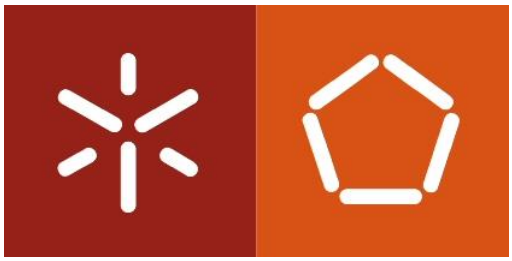


Redes de Computadores
2019/2020

Mestrado Integrado em Engenharia Informática

TP2: Protocolo IPv4

Grupo 06/PL06

Mafalda Costa (A83919)

Maria Moutinho (A83840)

Paulo Lima (A89983)

13 de novembro de 2019

Parte 1

Exercício 1

Prepare uma topologia no CORE para verificar o comportamento do traceroute. Ligue um host (servidor) s1 a um router r2; o router r2 a um router r3, o router r3 a um router r4, que por sua vez, se liga a um host (pc) h5. (Note que pode não existir conectividade IP imediata entre s1 e h5 até que o routing estabilize). Ajuste o nome dos equipamentos atribuídos por defeito para a topologia do enunciado.

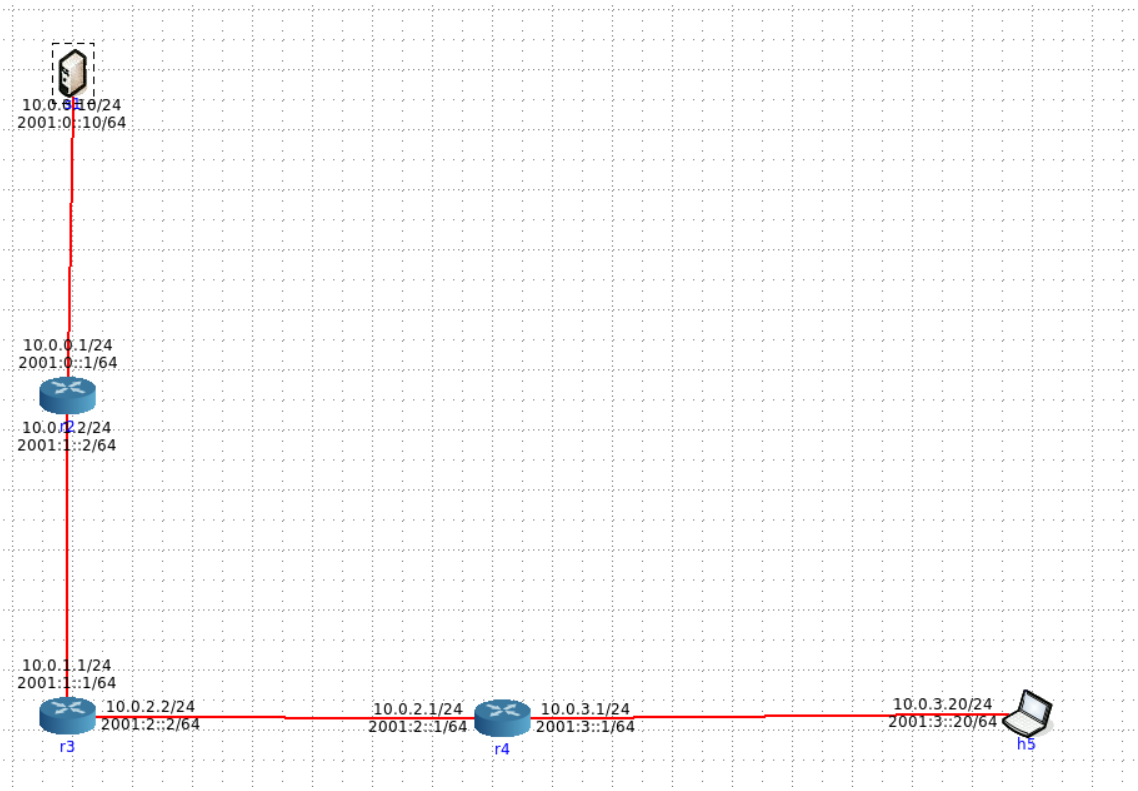


Figura 1.1: Topologia Core

a) Active o wireshark ou o tcpdump no pc s1. Numa shell de s1, execute o comando traceroute -I para o endereço IP do host h5.

```
root@s1:/tmp/pycore.36141/s1.conf# traceroute -I 10.0.3.20
traceroute to 10.0.3.20 (10.0.3.20), 30 hops max, 60 byte packets
 1  gateway (10.0.0.1)  0.145 ms  0.032 ms  0.025 ms
 2  10.0.1.1 (10.0.1.1)  0.055 ms  0.024 ms  0.022 ms
 3  10.0.2.1 (10.0.2.1)  0.048 ms  0.031 ms  0.029 ms
 4  10.0.3.20 (10.0.3.20)  0.070 ms  0.034 ms  0.032 ms
root@s1:/tmp/pycore.36141/s1.conf#
```

Figura 1.2

b) Registe e analise o tráfego ICMP enviado por s1 e o tráfego ICMP recebido como resposta. Comente os resultados face ao comportamento esperado.

