

Práctica 1.2 - Ejercicios individuales

Cuestión 7

Queremos calcular estos tres valores:

- **Throughput:** número de paquetes enviados por unidad de tiempo.
- **Ancho de banda total:** bytes totales enviados por unidad de tiempo.
- **Throughput útil:** número de paquetes de datos enviados por unidad de tiempo.
- **Ancho de banda útil a nivel IP:** ancho de banda correspondiente a datos IP.
- **Ancho de banda útil a nivel aplicación:** ancho de banda correspondiente a datos de transporte.

Para ello primero es necesario obtener un tiempo de mensaje, T_m , que dividido a una longitud determinada nos dará el valor a calcular. Consideramos una tasa de bits de 10 Mbps, por lo que el tiempo de transmisión de una trama de L bytes es $T_t(L) = \frac{L}{10Mbps} \cdot \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}}$. El tiempo de gap es $T_{gap} = T_t(12) = 9.6 \mu s$

Caso TCP

Los envíos TCP se realizan con el máximo tamaño IP que permite el MTU de las máquinas, en este caso 1500 bytes. Las longitudes de datos que nos interesan son las siguientes:

$$L_{TRAMA} = 1526 \text{ bytes}$$

$$L_{DATOS_IP} = 1500 - 20 = 1480 \text{ bytes}$$

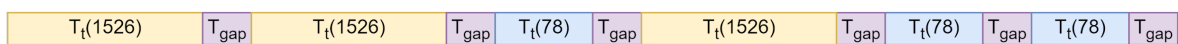
$$L_{DATOS_TCP} = 1480 - 32 = 1448 \text{ bytes}$$

$$L_{TRAMA_ACK} = 32 + 20 + 26 = 78 \text{ bytes}$$

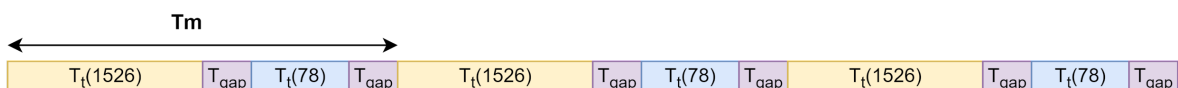
El tiempo de mensaje en modo half-dúplex, considerando tiempos de procesamiento y de propagación despreciables, es:

$$T_m = T_t(1526) + T_{gap} + T_t(78) + T_{gap} = 1.2208 \text{ ms} + 0.0624 \text{ ms} + 2 \cdot 0.0096 \text{ ms} = 1.3024 \text{ ms}$$

Esto es equivalente a observar el conjunto total de paquetes enviados y considerar el tamaño total, ya que el orden de los paquetes, considerando que el tráfico iperf es el único que pasa por los hubs, es irrelevante.



Possible ordenación



Equivalente

$$\text{Throughput} = 2 \text{ paq}/T_m = 1535.62 \text{ pps}$$

$$\text{Ancho de banda total} = 8 \cdot (L_{\text{TRAMA}} + L_{\text{ACK}})/T_m = 8 \cdot (1526 + 78) \text{ bits}/1.302 \text{ ms} = 9.852 \text{ Mbps}$$

$$\text{Throughput útil} = 1 \text{ paq}/T_m = 767.81 \text{ pps}$$

$$\text{Ancho de banda útil a nivel IP} = 8 \cdot L_{\text{DATOS_IP}}/T_m = 8 \cdot 1480 \text{ bits}/1.3024 \text{ ms} = 9.09 \text{ Mbps}$$

$$\text{Ancho de banda útil a nivel aplicación} = 8 \cdot L_{\text{DATOS_TCP}}/T_m = 8 \cdot 1448 \text{ bits}/1.3024 \text{ ms} = 8.894 \text{ Mbps}$$

Caso UDP

En el caso de UDP es más sencillo: el tiempo de mensaje es el tiempo de envío de trama sumado al tiempo de gap ($T_m = T_t(L_{\text{TRAMA}}) + T_{\text{gap}}$). El throughput es igual al throughput útil, ya que no hay un mensaje ack que contar. El resto de fórmulas son las mismas que en el apartado anterior:

