

“IMPLEMENTACIÓN DE LA PHY OFDM DEL ESTÁNDAR IEEE 802.11 PARTE 1”

Informe N°8

Laboratorio de Comunicaciones Inalámbricas

1st Melanny Dávila

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

2nd Jonathan Álvarez

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

Abstract—En el presente informe se presentarán los resultados obtenidos en la práctica junto al resultado de implementar un sistema de comunicación y mostraremos la gráfica del BER usando la técnica OFDM sobre un canal AWGN para las modulaciones 16-QAM y 64-QAM.

Index Terms—OFDM, BER, QPSK, M-QAM, Eb/No.

I. INTRODUCCIÓN

La multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) es una técnica de multiplexación muy flexible y eficiente que se encuentra en los principales estándares inalámbricos utilizados o en desarrollo en la actualidad. Fue descrito por primera vez por R.W. Chang en 1966 en Bell Labs, pero se ha utilizado ampliamente solo durante los últimos 15 años. Ejemplos de estándares que utilizan OFDM son LTE, LTE-Advanced, WiMAX, transmisión de audio y video digital, WLAN y ADSL.

II. OBJETIVOS

- Familiarizar al estudiante con la técnica OFDM en un sistema de comunicación digital.
- Calcular el Bit Error Rate (BER) para diferentes modulaciones (BSPK y M-QAM) utilizando la técnica Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) sobre un canal AWGN.

III. CUESTIONARIO

A. *Presentar los resultados obtenidos del ejercicio propuesto en la práctica desarrollada. Comente los resultados.*

En la sesión de laboratorio se implementó un sistema de comunicaciones con el uso de modulación QPSK y técnica OFDM. Para ello se trabajó con 64 subportadoras y 128 bits aleatorios; conforme el valor de E_b/N_0 varía de 0 a 10 [dB]. El siguiente script, permite realizar lo solicitado.

```
1 clc
2 clear all
3 close all
4 N = 64;%Numero de subportadoras
5 m = 2;%Numero de bits por simbolo
```

```
6 M=2^m;%Numero de estados
7 EbN0_dB = 0:9;
8 SNR = EbN0_dB + 10.*log10(m);
9 L = N * m; %Longitud del tren de bits
10 PC = N/4;%Longitud prefijo ciclico
11 Ntrials = 1000;
12 informacion = randi([0 1], 1, L); %
    tren de bits
13 for i = 1:length(EbN0_dB)
14     for k = 1:Ntrials
15         InformacionModulada =
            modulador(informacion, m); %
            Modulacion
16         InformacionIFFT = ifft(
            InformacionModulada); %Uso IFFT
17         InformacionPc = [
            InformacionIFFT(N-PC+1:end);
            InformacionIFFT];%Prefijo ciclico
18         InformacionAWGN = awgn(
            InformacionPc, SNR(i), 'measured');
            %Canal AWGN
19         InformacionNoPc =
            InformacionAWGN(N/4+1:end);
20         InformacionFFT = fft(
            InformacionNoPc);
21         InformacionDemodulada =
            demodulador(InformacionFFT,m)'; %
            Demodulacion
22         [ne, BER(k)] = biterr(
            informacion, InformacionDemodulada)
            ;
23     end
24     BERProm(i) = mean(BER);
25 end
26
27 EbN0 = 10.^(EbN0_dB/10);
28 semilogy(EbN0_dB, BERProm, '->')
29 hold on
30 %BER teorico
```

```

31 BER_teor = berawgn(EbN0_dB, 'psk', M, '
    nondiff');
32 semilogy(EbN0_dB, BER_teor, '-*')
33 grid on
34 legend ('Simulado OFDM', 'Teorico AWGN'
    );
35 title('Modulacion QPSK');
36 xlabel('Eb/No');
37 ylabel('BER');