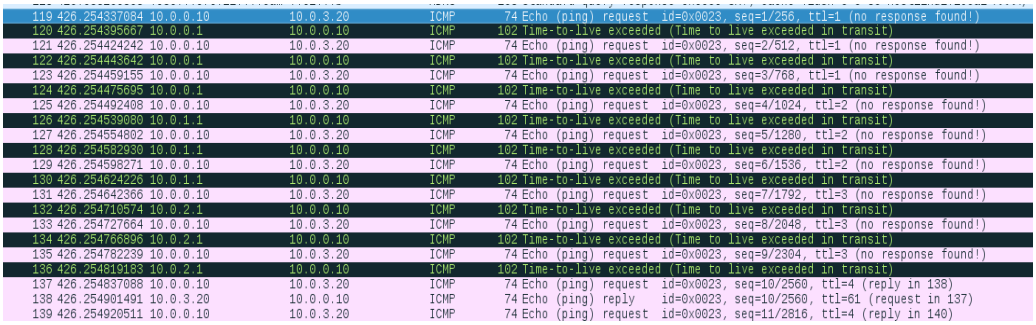


Figura 1.3: Tráfego ICMP

Inicialmente, o servidor vai tentar comunicar com o host, sem sucesso porque o TTL inicial vai ser 1. O pacote vai chegar a r2 e é desprezado, enviando uma mensagem ao servidor, com essa informação. Posteriormente, o TTL é sucessivamente aumentado até 4, repetindo o processo anterior. Este TTL vai ser o necessário para que os dados cheguem ao host (h5).

c) Qual deve ser o valor inicial mínimo do campo TTL para alcançar o destino h5? Verifique na prática que a sua resposta está correta.

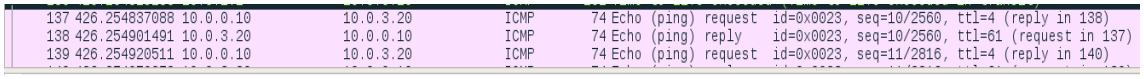


Figura 1.4

O TTL inicial deverá ser 4, sendo que é o momento, em que o primeiro pacote é transmitido com sucesso a h5.

Exercício 2

Pretende-se agora usar o traceroute na sua máquina nativa, e gerar de datagramas IP de diferentes tamanhos.

a.Qual é o endereço IP da interface ativado seu computador?

192.168.100.220

b.Qual é o valor do campo protocolo? O que identifica?

ICMP

c.Quantos bytes tem o cabeçalho IP(v4)? Quantos bytes tem o campo de dados (payload) do datagrama? Como se calcula o tamanho do payload?

20 | 1246 | cabeçalho ICMP + payload ICMP

d.O datagrama IP foi fragmentado?Justifique.

Não, pois o fragment offset é maior que 0

e.Ordene os pacotes capturados de acordo com o endereço IP fonte (e.g. selecionando o cabeçalho da coluna Source), e analise a sequência de tráfego ICMP

gerado a partir do endereço IP atribuído à interface da sua máquina. Para a sequência de mensagens ICMP enviadas pelo seu computador, indique que campos do cabeçalho IP variam de pacote para pacote.

(IP) identificar os frames | (ICMP) sequence number (BE) e (LE)

f.Observa algum padrão nos valores do campo de Identificação do datagrama IP e TTL?

IP aumenta 1 em cada request | TTL aumenta 1 em cada 3 requests

g.Ordene o tráfego capturado por endereço destino e encontre a série de respostas ICMP TTL exceeded enviadas ao seu computador. Qual é o valor do campo TTL? Esse valor permanece constante para todas as mensagens de resposta ICMP TTL exceeded enviados ao seu host? Porquê?

TTL=64, e não permanece constante.

