

## Trabajo 1. Optimizar un protocolo ARQ

En este trabajo repasaremos otros comandos de Matlab y aplicaremos un modelo basado en una cadena de Markov con recompensa para estudiar un protocolo ARQ de tipo *Stop-and-Wait*. Se plantearán dos objetivos: maximizar la tasa de entrega en bit/s y minimizar la energía consumida por bit entregado.

### *Máximos y mínimos de vectores, bucle “for” y gráficas*

En este apartado se repasan comandos de Matlab que, junto con los vistos en la práctica 1, son útiles para este trabajo. En el fichero **comandos\_matlab\_2.m** encontrará ejemplos de uso de cada comando. Ejecute aquellos que no conozca y compruebe su funcionamiento.

### *Calcular las probabilidades de error*

En el fichero **practica\_ARQ\_SW.m**:

- Asigne valores a la longitud de la cabecera del paquete y a la longitud del ACK.
- Programar la fórmula que calcula la probabilidad de error ( $p_1$ ) en una trama (cabecera + paquete) y en un ACK ( $p_2$ ).
- Crear la matriz  $P$  de transición del modelo de ARQ SW visto en teoría (ver anexo)

### *Calcular el número de bits entregado por segundo*

- Crear el vector  $g_t$  con los tiempos asociados a cada estado
- Resolver el sistema  $v_t = g_t + P v_t$
- Calcular el número de bits de los paquetes entregados por segundo (*throughput*) a partir de  $v_t$ .

### *Calcular la energía consumida por bit entregado*

- Crear el vector  $g_e$  con el gasto energético asociado a cada estado
- Resolver el sistema  $v_e = g_e + P v_e$
- Calcular la energía consumida por bit (del paquete) entregado a partir de  $v_e$ .

### *Calcular la longitud óptima de paquete*

- Encontrar el valor de carga  $L_l$  que proporciona el máximo *throughput* y representar la gráfica del *throughput* frente a  $L_l$ .
- Encontrar el valor de carga  $L_l$  que proporciona el mínimo consumo y representar la gráfica del consumo frente a  $L_l$ .

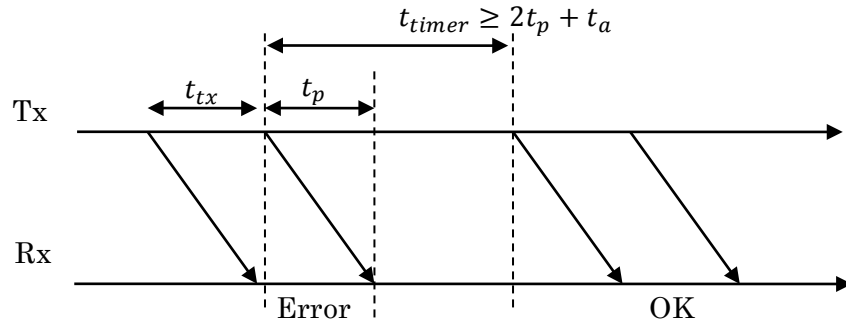
### *Calcular la combinación óptima de tasa de transmisión y tamaño de paquete*

Supongamos que  $L_l$  puede configurarse entre 50 y 20000 bits en pasos de 50 bits y la tasa de transmisión ( $R$ ) entre 100 y 350 Kbit/s en intervalos de 5 Kbit/s.

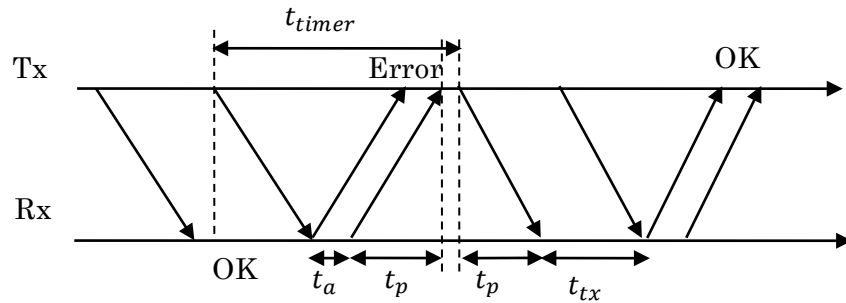
- Encontrar la combinación  $L_l, R$  que proporciona el máximo *throughput* y representar la gráfica del *throughput* frente a  $L_l$  y  $R$ .
- Encontrar la combinación  $L_l, R$  que proporciona el mínimo consumo energético.

### Anexo: Modelo de ARQ Stop and Wait

Los siguientes diagramas muestran ejemplos de operación del protocolo con los tiempos implicados:

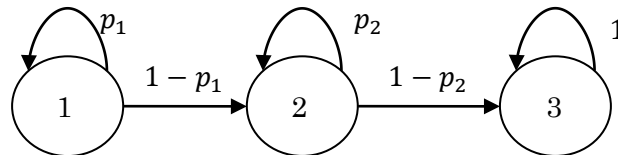


Retransmisión de un paquete



Retransmisión de un ACK

El grafo de la cadena es el siguiente:



Donde 1 corresponde a paquete no recibido, 2 corresponde a ACK no recibido y 3 corresponde a ACK recibido (proceso de envío terminado). La probabilidad de error de bit se obtiene de la siguiente fórmula (FSK):

$$P_e = \frac{1}{2} e^{-\frac{p_{rx}}{RN_0}} \left( \pi \frac{p_{rx}}{RN_0} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

Donde  $p_{rx}$  es la potencia recibida,  $R$  es la tasa de transmisión (bit/s) y  $\frac{p_{rx}}{RN_0}$  es la energía por bit recibida frente a la densidad espectral de ruido.

La probabilidad de recibir con error una trama de longitud  $L$  es  $p = 1 - (1 - P_e)^L$

La longitud de las tramas enviadas es  $L_p = L_l + L_c$ , donde  $L_c$  son los bits de cabecera y  $L_l$  son los bits de carga (load).

El consumo asociado a la transmisión (o recepción) de una trama de longitud  $L$  es  $g = \frac{Lp_{tx}}{R}$ , donde  $p_{tx}$  se expresa en Watios y  $g$  en Julios.