

Redes Fixas e Móveis

José Faria, Gabriel Silva, Alexandre Martins e Filipa Rebelo.

Abstract

O presente documento pretende destacar todas as etapas realizadas ao longo da execução deste projeto. Este trabalho tem como objetivo principal a análise de desempenho da rede explorando os parâmetros que o afetam tais como taxas, atrasos, perdas e duplicações de pacotes em IP. A análise destes parâmetros é essencial para compreender o comportamento da rede em várias situações e para identificar possíveis pontos de melhoria ou otimização.

Index Terms

UDP, TCP, FTTH, Delay, Transmissão.

I. INTRODUCTION

A Comunicação em rede é um elemento fundamental que está presente em quase todos os aspetos da vida quotidiana. Compreender os conceitos e características de desempenho das redes de acesso e núcleo é crucial para garantir que as comunicações sejam eficazes e confiáveis.

O presente relatório tem como objetivo analisar os impactos da variação dos parâmetros de redes, como delay, bandwidth, packet loss e packet duplication. Iremos explorar como esses parâmetros afetam o desempenho da rede, incluindo taxas, atrasos, perdas e duplicações de pacotes em IP.

O objetivo final deste trabalho é fornecer uma compreensão clara e abrangente desses conceitos, visando aprimorar a eficácia e a confiabilidade da comunicação em rede.

II. DESENVOLVIMENTO

Para ser possível medir o impacto das variações dos parâmetros de redes começamos por criar uma topologia no CORE tal como se pode observar na figura 1. (1)

Esta topologia conecta o HOME-PC ao SERVER através do HOME-ROUTER que está conectado à rede através de uma ligação FTTH com Bandwidth de 300Mbps e um delay de 6 ms.

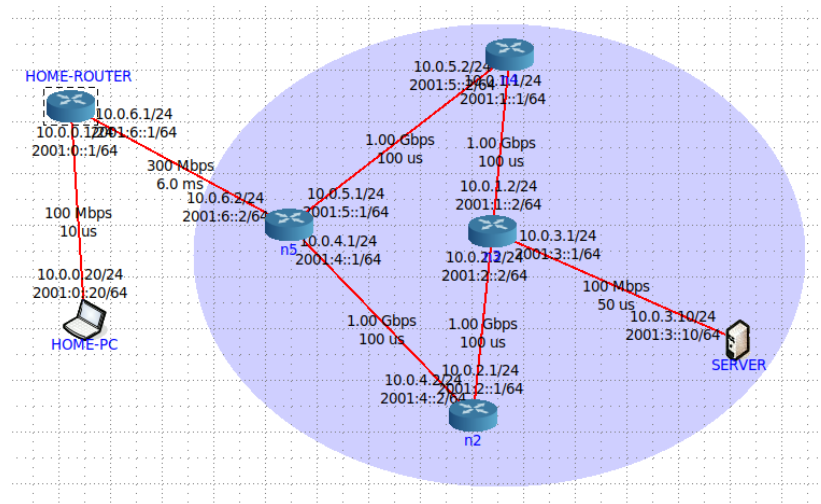


Fig. 1. Topologia Utilizada com conexão FTTH

FTTH é uma tecnologia de rede de banda larga que utiliza fibra óptica para fornecer conexão de internet de alta velocidade diretamente para residências e empresas. Neste sistema, a fibra óptica é estendida desde o provedor de serviços até o local específico do cliente, sem depender de cabos de cobre ou outros meios de transmissão.

Apesar de não ser a tecnologia mais utilizada atualmente, têm um grande potencial de se tornar a tecnologia mais comum pela sua capacidade de transportar grandes quantidades de dados a longas distâncias sem degradação do sinal. Apresenta também uma latência inferior às conexões de cobre e velocidades de transferência superiores.

III. EXERCÍCIO 1

A. Alinea 1.1

Foi medido o atraso fim a fim entre o HOME-PC e o SERVER recorrendo à ferramenta ping.

Comos argumentos -c 100, estabeleceu-se que seriam enviados 100 pacotes, de modo a ter informação suficiente para uma média próxima da realidade.