L_{TRAMA}	$L_{\text{DATOS_IP}}$	$L_{\text{DATOS_UDP}}$	T_m	Throughput	B_{TOTAL}	$B_{\text{UTIL_IP}}$	$B_{\text{UTIL_UDP}}$
154	108	100	0.1328	7 530.12	9.277	6.506	6.024
254	208	200	0.2128	4 699.25	9.549	7.820	7.519
354	308	300	0.2928	3 415.30	9.672	8.415	8.197
654	608	600	0.5328	1 876.88	9.820	9.129	9.009
1254	1208	1200	1.0128	987.36	9.905	9.542	9.479
1526	1480	1472	1.2304	812.74	9.922	9.623	9.571
bytes	bytes	bytes	ms	pps	Mbps	Mbps	Mbps

Cuestión 8

En esta tarea se pide calcular teóricamente el ancho de banda (total y útil) y el throughput de varios envíos iperf sobre udp con tamaños de payload de 1472, 100, 200 y 300 bytes. Los envíos se realizan sobre tecnología ethernet a 10 Mbps, pero en este caso son las tasas de envío de iperf y la tasa de vaciado de tc los limitantes. Ambas herramientas limitan el tiempo de mensaje para que se adecúe a su tasa.

Conociendo el tiempo de mensaje, como en el ejercicio 7, se obtenía el ancho de banda de la siguiente manera:

$$B = L \cdot 8 / T_m$$

Despejando y sustituyendo el ancho de banda por una de las tasas limitantes, se obtiene el tiempo de mensaje:

$$T_m = L \cdot 8 / R$$

Para el primer caso se tienen los siguientes datos:

$$\begin{aligned} L_{DATOS_UDP} &= 1472 \text{ bytes} & R_{IPERF} &= 2 \text{ Mbps} \\ L_{DATOS_IP} &= 1472 + 8 = 1480 \text{ bytes} & R_{TC} &= 1 \text{ Mbps} \\ L_{TRAMA} &= 1480 + 20 + 26 = 1526 \text{ bytes} \end{aligned}$$

La herramienta iperf considera únicamente el tamaño de los paquetes IP que envía ($L_{IP} = L_{DATOS_IP} + 20 = 1500$). Dada la tasa de envío de iperf, R_{IPERF} , y el tamaño de paquete, L_{IP} , se obtiene el tiempo de envío de un mensaje dentro de la red A:

$$T_{mA} = L_{IP} \cdot 8 / R_{IPERF} = (1500 \text{ bytes} \cdot 8 \text{ bit/bytes}) / 2 \text{ Mbps} = 6 \text{ ms}$$

Este es el periodo que utiliza iperf para enviar paquetes de ese tamaño, y se puede utilizar para calcular los anchos de banda y throughput dentro de la **red A**:

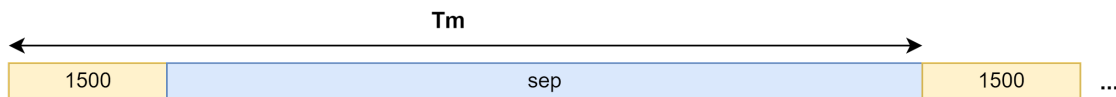
$$\text{Throughput} = 1 \text{ paq} / T_{mA} = 166.67 \text{ pps}$$

$$\text{Ancho de banda total} = 8 \cdot L_{TRAMA} / T_{mA} = 8 \cdot 1526 \text{ bits} / 6 \text{ ms} = 2.035 \text{ Mbps}$$

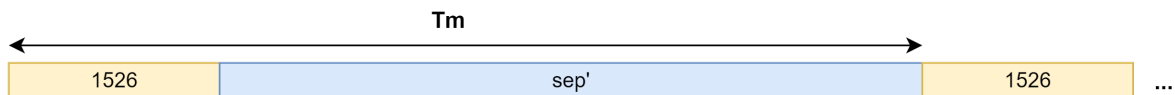
$$\text{Ancho de banda útil a nivel IP} = 8 \cdot L_{DATOS_IP} / T_{mA} = 8 \cdot 1480 \text{ bits} / 6 \text{ ms} = 1.973 \text{ Mbps}$$

$$\text{Ancho de banda útil a nivel aplicación} = 8 \cdot L_{DATOS_UDP} / T_{mA} = 8 \cdot 1472 \text{ bits} / 6 \text{ ms} = 1.963 \text{ Mbps}$$

Se puede ver que el ancho de banda total supera a la tasa de envío especificada en iperf, que se debe al hecho de que iperf no considera el tamaño de trama a nivel ethernet, sino el tamaño de paquete ip.



