

## Proyecto Simulación No. 2

### Comunicaciones Digitales Avanzadas EL7041

*Profesor Catedra: Cesar Azurdia*

*Profesores Auxiliares: Ariel Núñez, Julián Solís*

*Ayudantes: Camilo Fredes, Ignacio Vélez*

## Simulación de un Sistema de Comunicación Digital

### Pasabanda en un canal con Multipath

**Enunciado:** simule un sistema de comunicación digital pasa banda en un canal con multipath y ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN). En la Figura 1 se ve el esquema general del sistema de comunicación digital. Por ser un sistema digital, el criterio estándar de evaluación es el análisis de la probabilidad de error.

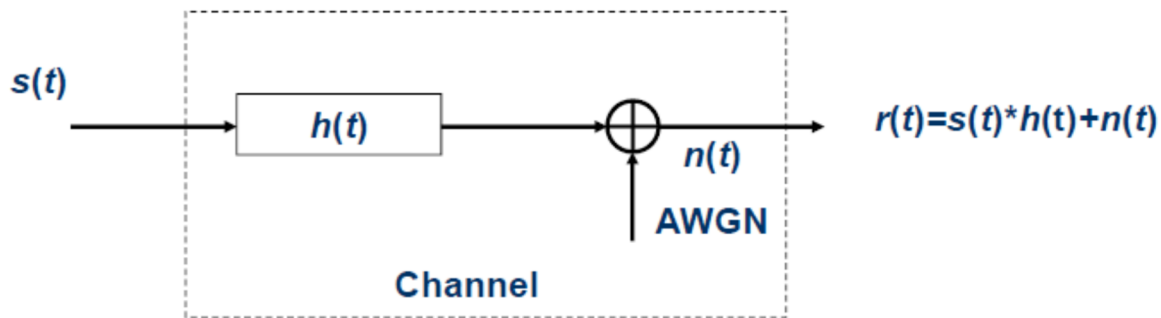


Figura 1.

En la Fig. 1,  $s(t)$  es el mensaje transmitido,  $h(t)$  es el modelo del canal empleado,  $n(t)$  es ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN) y la señal  $r(t)$  es el mensaje recibido  $r(t) = s(t) * h(t) + n(t)$ .

Implementar el sistema descrito en la Figura 1 para las modulaciones digitales **QPSK**, **8PSK** y **16QAM** haciendo uso del *modelo complejo en banda base (teorema de la equivalencia)* cumpliendo con los siguientes parámetros:

- Simulación de Monte Carlo de por lo menos 21 corridas para que los resultados sean estadísticamente representativos.
- Analice el sistema con 100.000 bits generados de forma aleatoria → de datos, no señales piloto. **Bit de señales pilotos se agregan a los 100k**

**BER QPSK ~ BER BPSK**  
**deben dar las mismas curvas**

$$E_s=1 \Rightarrow$$

$$\text{QPSK} = 2 \text{ bit/sim} \rightarrow 0.5 \text{ E/bit}$$

$$\text{8PSK} = 3 \text{ bit/sim} \rightarrow 1/3 \text{ E/bit}$$

$$\text{16QAM} = 4 \text{ bit/sim} \rightarrow 1/4 \text{ E/bit}$$

- **Normalice la energía de cada símbolo:  $E_s = 1$ .**
- Evaluar el sistema para diferentes valores de  $\text{SNR}_{\text{dB}}$ : entre -2dB y 30dB  $\rightarrow \text{SNR}_{\text{dB}} = -2:1:30$  **Salto mínimo**

- Ruido aditivo AWGN con  $\mu = 0$  y  $\sigma^2 = N_0/2$ .

- Evaluar el sistema en un canal multipath con ruido AWGN con los siguientes parámetros:

- 5 y 40 reflexiones (ganancia unitaria por path), velocidad del móvil de 80km/h, portadora central en las bandas de 700MHz y 5.9 GHz. **REC = R\*H,**

**Magnitud "final" es la magnitud**

**de la suma de todos**

**los path dividido en**

**la raíz de cantidad de path**

- 5 y 40 reflexiones (ganancia unitaria por path), velocidad del móvil de 30km/h, portadora central en las bandas de 700MHz y 5.9 GHz. **H=X+jY, R=Sx+jSy**

- Canal multipath Rayleigh multiplicativo. **Teórico (cota superior, inf paths)**

- Realizar estimación perfecta del canal (perfect CSI), estimación usando interpolación lineal, fft y cubica. Para todos los casos utilizar como filtro ecualizador zero forcing (ZF).
  - Para la estimación usando interpolación lineal, fft y cubica, enviar señales piloto cada 5, 10 y 20 símbolos.

***Grafique las curvas características de BER y  $E_b/N_0$  obtenidas en las simulaciones, así como las curvas teóricas (canal Rayleigh flat fading). Compare, analice y comente los resultados obtenidos.*** **Curvas teóricas hay que buscarlas en la literatura**

### **Graficar las constelaciones generadas:**

- Constelaciones antes de ser transmitidas
- Constelaciones recibidas con el efecto de ruido AWGN ( $\text{SNR} = -5\text{dB}, 0\text{dB}, 10\text{dB}$  y  $30\text{dB}$ )
- Constelaciones recibidas con el efecto de ruido AWGN ( $\text{SNR} = -5\text{dB}, 0\text{dB}, 10\text{dB}$  y  $30\text{dB}$ ) y el canal multipath, antes y después de la estimación/ecualización.

*Agregue al reporte el código empleado con su respectiva documentación. El proyecto lo pueden hacer en grupo de dos o tres personas.*

*Entregar el reporte con un breve marco teórico; metodología detallada; descripción y análisis de los resultados obtenidos; conclusiones; y bibliografía.*

### **Marco teórico:**

- que es rayleigh, multipath, ecualización, las distintas modulaciones, teorema de la equivalencia (todo lo que se usa en la simulación)