

# Técnicas de detección de señal en comunicaciones.

Procesamiento de señal en sistemas de comunicaciones y audiovisuales

Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación

ETSIT-UPV

Práctica 6.

# Índice

<b>1. Introducción y Objetivos</b>	<b>3</b>
1.1. Objetivos . . . . .	3
<b>2. Diseño del transmisor</b>	<b>4</b>
<b>3. Diseño del receptor</b>	<b>4</b>
3.1. Zero Forcing (ZF) . . . . .	5
3.2. Minimum Mean Square Error Detectors (MMSE) . . . . .	5
3.3. Zero Forcing con Cancelación Sucesiva de símbolos Interferentes(ZF-SIC) . . . . .	6
<b>4. Cálculo de la probabilidad de Error</b>	<b>6</b>
<b>5. Resultados a entregar</b>	<b>6</b>

# 1. Introducción y Objetivos

El uso de aplicaciones multimedia se ha intensificado debido a la aparición de nuevos dispositivos como son los teléfonos móviles inteligentes o las tabletas. Esto plantea nuevos retos en los sistemas de comunicación precisando de mayores tasas de transmisión. En este contexto, la tecnología de Múltiples Entradas y Múltiples Salidas (MIMO) constituye un gran avance en el diseño de los sistemas de comunicaciones inalámbricas. Esta tecnología ofrece una serie de beneficios que ayudan a satisfacer los desafíos planteados por el canal inalámbrico, así como las limitaciones de recursos. Esta tecnología permite mejorar el comportamiento de ciertos parámetros de tales como: la cobertura, la capacidad o la velocidad de transmisión. Estas mejoras pueden alcanzarse sin necesidad de un incremento ni en la potencia transmitida ni en el ancho de banda utilizado. Por ello, los sistemas MIMO han sido adoptados tanto en los estándares actuales como en los que se encuentran en desarrollo (LTE, WiMAX, WLAN, LTE Advanced). En este sistema tanto el transmisor como el receptor cuentan con múltiples antenas. De este modo la señal transmitida por cada una de las antenas de transmisión es recibida por cada una de las antenas receptoras, siendo la señal recibida en cada antena una combinación lineal de las señales transmitidas. Se pueden utilizar la diversidad de antenas transmisoras para redundar la información, transmitir la información por todas las antenas consiguiendo con ello una disminución de la probabilidad de error del sistema, o por lo contrario, se puede transmitir información diferente por cada una de ellas, aumentando la velocidad de transmisión. Siendo este último caso el objetivo de la práctica.

## 1.1. Objetivos

En esta práctica diseñaremos un sistema de comunicaciones MIMO, compuesto por un modulador M-QAM, un canal Gaussiano de media nula y varianza unidad, un ruido aditivo Gaussiano y un detector lineal en recepción. En concreto implementaremos el detector Zero-Forcing (ZF), el detector de mínimo error cuadrático medio (MMSE) y el ZF con cancelación sucesiva de interferencias (ZF-SIC). Una vez implementados estos algoritmos calcularemos la probabilidad de error en términos de Bit Error Rate (BER) para cada uno de ellos. Para lograr este objetivo se deberá ir rellenando el Script de matlab proporcionado con el nombre de *Simulaciones*. Al principio de este script se inicializan las variables a utilizar, como son el número de antenas, orden de la modulación, etc. El proceso que se seguirá en la práctica 4 es el siguiente:

- Diseño del transmisor.

- Diseño del detector ZF.
- Diseño del detector MMSE.
- Diseño del detector ZF-SIC.
- Comparación de los detectores anteriores.

## 2. Diseño del transmisor

En esta parte de la práctica diseñaremos la señal a enviar por el canal (sin codificación). Utiliza la ayuda de matlab para tener información de las funciones a utilizar. Los bits modulados deben crear la señal a enviar  $\mathbf{x}$ , la cual debe ser un vector columna de tamaño el número de antenas transmisoras.

