

Trabajo Preparatorio N°1

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
Laboratorio de Comunicación Digitales-GR9

1st Melanny Dávila

Ingeniería en Telecomunicaciones
Facultad de Eléctrica y Electrónica
Quito, Ecuador
melanny.davila@epn.edu.ec

2nd Ronaldo Almachi

Ingeniería en Telecomunicaciones
Facultad de Eléctrica y Electrónica
Quito, Ecuador
ronaldo.almachi@epn.edu.ec

I. TEMA

“MODELAMIENTO DEL CANAL”

II. OBJETIVOS

- Analizar el comportamiento de un canal AWGN y sus efectos al transmitir la señal con diferentes técnicas de modulación digital.
- Utilizar MATLAB para analizar los efectos de un canal AWGN en el comportamiento de técnicas de modulación digital M-PSK.

III. PREGUNTAS

A. Revisar los conceptos de la modulación digital QPSK, 8PSK y 16-PSK y su representación geométrica en constelaciones.

• Modulación digital QPSK

Es una variación de la modulación digital PSK, que tiene cuatro fases de salida, usando cuatro posibles combinaciones de dos 2 bits (00,01,11,10), la Q hace referencia a Quaternary Phase Shift Keying por su interpretación en inglés. [1]

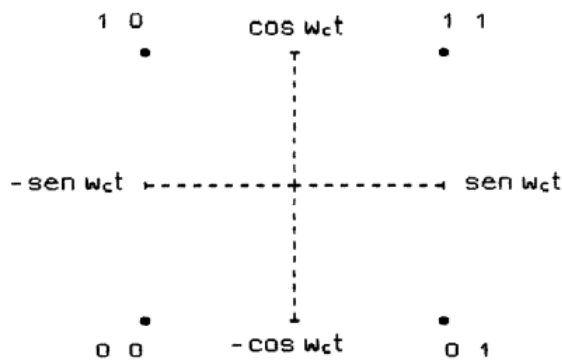


Fig. 1. Diagrama de constelaciones de QPSK

• Modulación digital 8PSK

Es una técnica de modulación digital, en la cual la señal de salida tendrá 8 posibles fases, en grupos de 3 bits que se los conocen como tri-bits. [1]

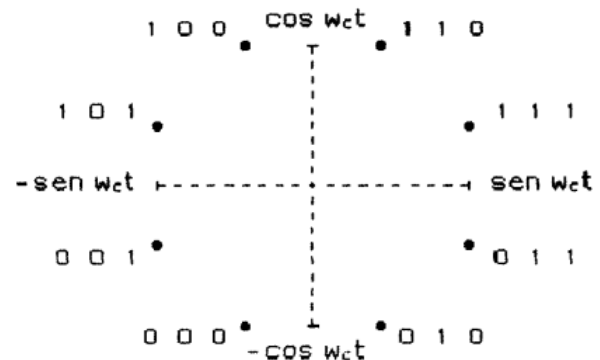


Fig. 2. Diagrama de constelaciones de 8PSK

• Modulación digital 16PSK

Es una técnica de modulación digital, en la que la señal de salida tiene 16 fases posibles, que se encuentran agrupados en en grupos de 4 bits, que se los llama quadbits. [1]

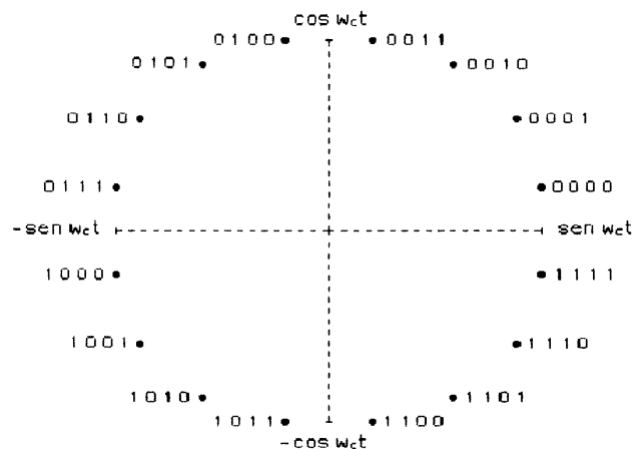


Fig. 3. Diagrama de constelaciones de 16PSK

B. Consultar las características del objeto `comm.ConstellationDiagram` y de la función `biterr` de Matlab.

Objeto `comm.ConstellationDiagram`

Características:

