

Nombre: \_\_\_\_\_

Apellido(s): \_\_\_\_\_

### Instrucciones

Tiempo disponible: 90 min

Explica **clara y brevemente** todo paso que des considerando que una respuesta correcta sin explicación no necesariamente puntúa. Responde en hojas de examen. Debes entregar este enunciado (se publicarán las soluciones). Indica explícitamente cualquier suposición que hagas, aunque, en general, puedes suponer lo siguiente:

- el emisor envía siempre todos los segmentos de la ventana o los que se indiquen (usando segmentos de MSS BYes de longitud) antes de recibir el ACK que asiente el primer segmento enviado en dicha ventana
- los segmentos se asienten individualmente

---

**Solucion preliminar** La solución propuesta no ha sido profundamente verificada. Por favor, hacednos saber cualquier discrepancia.

**Problema** La Agencia Espacial desea evaluar el uso de TCP con dos tecnologías de comunicación desde la tierra con su base en la luna para mantener una conexión persistente (ver imagen <sup>1</sup>). La primera de las tecnologías conectaría la tierra con la luna usando un enlace desde la tierra con un satélite de comunicaciones geoestacionario, donde habría un router, con 1Mbps de velocidad de enlace, y desde el satélite a la luna otro enlace con 512Kbps de velocidad. El ~~retardo de transmisión~~ retardo de propagación <sup>2</sup> sería 0,05s entre la tierra y satélite y 1,20s entre satélite y la luna.

La segunda tecnología con un enlace de 1Mbps y 1,25s de retardo de transmisión uniría directamente la tierra con la luna sin mediación de satélites.

La ventana anunciada (WIN) para ambos extremos es de 628608 Bytes. El parámetro Slow Start Threshold (*ssthresh*) es en ambos casos 68754 Bytes. Ambas ~~tecnologías~~ tecnologías utilizan una MTU muy grande de 9862 Bytes.

1. (0.5 puntos) Si la conexión estuviese abierta el tiempo suficiente, y en ausencia de congestión o pérdidas, ¿Qué valor máximo podría alcanzar la ventana de congestión (*cwnd*)? ¿Por qué?  
**sol:** Infinito. La ventana de congestión es un parámetro matemático que se incrementa según slow start ( $cwnd \leq ssthresh$ ) o congestion avoidance ( $cwnd > ssthresh$ ) indefinidamente a medida que se reciben asentimientos.
2. (0.5 puntos) Si la conexión estuviese abierta el tiempo suficiente, ¿Qué valor máximo podría alcanzar la ventana efectiva ( $V_{ef}$ )? ¿Por qué?  
**sol:** La ventana efectiva, es otro parámetro matemático que combina el control de congestión (*cwnd*) con el control de flujo (WIN) y se expresa mediante la expresión  $V_{ef} = \min(cwnd, WIN)$ . Del apartado anterior, sabemos que *cwnd* podría alcanzar infinito, pero del enunciado sabemos que el valor de la

---

<sup>1</sup>Imagen 1, el enunciado no cruzó las referencias, fue corregido en el examen

