

## 1.- INTRODUCCIÓN

Se desean estudiar, con la ayuda de un simulador, los conceptos relacionados con la transmisión de señales digitales a través de medios guiados, así como los distintos procedimientos de codificación y su influencia en la transmisión en sí.

Para ello se dispone un programa MATLAB desarrollado por el Departamento de Arquitectura de Computadores de la Universidad de Málaga y que se puede descargar desde el repositorio de la Cátedra.

## 2.- OBJETIVOS

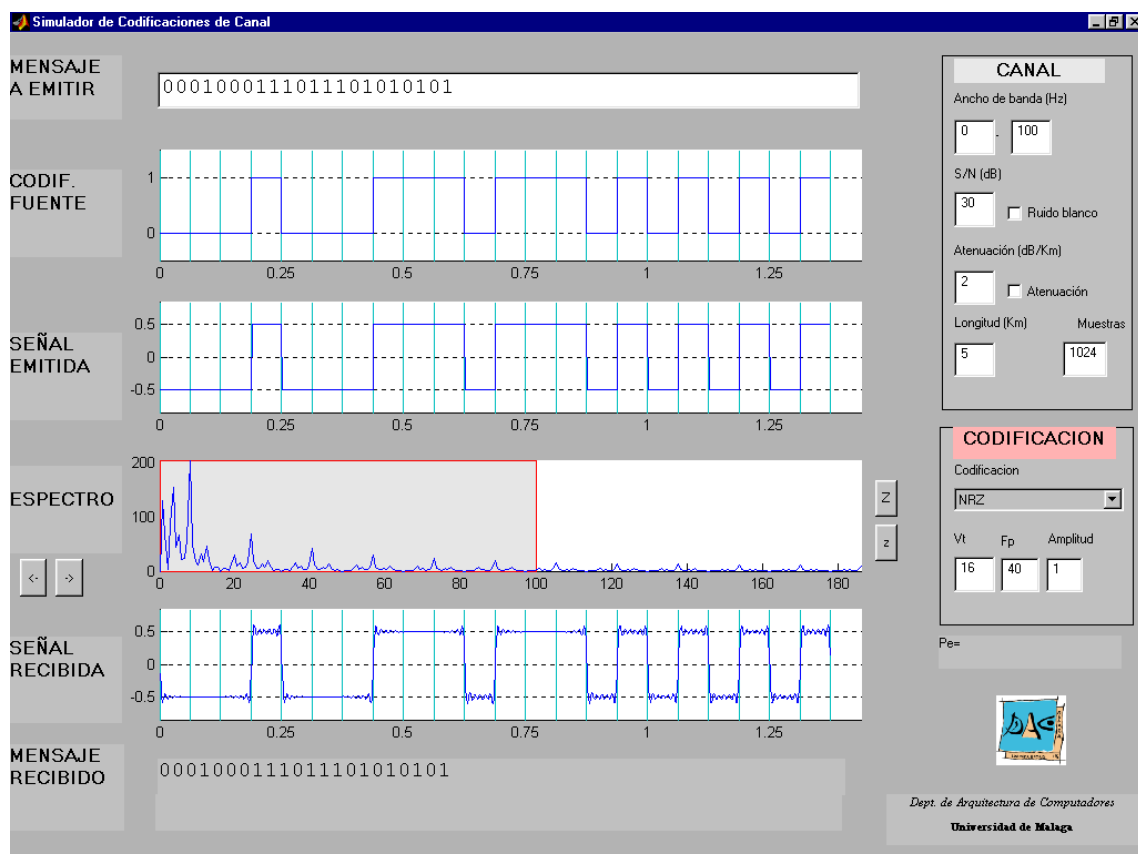
- Afianzar los conceptos relacionados con los tipos de codificación.
- Comprender los modelos de los canales y su efecto en las señales que guían.
- Entender los tipos de ruido y sus efectos en las señales.
- Aprender a usar un simulador y experimentar con distintos escenarios de simulación.

## 3.- ESTUDIO PREVIO

- Ver "Comunicaciones y Redes de Computadores" de W. Stallings: Temas Fourier y técnicas para la codificación de señales.

## 4.- GUÍA DEL SIMULADOR

El interfaz del programa de simulación consta de dos partes fundamentales que pueden verse en la figura siguiente.



