

“ECUALIZACIÓN”

Trabajo Preparatorio N°6
Laboratorio de Comunicaciones Inalámbricas

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

Abstract—En el siguiente documento se trata acerca de tipos de modelos de canales existentes para describir el desvanecimiento presente en un canal inalámbrico, esto se realizará mediante la implementación de simulaciones en el software de simulación MatLab.

Index Terms—Rayleigh, Rician, BER, Eb/No, modulación.

I. INTRODUCCIÓN

Un modelo de canal es propio de comunicaciones al aire libre o en espacios abiertos, como la telefonía móvil. Dependiendo de la posición de la antena emisora es decir si tiene o no línea de vista con la antena receptora se usa un modelo u otro. La principal diferencia entre un modelo Rice y Rayleigh es la existencia de un factor de desvanecimiento ‘k’.

Ahora, es importante mencionar que M-QAM es una técnica de modulación digital que guarda similitud con la modulación digital M-PSK y M-ASK, es decir para una secuencia de datos puede variar tanto su fase como su amplitud, como resultado se podría decir que es una combinación de ambas modulaciones. Asimismo, SNR y E_b/N_0 son parámetros en sistema de transmisión de datos que permiten tener un estimado del rendimiento del canal con este propósito se usa ambos parámetros para obtener el valor de BER y SER, para obtener una idea más precisa de cual sería la opción mas óptima de un canal implementado.

II. OBJETIVOS

- Familiarizar al estudiante con la ecualización de canal en un sistema de comunicación digital.
- Calcular el Bit Error Rate (BER) para diferentes modulaciones sobre canales: (i) Rayleigh flat fading; (ii) Rician flat fading y (iii) AWGN.

III. CUESTIONARIO

A. Se solicita al estudiante traer preparadas las funciones para generar coeficientes de canal tipo Rayleigh y Rician. Se debe usar las funciones (función 1 y función 2) desarrolladas para la Práctica 5. Incluir una captura del código.

A continuación se presenta el código implementado para el diseño del canal Rayleigh:

La función del canal Rician fue implementada de la siguiente manera:

```
function [h_ray] = canal_rayleigh(num, sigma)
    X = randn(1, num); %Creacion X
    Y = 1j*randn(1, num); %Creacion Y
    h_ray = sigma*(X+Y);
end
```

Fig. 1. Función Rayleigh

```
function [h_ric] = canal_rician(num, k, omega)
    %La funcion acepta el valor k en veces
    h_ric = (sqrt((k)/((k+1)*omega))+(omega/(sqrt(k+1))))...
        *canal_rayleigh(num, 1/sqrt(2));
end
```

Fig. 2. Función Rician

B. Se solicita al estudiante traer preparado el script para obtener la gráfica BER vs Eb/No con modulación BPSK. Se debe usar el código del literal 6.3 de la Práctica 4. Incluir una captura del código.

Código implementado en la sesión de laboratorio:

```
clc
clear all
close all
N = 100000;
Eb_No = 0:10; %Vector de Eb/No
m = 1; %Numero de bits por simbolos
BERT = []; %Vector vacio para registrar BER
SNR = Eb_No + 10*log10(m); %Transformacion a SNR
informacion = randi([0 1], 1, N*m)'; %Datos aleatorios
for i = 1:length(Eb_No)
    informacionModulada = modulator(informacion, m);
    informacionRuido = awgn(informacionModulada, SNR(i), 'measured');
    %Receptor
    informacionDemodulada = demodulator(informacionRuido, m);
    [bitsErr, BER] = biterr(informacion, informacionDemodulada);
    BERT(i) = BER;
end
%Gráfica simulada
semilogy(Eb_No, BERT, '-.', 'LineWidth', 1.5)
hold on
```