<sup>2</sup>corrección realizada en durante el examen

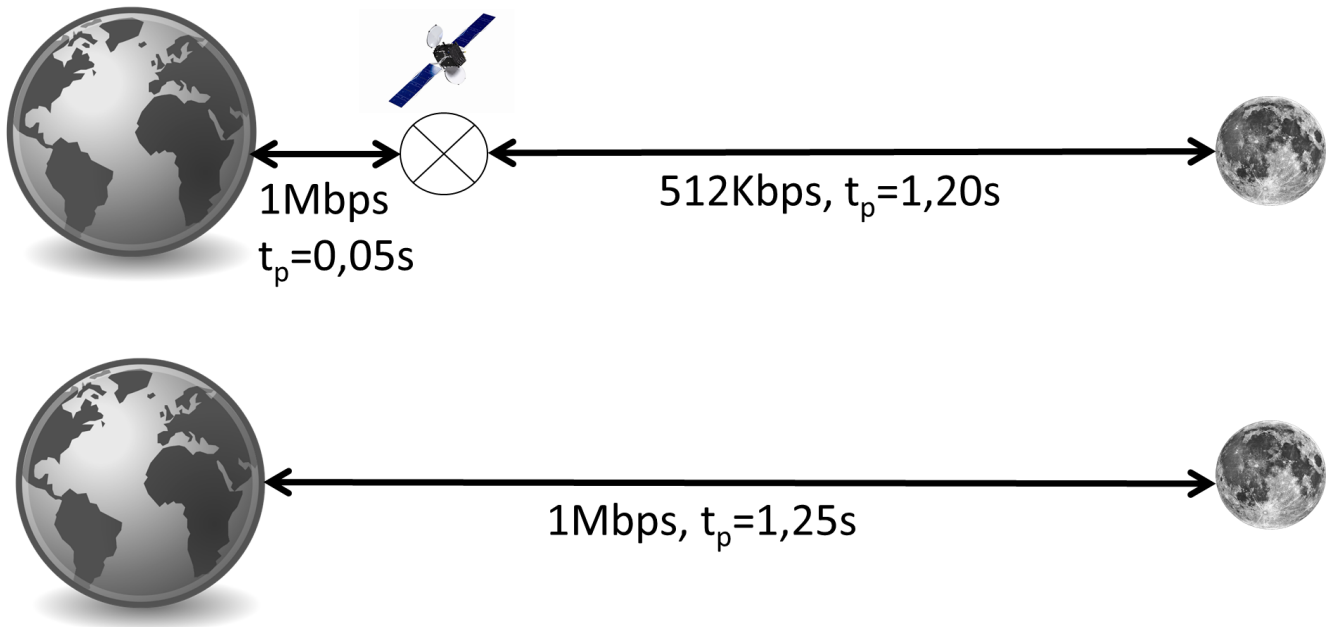


Figura 1: Tecnologías de interconexión Tierra-Luna

ventana anunciada es  $WIN = 628608B = \frac{628608}{MSS} = \frac{628608}{9822} = 64$ . Por lo que el valor máximo que podría alcanzar  $V_{ef}$  no superaría  $WIN$  y por tanto 64.

3. (1.5 puntos) Calcula para ambas la ventana que permite el envío continuo ( $V_{ec}$ )

**sol:**

**planteamiento:** TCP es un protocolo extremo a extremo. Por lo que en ambos casos une la tierra con la luna con independencia de los elementos de red que existan en el camino (routers, switches...). TCP hace crecer su ventana y, por tanto, el ancho de banda hasta que exista congestión, momento en el que reduce su ancho de banda. La congestión se produciría, en el primer caso, por la diferencia entre velocidades de los enlaces (1Mbps vs 512 Kbps) por lo que, como hemos razonado en clase, la velocidad máxima alcanzable en dicho enlace será de 512Kbps, que es la más limitada, y la que deberemos usar. En cuanto al tiempo de propagación, habrá que sumar ambas cantidades, resultando en un tiempo de 1,25s. **De ninguna manera habrá dos conexiones TCP una entre la tierra y el satélite y otra entre el satélite y la luna.**

**cálculo:** Para la primera, con velocidad de 512 Kbps y tiempo de propagación de 1.25s. Calculamos el tiempo de transmisión  $t_{tx} = \frac{MTU}{v} = \frac{9862*8}{512*10^3} = 0,15409375s$ , y el de transmisión de un ACK  $t_{tx} = \frac{MTU}{v} = \frac{40*8}{512*10^3} = 0,000625$ , que podemos descartar. La ventana de envío continuo corresponde a la expresión  $V_{ec} = \frac{RTT}{t_{tx}} = 1 + \frac{2*tp}{t_{tx}} = 1 + \frac{2*1,25}{0,15409375} = 17,22 \approx 17$  segmentos.

Para el segundo caso, la velocidad será de 1Mbps. El tiempo de propagación será 1.25s. Calculamos el tiempo de transmisión  $t_{tx} = \frac{MTU}{v} = \frac{9862*8}{1*10^6} = 0,078896$ , y el de transmisión de un ACK  $t_{tx} = \frac{MTU}{v} = \frac{40*8}{1*10^6} = 0,00032$  que podemos descartar. La ventana de envío continuo corresponde a la expresión  $V_{ec} = \frac{RTT}{t_{tx}} = 1 + \frac{2*tp}{t_{tx}} = 1 + \frac{2*1,25}{0,078896} = 32,68 \approx 32$  segmentos.