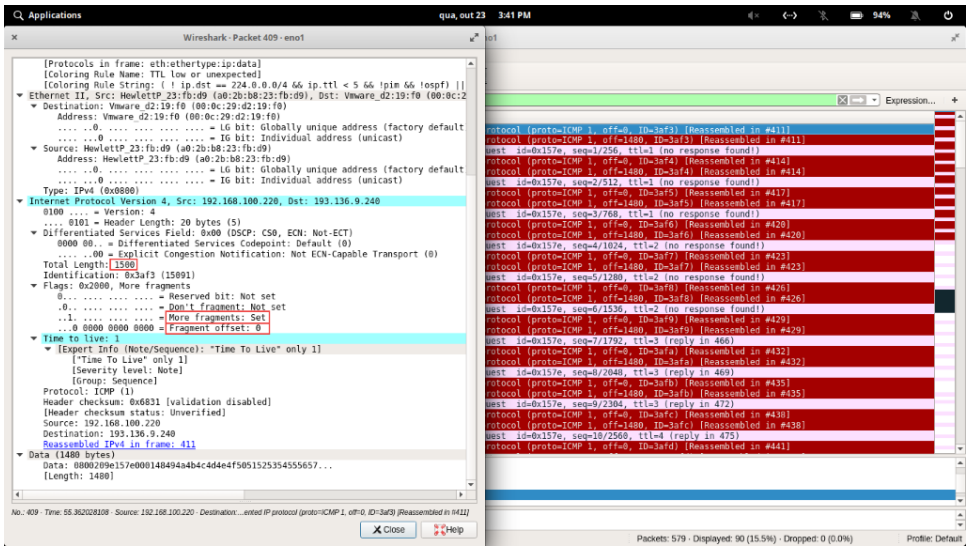
Exercício 3

Pretende-se agora analisar a fragmentação de pacotes IP. Reponha a ordem do tráfego capturado usando a coluna do tempo de captura. Observe o tráfego depois do tamanho de pacote ter sido definido para 4206 bytes. (PL6)

A) Localize a primeira mensagem ICMP. Porque é que houve necessidade de fragmentar o pacote inicial?

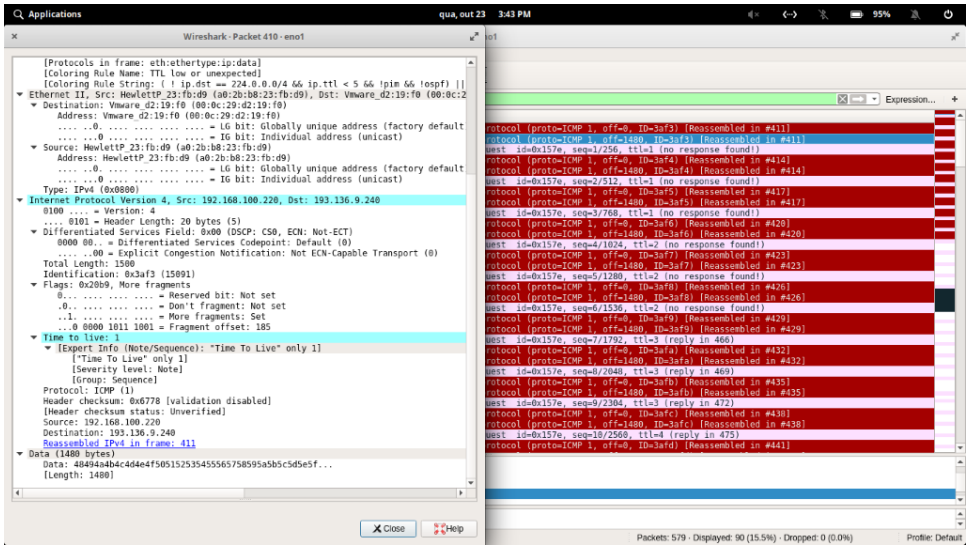
O protocolo IPV4 apenas pode ter 1500 bytes, dos quais 20 para cabeçalho logo, sobram 1480, como o valor do payload é superior necessitamos de fragmentar, neste caso 3 vezes.

B) Imprima o primeiro fragmento do datagrama IP segmentado. Que informação no cabeçalho indica que o datagrama foi fragmentado? Que informação no cabeçalho IP indica que se trata do primeiro fragmento? Qual é o tamanho deste datagrama IP?