- Muestra señales de punto fijo y flotante reales, y de valor complejo en el plano IQ.
- Se puede introducir señales múltiples en un único diagrama de constelaciones.
- Puede definir una constelación de referencia para cada señal de entrada.
- Muestra las mediciones de magnitud vectorial de error calculada (EVM) y relación de error de modulación (MER).
- A menos que se indique lo contrario, las propiedades no se pueden afinar, lo que significa que no puede cambiar sus valores después de llamar al objeto.
- Si una propiedad es sintonizable, puede cambiar su valor en cualquier momento. [2]

Función `biterr`

Características:

- La función devuelve, el número de bits que difieren en la comparación y, la relación entre el número total de bits.
- La función determina el orden en el que se compara y en función de sus tamaños.
- La función utiliza los tamaños de `y` para determinar el orden en el que compara sus elementos(xy). [3]
-

C. Codificar un script que permita observar el diagrama de constelación ideal de modulación asignada de acuerdo al grupo de laboratorio. Es decir, de los símbolos *s* (ver Figura 1).

- 1) GR.1: QPSK
- 2) GR.2: 8-PSK
- 3) GR.3: 16-PSK

A continuación se presenta el script realiza la modulación 16-PSK.

```
1 clear all
2 close all
3 clc
4 constDiagram= comm.ConstellationDiagram;
   %Crea un objeto de diagrama de
   %constelacion.
5
6 M=16; %numero de fases
7
8 K=7000 %Numero simbolos a modular
9
10 b= log2(M); %numero de bits para cada
    simbolo
11
12 datosIn =randi([0 M-1],K,1); %vector
    aleatorio de K simbolos entre 0 y 15
```

```
SeTx = pskmod(datosIn,M,pi/M); %Simbolos
    modulados con 16psk
constDiagram(SeTx) %Diagrama de
    constelacion ideal
```

El resultado obtenido de este script es el diagrama de constelación que se muestra en la figura 4.

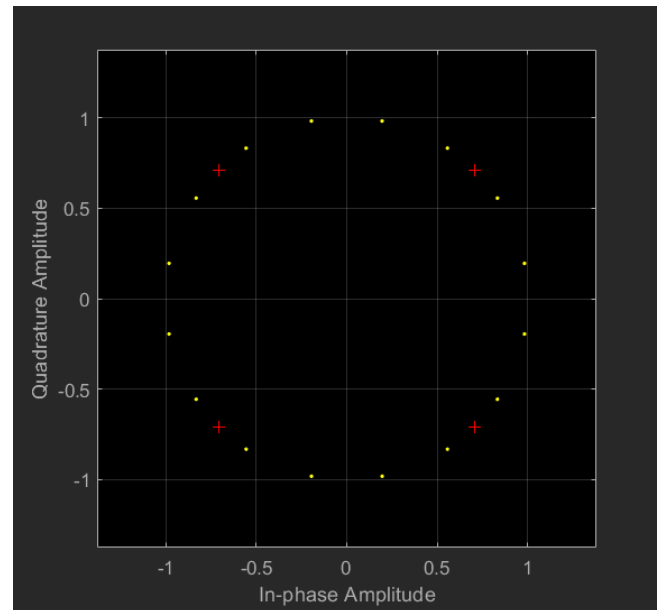


Fig. 4. Diagrama ideal de constelación de 16-PSK

D. Codificar un script que permita observar el diagrama de constelación de los símbolos *M*-PSK transmitidos a través de un canal AWGN, es decir, los símbolos *s1* (Figura 1).

- 1) GR.1: SNR=2dB.
- 2) GR.2: SNR=3dB.
- 3) GR.3: SNR=4dB.