O tamanho dos pacotes foi especificado com -s <size>.

ping-c 100 -s 64 10.0.3.10	
min	12.776
avg	13.734
max	27.245
mdev	1.504

TABLE I

TEMPOS PARA MENSAGENS COM 64 BYTES

ping-c 100 -s 1024 10.0.3.10	
min	13.162
avg	14.047
max	14.932
mdev	0.477

TABLE II

TEMPOS PARA MENSAGENS COM 1024 BYTES

De seguida, calcula-mos o valor teórico que uma mensagem ping demoraria a ir do servidor ao router e voltar através da seguinte fórmula: $\sum_{i=0}^N d_i + \frac{L}{B_i}$

onde d_i corresponde ao delay fixo da ligação i , L é o tamanho dos pacotes e B_i corresponde à largura de banda disponível na ligação i .

Assim, tendo em consideração que cada pacote tem de voltar à origem e somando o tempo de todas as ligações foram obtidos os valores teóricos abaixo apresentados.

Valor teórico para 64 bytes : 12.44 ms

Valor teórico para 1024 bytes : 12,57 ms

A diferença entre os valores teóricos e os valores medidos pode ser explicada por processamento necessário nos routers, e pela existência de outro tráfego a circular na rede (implicando mais tempo em filas de espera).

B. Alinea 1.2

Nesta alínea o Acess Link-Residencial foi alterado e voltou-se a medir o atraso tendo-se obtido os valores que se podem observar nas tabelas III e IV.

De seguida usando a fórmula apresentada na alínea anterior foram calculados os tempos teóricos abaixo apresentados.

Valor teórico para 64 bytes : 102,27 ms

Valor teórico para 1024 bytes : 132.273 ms

ping-c 100-s 64 10.0.3.10	
min	104.083
avg	105.886
max	207.176
mdev	10.188

TABLE III

TEMPOS PARA MENSAGENS COM 64 BYTES

ping -c 100 -s 1024 10.0.3.10	
min	134.461
avg	135.123
max	137.352
mdev	0.480

TABLE IV

TEMPOS PARA MENSAGENS COM 1024 BYTES

IV. EXERCÍCIO 2

Neste exercício procedeu-se à medição da largura de banda máxima(BWmax) atingível em transferências de dados sobre IP(v4), de volume considerável, entre o HOME-PC e o SERVER, tanto em TCP como em UDP recorrendo à ferramenta iperf.

As figuras 2 e 3 são os resultados da ferramenta iperf para transferência em TCP e UDP respetivamente.

Através das figuras é possível verificar que a transferência sobre TCP foi capaz de transferir um maior número de Bytes e tendo uma Bandwith superior à da transferência sobre UDP. Nestes testes não houve perda de pacotes.

```

root@HOME-PC:/tmp/pycore.42267/HOME-PC.conf# iperf -c 10.0.3.10
Client connecting to 10.0.3.10, TCP port 5001
TCP window size: 85.0 KByte (default)
[ 3] local 10.0.0.20 port 35750 connected with 10.0.3.10 port 5001
[ ID] Interval      Transfer     Bandwidth
[ 3] 0.0-10.0 sec  1.88 MBytes  1.50 Mbits/sec

root@SERVER:/tmp/pycore.42267/SERVER.conf# iperf -s
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 128 KByte (default)
[ 4] local 10.0.3.10 port 5001 connected with 10.0.0.20 port 35750
[ ID] Interval      Transfer     Bandwidth
[ 4] 0.0-10.0 sec  1.88 MBytes  1.45 Mbits/sec
  
```

Fig. 2. Estatísticas do iperf no HOME-PC e no SERVER com conexão FTTH em TCP

```

root@HOME-PC:/tmp/pycore.42267/HOME-PC.conf# iperf -u 10.0.3.10
Client connecting to 10.0.3.10, UDP port 5001
Sending 1470 byte datagrams, IPG target: 11215.21 us (kalman adjust)
UDP buffer size: 208 KByte (default)
[ 3] local 10.0.0.20 port 55294 connected with 10.0.3.10 port 5001
[ ID] Interval      Transfer     Bandwidth
[ 3] 0.0-10.0 sec  1.25 MBytes  1.05 Mbits/sec
[ 3] Sent 892 datagrams
[ 3] Server Report:
[ 3] 0.0-10.0 sec  1.25 MBytes  1.05 Mbits/sec  0.587 ms  0/ 892 (0%)

root@SERVER:/tmp/pycore.42267/SERVER.conf# iperf -u -s
Server listening on UDP port 5001
Receiving 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 208 KByte (default)
[ 3] local 10.0.3.10 port 5001 connected with 10.0.0.20 port 55294
[ ID] Interval      Transfer     Bandwidth      Jitter  Lost/total Datagrams
[ 3] 0.0-10.0 sec  1.25 MBytes  1.05 Mbits/sec  0.587 ms  0/ 892 (0%)
  
```

Fig. 3. Estatísticas do iperf no HOME-PC e no SERVER com conexão FTTH em UDP

De seguida foi feito o mesmo teste para a ligação de 1 GBps.

