

Laboratorio 4: BER en señalización de banda base

Profesor: Rodrigo Muñoz Lara
Escuela de Informática y Telecomunicaciones
Universidad Diego Portales

Resumen—En este laboratorio se presenta la tasa de error de bit o BER (por las siglas en inglés de Bit Error Rate). El BER es una métrica para caracterizar el desempeño de un canal de comunicaciones. En esta experiencia el alumno deberá medir la probabilidad de error utilizando distintas señalizaciones en banda base. La evaluación simulada utiliza GNU Radio y la evaluación teórica utiliza Matlab.

Palabras Claves—envolvente compleja, modulación pasabanda.

I. INTRODUCCIÓN

Los términos probabilidad de error, $P(e)$ y la tasa o frecuencia de errores de bits (BER, por bit error rate) se usan con frecuencia en forma indistinta, aunque en la práctica sí tienen significados un poco distintos. La $P(e)$ es la expectativa teórica, o matemática, de que determinado sistema tenga una tasa de errores. La tasa de errores de bits es un registro empírico (histórico) del funcionamiento real del sistema en cuanto a errores. Por ejemplo, si un sistema tiene una $P(e)$ de 10^{-5} , eso quiere decir que en el pasado hubo un bit erróneo en cada 100,000 bits transmitidos. Una tasa de error de bits se mide y a continuación se compara con la probabilidad esperada de error, para evaluar el desempeño de un sistema. La probabilidad de error es una función de la relación de potencia de portadora a ruido (o en forma más específica, el promedio de la relación de energía por bit entre la densidad de potencia de ruido) y de la cantidad de condiciones posibles de codificación que se usan (M-aria).

El presente laboratorio tiene por objetivo, familiarizar a los alumnos en la medición de la probabilidad de error y como está relacionada con el BER. Para lograr esto, el laboratorio se subdividirá en tres partes. La primera considera un trabajo previo donde el alumno debe construir un transmisor y receptor digital utilizando modulación binaria¹. La segunda parte, considera el trabajo como tal en el laboratorio. Deberá medir una serie de parámetros desde el analizador de espectro basados en el transmisor construido en la actividad previa y los conocimientos adquiridos en la cátedra. Finalmente está el informe final de laboratorio. Este informe debe responder **todas** las preguntas que se realizan en las siguientes secciones.

NOTA 1: Toda la información contenida en esta guía no es suficiente para adquirir el conocimiento requerido en el laboratorio. Deberá leer y estudiar los conceptos listados en la sección II (*Lectura Recomendada*) y complementarlos con lo aprendido en cátedra.

NOTA 2: La actividad previa es **obligatorias** y el grupo que no presente las actividades no tendrá autorizado el acceso

a la experiencia y deberá asistir en una segunda sesión de laboratorio. Las actividades previas son grupales.

II. LECTURA RECOMENDADA

Con el objetivo de poder abordar de mejor manera este laboratorio se ha creado una lista de temas puntuales para su estudio. Esta lista no tiene por objetivo llenarlo de materia, sino de entregarle el material justo y preciso de donde poder estudiar y sacar el mejor partido del laboratorio. Lo anterior no quita que pueda buscar información por su cuenta.

1. *Probabilidad de Error y Tasa de errores de bits*. Capítulo 12 de [1].
2. *Probabilidades de error para señalización binaria*. Sección 7-1 de [2].
3. *Rendimiento de sistemas binarios en banda base*. Sección 7-2 de [2].
4. *Communication System Fundamentals*
<https://youtube.com/playlist?list=PLx7-Q20A1VYKTK9LLRNdViuWeYUe1o207>.

III. ACTIVIDADES PREVIAS

Para poder aprovechar de manera óptima el tiempo de laboratorio (80 minutos) se solicita que el día de la sesión presencial **cada grupo** debe llegar con las siguientes actividades realizadas.

- Explicar al profesor que significa un *byte pack* y un *byte unpack* en GNU Radio.
- Describa en un documento el funcionamiento de los siguientes módulos de GNU Radio. El profesor le pedirá el documento y además interrogará de forma aleatoria y oral a cada integrante del grupo para que explique cada uno de los módulos.
 - Random Source
 - Chunks to Symbols
 - Noise Source
 - Constellation Decoder
 - BER
 - QT GUI Number Sink
- Describa en un documento la función de los siguientes métodos de la clase `gr::digital::constellation`²:
 - `arity()`
 - `points()`
 - `base()`
 - `bits_per_symbol()`

¹Se indica que es modulación binaria y no m-aria, la cual será tratada en el laboratorio 4

²información en la siguiente URL https://www.gnuradio.org/doc/doxygen/classgr_1_1digital_1_1constellation.html

IV. LABORATORIO PRESENCIAL

Para el laboratorio presencial cada grupo contará con:

- Computador que tendrá instalada una versión de Matlab y GNU Radio

IV-A. Actividades

- Construya en GNU Radio un sistema de comunicaciones que permita transmitir en BPSK, QPSK y 8PSK utilizando los bloques definidos en la actividad previa. Si necesita utilizar algún bloque adicional debe preguntar al profesor. El sistema debe estar formado por un transmisor, un canal con ruido blanco gaussiano y un receptor.
- En el mismo archivo de GNU Radio anterior, utilice el bloque BER para poder cuantificar la cantidad de errores cuando modifica la relación E_b/N_0 . Considere que la energía de cada bit E_b permanece constante y solo puede modificar la amplitud del ruido blanco gaussiano.
- Grafique el BER para E_b/N_0 en el rango de 1 a 11 dB. Considere calcular el BER para las modulaciones BPSK, QPSK y 8-PSK.

V. INFORME FINAL

El informe final del laboratorio deberá contener todas las respuestas a las preguntas y gráficos solicitados en las secciones III y IV. El informe debe contener las siguientes secciones:

- Introducción
- Antecedentes
- Metodología
- Resultados
- Análisis de Resultados
- Conclusiones
- Referencias
- Anexos

REFERENCIAS

- [1] W. Tomasi, *Sistemas de comunicaciones electronicas*. Mexico: Pearson Educacion, 2003.
- [2] L. Couch, *Sistemas de comunicacioon digitales y analogicos*. Mexico: Pearson/Prentice Hall, 2008.