Los símbolos que se desean graficar en el diagrama de constelación son aquellos que fueron transmitidos a través de un canal AWGN. A continuación se muestra el script que permite obtener su diagrama de constelación.

```
1 clear all
2 close all
3 clc
4 constDiagram= comm.ConstellationDiagram;
   %Crea un objeto de diagrama de
   %constelacion.
5
6 M=16; %numero de fases
7
8 K=7000; %Numero simbolos
```

```

9
10 b= log2(M); %numero de bits para cada
    simbolo
11
12 datosIn =randi([0 M-1],K,1); %vector
    aleatorio de K simbolos entre 0 y 15
13
14 SeTx = pskmod(datosIn,M,pi/M); %Simbolos
    modulados con 16psk
15
16 SeRx = awgn(SeTx,4); %Paso a traves de
    una canal AWGN
17
18 constDiagram(SeRx); %Diagrama de
    constelacion se al en canal con ruido

```

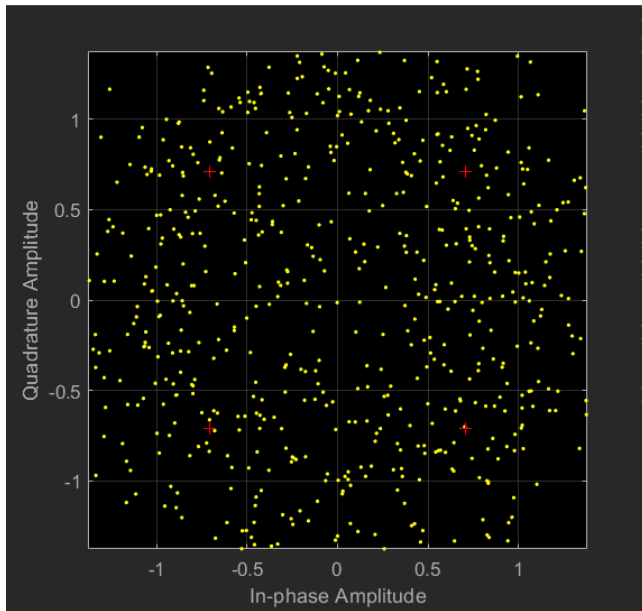


Fig. 5. Diagrama de constelación de 16-PSK

E. Codificar un script que permita calcular el BER (comparar los bits al y a) en base a los solicitado en el literal D.

Conociendo que el parámetro BER se lo calcula como el número de bits erróneos dividido para el número total de bits transmitidos. Se tiene el siguiente script.

```

1 %% clear all
2 close all
3 clc
4 constDiagram= comm.ConstellationDiagram;
5 constDiagram1= comm.ConstellationDiagram;
6 M=16;
7 K=700; %Numero simbolos a modular
8 b= log2(M); %numero de bits para cada
    simbolo

```

```

9 datosIn =randi([0 M-1],K,1); %vector
    aleatorio de K simbolos entre 0 y 15
10 be=0; %numero de bit erraros inicialmente
    es cero
11
12 SeIn=de2bi(datosIn,b); %transformacion
    datos transmitidos a binario
13
14 SeTx = pskmod(datosIn,M,pi/M); %Simbolos
    modulados con 16psk
15
16 constDiagram(SeTx); %Diagrama de
    constelacion ideal
17
18 SeRx = awgn(SeTx,4); %Paso a traves de
    una canal AWGN
19
20 constDiagram1(SeRx); %Diagrama de
    constelacion se al en canal con ruido
21
22 SeDem= pskdemod(SeRx,M); %Se al
    demodulada
23
24 SeOut= de2bi(SeDem,b); %Se al de salida
    , transformacion de la se al
    demodulada en binario
25
26 be=biterr(SeIn,SeOut); %Numero de bit
    errados
27 nb=K*b; %numero total de bits
    transmitidos
28 ber=be/nb %BER

```

REFERENCES

- [1] R. Sotelo y D. Durán, Modulación digital, Memoria Investigaciones en Ingeniería, n.º 6, pp. 42-63, oct. 2008.
- [2] Display constellation diagram for input signals - MATLAB - MathWorks América Latina. <https://la.mathworks.com/help/comm/ref/comm.constellationdiagram-system-object.html#d120e118124> (accedido jun. 13, 2020).
- [3] Number of bit errors and bit error rate (BER) - MATLAB biterr - MathWorks América Latina. <https://la.mathworks.com/help/comm/ref/biterr.html> (accedido jun. 13, 2020).