4. (1.5 puntos) ¿Cuántos RTTs se tardaría en alcanzar dicha ventana de envío continuo en ambos casos?

**sol:** Considerando que el  $ssthresh$  en segmentos es  $ssthresh = \frac{68754}{9822} = 7$ , pasaremos pronto de slow start a congestion avoidance.

Para ambas tecnologías, el paso de slow start a congestion avoidance, se produce en el mismo momento,

cuando la ventana de congestión vale  $cwnd = 8$  dado que será estrictamente mayor que  $ssthresh$  (slow start  $cwnd \leq ssthresh$  y congestion avoidante  $cwnd > ssthresh$ ). Por lo que, en slow start, enviaremos 1, 2 y 4 segmentos (3RTTs). Los acks recibidos de la ventana en la que se enviaron 4 segmentos, elevarán la ventana de congestión a 8, dado que todos se computan en slow start (de hecho, el último ack de dicha ventana, se recibe con  $cwnd = 7$  que es menor o igual que el threshold, por lo que se computa en slow start, y se suma uno a la ventana dando lugar a  $cwnd = 8$ ).

A partir de ese momento, incrementamos 1 por ventana, y por tanto por RTT<sup>3</sup>. Para llegar, en el primer caso, desde  $cwnd = 8$  hasta  $cwnd = 17$  deberán pasar  $17 - 8 = 9$  RTTs en congestion avoidance. Sumando los 3 de slow start, tendremos 12 RTTs. En el segundo caso, desde  $cwnd = 8$  hasta  $cwnd = 32$  deberán pasar  $32 - 8 = 24$  RTTs en congestion avoidance. Sumando los 3 de slow start, tendremos 27 RTTs.

5. (2 puntos) La primera tecnología, la que emplea el satélite, tiene establecido el retardo de retransmisión (RTO) en un RTT ( $RTO = RTT$ ). Considera el caso de la imagen 5<sup>4</sup> en el que la conexión tiene una ventana de congestión de 100 ( $cwnd = 100$ ) tras recibir el  $ACK_{77}$   $ACK_{78}$ <sup>5</sup>. En ese momento, en el periodo de tiempo RTT1, se envían los segmentos  $D_{78}$ ,  $D_{79}$  y  $D_{80}$  produciéndose un fallo que impide que llegue el segmento  $D_{78}$ . En RTT2 no hay datos para enviar. En RTT3 se deciden enviar los segmentos  $D_{81}$ ,  $D_{82}$  y  $D_{83}$ . Indica claramente el valor de la ventana de congestión ( $cwnd$ ), el slow start threshold ( $ssthresh$ ) cuando varíen indicando el algoritmo usado para el cálculo de la ventana o el tipo de congestión que se produce hasta el envío de  $D_{83}$ .