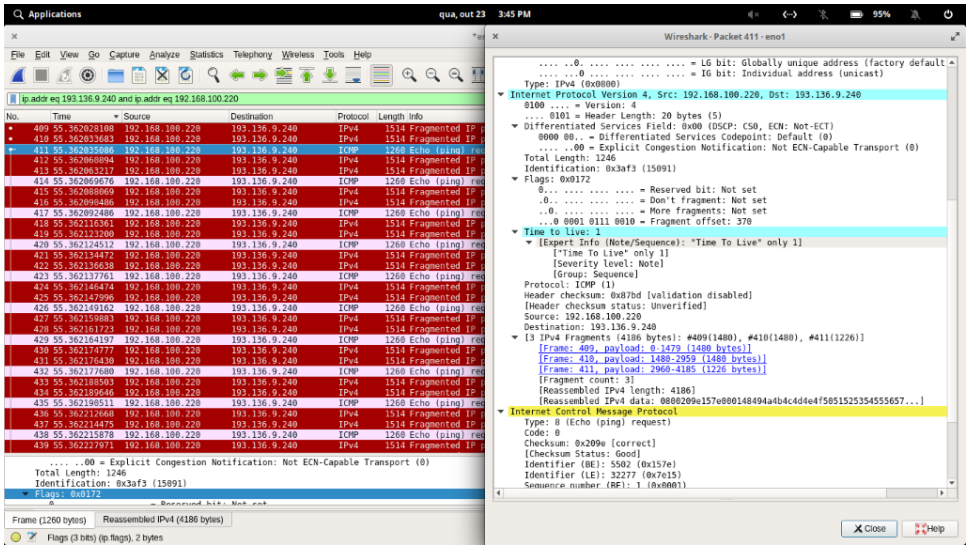
O primeiro fragmento é indicado pelos valores das flags quando o offset tem o valor 0 e o valor do more fragments é 1, tal como o indicado na imagem acima. Sabemos que o segmento foi fragmentado quando o valor das flags é diferente de 0. O tamanho deste datagrama é 1500.

C) Imprima o segundo fragmento do datagrama IP original. Que informação do cabeçalho IP indica que não se trata do 1º fragmento? Há mais fragmentos? O que nos permite afirmar isso?



Como explicado na resposta anterior, um certo fragmento é o primeiro quando o offset tem o valor 0 e 'more fragments' é 1. Na imagem acima vemos o fragmento diferente de 0 logo trata-se de outro que não o primeiro. Devido á flag more fragments sabemos que existem mais fragmentos depois do atual.

D) Quantos fragmentos foram criados a partir do datagrama original? Como se deteta o último fragmento correspondente ao datagrama original?



O primeiro e o segundo estão expostos nas alíneas anteriores e como o terceiro é último sabemos que foram criados três fragmentos. O último fragmento é dado pela flag 'more fragments' igual a zero e o valor do offset diferente de zero como vemos neste caso.

E) Indique, resumindo, os campos que mudam no cabeçalho IP entre os diferentes fragmentos, e explique a forma como essa informação permite reconstruir o datagrama original.

Os campos que mudam no cabeçalho IP ao longo dos diversos fragmentos são os valores das flags ‘offset’ e ‘more fragments’. A flag more fragments permite saber se ainda há ou não fragmentos do datagrama original a circular na rede. O campo offset serve para saber por que ordem devem ser juntos os fragmentos de modo a obter o datagrama original. Os fragmentos são organizados por ordem crescente através dos valores do offset.

Parte 2

Exercício 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.

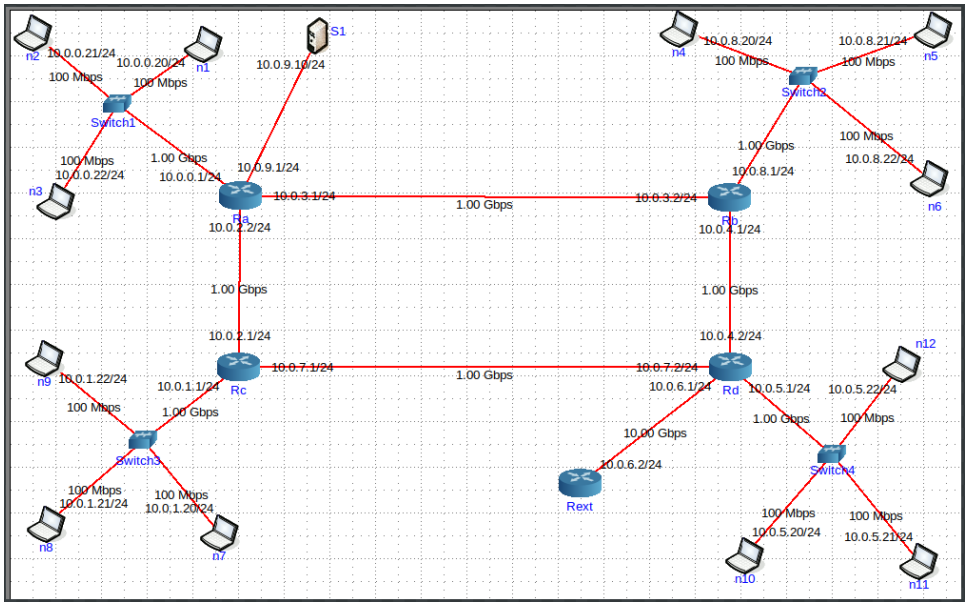


Figura 2.1: Equipamentos e Departamentos

A máscara de rede usada foi: 255.255.255.0 pois todos os equipamentos possuem /24 nos seus endereços.

b) Trata-se de endereços públicos ou privados? Porquê?
Entre 10.0.0.0 e 255.255.255.0 os endereços são privados. Sabemos que, na nossa topologia, todos os endereços começam com 10, logo, todos eles são privados.

c) Por que razão não é atribuído um endereço IP aos switches?