1. En primer lugar se deben generar los bits de información a transmitir. Esta será una secuencia de bits (0, 1) generada de forma aleatoria, para ello utiliza la función  $\frac{1}{2}n$  `randi` de matlab. Recuerda que en un sistema MIMO se envía un símbolo por cada antena, por tanto, el tamaño de la variable la cual llamaremos `data` debe ser una matriz donde el tamaño de las filas será el número de bits necesarios para la modulación utilizada y el tamaño de las columnas el número de antenas transmisoras ( $N_{tx}$ ).
2. Los bits de información deben ser mapeados en símbolos, mediante un modulador M-QAM, para ello se debe utilizar la función `qammod`.

La señal modulada que llamaremos  $\mathbf{x}$  y deberá ser un vector columna de tamaño el número de antenas.

```
>>x = qammod( data , M , 'InputType', 'Bit') ;
```

## 3. Diseño del receptor

En este apartado de la práctica se diseñaran tres detectores lineales, para su implementación se proporciona la función de cuantificación, que aproxima al símbolo más cercano.

```
>>x = cuantif ( s, M , Ntx );
```

s: señal o valor a cuantificar.  
M: orden de la constelación.  
Ntx: Número de antenas transmisoras.

Para comprobar que el diseño de los detectores es correcto para cada uno de ellos puedes simular solo una transmisión, sin añadirle el vector de ruido y comprueba que el número de errores que se cometieron es 0.

### 3.1. Zero Forcing (ZF)

El detector Zero Forcing (ZF) es el receptor mas sencillo, la solución es encontrada realizando una inversión de la matriz de canal y aproximando el resultado al elemento más cercano de la constelación.

$$\hat{\mathbf{x}}_{zf} = \text{cuantif}\{\mathbf{H}^{-1}\mathbf{y}\} \quad (1)$$

Este detector solo tiene en cuenta la influencia del canal, sin tener en cuenta la influencia del ruido y pudiendo dar lugar a un problema de acen- tuación de este. Programa la función que implemente este detector e inclúyela en el Script proporcionado:

```
>>x_zf = zf ( y, H, M, Ntx);
```

### 3.2. Minimum Mean Square Error Detectors (MMSE)

El detector MMSE soluciona el problema del ZF. La idea de este método es la de incluir en el proceso de detección información del ruido interferente en la transmisión. La estimación de la señal enviada es calculada haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\hat{\mathbf{x}}^{mmse} = \text{cuantif}\{(\mathbf{H}^H\mathbf{H} + N_oI)^{-1}\mathbf{H}^H\mathbf{y}\} \quad (2)$$

donde  $I$  denota la matriz identidad y  $N_o$  la potencia del ruido. Programa la función que implemente este detector e inclúyela en el Script proporcionado:

```
>>x_mmse = mmse ( y, H, M ,potencia_ruido, Ntx);
```

### 3.3. Zero Forcing con Cancelación Sucesiva de símbolos Interferentes(ZF-SIC)

Para mejorar las prestaciones del detector ZF se pueden utilizar técnicas no lineales consistentes en la cancelación sucesiva de símbolos interferentes (SIC). En esta técnica se considera la señal de cada antena como la deseada y el resto como interferencias. Para llevar a cabo la detección SIC se hace uso la descomposición QR:

```
>>[Q,R]=qr (H);
```

De este modo haciendo uso de R (matriz triangular superior) y calculando  $\mathbf{z} = \mathbf{Q}^H \mathbf{y}$ , la señal enviada por cada antena puede ser estimada haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\hat{x}_i^{zf-sic} = \text{cuantif} \left\{ \frac{z_i - \sum_{l=i+1}^{N_{tx}} R_{il} \hat{x}_l^{zf-sic}}{R_{ii}} \right\} \quad (3)$$

donde el índice i variará desde Ntx hasta 1. Programa la función que implemente este detector e inclúyela en el Script proporcionado:

```
>>x_zfsic = zf_sic ( y, H, M , Ntx);
```

## 4. Cálculo de la probabilidad de Error

En este apartado se pretende calcular la probabilidad de error para cada uno de los detectores anteriormente programados. El término de *Bit Error Rate* (BER) es definido como el número de bits recibidos de forma incorrecta respecto al total de bits enviados. Calcula este parámetro para cada uno los métodos implementados, para distinto número de antenas y distinto orden de modulación. Intenta extraer conclusiones de las simulaciones obtenidas.

## 5. Resultados a entregar

Debe entregarse la gráfica obtenida en el apartado anterior y los *script* empleados a tal efecto.