Os resultados mostram que, para este caso, a transferência sobre UDP foi melhor, tendo transferido mais Bytes com uma Bandwith maior. No entanto houve uma elevada percentagem de pacotes perdidos enquanto que em TCP não se perdeu nenhum pacote. Isto deve-se ao facto de que em UDP não existe controlo sobre as perdas de pacote.

```

root@HOME-PC:/tmp/pycore.42267/HOME-PC.conf# iperf -c 10.0.3.10
Client connecting to 10.0.3.10, TCP port 5001
TCP window size: 85.0 KByte (default)
[ 3] local 10.0.0.20 port 35748 connected with 10.0.3.10 port 5001
[ ID] Interval      Transfer     Bandwidth
[ 3] 0.0-12.5 sec  234 KBytes  193 Kbits/sec

root@SERVER:/tmp/pycore.42267/SERVER.conf# iperf -s
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 128 KByte (default)
[ 4] local 10.0.3.10 port 5001 connected with 10.0.0.20 port 35748
[ ID] Interval      Transfer     Bandwidth
[ 4] 0.0-16.5 sec  234 KBytes  146 Kbits/sec
  
```

Fig. 4. Estatísticas do iperf no HOME-PC e no SERVER com conexão de 1GBps em TCP

```

root@HOME-PC:/tmp/pycore.42267/HOME-PC.conf# iperf -u 10.0.3.10
Client connecting to 10.0.3.10, UDP port 5001
Sending 1470 byte datagrams, IPG target: 11215.21 us (kalman adjust)
UDP buffer size: 208 KByte (default)
[ 3] local 10.0.0.20 port 40715 connected with 10.0.3.10 port 5001
[ ID] Interval      Transfer     Bandwidth
[ 3] 0.0-10.0 sec  1.25 MBytes  1.05 Mbits/sec
[ 3] Sent 892 datagrams
[ 3] Server Report:
[ 3] 0.0-10.3 sec  306 KBytes  244 Kbits/sec  16.829 ms  680/ 893 (76%)

root@SERVER:/tmp/pycore.42267/SERVER.conf# iperf -s -u
Server listening on UDP port 5001
Receiving 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 208 KByte (default)
[ 3] local 10.0.3.10 port 5001 connected with 10.0.0.20 port 40715
[ ID] Interval      Transfer     Bandwidth      Jitter  Lost/Total Datagrams
[ 3] 0.0-10.3 sec  306 KBytes  244 Kbits/sec  16.830 ms  680/ 893 (76%)
  
```

Fig. 5. Estatísticas do iperf no HOME-PC e no SERVER com conexão de 1Gbps em UDP

V. EXERCÍCIO 3

A. Alinea 3.1

Primeiramente, analisou-se o bitrate máximo com TCP, variando a percentagem de pacotes perdidos entre os valores 4% e 10% e a percentagem de pacotes duplicados entre os valores 2% e 5%.

Parâmetros	Bandwith (Mbits/s)	Bytes transferidos (MBytes)
Normal	1.48	5.66
4% loss	1.15	4.6
10% loss	0.409	1.92
2% duplicate	1.35	5.23
5% duplicate	0.935	3.67

TABLE V
ESTATÍSTICAS DO IPERF COM DIFERENTES PARÂMETROS EM TCP

O delay e o bitrate estão relacionados dado que ambos afetam o desempenho da transmissão de dados numa rede. O delay corresponde ao tempo de latência que ocorre entre o envio e a receção de dados na transmissão. Quanto maior for o delay, pior será a qualidade de transmissão na rede, visto que os dados são transmitidos num intervalo de tempo maior. O loss corresponde à percentagem de dados perdidos durante a transmissão. Esta percentagem vai afetar negativamente a qualidade da transmissão, dado que os dados precisam de ser retransmitidos.

Da análise da tabela acima, observou-se que quando o loss foi de 4%, o bitrate foi de 1.15Mbps, mas quando o loss foi aumentado para 10%, o bitrate diminui consideravelmente para 0.409kbps.

Quando há perda de pacotes, o tempo necessário para que os dados sejam retransmitidos entre os dispositivos aumenta, o que pode levar a uma diminuição da largura de banda disponível que, por sua vez, leva a uma diminuição do bitrate.