Um switch é um equipamento que tem como principal funcionalidade a interligação de equipamentos, permitindo o envio e a receção de informação. Devido à sua funcionalidade, não há necessidade de atribuir um endereço IP a um switch, sendo que, este apenas decide para onde são enviados os pacotes de dados após análise dos endereços MAC dos equipamentos ligados a si.

d) Usando o comando ping certifique-se que existe conectividade IP entre os laptops dos vários departamentos e o servidor do departamento A (basta certificar-se da conectividade de um laptop por departamento).

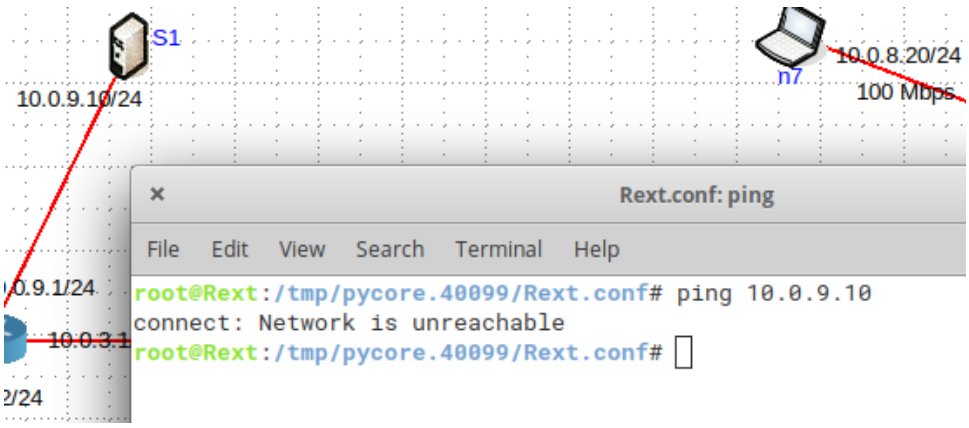
```
root@n5:/tmp/pycore.41593/n5.conf# ping 10.0.0.21
PING 10.0.0.21 (10.0.0.21) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.21: icmp_seq=1 ttl=63 time=0.135 ms
64 bytes from 10.0.0.21: icmp_seq=2 ttl=63 time=0.084 ms
64 bytes from 10.0.0.21: icmp_seq=3 ttl=63 time=0.070 ms
64 bytes from 10.0.0.21: icmp_seq=4 ttl=63 time=0.086 ms
64 bytes from 10.0.0.21: icmp_seq=5 ttl=63 time=0.099 ms
64 bytes from 10.0.0.21: icmp_seq=6 ttl=63 time=0.079 ms
64 bytes from 10.0.0.21: icmp_seq=7 ttl=63 time=0.092 ms
64 bytes from 10.0.0.21: icmp_seq=8 ttl=63 time=0.066 ms
64 bytes from 10.0.0.21: icmp_seq=9 ttl=63 time=0.074 ms
64 bytes from 10.0.0.21: icmp_seq=10 ttl=63 time=0.075 ms
64 bytes from 10.0.0.21: icmp_seq=11 ttl=63 time=0.090 ms
^C
--- 10.0.0.21 ping statistics ---
11 packets transmitted, 11 received, 0% packet loss, time 10220ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.066/0.086/0.135/0.019 ms
```

Figura 2.2: Ping Departamento A para S1

```
root@n5:/tmp/pycore.41593/n5.conf# ping 10.0.1.21
PING 10.0.1.21 (10.0.1.21) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.1.21: icmp_seq=1 ttl=62 time=0.147 ms
64 bytes from 10.0.1.21: icmp_seq=2 ttl=62 time=0.087 ms
^C
--- 10.0.1.21 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1026ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.087/0.117/0.147/0.030 ms
```

