros estejam em falta, URL também fornece os meios para os obter perguntando ao utilizador para os introduzir. Este componente também não tem visibilidade para nenhum dos outros componentes da aplicação. O componente download utiliza os outros componentes para fazer o download do ficheiro.

2.0.1 Componente FTP

O componente FTP estabelece a ligação FTP na função `ftp_connect()`, utilizando Berkeley Sockets para estabelecer as conexões TCP. O file descriptor `data_socket_fd` corresponde à conexão de dados e `control_socket_fd` à conexão de controlo.

2.0.2 Componente URL

Cada um das strings da estrutura URL correspondem a parâmetros necessários no estabelecimento da conexão FTP e no download do ficheiro e são retirados do URL recebido como argumento da linha de comandos ou inserida pelo utilizador. Caso o utilizador não tenha especificado a password no argumento da linha de comandos, então é pedida sem haver echo, não sendo mostrada no monitor e sendo uma alternativa mais segura para a introdução da password.

2.0.3 Successful Download

Foi testado a aplicação de download usando vários servidores FTP da FEUP, incluindo ftp.up.pt, pinguim.fe.up.pt e mirrors.fe.up.pt. Todos os download foram efetuados com sucesso, incluindo os testados na experiência 6 e na demonstração da aplicação.

3 Parte 2

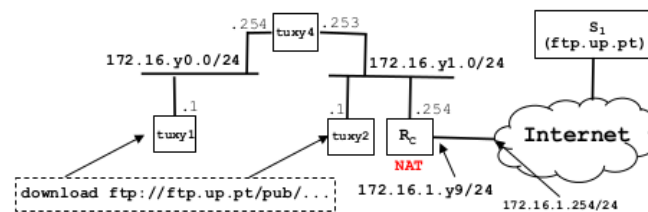


Figura 2: Topologia da rede

3.1 Experiência 1

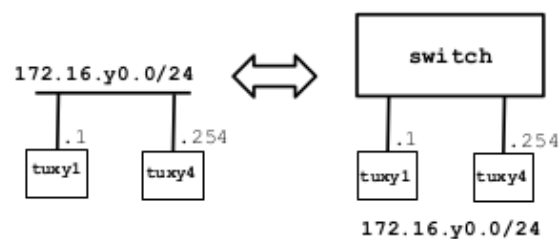


Figura 3: Arquitetura da experiência 1

3.1.1 Objetivos

Tentar interligar dois computadores através de um switch. E entender o funcionamento do protocolo ARP e do comando ping.

3.1.2 Comandos principais de configuração

Foi dado reset aos equipamentos:

```
Computadores,  
    updateimage  
Switch,  
    no vlan 1-4094  
    copy flash:tux5-clean startup-config  
    reload
```

E ligados os cabos do tux1(eth0) e tux4(eth0) ao switch. E configurados os ips de cada uma dessas interfaces:

```
Tux1,  
    ifconfig eth0 172.16.50.1/24  
Tux4,  
    ifconfig eth0 172.16.50.254/24
```

E apagadas cada uma das linhas da arp table para cada um dos pcs:

```
arp -d ipaddress
```

3.1.3 Análise das capturas

Uma vez que foram apagadas as linhas da arp table torna-se crucial investigar que máquina tem um dado ip. Tal é visível nos logs do wireshark, devido ao ping que fizemos para o tux4 (ping 172.16.50.254). Do tux1 é feito um broadcast de uma trama ARP Request, que contém: o endereço IP do alvo; e a sua informação, ip e mac. Ficando à espera da resposta do alvo. Quando o tux4 capta esta mensagem, aceita-a porque tem o mesmo ip que o ip destino, e envia em unicast um pacote ARP Reply contendo o seu endereço MAC, juntamente com todos os outros dados. Quando o tux1 recebe esta mensagem é inserida uma entrada na sua ARP table, com o IP (network layer) e mac address (link layer) do tux4. O mesmo acontece ao tux4 se tiver a ARP table sem uma linha para 172.16.50.1. Para além disto, observámos que o comando ping gera um pacote Echo Request e espera por um Echo Reply do host alvo, sendo que os endereços do network layer e da link layer estão bem definidos e encontram-se respetivamente: na header do pacote, e no header do EthernetII Frame. Verificou-se também que há um campo na header da EthernetII frame que indica o tipo de protocolo, por exemplo se é ARP, IP ou ICMP. No entanto, não existe nenhum campo em que seja especificado o tamanho da trama (ao contrário do que acontece no pacote IP). Isto, deve-se ao facto do Physical Layer ter mecanismos de reconhecimento do início e fim de uma trama, dependentes da codificação e do meio de transmissão. Concluímos também que não é necessário haver um switch para uma máquina falar com ela própria, uma vez que existe uma rede de interfaces virtuais (loopback) que permitem isso mesmo. Necessário para: testar configurações; correr servidores localmente; fazer simulações de redes; etc. De modo rápido.

