

Trabajo 1. Optimizar un protocolo ARQ

En este trabajo emplearemos una cadena de Markov con recompensa para modelar el envío de un fichero a través de un enlace con errores mediante un protocolo de tipo ARQ *Stop-and-Wait*. El parámetro cuya configuración se va a evaluar es el tamaño de la carga del paquete enviado. Se emplearán dos medidas de rendimiento: el tiempo total para completar el envío y la energía consumida en dicho envío.

Objetivo del trabajo

Se debe realizar un código que permita obtener el tiempo total de envío de un fichero mediante un protocolo ARQ S&W y la energía consumida en dicho envío. El protocolo y el modelo de Markov que emplearemos están explicados en el Anexo. Las dos medidas de rendimiento se obtendrán mediante el cálculo de la **recompensa total acumulada**. Por tanto, es necesario construir la matriz de transición \mathbf{P} , así como los vectores con la recompensa por etapa asociada a cada estado: \mathbf{g}_t para el cálculo del tiempo de envío, y \mathbf{g}_e para el cálculo del consumo energético. Resolveremos los sistemas $\mathbf{v}_t = \mathbf{g}_t + \mathbf{M}\mathbf{v}_t$ y $\mathbf{v}_e = \mathbf{g}_e + \mathbf{M}\mathbf{v}_e$, donde la matriz \mathbf{M} se obtiene eliminando en \mathbf{P} la fila y la columna del estado absorbente. De los vectores \mathbf{v}_t y \mathbf{v}_e debemos extraer el valor que corresponde al estado de la cadena cuando se inicia el envío del fichero. Los resultados esperados son:

- Una gráfica con el tiempo de transmisión del fichero frente al tamaño de carga del paquete (L_{carga})
- Una gráfica con la energía consumida frente al tamaño de carga del paquete.
- El valor de L_{carga} que minimiza el tiempo de transmisión del fichero.
- El valor de L_{carga} que minimiza la energía consumida.

Como **ampliación** se propone evaluar conjuntamente la configuración de L_{carga} y de la tasa de transmisión R .

Descripción del código proporcionado

Se proporcionan tres ficheros: **comandos_matlab_2.m**, **trabajo_ARQ_SW.m**, **ProbErrorBit.m**.

En **comandos_matlab_2.m** encontrará ejemplos de uso de comandos MATLAB que pueden resultarle de utilidad para este trabajo.

El fichero **trabajo_ARQ_SW.m** contiene el esqueleto del trabajo a realizar. En primer lugar se configuran los siguientes parámetros del protocolo:

t_prop	Tiempo de propagación de la señal por el enlace. Vea el anexo.
bits_fichero	Longitud total en bits del fichero a transmitir.
R	Velocidad de transmisión en bits/s
p_tx	Potencia de transmisión en Watios
P_b	Probabilidad de error de bit obtenida a partir de tasa_de_tx y p_tx_w mediante la función ProbErrorBit.m
Eb	Energía por bit transmitido en miliJulios/bit
cargas	Vector con los valores de L_{carga} que se van a evaluar
L_cabecera	Longitud de la cabecera del paquete. Los alumnos deberán asignarle un valor entre 20 y 140 bits.

A continuación el fichero contiene un bucle que recorre todos los valores del vector cargas, calculando para cada valor de L_{carga} (L_carga), el tiempo de envío y la energía consumida. Estos valores se guardan respectivamente en los vectores T y E. Tras el bucle se representan los vectores T y E frente a cargas.

Descripción del código a realizar

Debe añadir el código necesario en *trabajo_ARQ_SW.m* para que en cada iteración del bucle se realicen las **siguientes acciones**:

- Calcular el numero de paquetes ($n_paquetes$) que se deben enviar.
- Calcular la longitud de los paquetes.
- Calcular las probabilidades de error de los paquetes.
- Generar la matriz de transición P a partir de las probabilidades de error.
- Generar los vectores de recompensa por etapa g_t y g_e (g_time y g_energy). Las unidades deben ser milisegundos y miliJulios/bit respectivamente.
- Obtener los vectores con las recompensas totales acumuladas v_t y v_e (v_time y v_energy).
- Almacenar el tiempo de envío en $T(index)$ y la energía consumida en $E(index)$.

Fuera del bucle deberá:

- Obtener el valor de L_{carga} que minimiza el tiempo de envío.
- Obtener el valor de L_{carga} que minimiza la energía consumida.