Fig. 3. Función Parte 1

```

%Teorica probabilidad de error
Prob=[]; %Vector vacio
for i=0:length(Eb_No)-1 %lazo for para variar el valor de Eb/No
    x=sqrt(10^(i/10)); %cambio de dB a veces el valor de Eb/No
    pe1B=0.5 *erfc(x); %Calculo de la prob. de error
    Prob=[Prob pe1B]; %asignacion de los valores obtenidos prob. error
end
%Grafica teorica formula
semilogy(Eb_No,Prob,'*-','LineWidth',1.5);
%Teorica con comando
berComando = berawgn(Eb_No, 'psk', 2, 'nondiff');
hold on
%Grafica teorica comando
semilogy(Eb_No, berComando,'k+', 'LineWidth',1.5)
%Titulo
title('BER vs. Eb/No para BPSK')
%Nombre de ejes
ylabel('BER')
xlabel('Eb/No[dB]')
%Leyendas
legend('Simulada', 'Teorica formula', 'Teorica comando')
grid on %cuadrícula

```

Fig. 4. Función Parte 2

C. Consultar los siguientes comandos en MATLAB

- *berfading*: En esta función se pide investigar los parámetros de entrada necesarios para obtener soluciones teóricas del BER sobre canales tipo Rayleigh y Rician sobre diferentes modulaciones (BPSK, 4-QAM, 16-QAM).

La función *berfading* da como resultado la tasa de bits y símbolos errados (BER y SER) sobre un canal de desvanecimiento Rayleigh o Rician cuando los datos transmitidos no codificados mediante el uso de un esquema de modulación en particular [1].

Su primer argumento es *Eb/No* que es la energía por bit con relación a la densidad espectral de potencia de ruido en decibelios [2].

Su ejemplo de sintaxis es:

```
1 ber = berfading(EbNo, 'modtype', M)
```

Donde:

- *modtype*: describe el tipo de modulación.
- *M*: orden de la modulación (2^k , donde *k* es un entero positivo).

Si se habla de modulación BPSK, *modtype* = *psk* y *M* = 2. Mientras que si se habla de 4-QAM o 16-QAM se tiene *modtype* = *qam* y *M* = 4 o *M* = 16 respectivamente.

Es importante mencionar que en el caso de M-QAM el orden de la modulación debe ser al menos de 4, dado que $k = \log_2(M)$ si el resultado es impar se tiene una constelación de tamaño $M = I \times J$ donde $I = 2^{\frac{k-1}{2}}$ y $J = 2^{\frac{k+1}{2}}$. Ahora, si *k* es par se tiene una constelación cuadrada cuya dimensión será $2^{\frac{k}{2}} \times 2^{\frac{k}{2}}$ [3].

Para obtener BER y SER, se debe utilizar la siguiente sintaxis:

```
1 [ber, ser] = berfading('Propiedades')
```

En el caso de que se especifique la propiedad 'k' que es la relación de energía especular a difusa en escala lineal, se trata del canal Rician.

- *reshape*

Este comando permite reformular un arreglo en una matriz [4], por ejemplo:

```
1 B = reshape(A, sz1, ..., szN)
```

En este ejemplo, *A* es reformulado como un arreglo de *sz1* por ... por *szN*, donde *sz1*,...,*szN* indica el tamaño de cada dimensión. Se debe especificar al menos 2 tamaños de dimensión. Como máximo un solo tamaño de dimensión puede ser especificado como [], que calcula automáticamente el tamaño de esa dimensión para garantizar que exista coincidencia en las dimensiones [4].

REFERENCES

- [1] W. Lindsey, "Error probabilities for Rician fading multichannel reception of binary and π -ary signals", IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 10, n.º4, pp. 339-350, oct. 1964, doi: 10.1109/TIT.1964.1053703.
- [2] Simon, M. K. "On the Bit-Error Probability of Differentially Encoded QPSK and Offset QPSK in the Presence of Carrier Synchronization." IEEE Trans. Commun. 54, (2006): 806-812.
- [3] "BER and SER for uncode data over Rayleigh and Rician fading channels - MATLAB" <https://la.mathworks.com/help/comm/ref/berfading.html#bu5lgey> (accedido jul. 05, 2021).
- [4] "Reformular un array - MATLAB reshape - MathWorks América Latina". https://la.mathworks.com/help/matlab/ref/reshape.html?searchHighlight=reshape&s_tid=srchtitle#bud71ef-1 (accedido jul. 05, 2021).