Figura 2.3: Ping Departamento B para S1

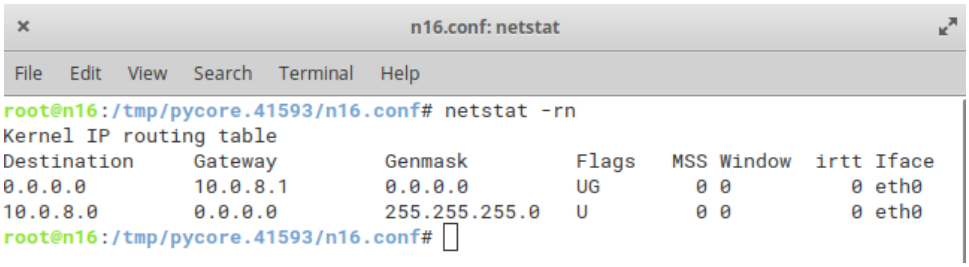
e) Verifique se existe conectividade IP do router de acesso R_{ext} para o servidor S_1.



Logo, não existe conectividade.

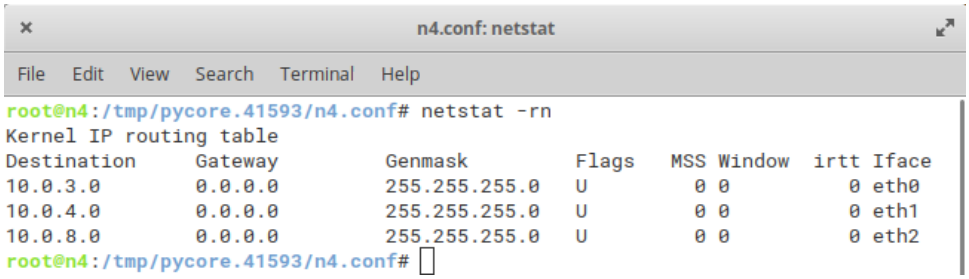
Exercício 2

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).



(O n16 da foto é na topologia o n5)

Legenda: tabela de encaminhamento do laptop B



(O n4 da foto é na topologia o Rb)

Legenda: tabela de encaminhamento do router B

b) Diga, justificando, se está a ser usado encaminhamento estático ou dinâmico (sugestão: analise que processos estão a correr em cada sistema).

Dinâmico porque a rota não foi feita manualmente, foi endereçada automaticamente, por isso, as rotas são obtidas através de protocolos de encaminhamento.

```
root@n16:/tmp/pycore.41593/n16.conf# ps -ef
UID        PID  PPID  C STIME TTY          TIME CMD
root         1     0  0 14:58 ?        00:00:00 /usr/local/bin/vnoded -v -c /tmp
root        19     1  0 14:58 pts/3    00:00:00 /bin/bash
root       103    19  0 15:05 pts/3    00:00:00 ps -ef
root@n16:/tmp/pycore.41593/n16.conf#
```

Legenda: Processos a correr no laptop

```
root@n4:/tmp/pycore.41593/n4.conf# ps -ef
UID        PID  PPID  C STIME TTY          TIME CMD
root         1     0  0 14:58 ?        00:00:00 /usr/local/bin/vnoded -v -c /tmp
quagga      59     1  0 14:58 ?        00:00:00 /usr/sbin/zebra -d
quagga      65     1  0 14:58 ?        00:00:00 /usr/sbin/ospf6d -d
quagga      69     1  0 14:58 ?        00:00:00 /usr/sbin/ospfd -d
root        77     1  0 14:58 pts/5    00:00:00 /bin/bash
root       106    77  0 15:05 pts/5    00:00:00 ps -ef
root@n4:/tmp/pycore.41593/n4.conf#
```

Legenda: Processos a correr no router

Como podemos ver na imagem de baixo, vemos que existem processos a correr o protocolo ZEBRA, o que nos permite concluir que de facto o router está a usar encaminhamento dinâmico. No encaminhamento estático as rotas permanecem fixas e são baseadas nas rotas pré-definidas. Por isso não existe nenhum processo a correr além dos da própria máquina. Analisando a imagem de cima, vemos que os processos que estão a correr são os processos básicos da máquina, podendo concluir assim que o laptop está a usar encaminhamento estático.

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 S1 localizado no departamento A. Use o comando route delete para o efeito. Que implicação tem esta medida para os utilizadores da empresa que acedem ao servidor? Justifique.