3.2 Experiência 2

3.2.1 Objetivos

Criação de duas LANs virtuais no switch, uma constituída pelo tuxy1 e tuxy4 e outra pelo tuxy2. Visto que se encontram em sub-redes diferentes, tuxy1 e tuxy4 não conseguem comunicar com tuxy2.

3.2.2 Comandos principais de configuração

Para configurar o switch conectou-se a porta série de uma das máquinas com o switch e usou-se o programa gtkterm para inserir os comandos necessários. Para adicionar cada uma das vlans ao switch, entrou-se na consola de configuração e criou-se a vlan com o identificador x0 usando os comandos:

```
configure terminal  
vlan x0  
end  
show vlan id x0
```

Cada máquina foi ligada a uma porta do switch, configurou-se uma Fast Ethernet Interface para cada porta, e ligou-se as portas cujas máquinas tuxy1 e tuxy4 se conectaram à vlany0 e a porta da máquina tuxy2 à vlany1, usando os comandos:

```
configure terminal
interface fastEthernet 0/porta
switchport mode access
switchport access vlan x0
end
```

Verificando as configurações:

```
show running-config interface fastEthernet 0/porta
show interfaces fastEthernet 0/porta switchport
50 VLAN0050 active Fa0/1, Fa0/2
51 VLAN0051 active Fa0/3
```

3.2.3 Análise das capturas

Foi executando um ping da máquina tuxy1 para a máquina tuxy4 o que foi possível visto que se encontram na mesma vlan, e o ping entre tux1 e tuxy2 não foi executado com sucesso, pois pertencem a vlans diferentes. Existem dois domínios de broadcast, devido a existir duas vlans (sem interligação entre elas). Através dos logs verificamos que quando fazemos broadcast no tuxy1 só o tuxy4 responde. E quando fazemos broadcast no tuxy2 nenhuma máquina responde, porque não chega nenhum pedido às outras máquinas.

3.3 Experiência 3

3.3.1 Objetivos

Transformar a máquina tuxy4 num router, permitindo a comunicação entre as duas sub-redes criadas na experiência anterior.

Foi configurada a interface eth1 da máquina tuxy4 com IP 172.16.y1.253 e adicionada à vlan do tuxy2 (vlany1).

Para que possa haver routing da parte do tuxy4 e para haver comunicação entre as sub-redes ativou-se o IP forwarding no tuxy4(router):

```
echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_foward
```

No tuxy1 foi adicionada uma rota para a vlany1:

```
route add -net 172.16.y1.0/24 gw 172.16.y0.254
route -n
```

| Destination | Gateway | Genmask | Flags | Metric | Ref | Use | Iface |
|-------------|---------------|---------------|-------|--------|-----|-----|-------|
| 172.16.50.0 | 0.0.0.0 | 255.255.255.0 | U | 0 | 0 | 0 | eth0 |
| 172.16.51.0 | 172.16.50.254 | 255.255.255.0 | UG | 0 | 0 | 0 | eth0 |

Esta entrada na routing table faz com que haja um redirecionamento dos ips to tipo 172.16.y1.0/24 para o gateway router 172.16.y0.254(eth0 tuxy4). A primeira entrada da routing table tem o significado de aceitar o tráfego proveniente de 172.16.50.0/24.

Faz-se o mesmo para o tuxy2, adicionando uma rota para a vlany0:

```
route add -net 172.16.y0.0/24 gw 172.16.y1.253
route -n
```

| Destination | Gateway | Genmask | Flags | Metric | Ref | Use | Iface |
|-------------|---------------|---------------|-------|--------|-----|-----|-------|
| 172.16.50.0 | 172.16.51.253 | 255.255.255.0 | UG | 0 | 0 | 0 | eth0 |
| 172.16.51.0 | 0.0.0.0 | 255.255.255.0 | Ui | 0 | 0 | 0 | eth0 |

Faz forward dos ips 172.16.y0.0/24 para gateway router 172.16.y1.253(eth1 tuxy4). Aceita os ips provenientes da rede 172.16.51.0/24.