```

Script 1. Gráfica del BER con técnica OFDM con modulación QPSK

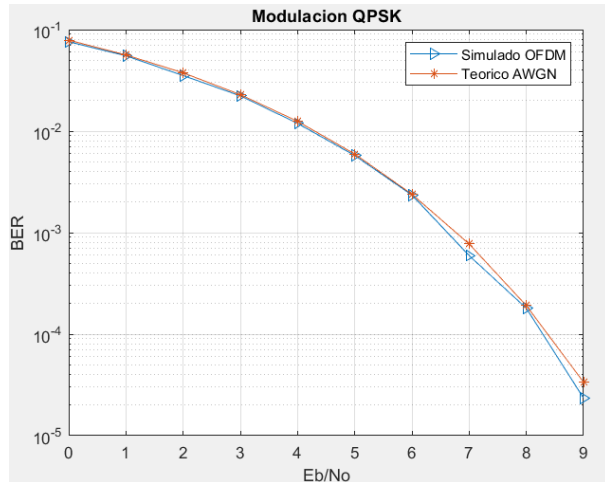


Fig. 1. BER vs. Eb/No para un sistema OFDM con modulación QPSK

En la figura 1 se aprecia que conforme el valor de Eb/No aumenta, la tasa de bit errada obtenida en el sistema OFDM disminuye, por lo que la calidad del sistema mejorará conforme el valor de Eb/No aumente en dB. Esto sucede tanto en la simulación con los bits aleatorios como con el comando que permite simular un entorno teórico; en ambos casos existe simulación entre ellos.

La técnica OFDM en comparación a otras técnicas utilizadas, brinda mejores resultados debido al uso del prefijo cíclico que ayuda a combatir el ISI e ICI que contribuyen a la degradación de los canales de comunicación y afectan directamente a la tasa de bit errada.

B. Nuevamente, implementar en MATLAB el sistema de comunicación mostrado en la Figura 1 en base a las configuraciones dadas en la Tabla 1. Se pide graficar el BER usando la técnica OFDM sobre un canal AWGN.

```

1 clc
2 clear all
3 close all
4 format long
5 EbN0_dB = 0:14;
6 EbN0 = 10.^(EbN0_dB/10);
7 % Teorica y Simulacion para 16-QAM

```

```

8 m1 = 4;
9 BER1 = promedioBER(EbN0_dB, m1); %Se
    usa la funcion par acalculuar 16-QAM
10 EbN0 = 10.^(EbN0_dB/10);
11 semilogy(EbN0_dB, BER1, '-r', 'Linewidth
    ', 2)
12 hold on
13 BER_teor1 = berawgn(EbN0_dB, 'qam', 2^m1
    , 'nondiff');
14 semilogy(EbN0_dB, BER_teor1, '*k')
15 hold on
16
17 % Teorica y Simulacion para 64-QAM
18 m2 = 6;
19 BER2 = promedioBER(EbN0_dB, m2); %Se
    usa la funcion para calcular 64-QAM
20 semilogy(EbN0_dB, BER2, '-c', 'Linewidth
    ', 2)
21 hold on
22 BER_teor2 = berawgn(EbN0_dB, 'qam', 2^m2
    , 'nondiff');
23 semilogy(EbN0_dB, BER_teor2, '*b')
24 title('BER vs Eb/No para 16-QAM y 64-
    QAM')
25 xlabel('Eb/No [dB]')
26 ylabel('BER')
27 legend('Simulada para 16-QAM', 'Teorico
    para 16-QAM', 'Simulada para 64-QAM
    ', ...
    'Teorico para 64-QAM')
28
29 grid on; grid minor
30
31 function BER = promedioBER(EbN0_dB, m)
32     N = 64; %Subportadoras
33     SNR = EbN0_dB + 10.*log10(m);
34     L = N * m; %Longitud del tren de
    bits
35     PC = N/4;
36     Ntrials = 1000; %Intentos
37     for i = 1:length(EbN0_dB)
38         for k = 1:Ntrials
39             bits = randi([0 1], 1, L);
40             %tren de bits
41             d_mod = modulador(bits, m)
42             ; %Funcion moduladora
43             tx_ifft = ifft(d_mod); %
    Aplico ifft, resultado en paralelo
44             tx_ifft_pc = [tx_ifft(N-PC
    +1:end); tx_ifft];
45             rx_sig = awgn(tx_ifft_pc,
    SNR(i), 'measured');
46             rx_pc = rx_sig(N/4+1:end);
47             rx_fft = fft(rx_pc);
48             rx_demod = demodulador(
    rx_fft, m); %Funcion demoduladora

```

```

47 [ne, PROMBER(k)] = biterr(
    bits, rx_demod);
48     end
49     BER(i) = mean(PROMBER);
50 end
51 end