Las dos cajas de la derecha tienen como misión la introducción de los parámetros del medio de transmisión y de la codificación a usar. La parte de la izquierda permite introducir una secuencia de bits y observar lo ocurrido en distintos puntos del Sistema de Transmisión de Datos. Cada vez que se cambia un parámetro o el mensaje a transmitir se recalculan y muestran todas las fases del proceso de transmisión.

### 4.1.- Parámetros del medio de transmisión

Los parámetros del medio de transmisión definibles en el simulador son los siguientes:

#### - Ancho de banda del medio:

La pareja de números define los límites inferior y superior de la ventana de transmisión del canal en Hertzios, se usa un modelo simplificado de la atenuación. La ventana del medio es representada por el rectángulo sombreado que aparece en la representación del espectro de la señal.

**- Relación señal/ruido en el medio (lado del transmisor):**

La amplitud del ruido presente en el medio se define por su relación con la amplitud de la señal transmitida expresada en dB de amplitud. La presencia del ruido puede observarse en la representación de la señal recibida. El botón adyacente permite eliminar totalmente el ruido de la simulación.

**- Atenuación por Km del medio:**

Este control permite definir la perturbación de atenuación dentro de la ventana del canal. Si el botón está desactivado, la atenuación es de 0dB dentro de la ventana del canal. Si está activado, la atenuación indica en dB/Km la relación entre amplitudes de la señal tras atravesar 1 Km del medio.

**- Longitud del medio:**

Indica la longitud del medio en Km. La atenuación total que sufrirá la señal será:  $AdB = Lkm \cdot AdB/km$ .

**- Número de muestras de la señal:**

Este no es realmente un parámetro del medio, sino que controla el número de puntos usados para representar las señales emitidas y recibidas. En general el número de muestras debe ser como mínimo el doble que la velocidad de transmisión y que la frecuencia portadora si se usan codificaciones analógicas. En caso contrario, la transformada rápida de Fourier tiene muy poca precisión y la simulación será inexacta.

**4.2.- Parámetros de la codificación**

Los parámetros de la codificación definibles en el simulador son los siguientes:

**- Tipo de codificación:**

Este menú permite elegir el tipo de codificación de canal usado para transportar la información. Los tipos disponibles son: NRZ, TTL, Manchester, Manchester diferencial, Bipolar, B8ZS, Multinivel (4 niveles), ASK, FSK y DPSK (PSK diferencial).

**- Velocidad de transmisión:**

Este parámetro indica la velocidad en bits por segundo (bps).

**- Frecuencia portadora:**

Cuando se usan codificaciones analógicas (ASK, FSK o PSK), controla la frecuencia base de la señal usada para portar la información. Al usar FSK, las frecuencias  $f_1$  y  $f_2$  para cada símbolo están separadas una distancia  $\Delta f$  de la frecuencia portadora:  $f_1 = f_p + \Delta F$  y  $f_2 = f_p - \Delta F$ , donde se toma  $\Delta F = f_p/6$ .

**- Amplitud de la señal pico a pico:**

Define la amplitud de la señal como la distancia entre el valor máximo y el mínimo. Los valores concretos de los símbolos dependen de cada codificación. En general estarán definidos entre  $-A/2$  y  $+A/2$ , aunque en algunas codificaciones puede ser entre 0 y  $+A$ .

**4.3.- Representación de los resultados**

La parte izquierda del simulador representa el proceso de transmisión, propagación y recepción de un mensaje. A continuación se explica el propósito de cada zona del interfaz.

**- Mensaje a emitir:**

Se puede introducir cualquier cadena de ceros y unos como mensaje a transmitir. Además, existe un menú (usando el botón derecho sobre la casilla para el mensaje) con una lista de patrones predefinidos por su interés (0000..., 1111..., 0101..., 1010..., 00001000..., 11110111..., 00110011..., 000111000111..., secuencia aleatoria de 32 bits). Una opción muy interesante es la opción "Test repetitivo", que realiza 10 tests con secuencias aleatorias y calcula la probabilidad de error en un bit. Dicha probabilidad se presenta bajo el cuadro de configuración de la codificación, con la leyenda " $P_e$ ".