Tux4 funciona como um gateway router, pois redireciona de uma interface (eth0) para outra (eth1).

| Destination | Gateway | Genmask | Flags | Metric | Ref | Use | Iface |
|-------------|---------|---------------|-------|--------|-----|-----|-------|
| 172.16.50.0 | 0.0.0.0 | 255.255.255.0 | U | 0 | 0 | 0 | eth0 |
| 172.16.51.0 | 0.0.0.0 | 255.255.255.0 | U | 0 | 0 | 0 | eth1 |

Aceita o tráfego proveniente destas redes e não envia para nenhum gateway visto que os clientes estão ligados diretamente, isto é, não há um decremento do ttl.

Para que os pacotes echos ICMP enviados em broadcasts não sejam automaticamente ignorados, é usado o seguinte comando:

```
echo 0 > /proc/sys/net/ipv4/icmp_echo_ignore_broadcasts
```

MAC addresses observadas:

```
HWaddr 00:21:5a:c3:78:70, é o mac address da interface eth0(172.16.50.254) do tux4.  
HWaddr 00:c0:df:08:d5:b0, é o mac address da interface eth1(172.16.51.253) do tux4.  
HWaddr 00:0f:fe:8b:e4:a7, é o mac address da interface eth0(172.16.50.1) do tux1.  
HWaddr 00:21:5a:61:2f:d6, é o mac address da interface eth0(172.16.51.1) do tux2.
```

3.3.2 Análise das capturas

Pode-se observar nos logs que naturalmente depois da configurações referidas é possível fazer ping do tuxy1 para todas as outras interfaces. Após limpar as ARP tables das três máquinas fez-se ping do tuxy1 para o tuxy2, e é possível observar nos logs que uma vez que a ethernet usa MAC addresses e a ARP table foi limpa, o tuxy1 precisa de saber qual o mac address da interface eth0 do tuxy4, o tuxy4 precisa de saber o mac do tuxy2, o tuxy2 o mac do eth1 tuxy4, e o tuxy4 o mac do tuxy1. Tuxy1 envia um ARP request para obter o MAC address de eth0 tuxy4 e tuxy2 envia um ARP request a eth1 tuxy4. É possível observar também que porque os pacotes echo, pacotes ICMP presentes nos logs, são reencaminhados para o tuxy4, eles são visíveis pelo tuxy4, em ambas as interfaces.

3.4 Experiência 4

3.4.1 How to configure a static route in a commercial router?

É feito de modo semelhante ao que se faz nas máquinas que correm linux.

Cria um default gateway,
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.1.254

Faz um redirecionamento,
ip route 172.16.50.0 255.255.255.0 172.16.51.253

3.4.2 What are the paths followed by the packets in the experiments carried out

and why? Através do algoritmo das forwarding tables(escolha de linhas) e das entradas presentes em cada máquina. Acontece o seguinte:

Tux1 -> net,
172.16.50.1(tux1,eth0) -> 172.16.50.254(tux4, eth0) -> 172.16.51.254(routerCisco, eth0) -> 172.16.1.254(routerCisco, eth1)

Tux2 -> net,
172.16.51.1(tux1,eth0) -> 172.16.51.254(routerCisco, eth0) -> 172.16.1.254(routerCisco, eth1)

Tux4 -> net,
 172.16.51.254(tux4,eth1) -> 172.16.51.254(routerCisco, eth0) -> 172.16.1.254(routerCisco, eth1)

Tux1 -> Tux2,
 172.16.50.1(tux1) -> 172.16.50.254(tux4, eth0) -> 172.16.51.1(tux2)

Tux2 -> Tux1,
 172.16.51.1(tux2) -> 172.16.51.253(tux4,eth1) -> 172.16.50.1(tux1)

Isto acontece devido às seguintes routes:

Tux1,

| Destination | Gateway | Genmask | Flags | Metric | Ref | Use | Iface |
|-------------|---------------|---------------|-------|--------|-----|-----|-------|
| 0.0.0.0 | 172.16.50.254 | 0.0.0.0 | UG | 0 | 0 | 0 | eth0 |
| 172.16.50.0 | 0.0.0.0 | 255.255.255.0 | U | 0 | 0 | 0 | eth0 |

Tux2,

| Destination | Gateway | Genmask | Flags | Metric | Ref | Use | Iface |
|-------------|---------------|---------------|-------|--------|-----|-----|-------|
| 0.0.0.0 | 172.16.51.254 | 0.0.0.0 | UG | 0 | 0 | 0 | eth0 |
| 172.16.50.0 | 172.16.51.253 | 255.255.255.0 | UG | 0 | 0 | 0 | eth0 |
| 172.16.51.0 | 0.0.0.0 | 255.255.255.0 | U | 0 | 0 | 0 | eth0 |

