

---

## Guía de Ejercicios - I

### Introducción a las Redes de Computadoras

1. Expresar las siguientes cantidades en las unidades indicadas:
  - a. 2048 bits en B (*bytes*) y en KB (*kilobytes*)
  - b. 10 s (*segundos*) en ms (*milisegundos*) y en ns (*nanosegundos*)
  - c. 2 Mbps (*megabits por segundo*) en bps (*bits por segundo*) y en kBps (*kilobytes por segundo*)
  - d. 1 GBps (*gigabyte por segundo*) en Bps (*bytes por segundo*) y Mbps (*megabits por segundo*)
2. Responder las siguientes preguntas:
  - a. ¿Qué es un protocolo? ¿Por qué son importantes los estándares para los protocolos?
  - b. ¿Cuáles son las cinco capas o niveles en el *stack* de protocolos de Internet? ¿Cuáles son las principales responsabilidades de cada capa?
  - c. Enunciar dos posibles tareas que podría realizar cada una de las capas. ¿Es posible que alguna de estas tareas pueda ser realizada por dos o más capas?
  - d. ¿Cuáles son las capas que procesa un router? ¿Cuáles procesa un switch? ¿Y un host?
3. Consideremos una red en la que distintos hosts comparten un enlace de 10 Mbps. Supongamos que cada host transmite continuamente a 1 Mbps pero sólo lo hace el 10% del tiempo.
  - a. Cuando se utiliza conmutación de circuitos (*circuit switching*), ¿cuántos hosts pueden transmitir simultáneamente?
  - b. Supongamos ahora que se trata de una red de conmutación de paquetes (*packet switching*):
    - i. ¿Por qué no se generaría *delay* de encolamiento antes de transmitir si diez o menos hosts estuvieran activos simultáneamente?
    - ii. ¿Por qué sí se generaría *delay* si más de diez hosts transmitieran al mismo tiempo?
  - c. Suponiendo que tenemos once hosts, ¿qué fracción del tiempo se incrementarían las colas de salida en los hosts?

- d. Supongamos ahora que un host quiere mandar un archivo de 100 Mb. Si hay 10 hosts en la red, ¿cuánto tardaría si se utilizara *circuit switching*? ¿Y con *packet switching*?
4. Supongamos que cierto host A quiere enviar un archivo grande a otro host B. El camino desde el host A hasta el host B está conformado por tres enlaces con tasas de transmisión  $R_1 = 500$  kbps,  $R_2 = 2$  Mbps y  $R_3 = 1$  Mbps respectivamente. Los packet switches involucrados, además, no utilizan *store-and-forward* sino que operan en modo *cut-through*.
    - a. Asumiendo que no hay tráfico en la red, ¿cuál es el *throughput* para la transferencia del archivo?
    - b. Supongamos que el archivo ocupa 4 millones de bytes. ¿Cuánto tardaría en transferirse al host B?
    - c. Repetir las preguntas anteriores tomando  $R_2 = 100$  kbps.
  5. Imaginemos que la NASA desplegó un cable desde la Tierra a Marte de 75.000.000 km de largo.
    - a. Si se intentara enviar desde la Tierra un paquete de 1 KB con una tasa de transmisión de 100 GBps y una velocidad de propagación de  $2.5 \times 10^8$  m/s, ¿cuánto tardaría en llegar el paquete a Marte?
    - b. Consideremos un paquete 100.000 veces más grande. ¿Cuánto tardaría en llegar esta vez? ¿Hay alguna diferencia significativa? ¿Por qué sí o por qué no?
  6. Consideremos dos hosts A y B conectados por un enlace simple con una tasa de transmisión de  $R$  bps. Supongamos que los dos hosts están separados  $m$  metros y la velocidad de propagación por el enlace es de  $s$  m/s (*metros por segundo*). Supongamos que el host A envía un paquete de tamaño  $L$  bits al host B.
    - a. Expresar el delay de propagación  $d_{prop}$  en términos de  $m$  y  $s$ .
    - b. Determinar el tiempo de transmisión del paquete  $d_{trans}$  en términos de  $L$  y  $R$ .
    - c. Ignorando el *delay* de encolamiento y de procesamiento, obtener una expresión para el *delay end-to-end*.
    - d. Supongamos que el host A comienza a transmitir el paquete en el instante  $t = 0$ . Determinar dónde está el último bit del paquete en el instante  $t = d_{trans}$ .
    - e. Supongamos que  $d_{prop}$  es mayor que  $d_{trans}$ . Determinar dónde está el primer bit del paquete en el instante  $t = d_{trans}$ .