Lo que considera iperf



Lo que ocurre a nivel ethernet

De la misma forma, se puede obtener el tiempo de envío de mensaje dentro de la red C, donde R_{TC} es la tasa de vaciado de tc:

$$T_{mC} = L \cdot 8 / R_{TC} = 1526 \text{ bytes} \cdot 8 \text{ bit/bytes} / 1 \text{ Mbps} = 12.208 \text{ ms}$$

Este es el periodo que utiliza tc para vaciar 1526 bytes de su buffer. Si no fuera porque limitamos el envío de tal forma que el buffer sólo contiene un paquete, habría que considerar el tamaño de burst definido en la herramienta, en lugar de la longitud de trama. Al igual que antes, se puede utilizar para calcular los anchos de banda y throughput, en este caso dentro de la **red C**:

$$\text{Throughput} = 1 \text{ paq} / T_{mC} = 81.91 \text{ pps}$$

$$\text{Ancho de banda total} = 8 \cdot L_{TRAMA} / T_{mC} = 8 \cdot 1526 \text{ bits} / 12.208 \text{ ms} = 1.000 \text{ Mbps}$$

$$\text{Ancho de banda útil a nivel IP} = 8 \cdot L_{DATOS_IP} / T_{mC} = 8 \cdot 1480 \text{ bits} / 12.208 \text{ ms} = 0.970 \text{ Mbps}$$

$$\text{Ancho de banda útil a nivel aplicación} = 8 \cdot L_{DATOS_UDP} / T_{mC} = 8 \cdot 1472 \text{ bits} / 12.208 \text{ ms} = 0.965 \text{ Mbps}$$

Para los otros tamaños de payload se han utilizado las siguientes tasas: $R_{IPERF} = 200 \text{ Kbps}$, $R_{TC} = 100 \text{ Kbps}$. Aplicando el mismo procedimiento se obtienen los siguientes resultados dentro de la **red A**:

L_{TRAMA}	L_{DATOS_IP}	L_{DATOS_UDP}	T_{mA}	Throughput	B_{TOTAL}	B_{UTIL_IP}	B_{UTIL_UDP}
154	108	100	5.12	195.31	240.625	168.750	156.250
254	208	200	9.12	109.65	222.807	182.456	175.439
354	308	300	13.12	76.22	215.854	187.805	182.927
bytes	bytes	bytes	ms	pps	Kbps	Kbps	Kbps

y dentro de la **red C**:

L_{TRAMA}	L_{DATOS_IP}	L_{DATOS_UDP}	T_{mC}	Throughput	B_{TOTAL}	B_{UTIL_IP}	B_{UTIL_UDP}
154	108	100	12.32	81.17	100.000	70.130	64.935
254	208	200	20.32	49.21	100.000	81.890	78.740
354	308	300	28.32	35.31	100.000	87.006	84.746
bytes	bytes	bytes	ms	pps	Kbps	Kbps	Kbps

Cuestión 9

En esta tarea se pide calcular los valores del throughput y ancho de banda a partir de las capturas de tráfico. Como se hizo en el ejercicio 6 de la práctica 1.2, se emplea la herramienta Wireshark y su generador de estadísticas.

Para el caso del envío de datagramas udp de 1472 bytes de payload, lo primero que hay que hacer es filtrar el tráfico para mostrar solamente los paquetes udp del envío con iperf:

Filtro red A:

```
ip.src == 192.168.10.1 && ip.dst == 192.168.7.1 && udp.length == 8 + 1472
```

Filtro red C: (dirección del nat como origen)

```
ip.src == 192.168.7.10 && ip.dst == 192.168.7.1 && udp.length == 8 + 1472
```

En la ventana “Propiedades de archivo de captura”, las que nos interesan son las siguientes:

Propiedad	Red A	Red C
Paquetes	1709	1182
Espacio de tiempo (s)	12.329	14.351
Promedio pps	138.6	82.4
Promedio de bits/s	1678 k	997 k

De primeras se observa que ha habido pérdida de paquetes, ya que hay 30% menos paquetes en la red C. También se observa retardo en la transmisión: con iperf se había especificado un plazo de envío de 10 s, pero Wireshark indica 14.35 s. Observando la salida del comando `tc qdisc show` se puede verificar que esa diferencia de 4.35 segundos se aproxima a la latencia generada por los buffers (4.1 s).