```

Script 2. Gráfica del BER con técnica OFDM con modulación M-QAM

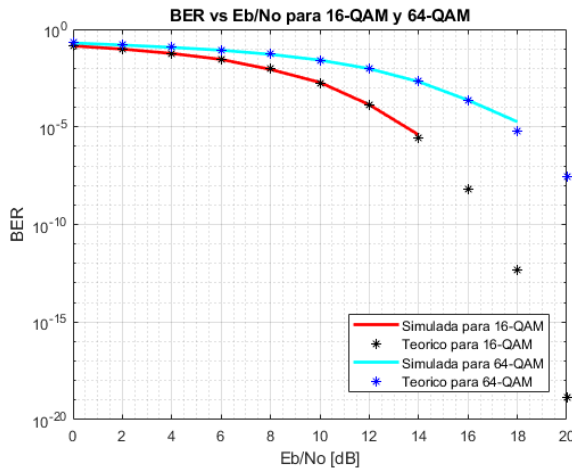


Fig. 2. Gráfica del BER vs Eb/No para 16-QAM y 64-QAM

C. En base a las curvas obtenidas en la Figura 1_Infor de la Tabla 1, comente los resultados obtenidos.

En la gráfica se observa la tendencia general que tienen las modulaciones de mayor orden a tener un peor resultado de BER en relación a una modulación de menor orden. La gráfica nos muestra los resultados simulados y prácticos, que para un mayor valor de Eb/No el resultado obtenido por Monte Carlo no generaba errores en la parte práctica siendo estos cero. Para poder solucionar eso se considero aumentar el numero de intentos, pero la capacidad de computación era muy alta. Se pudo comprobar una gran semejanza entre el resultado simulado y el teórico teniendo un mejor resultado como era de esperarse la modulación 16-QAM, que para un mismo Eb/No tiene menor BER.

D. Conclusiones:

- El tipo y orden de modulación afectarán de manera directa a la tasa de bits errados, que al combinarse con un valor bajo de Eb/No incrementa el la tasa de bit errado (BER); debido a que las regiones de decisión en recepción pueden ser mucho más grandes o pequeñas según la modulación y su orden.
- El uso del prefijo ciclico presenta un beneficio doble debido a que evita la creación de ISI (actuando como espacio de guarda) y de ICI (manteniendo la ortogonalidad de las subportadoras). Sin embargo, en el caso de no existir un sincronismo perfecto (muestreo en el tiempo correcto de los datos en los puntos donde todas

las subportadoras son nulas y solo una tiene un valor), la información no sería reconocida en el receptor, porque llegarían todos los datos mezclados.

- La implementación de OFDM permite un uso eficiente del espectro de frecuencias debido al solapamiento que existe entre las subportadoras, logrando así dividir al canal de transmisión en N subcanales de banda estrecha.
- El sincronismo entre el transmisor y el receptor es importante sobretodo en frecuencia debido a que si no ocurre esto, se presentará ruido de fase en las subportadoras con lo que podría existir problemas en la obtención de la información. Así mismo, el efecto Doppler en el canal podría afectar de gran manera a la ortogonalidad de las subportadoras. Afectando así al principal objetivo de esta técnica consiste en transmitir y recibir datos a mayor velocidad con una mínima tasa de bit errado (BER) posible.

E. Recomendaciones:

- Para llegar a conclusiones más exactas acerca de esta técnica de transmisión es importante analizar diferentes técnicas de modulación así como diferentes valores de relación señal a ruido, todo esto con el fin de poder analizar los beneficios y desventajas presentes en su implementación.
- El bloque de IDFT y de DFT, es uno de los más importantes en un sistema OFDM, pues como se observo a lo largo de la práctica es el encargado de pasar las subportadoras en el dominio de la frecuencia a un conjunto de muestras complejas en el dominio del tiempo, esto contribuye para que la señal sea más fácil de tratar, al tener una manera relativamente fácil de añadir el prefijo cíclico y retirarlo para recuperar la señal original.
- Es de vital importancia garantizar ortogonalidad entre las N subportadoras que se utilizarán para desarrollar esta práctica, para esto se debe tener en cuenta el desplazamiento de fase que debe existir entre ellas.

REFERENCES

- [1] ¿Qué es OFDM? <https://es.mathworks.com/discovery/ofdm.html> (accedido ago. 01, 2021).
- [2] Inverse fast Fourier transform - MATLAB ifft - MathWorks España. <https://es.mathworks.com/help/matlab/ref/iff.html> (accedido ago. 02, 2021).