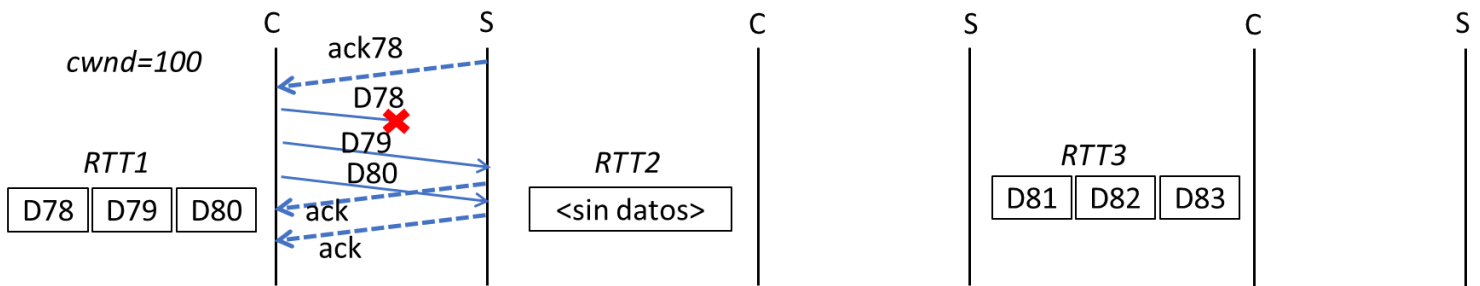


Figura 2: Intercambio de segmentos

**sol:** Acabamos de recibir el ACK del segmento 77 ( $ACK_{78}$ ). Enviamos  $D_{78}$ ,  $D_{79}$  y  $D_{80}$ . Como  $D_{78}$  no llega, recibimos ACK duplicados como respuesta a  $D_{79}$  y  $D_{80}$ . Ambos ACKs duplicados mantienen la ventana de congestión a 100, como la ventana anunciada (WIN) son 64 segmentos, el threshold disminuye a  $ssthresh = \max(\frac{V_{ef}}{2}, 2) = \min(64/2, 2) = 32$ . En RTT2 se produce un Time Out, que baja la ventana a 1 ( $cwnd = 1$ ), produce el reenvío del segmento  $D_{78}$ , manteniéndose el  $ssthresh$  en 32. Al recibir el ACK del segmento  $D_{78}$ , incrementamos la ventana en 1 ( $cwnd = 2$ ) dado que estamos en slow start ( $cwnd < ssthresh$ ). Posteriormente se envían los segmentos  $D_{81}$  y  $D_{82}$  cuyos ACKs, en slow start, aumentan la ventana a 4 ( $cwnd = 4$ ). Finalmente se envía el segmento  $D_{83}$ . Al recibirse el ACK, la ventana quedaría en 5, y el  $ssthresh$  en 32.

6. (2 puntos) ¿Qué valor de RTO mejoraría la conexión considerando un tráfico similar al de la pregunta anterior? ¿por qué? Calcula los valores de la ventana de congestión ( $cwnd$ ), el slow start threshold

<sup>3</sup> $cwnd_n = cwnd_{n-1} + \frac{1}{cwnd_{n-1}}$ , por lo que cada ACK incrementa  $cwnd$  en  $\frac{1}{cwnd_{n-1}}$ , por lo que se requieren aproximadamente  $cwnd_{n-1}$  ACKs para incrementar la ventana en 1

<sup>4</sup>de nuevo, las referencias a las imágenes son incorrectas, fue corregido en el examen

<sup>5</sup>se trata de  $ACK_{78}$ , fue corregido en el examen

(*ssthresh*) cuando varíen indicando el algoritmo usado para el cálculo de la ventana o el tipo de congestión que se produce hasta el envío de  $D_{83}$  en ese caso.

**sol:** Si usáramos un valor de RTO superior a 2RTTs, o al menos de 3RTTs, al enviar los segmentos  $D_{81}$ ,  $D_{82}$  y  $D_{83}$ , recibiríamos ACKs duplicados llegando. Con el ACK del segmento  $D_{81}$ , ya alcanzaríamos los 3 ACKs duplicados, entrando en FR/FR. Implicaría el envío instantáneo del segmento perdido  $D_{78}$ . El threshold valdría, como en el caso anterior, 32. La ventana se actualizaría a  $cwnd = ssthresh + 3 = 35$ . Los ACKs de los segmentos  $D_{82}$  y  $D_{83}$  seguirían siendo duplicados, incrementando la ventana a  $cwnd = 37$ . Cuando recibiésemos el ACK del segmento perdido ( $ACK_{84}$ ), la ventana se iguala al threshold  $cwnd = ssthresh = 32$ , lo que permite el envío de ventanas mayores que en el caso anterior.

## Cuestión

1. (2 puntos) ¿Cuántos registros (RR) y de qué tipo de los que conoces (SoA, MX, NS, A), podrían encontrarse en un nodo del árbol que sabemos que es una zona (ha sido delegado por el nivel superior)?

**comentario:** No se pedía descripción general de los registros, ni si podría darse el caso de su existencia, sino el número de RRs y de qué tipo se pueden encontrar en un nodo que se sabe que ha sido delegado (sólo puede saberse si contiene un registro SOA).

**sol:** Se preguntan cuantos y de qué tipo podrían encontrarse en estas circunstancias. Al tratarse de un nodo del árbol que ha sido delegado, debe tener:

### obligatoriamente:

- Un único registro SOA que indica dicha delegación
- Dos o más registros NS dado que es obligatorio un primario y, al menos, un secundario.
- No podrá tener registros CNAME

### opcionalmente:

- Tantos registros MX (0 o más) como servidores de correo, si dispone de servicio de correo electrónico
- Tantos registros A/AAAA (0 o más) según convenga al administrador.