

Comunicación de datos
Curso 2016/17, Problemas # 6

1. La aproximación $p \approx p_b(n+m)$ para la probabilidad de error de una trama es razonable si $np_b \ll 1$ pero deja bastante que desear en otro caso. Obtenga una expresión para el tamaño óptimo de las tramas en la estrategia de envío continuo con rechazo selectivo si los errores afectan independiente e idénticamente a cualquiera de sus bits, es decir, si $1-p = (1-p_b)^{n+m}$. Si n^* denota tal valor óptimo, muestre que el valor máximo de la cadencia eficaz es

$$\frac{-\log(1-p_b)}{m}(1-p_b)^{n^*+m}(n^*)^2C$$

en donde $\log(\cdot)$ denota el logaritmo natural.

2. Obtenga la cadencia eficaz de un enlace de datos que opera con la estrategia de parada y espera si, además de las hipótesis habituales, se supone que la probabilidad de error en los asentimientos es $q > 0$.

3. Dos equipos están conectados mediante M enlaces paralelos idénticos con tasa de transmisión C . ¿Cuál sería la cadencia eficaz agregada si se utiliza una estrategia de envío continuo con rechazo simple para transmitir por cada uno de ellos? Compárela con la cadencia eficaz de un único enlace de tasa de transmisión MC que usase la misma estrategia y tuviera iguales los restantes parámetros.

4. La cadencia eficaz de un enlace de datos que opera con la estrategia de envío continuo y rechazo simple es el 75 % de la capacidad nominal cuando se emplean tramas de 6000 bits de datos, 128 bits de control y se retransmite un promedio del 15 % de las tramas. ¿Cuánto mejora la cadencia eficaz del enlace si se dobla su capacidad nominal y el resto de parámetros se mantienen constantes?

5. Determine la región de parámetros en la que la estrategia de envío continuo con rechazo simple tiene una cadencia eficaz al menos un 25 % mejor que la que se obtendría con parada y espera en las mismas condiciones. Estudie en particular el caso en que $T_{as}C$ es igual a la longitud de una trama.

6. Calcule la cadencia eficaz máxima de un sistema de comunicaciones en el que el emisor y el receptor pueden utilizar simultáneamente dos enlaces punto a punto independientes, con tasas de transmisión respectivas C_1 y C_2 .

7. Calcule el número medio de transmisiones de una trama en un enlace donde se emplea la estrategia de envío continuo con rechazo selectivo con el tamaño óptimo de trama. Compruebe que es igual a $\sqrt{C/C_e}$, donde C denota la capacidad nominal del enlace y C_e la cadencia eficaz en este escenario.

8. La cadencia eficaz de un enlace de 10 Mb/s que opera con envío continuo y rechazo simple y tramas de 256 bits de control y 8192 bits de datos es el 60 % del valor nominal. El tiempo de asentimiento de una trama cualquiera es de 3 ms. ¿Cuántas veces, en promedio, se transmite una trama?

9. Imagine un enlace de datos punto a punto con un emisor dotado de presciencia que supiera al instante si las tramas que transmite han llegado bien. Sea p la probabilidad de error en la transmisión de una trama cualquiera. ¿Cuál es la cadencia eficaz del enlace? No necesita cálculos para responder.

10. La estrategia de parada y espera puede ser pobre para un solo par emisor-receptor, pero no tiene por qué serlo para un enlace compartido. Tenemos un enlace punto a punto sobre el que se multiplexan de manera oportunista las tramas de S flujos distintos: cada trama se etiqueta con un identificador del flujo al que pertenece más un número de secuencia módulo 2, y se transmite en cuanto el canal está libre y las reglas de parada y espera *para cada flujo* lo permiten. Si el número de flujos es suficientemente grande, ¿cuál es la cadencia eficaz del enlace? ¿Y cuál es la cadencia eficaz de cada flujo? No necesita cálculos para responder.

11. Determine el tiempo medio mínimo necesario para enviar 10^5 bits de información de un emisor a un receptor, a través de un circuito de datos dúplex, empleando códigos detectores de errores, si las tramas no pueden contener más de 0,5 kbytes de datos y la estrategia de retransmisión es de parada y espera. Suponga que $C = 64$ kb/s, $m = 64$ bits, $p_b = 10^{-6}$ y $T_{as}C = m$.

12. En un enlace de datos punto a punto se define la *función de producción*¹ como

$$P(n) = C_e(n)^\alpha (1 - p(n))^{1-\alpha}$$

para cierto $\alpha \in (0, 1)$, donde $C_e(n)$ es la cadencia eficaz del enlace y $p(n)$ la probabilidad de error en la transmisión de una trama de longitud n (bits de datos). Determine qué valor de n (hay uno solo) hace máxima la función de producción para la estrategia de envío continuo con rechazo selectivo. Tal vez encuentre útil saber que, con esa estrategia,

$$(1 - p(n)) \frac{C'_e(n)}{C_e(n)} = -p_b + (1 - p(n)) \frac{m}{n(n + m)}.$$

13. Considere un enlace de 1 Mb/s y $p_b = 5 \cdot 10^{-6}$. Suponga que se usa un protocolo ARQ de envío continuo y rechazo selectivo con $m = 100$ bits.

a) ¿Cuánto vale el tamaño óptimo de trama?

b) ¿Para qué rango de valores de longitud de trama la cadencia eficaz no supera los 500 kb/s?

14. Suponga que dos ordenadores quieren transmitir sendos archivos de 10^{12} bits a través de un canal compartido de 1 Gb/s utilizando cada uno un protocolo ARQ de parada y espera. Suponga que $n = 10^4$ bits, $p_b = 10^{-6}$, desprecie m y tome $T_{as}C = n$. ¿Cuánto tiempo se usará el canal?

15. Un enlace de datos punto a punto de tasa nominal de transmisión C b/s está vigilado por un adversario intermedio que puede manipular las tramas, ya sea de forma determinista o aleatoria, aunque sólo hasta una fracción f de las que observa. Deja intactas el resto, pero éstas pueden perderse o llegar con errores al receptor. La manipulación puede consistir en alterar cualquiera de los campos de la trama (excepto el de redundancia, que supondremos que es criptográficamente seguro) o en eliminarla del canal de comunicaciones. Si el emisor y el receptor deciden utilizar una estrategia de envío continuo con rechazo selectivo, dé una expresión para la cadencia eficaz de este sistema y encuentre cuál es el tamaño de trama que la maximiza.

¹La función de producción mide el efecto combinado de tener una tasa de transmisión efectiva elevada — $C_e(n)$ — y un retardo pequeño — $p(n)$ bajo—. El coeficiente α se llama en economía *elasticidad de los factores de producción* y $P(n)$ es la función de producción de Cobb-Douglas.