Este servidor vai deixar de ser acessível através da rede 10.0.8.1. Como o computador, neste momento, não tem o default gateway, não pode aceder à internet pois este é responsável por enviar os pacotes de dados para outras redes. Esta rota, como foi retirada, deixa de ser utilizável.

```
root@n5:/tmp/pycore.41593/n5.conf# netstat  -rn
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags   MSS Window  irtt Iface
0.0.0.0         10.0.9.1        0.0.0.0         UG        0 0          0 eth0
10.0.9.0        0.0.0.0         255.255.255.0   U         0 0          0 eth0
root@n5:/tmp/pycore.41593/n5.conf# route delete default
root@n5:/tmp/pycore.41593/n5.conf# netstat  -rn
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags   MSS Window  irtt Iface
10.0.9.0        0.0.0.0         255.255.255.0   U         0 0          0 eth0
root@n5:/tmp/pycore.41593/n5.conf#
```

(n5 da imagem == S1 da topologia)

Legenda: Tabela de Encaminhamento do Servidor S1 antes e depois, assim como o comando utilizado para retirar a default route.

d) Adicione as rotas estáticas necessárias para restaurar a conectividade para o servidor S1 por forma a contornar a restrição imposta na alínea c). Utilize para o efeito o comando route add e registe os comandos que usou.

```
root@n5:/tmp/pycore.41593/n5.conf# route add -net 10.0.6.0 netmask 255.255.255.0
 gw 10.0.9.1
root@n5:/tmp/pycore.41593/n5.conf# netstat -rn
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags   MSS Window  irtt Iface
10.0.0.0        10.0.9.1        255.255.255.0   UG        0 0          0 eth0
10.0.1.0        10.0.9.1        255.255.255.0   UG        0 0          0 eth0
10.0.5.0        10.0.9.1        255.255.255.0   UG        0 0          0 eth0
10.0.6.0        10.0.9.1        255.255.255.0   UG        0 0          0 eth0
10.0.8.0        10.0.9.1        255.255.255.0   UG        0 0          0 eth0
10.0.9.0        0.0.0.0         255.255.255.0   U         0 0          0 eth0
root@n5:/tmp/pycore.41593/n5.conf# ping 10.0.6.2
PING 10.0.6.2 (10.0.6.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.6.2: icmp_seq=1 ttl=61 time=0.108 ms
64 bytes from 10.0.6.2: icmp_seq=2 ttl=61 time=0.112 ms
64 bytes from 10.0.6.2: icmp_seq=3 ttl=61 time=0.128 ms
^C
--- 10.0.6.2 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2045ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.108/0.116/0.128/0.008 ms
root@n5:/tmp/pycore.41593/n5.conf#
```

Legenda: Tabela de Encaminhamento do Servidor S1, assim como o comando utilizado para adicionar a rota do Rext.

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.
Respondida na imagem anterior.

Exercício 3

1. Considere que dispõe apenas do endereço de rede IP 172.yyx.32.0/20, em que "yy" são os dígitos correspondendo ao seu número de grupo (Gyy) e "x" é o dígito correspondente ao seu turno prático (PLx). 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.

   O nosso IP é dado por 172.66.32.0/22

O nosso ip da rede é dado por 172.66.48.0/20. Uma vez que, apenas temo uma máscara de 20 significa que a nossa rede pode usar todos os endereços entre 172.66.48.0 e 172.66.63.255. Como temos 3 departamentos, inicialmente, iríamos precisar de 2 bits para conseguir fazer subnetting, no entanto como a possibilidade 00 e 11 estão reservadas ficaríamos com apenas 2 opções, 00 e 01 para representar os 3 departamentos o que torna a situação impossível. Aumentamos assim de 2 bits para 3 bits para representar as 3 redes.

2. Qual a máscara de rede que usou (em notação decimal)? Quantos interfaces IP pode interligar em cada departamento? Justifique.

Uma vez que reservamos 2 bits para fazer subnetting a nossa máscara passa de 20 para 22 ficando o seu valor decimal em 255.255.252.0. Como a máscara usa 22 bits ficamos com 10 bits em que podemos mexer. O número de host é então dado por 2(^)10 - 1. Como cada rede guarda 2 endereço para broadcast e outro para comunicar com todos os dispositivos, o número de hosts é reduzido em 2 ficando em 1022.

3. Garanta e verifique que a conectividade IP entre as várias redes locais da organização MIEI-RC é mantida. Explique como procedeu.

Alteramos os valores dos ip's dos dispositivos para os valores atribuídos na tabela da pergunta 2. Para mostrar que a conetividade se mantém usamos o comando ping de n7 para um laptop de cada dispositivo como mostra a figura abaixo.