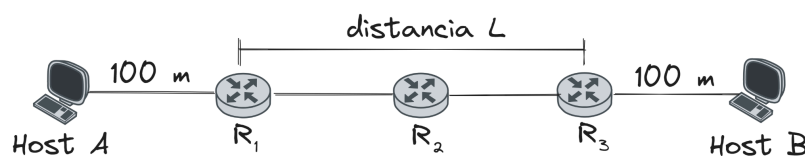
- f. Si  $s = 2.5 \times 10^8$ ,  $L = 1500$  bytes y  $R = 10$  Mbps, determinar la distancia para la cual  $d_{prop}$  es igual a  $d_{trans}$ .
7. Considerar un paquete de longitud  $L$  que comienza en cierto host A y viaja a través de tres enlaces al host destino. Estos tres enlaces están conectados por dos *packet switches*, siendo  $d_i$ ,  $s_i$  y  $R_i$  la longitud del link, la velocidad de propagación y la tasa de transmisión del enlace  $i$  respectivamente (para  $i = 1, 2, 3$ ). El tiempo de procesamiento en cada *packet switch* es  $d_{proc}$ . Asumiendo que no hay delay de encolamiento y que los dispositivos implementan *store-and-forward*:
- ¿Cuál es el *delay end-to-end* total para la transmisión del paquete?
  - ¿Cuál es el *delay end-to-end* considerando los siguientes datos?
    - Un paquete de 1.500 bytes;
    - Velocidad de propagación de  $2.5 \times 10^8$  m/s y tasa de transmisión de 2.5 Mbps en los tres enlaces;
    - Delay* de procesamiento en cada *packet switch* de 3 ms;
    - Longitudes de 5.000 km, 4.000 km y 1.000 km en cada uno de los enlaces, respectivamente.
8. Se quiere enviar un archivo de tamaño  $F$  a través de 5 enlaces conectados por 4 *packet switches*. Dado el tamaño del archivo, este se divide en 3 paquetes de igual tamaño. Cada enlace tiene una tasa de transmisión de  $R$  bps y no hay delay de encolamiento. ¿Cuánto tardará en llegar el archivo entero al destino?
9. Supongamos que  $N$  paquetes llegan simultáneamente a un enlace en el cual no hay paquetes encolados o siendo transmitidos. Cada paquete es de longitud  $L$  y el enlace tiene una tasa de transmisión  $R$ .
- ¿Cuál es el delay promedio de encolamiento para  $N$  paquetes?
  - Supongamos ahora que los paquetes llegan cada  $LN/R$  segundos. ¿Cuál es el delay promedio de encolamiento de cada paquete?
10. Supongamos dos hosts A y B separados por 20.000 kilómetros y conectados por un enlace directo de  $R = 5$  Mbps. Supongamos que la velocidad de propagación del enlace es de  $2.5 \times 10^8$  m/s.
- Calcular el producto ancho de banda x *delay* de propagación ( $R \times d_{prop}$ ).
  - Consideremos enviar un archivo de 800.000 bits desde el host A al host B. Supongamos que el archivo se envía en forma continua como un mensaje

largo. ¿Cuál es el máximo número de bits que se encontrará en el enlace en un determinado tiempo?

- c. ¿Cómo podemos interpretar el producto ancho de banda x *delay* de propagación?
- d. ¿Cuál es el ancho (en metros) de un bit en el enlace?
- e. Derivar una expresión general para el ancho del bit en términos de la velocidad de propagación  $s$ , la tasa de transmisión  $R$  y la longitud del enlace  $m$ .

11. Supongamos que necesitamos entregar 50 terabytes de datos de forma urgente a Río Gallegos desde Buenos Aires. Se cuenta con un enlace dedicado de 100 Mbps de transferencia. ¿Se preferiría utilizar ese enlace en vez del servicio de entrega express del Correo Argentino? Explicar.

12. Se tiene una red de larga distancia entre dos hosts A y B. Los mismos se interconectan a través de tres *packet switches*,  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$ . La distancia entre A y  $R_1$  es de 100 metros al igual que la distancia entre  $R_3$  y B, mientras que a la distancia entre  $R_1$  y  $R_2$  es equivalente a la distancia entre  $R_2$  y  $R_3$ . A la distancia total entre  $R_1$  y  $R_3$  la denotaremos con  $L$ . Se sabe además que la velocidad de transmisión de todos los enlaces punto a punto es de 10 Gbps, que la velocidad de propagación de las señales en el medio físico es de  $2.5 \times 10^8$  m/s y que los *packet switches* demoran 2 milisegundos en procesar los paquetes que reciben, sin demoras significativas en cuanto a encolamiento de paquetes. La siguiente figura esquematiza esta red:



Sabiendo que los hosts intercambian paquetes de 2 KB, encontrar el máximo valor de  $L$  tal que el *delay end-to-end* entre A y B sea a lo sumo 8 ms.

### Ejercicios *hands-on*

1. Realizar 3 ejecuciones de `traceroute` entre un origen y un destino en el mismo continente, en 3 momentos distintos del día.
  - a. Determinar el promedio y el desvío estándar del tiempo de *round-trip* para cada hora.

- b. Indicar el número de routers del camino para cada hora. ¿Hubo modificaciones en estos caminos?
- c. Tratar de identificar la cantidad de ISPs que atraviesan los paquetes de `traceroute` (nombres o IPs similares entre sí). En este experimento, ¿el mayor delay ocurre en las interfaces adyacentes a los ISPs?
- d. Repetir los puntos anteriores entre host de distintos continentes. Comparar los resultados.