**- Codificación de fuente:**

Muestra la codificación usada entre DTE y DCE. En el simulador se ha elegido una codificación similar a la TTL con amplitud entre 0 y 1. Hay que resaltar que esta codificación no cambia nunca ya que es la acordada para comunicarse entre DTE y DCE. Si el DCE y el DTE están en un mismo circuito impreso, podría usar niveles CMOS o TTL. En el caso de un RS-232, por ejemplo, se usan niveles -12V y +12V.

**- Señal emitida (codificación de canal):**

Es la señal generada por el transmisor para representar el mensaje elegido. El aspecto de la señal (niveles, transiciones, velocidad de modulación, etc) depende de la codificación elegida. En la representación se muestran

una serie de líneas verticales de color azul claro que corresponden a la división del tiempo en intervalos de 1 bit de duración. Hay que destacar que en las codificaciones cuya velocidad de modulación no se corresponde con la de transmisión, un símbolo (puede durar varias veces el tiempo de bit (por ejemplo con la codificación multinivel)).

**- Espectro:**

Se muestra la representación en el dominio de la frecuencia de la señal emitida antes de sufrir ninguna perturbación. La escala vertical representa la amplitud de la señal para cada frecuencia. Existen cuatro botones que permiten aumentar y disminuir la escala horizontal de la gráfica (*zoom*) y desplazar la escala horizontal (*pan*) para poder examinar con detalle el espectro de la señal. La ventana del medio de transmisión donde la atenuación es finita está representada con un rectángulo de color gris.

**- Señal recibida:**

Es la señal que llega al equipo receptor después de sufrir distintas perturbaciones (ruido, recorte del espectro debido al ancho de banda del medio y atenuación lineal dentro del ancho de banda del medio).

**- Mensaje recibido:**

Es la cadena de bits que obtiene el DCE receptor cuando decodifica el mensaje. Si el decodificador no puede determinar el valor de un bit ya que el símbolo recibido no es reconocible imprime un '?' en lugar de dicho bit. Debajo del mensaje se imprime una línea que marca con una 'E' los bits decodificados erróneamente debido a que los símbolos han sufrido alteraciones significativas durante la propagación. Los bits indeterminados ('?') pueden ser detectados como errores de recepción por el DCE. Sin embargo, los bits erróneos ('E') son considerados datos válidos por el DCE y entregados al DTE, por lo que será necesario que este último verifique la validez del mensaje mediante un código detector de errores.

#### **4.4.- Algunas notas sobre el uso y funcionamiento del simulador**

**- Escalabilidad:**

Las unidades de tiempo usadas se pueden escalar. Esto quiere decir que si consideramos que el ancho de banda introducido para el medio está expresado en KHz, entonces podemos considerar el mismo factor de escala para la velocidad, asumiendo que está expresada en Kbps. En este caso, la escala del espectro mostrado estará en KHz y la escala de tiempo de las señales estará expresada en milisegundos.

**- Dependencia de la implementación:**

Las propiedades de cada codificación dependen bastante del algoritmo usado para la decodificación. Esto determina, por ejemplo, la mayor o menor sensibilidad al ruido de cada una o el ancho de banda realmente necesario (parámetro  $r$  en las modulaciones).

**- Influencia de la frecuencia de muestreo:**

Ya que la simulación del ancho de banda del medio se basa en el procesamiento de la señal mediante la transformada rápida de Fourier (FFT), el método es sensible a la frecuencia de muestreo usada. Entre otras cosas, la resolución del espectro depende del número de muestras totales de la señal y de la frecuencia de muestreo, por lo que a mayor número de muestras y mayor número de bits en el mensaje, la resolución en Hz de la simulación aumenta (aunque también el tiempo requerido para los cálculos).

#### **5.- Observar y Responder**

Redes y Comunicaciones de Datos I  
Práctica N° 5 - Simulador de Canal  
Marcelo T. Gentile, Hernán Soperez, Gabriel Filippa

5.1) Ejecutar MATLAB 6.1 o superior (doble clic en icono), verificar que el “current directory” sea donde copiamos el archivo ar1.m.

5.2) Ejecutar el “Simulador de codificaciones de Canal”: Ir a la ventana de comandos, escribir **ar1** y presionar la tecla Enter (Ej. >> ar1 ).