Tux4,

| Destination | Gateway | Genmask | Flags | Metric | Ref | Use | Iface |
|-------------|---------------|---------------|-------|--------|-----|-----|-------|
| 0.0.0.0 | 172.16.51.254 | 0.0.0.0 | UG | 0 | 0 | 0 | eth1 |
| 172.16.50.0 | 0.0.0.0 | 255.255.255.0 | U | 0 | 0 | 0 | eth0 |
| 172.16.51.0 | 0.0.0.0 | 255.255.255.0 | U | 0 | 0 | 0 | eth1 |

Router Cisco,
 ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.1.254
 ip route 172.16.50.0 255.255.255.0 172.16.51.253

3.4.3 How to configure NAT in a commercial router?

Usamos o template presente no guião de modo a fazer esta configuração.

```
conf t
interface gigabitethernet 0/0
ip address 172.16.51.254 255.255.255.0
no shutdown
ip nat inside # Interface do lado lan
exit
interface gigabitethernet 0/1
ip address 172.16.1.59 255.255.255.0
no shutdown
ip nat outside # Interface do lado "wan"
exit
ip nat pool ovrlld 172.16.1.59 172.16.1.59 prefix 24
ip nat inside source list 1 pool ovrlld overload
# Esta permissão não deixa que o tux4 tenha acesso à net
# 0.0.0.255 para as permissões serem iguais para os hosts
access-list 1 permit 172.16.50.0 0.0.0.7
access-list 1 permit 172.16.51.0 0.0.0.7
# Default gateway do router com nat
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.1.254
```

```
# Para falar com os hosts do outro lado do router
ip route 172.16.50.0 255.255.255.0 172.16.51.253
end
```

3.4.4 What does NAT do?

Esta técnica permite que se possa utilizar os mesmos ips em diferentes redes, chamadas redes privadas(10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12, 192.168.0.0/16). Isto é possível porque os ips privados são traduzidos para um público. Este mapeamento é feito através de uma tabela chamada tabela de tradução de endereços de rede, que possibilita que o router saiba para que hosts são destinados certos pacotes vindos da internet. Cada entrada da tabela tem uma parte para o lado WAN e outra para o lado LAN, cada um deles tem dois campos: um para o ip e a outra para a porta. A porta é o que permite fazer a distinção entre destinos de pacotes. É possível reencaminhar todos os pacotes wan com destino a uma dada porta (por exemplo, porta default para o server http, 80) para uma dada porta de um host, que terá um processo em modo listening associado a essa porta.

3.5 Experiência 5

3.5.1 Objetivos

Configurar o DNS de modo a conseguir acessar a redes externas, acedendo à Internet através da rede previamente criada.

A arquitetura da rede continuou igual à da experiência anterior.

Para configurar o serviço DNS alterou-se o ficheiro /etc/resolv.conf, em cada uma das máquinas. Nesta experiência o conteúdo deste ficheiro foi alterado para:

```
search lixa.netlab.fe.up.pt
nameserver 172.16.1.1
```

172.16.1.1, é o endereço do servidor de nomes para onde se fazem os pedidos. lixa.netlab.fe.up.pt, é o único elemento da lista de procura de hostnames.

Existem três tipos de pacotes DNS: Queries, Responses e Updates. Os pacotes query e reponses(replies) têm um formato comum, para além dos 12 bytes do cabeçalho: identificação; flags; número de perguntas; número de respostas de RRs; número de registos de servidores authoritative; e, número adicional de RRs. São enviadas: perguntas com os campos nome e tipo(A, NS, CNAME e MX) selecionados; respostas a uma pergunta, RRs completos; registo de servidores authoritative; e, informação adicional útil. O pacote de update contém à semelhança dos outros um header com: uma identificação; flags; e, número de registo de recursos(RRs) para cada tipo da secção seguinte: zone entry; prerequisite resource records; update resource records; e, additional resource records.