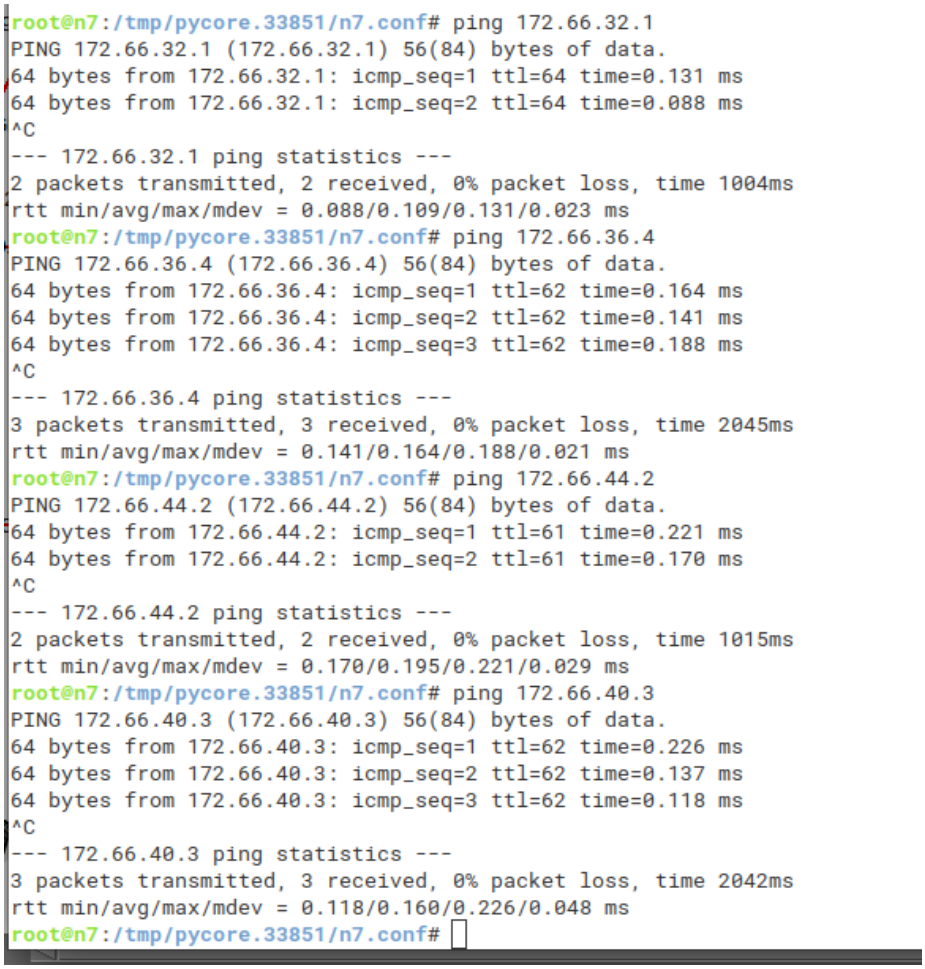
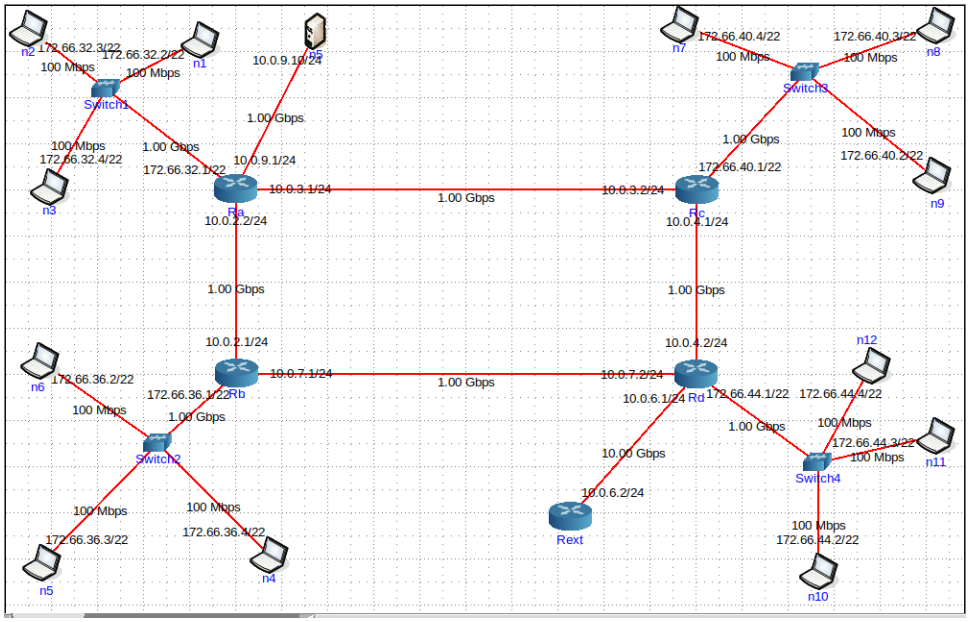


Imagem: Ping para as diversas redes.Equipamentos e Departamentos com novos IP.



Modelo: Equipamentos e Departamentos com novos IP.