Analisando agora os valores para uma transferência com duplicados podemos concluir que quanto maior for este valor, menor vai ser a largura de banda.

Seguidamente foi feito o mesmo para UDP.

Parâmetros	Bandwith (Mbits/s)	Bytes transferidos (MBytes)
Normal	1.05	3.75
4% loss	1.01	3.6
10% loss	0.934	3.34
2% duplicate	1.07	3.82
5% duplicate	1.10	3.94

TABLE VI
ESTATÍSTICAS DO IPERF COM DIFERENTES PARÂMETROS EM UDP

Tal como na transmissão sobre TCP, a perda e a duplicação de pacotes afetam a largura de banda no entanto o impacto é menor.

Diferentemente do TCP, o UDP não implementa técnicas para recuperar pacotes perdidos, evitar congestionamentos (congestion avoidance) ou controlar o fluxo de dados (flow control). Isso implica que pacotes descartados ou perdidos são substituídos por novos pacotes, o que resulta em uma utilização máxima da largura de banda próxima à capacidade do canal de comunicação.

B. Alinea 3.2

Parâmetros (loss,duplicate)	Bandwith (Mbits/s)	Bytes transferidos (MBytes)
(4%,2%)	1.10	4.42
(4%,5%)	1.06	4.16
(10%,2%)	0.519	2.24
(10%,5%)	0.19	0.897

TABLE VII
ESTATÍSTICAS DO IPERF COM DIFERENTES PARÂMETROS EM TCP

Ao examinarmos a variação da largura de banda máxima ao utilizar o protocolo TCP, observamos que a perda de pacotes tem um impacto maior do que a duplicação de pacotes na largura de banda. Isso pode ser atribuído ao mecanismo de controle de congestionamento, pois quando um pacote é perdido, a taxa de transmissão de dados diminui. Consequentemente, quanto mais pacotes forem perdidos, menor será a largura de banda disponível.

Parâmetros (loss,duplicate)	Bandwith (Mbits/s)	Bytes transferidos (MBytes)
(4%,2%)	1.03	3.68
(4%,5%)	1.05	3.76
(10%,2%)	0.948	3.42
(10%,5%)	1	2.74

TABLE VIII

ESTATÍSTICAS DO IPERF COM DIFERENTES PARÂMETROS EM UDP

Conforme evidenciado pelos resultados, a eficácia da comunicação via UDP é mais significativa quando há menor perda e atraso de dados, embora não seja muito influenciada por essas variáveis. Além disso, a largura de banda permaneceu praticamente constante ao longo das quatro medições.

C. Alinea 3.3

Nesta alínea alteramos o valor do delay para 2 segundos tendo obtido os resultados apresentados na tabela abaixo.

Parâmetros (loss,duplicate)	Bandwith (Mbits/s)	Bytes transferidos (MBytes)
UDP	0.933	1.11
TCP	0.013	0.107

TABLE IX

ESTATÍSTICAS DO IPERF COM UM DELAY DE 2S

Analisando a tabela é possível concluir que para este tipo de comunicação deve ser utilizado o UDP. Isto deve-se ao facto de não ser necessário esperar por confirmações de recepção.

VI. CONCLUSÃO

Através da realização deste trabalho foi possível consolidar os conhecimentos obtidos nas aulas teóricas sobre as **Redes de Acesso IP**, nomeadamente os impactos da variação de parâmetros como o delay,bandwith,packet loss e packet duplication no desempenho da rede. Foi utilizado o comando ping para medir o atraso fim a fim entre os dispositivos, bem como o comando traceroute para descobrir os nodos pelos quais a informação passou.

Recorrendo à ferramenta iperf,foi possível medir a largura de banda máxima disponível no meio. Os testes com UDP demonstraram uma largura de banda máxima superior em comparação com os testes realizados com TCP.

Foi observada uma relação entre o atraso e a largura de banda, já que ambos influenciam o desempenho da transmissão de dados na rede. Constatou-se que à medida que o atraso aumenta, a largura de banda disponível para a transmissão de dados é reduzida. O índice de perda de dados (loss), que representa a percentagem de dados perdidos durante a transmissão, e o índice de duplicação (duplicate), que indica a percentagem de pacotes duplicados durante a transmissão, também impactam a largura de banda disponível, levando a uma diminuição da taxa de transferência.

Por fim, o grupo considera que alcançou os objetivos propostos e conclui que todas as medições realizadas são cruciais para compreender a análise de desempenho da rede e a importância da otimização das configurações de rede para uma transmissão de dados eficiente.