Con el número de paquetes enviados y el plazo de tiempo es suficiente para calcular todos los valores de la **red A**:

$$\text{Throughput} = \text{paquetes/tiempo} = 138.62 \text{ pps}$$

$$\text{Ancho de banda total} = L_{\text{TRAMA}} \cdot \text{paquetes} \cdot 8 / \text{tiempo} = L_{\text{TRAMA}} \cdot 8 \cdot \text{throughput} = 1692.23 \text{ Mbps}$$

$$\text{Ancho de banda útil a nivel IP} = L_{\text{DATOS_IP}} \cdot 8 \cdot \text{throughput} = 1641.22 \text{ Mbps}$$

$$\text{Ancho de banda útil a nivel aplicación} = L_{\text{DATOS_UDP}} \cdot 8 \cdot \text{throughput} = 1632.35 \text{ Mbps}$$

y de la **red C**:

$$\text{Throughput} = \text{paquetes/tiempo} = 82.36 \text{ pps}$$

$$\text{Ancho de banda total} = L_{\text{TRAMA}} \cdot \text{paquetes} \cdot 8 / \text{tiempo} = L_{\text{TRAMA}} \cdot 8 \cdot \text{throughput} = 1005.49 \text{ Mbps}$$

$$\text{Ancho de banda útil a nivel IP} = L_{\text{DATOS_IP}} \cdot 8 \cdot \text{throughput} = 975.19 \text{ Mbps}$$

$$\text{Ancho de banda útil a nivel aplicación} = L_{\text{DATOS_UDP}} \cdot 8 \cdot \text{throughput} = 969.91 \text{ Mbps}$$

Se puede apreciar que el ancho de banda calculado por Wireshark es ligeramente inferior al que se especifica con tc, mientras que el ancho de banda total que tiene en cuenta preámbulo y CRC es ligeramente superior. Esto es debido a que tc, a diferencia de iperf, adecúa la tasa de envío al tamaño real de trama ethernet.

Para los tamaños de payload 100, 200 y 300 se han aplicado estos filtros:

Filtros red A:

```
ip.src == 192.168.10.1 && ip.dst == 192.168.7.1 && udp.length == 8 + 100
```

```
ip.src == 192.168.10.1 && ip.dst == 192.168.7.1 && udp.length == 8 + 200
```

```
ip.src == 192.168.10.1 && ip.dst == 192.168.7.1 && udp.length == 8 + 300
```

Filtros red C: (dirección del nat como origen)

```
ip.src == 192.168.7.10 && ip.dst == 192.168.7.1 && udp.length == 8 + 100
```

```
ip.src == 192.168.10.1 && ip.dst == 192.168.7.1 && udp.length == 8 + 200
```

```
ip.src == 192.168.10.1 && ip.dst == 192.168.7.1 && udp.length == 8 + 300
```

Siguiendo el mismo procedimiento se han obtenido los siguientes resultados para la red A:

<i>Paquetes</i>	<i>Tiempo</i>	<i>L_{DATOS_UDP}</i>	<i>Throughput</i>	<i>B_{TOTAL}</i>	<i>B_{UTIL_IP}</i>	<i>B_{UTIL_UDP}</i>
2509	12.299	100	204.00	251.33	176.26	163.20
1261	12.306	200	102.47	208.22	170.51	163.95
845	12.334	300	68.51	194.02	168.81	164.42
<i>s</i>		<i>bytes</i>	<i>pps</i>	<i>Kbps</i>	<i>Kbps</i>	<i>Kbps</i>

y la red C:

<i>Paquetes</i>	<i>Tiempo</i>	<i>L_{DATOS_UDP}</i>	<i>Throughput</i>	<i>B_{TOTAL}</i>	<i>B_{UTIL_IP}</i>	<i>B_{UTIL_UDP}</i>	<i>Pérdida</i>
1229	14.301	100	85.94	105.88	74.25	68.75	51.01
719	14.449	200	49.76	101.11	82.80	79.62	42.98
521	14.408	300	36.16	102.41	89.10	86.79	38.34
<i>s</i>		<i>bytes</i>	<i>pps</i>	<i>Kbps</i>	<i>Kbps</i>	<i>Kbps</i>	<i>%</i>

A diferencia del ejercicio 6, donde el throughput era el factor limitante, ahora el ancho de banda es el que limita, por lo que a mayor tamaño de paquete, menor es el throughput.