5.3) Transmitir como mensaje una cadena de bits a través de un canal utilizando las siguientes posibles técnicas de codificación (Manchester , Bipolar y Multinivel) y las siguientes características del canal:

a) Tenemos que transmitir un Mensaje aleatorio a través de un canal con ancho de banda entre 0 y 100 MHz (UTP CAT 5), Muestras = 1500. La codificación usada es Manchester con  $V_t=100$  Mbps,  $F_p = 0$  y amplitud 1.7 Vpp (de -0.85 a +0.85)

Suponga un medio libre de ruido y sin atenuación. (Ruido Blanco (sin tildar), Atenuación (sin tildar). Realizar test repetitivo. ¿Hay algún error?

b) Configurar nuevo ancho de banda entre 0 y 51 MHz (Ruido Blanco (sin tildar), Atenuación (sin tildar), Muestras = 1500, Codificación = Manchester,  $V_t = 100$  Mbps,  $F_p = 0$ , Amplitud = 1.7 V).

(111111), ¿Hay algún error?, ¿Por qué se producen?, ¿Qué pasa en el Espectro?. Ayudarse con el test repetitivo. Ver tasa de error ( $P_e$ ). (010101), ¿Hay algún error?, ¿Qué pasa en el Espectro?.

c) Cambiar codificación a BIPOLAR con ancho de banda entre 0 y 51 MHz (Ruido Blanco (sin tildar), Atenuación (sin tildar), Muestras = 1500, Codificación = BIPOLAR,  $V_t = 100$  Mbps,  $F_p = 0$ , Amplitud = 1.7 V). ¿Hay algún error?, ¿Qué pasa en el Espectro?, ¿Cuál es la diferencia con el punto anterior?. Reducir ancho de banda a 40 MHz, (111111), ¿Hay algún error?, ¿Qué pasa en el Espectro?. Ayudarse con el test repetitivo. Ver tasa de error ( $P_e$ ).

d) Volver a la configuración del punto a) y configurar una S/N de 9 dB. (Ancho de banda entre 0 y 100 MHz, Ruido Blanco (tildar), Atenuación (sin tildar), Muestras = 1500, Codificación = Manchester,  $V_t = 100$  Mbps,  $F_p = 0$ , Amplitud = 1.7 V). ¿Hay algún error?. Ayudarse con el test repetitivo. Ver tasa de error ( $P_e$ ).

e) Cambiar codificación a MULTINIVEL con una S/N de 9 dB. [Ancho de banda entre 0 y 100 MHz, Ruido Blanco (tildar), Atenuación (sin tildar), Muestras = 1500, Codificación = Multinivel,  $V_t = 100$  Mbps,  $F_p = 0$ , Amplitud = 1.7 V]. ¿Hay algún error?. Ver como afecta la señal recibida. Ayudarse con el test repetitivo. Ver tasa de error ( $P_e$ ). ¿Cuál es la diferencia con el punto anterior?.

f) Utilizando codificación MULTINIVEL destildar casilla Ruido Blanco. [Ancho de banda entre 0 y 100 MHz, Ruido Blanco (sin tildar), Atenuación (sin tildar), Muestras = 1500, Codificación = Multinivel,  $V_t = 100$  Mbps,  $F_p = 0$ , Amplitud = 1.7 V]. ¿Hay algún error?. Ver como afecta la señal recibida. Ayudarse con el test repetitivo. Ver tasa de error ( $P_e$ ). ¿Cuál es la diferencia con el punto anterior?.

g) Utilizando codificación MULTINIVEL destildar casilla Ruido Blanco, una atenuación de 2 dB/km y una  $V_t = 100$  Mbps. [Ancho de banda entre 0 y 100 MHz, Ruido Blanco (sin tildar), Atenuación (tildar), Muestras = 1500, Codificación = Multinivel,  $V_t = 100$  Mbps,  $F_p = 0$ , Amplitud = 1.7 V]. Calcular la máxima Longitud en metros para que no existan errores ( $P_e=0$ ). Ayudarse con el test repetitivo.

h) Con los parámetros y el valor de Longitud calculada en el punto g) cambiar la codificación a BIPOLAR. [Ancho de banda entre 0 y 100 MHz, Ruido Blanco (sin tildar), Atenuación (tildar), Muestras = 1500, Codificación = BIPOLAR,  $V_t = 100$  Mbps,  $F_p = 0$ , Amplitud = 1.7 V]. ¿Hay algún error?. Ver como afecta la señal recibida. Ayudarse con el test repetitivo. Ver tasa de error ( $P_e$ ). ¿Cuál es la diferencia con el punto g)?.