Ampliación

Se propone como ampliación evaluar conjuntamente L_{carga} y R. Para ello debe crear un nuevo fichero **ampliacion_trabajo_ARQ_SW.m**, a partir del código elaborado en el apartado anterior. Debe añadir, entre otras, las siguientes modificaciones:

- Debe crear un vector Rvector que contenga tasas de transmisión comprendidas entre 100000 y 600000 bits por segundo en pasos de 10000.
- T y E deberán ser matrices (en vez de vectores) con tantas filas como elementos en cargas y tantas columnas como elementos en Rvector.
- Dentro del bucle “for $L_carga = cargas$ ” deberá existir otro bucle “for $R = Rvector$ ”.
- Fuera del bucle se debe obtener la combinación L_{carga} y R que minimiza el tiempo de envío, así como la combinación de L_{carga} y R que minimiza la energía consumida.
- Finalmente se debe representar gráficamente T y E frente a los valores contenidos en Rvector y cargas.

Fichero entregable

Los alumnos deben subir al aula virtual un documento en formato pdf que contenga el código elaborado, las gráficas obtenidas, los valores óptimos obtenidos para mínimo tiempo de transmisión y mínima energía consumida. El nombre de los alumnos debe aparecer en la primera página del documento.

Anexo: Modelo de ARQ Stop and Wait

El siguiente diagrama muestra el envío consecutivo de dos paquetes mediante el protocolo ARW S&W. El receptor (Rx) indica al transmisor si el paquete ha llegado correctamente (ACK) o con errores (NACK). Si llega con errores el paquete se vuelve a transmitir. Si se recibe correctamente, el transmisor transmitirá el siguiente paquete del fichero.

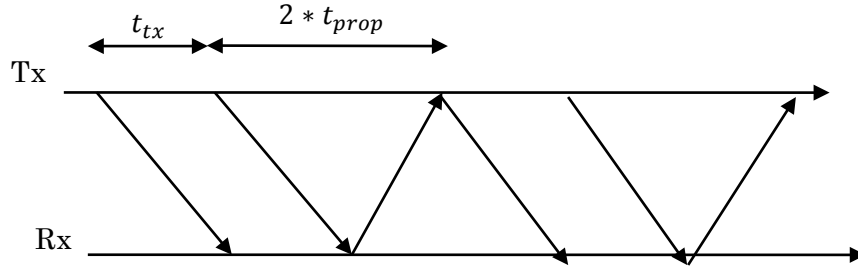
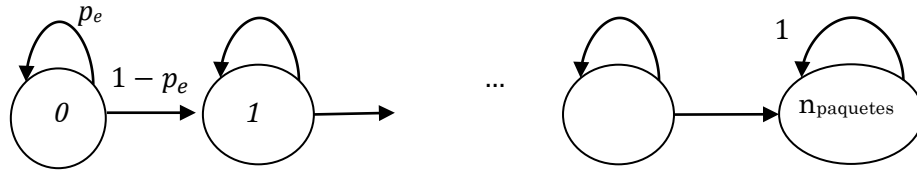


Diagrama temporal del envío de dos paquetes

Considerando que el fichero se divide en n_{paquetes} , el estado de la cadena está representado por el número de paquetes recibidos correctamente (por tanto hay $n_{\text{paquetes}}+1$ estados). A continuación se muestra un diagrama genérico de una cadena que modela el envío de un fichero.



La probabilidad de recibir con error un paquete longitud L es $p_e = 1 - (1 - P_b)^L$, donde P_b es la probabilidad de error de bit.

La longitud de los paquetes enviados es $L = L_{\text{cabecera}} + L_{\text{carga}}$, donde L_{cabecera} son los bits de cabecera y L_{carga} son los bits de carga.

La probabilidad de error de bit P_b se obtiene de la siguiente fórmula (BPSK):

$$P_b = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E}{N_0}} \right)$$

Donde E es la energía por bit recibido y N_0 es la densidad espectral de ruido.

El tiempo asociado a la transmisión de un paquete es $t_{tx} + 2 \cdot t_{prop}$, donde $t_{tx} = L/R$ para un paquete de longitud L .

El consumo asociado a la transmisión de un paquete de longitud L es $g = \frac{L p_{tx}}{R}$, donde p_{tx} es la potencia de transmisión y R es la tasa de transmisión en bits por segundo.