3.5.2 Análise das capturas

É possível verificar a troca de pacotes DNS no início da ligação à Internet:

| | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|-----|--|
| 2 | 1.233423000 | 172.16.40.1 | 8.8.8.8 | DNS | 69 Standard query 0x59fa A ftp.up.pt |
| 3 | 1.243386000 | 8.8.8.8 | 172.16.40.1 | DNS | 85 Standard query response 0x59fa A 193.136.37.8 |

Figura 4: Pacotes DNS - Query e Response

Query:

ftp.up.pt: type A, class IN

Response:

ftp.up.pt: type A, class IN, addr 193.136.37.8, Time to live: 3616, Data length: 4

3.6 Experiência 6

3.6.1 How many TCP connections are opened by your ftp application?

São abertas duas conexões TCP pela aplicação FTP, uma de controlo e outra de dados. Primeiramente a aplicação cria uma conexão TCP de controlo que conecta um porto sem privilégios (porto > 1023) ao porto FTP do servidor (porto 21) que vai continuar aberta durante a transferência. Foi utilizado nesta aplicação o modo passivo por oposição ao modo activo, sendo o cliente a abrir a conexão TCP de dados. No modo activo o cliente envia para o servidor um número de porto aleatório e sem privilégios, para se conectar e é o próprio servidor a abrir a conexão TCP de dados, ligando a porto do cliente recebido e o seu porto 20. No modo passivo o servidor envia para o cliente um número de porto aleatório e sem privilégios, e é o cliente que abre a conexão TCP de dados.

3.6.2 In what connection is transported the FTP control information?

A informação de controlo FTP é transportada na conexão de controlo que liga um porto aleatório do cliente e o porto 21 do servidor. É também transportado as mensagens de acknowledgement (ACK).

3.6.3 What are the phases of a TCP connection?

As três fases duma conexão TCP são: connection establishment, data transfer e connection termination.

3.6.4 How does the ARQ TCP mechanism work? What are the relevant TCP fields? What relevant information can be observed in the logs?

O receptor não faz request de retransmissão de pacotes perdidos. O transmissor espera pelo ACK e quando não o recebe, reenvia os pacotes após um certo intervalo. Pode ser implementado de várias formas (Stop-and-wait, Go-Back-N, Selective Repeat). O TCP header contém campos como o porto da fonte e o porto do destinatário, o número de sequência, o número de acknowledgement e o tamanho da window. É atribuído um número de sequência a cada byte de dados, sendo que o número de sequência do TCP header é o do primeiro byte de dados desse pacote. O número de acknowledge indica o número de sequência que o receptor espera do emissor e o tamanho da window indica o número de bytes que o receptor está disposto a receber.

3.6.5 How does the TCP congestion control mechanism work? What are the relevant fields. How did the throughput of the data connection evolve along the time? Is it according to the TCP congestion control mechanism?

Existem vários mecanismos de controlo de congestionamento TCP. Cada um deles possui algoritmos de controlo de congestionamento juntamente com outras abordagens. Por exemplo: Slow start; Congestion avoidance; Fast retransmit; Fast Recovery; etc. Exemplos de mecanismos que usam alguns destes algoritmos: TCP Tahoe; TCP Newreno; TCP Vegas; etc. Slow start, funciona através de acknowledgements e duas janelas, uma no receptor e outra no emissor estando o emissor dependente destas. Congestion avoidance, um timer de retransmissão, recepção de duplicados e a alerta desta situação ao emissor. Fast retransmit, maneira estratégica de lidar com ACKs duplicados de maneira a não haver esperas. O throughput evolui até um determinado ponto e diminui quando há congestionamento e depois retoma. Consequência do mecanismo exibir um cariz Slow start. O mecanismo pode ser observado em `/proc/sys/net/ipv4/tcp_congestion_control`.

3.6.6 Is the throughput of a TCP data connections disturbed by the appearance of a second TCP connection? How?

Sim existe conflitos devido à existência de outra conexão TCP. Isto pode ser verificado através das linhas pretas no wireshark que indicam erros de ZeroWindow, ACKed unseen segment, Fast Retransmission, TCP Previous segment not captured, etc.

4 Conclusões

A elaboração deste trabalho contribuiu para a aprendizagem dos conhecimentos básicos do protocolo ftp, tal como o modo de estruturação e configuração de componentes de uma rede de computadores. O projecto desenvolvido resultou numa aplicação capaz de fazer o download de ficheiros via ftp em modo passivo, com ou sem autenticação. E numa rede atual funcional. O trabalho foi realizado com sucesso e com grande entusiasmo, visto que, compreendemos a maneira como o protocolo ftp funciona, como implementá-lo, e como criar a nossa própria rede de computadores. A partir dos logs guardados durante as experiências podemos inspecionar os pacotes transferidos, e adquirir um conhecimento mais aprofundado e mais prático dos protocolos, FTP, TCP, ICMP, e LOOP. Este trabalho permitiu consolidar a matéria dada durante o semestre na cadeira de Redes de Computadores. Goodbye MEO router, welcome openwrt :).