

Simulaciones para Análisis de Canales de Comunicación Inalámbrica Móvil según el Modelo de Shannon

Simulations for Analysis of Mobile Wireless Communication Channels according to Shannon Model

Milton Ríos Julcapoma¹, Daniel Díaz Ataucuri²

*Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú
Instituto Nacional de Investigación y Capacitación en Telecomunicaciones, UNI, Lima-Perú*

Resumen— El presente trabajo tiene como objetivo analizar el actual método de enseñanza en el curso de Laboratorio de Comunicaciones Digitales de la E.A.P. Ingeniería Electrónica de la UNMSM y proponer su modificación utilizando simuladores que dispongan de objetos en productos de software orientado a la simulación y lograr que la enseñanza del curso sea eficiente. Como consecuencia de los bajos índices obtenidos se concluye que el uso de simuladores puede no ser muy eficiente, pero no por la metodología de su uso sino porque el perfil del alumno muestra un índice “Grado de Preparación” muy bajo, lo que no es suficiente para abordar óptimamente el curso propuesto con o sin ayuda de simuladores.

Abstract— This article has for objective to analyze the current teaching method in the Digital Communications Laboratory course of the EAP Electronic Engineering - UNMSM and propose the amendment using simulators that have objects in software products oriented for the simulation and make teaching the course be efficient. Because of the low rates obtained be show that the use of simulators may not be very efficient, but not the methodology of its use but because the student profile shows an “Grade of Preparation” index is very low, which is not enough optimally for addressing the proposed course with or without the help of simulators.

Palabras Claves- Simulación, software para enseñanza, Señales Aleatorias, Densidad Gaussiana, canal de Rayleigh, canal de Rician.

Key Words- Simulation, Random signal, Gaussian density, Rayleigh Channel, Rician Channel.

I. INTRODUCCIÓN

El tema de comunicaciones abarca conocimientos en tópicos tales como: Codificación de fuente analógica (en caso de ser necesario), Codificación de fuente (compresión de información), Codificación de canal y modulación digital (corrección de errores), Modelamiento de los canales de comunicación, todo ello dentro del entorno de la Teoría de la Información y el modelo de Shannon [6].

Cada una de estas etapas como concepto son importantes en un sistema de comunicación digital, pero no como concepto aislado sino como parte de un sistema, por ejemplo si queremos hacer un paralelo con la música clásica podemos decir que los alumnos aprenden a tocar y a escuchar los instrumentos uno a uno, pero cuando escuchan un concierto de música clásica con todos los instrumentos aprendidos en conjunto no son capaces de reconocer que instrumento individual está desentonando o está bajando la calidad del concierto.

En consecuencia se puede describir el problema como la necesidad de impartir en forma eficiente entre los alumnos los conceptos relacionados con las Tecnologías de Comunicaciones Digitales con una visión de relación de estos conceptos como parte de un sistema y no solo como conceptos aislados [1].

El objetivo del presente trabajo fue de analizar el actual método de enseñanza en el curso de Comunicaciones Digitales de la E.A.P. Ingeniería Electrónica de la UNMSM y proponer su modificación utilizando simuladores que dispongan de objetos en productos de software orientado a la simulación y lograr que la enseñanza del curso sea eficiente. En esta visión futura se propone que los conceptos impartidos en clase entre los alumnos de la manera tradicional

¹Milton Ríos Julcapoma, e-mail: mrios@inictel-uni.edu

²Daniel Díaz Ataucuri, e-mail: ddiaz@inictel-uni.edu.pe

Recibido: Noviembre 2011 / Aceptado: Diciembre 2011

sean complementados con simulaciones por computadora de tal manera que él pueda manipular el “trabajo” de todas las etapas en conjunto de un sistema de comunicaciones y observar cómo afecta a su performance.

Por lo tanto, para demostrar la propuesta de mejora del método actual de enseñanza, se utilizó como prototipo a los estudiantes del curso de Comunicaciones Digitales y aplicar el uso de simuladores que tengan objetos en software orientados a la simulación de las etapas correspondientes a un Sistema de Comunicaciones Digitales, y se logre una enseñanza más eficiente. Para ello se ha utilizado el producto de software MATLAB en su versión gratuita de evaluación temporal como software de simulación.

II. ANTECEDENTES

El uso de simuladores en las prácticas de enseñanza universitaria no es nuevo, existen muchas universidades latinoamericanas y norteamericanas que han incluido estas prácticas de enseñanza en diversas áreas tales como: economía, negocios, medicina, etc., así mismo en el área de ingeniería lo más común es el uso de simuladores para los temas relacionados con la enseñanza de diseño de estructuras mecánicas. Sin embargo, debemos hacer notar que las experiencias en las universidades que han adoptado esta práctica han hecho que los docentes enfrenten nuevos tipos de problemas didácticos conjuntamente con la necesidad por parte de la universidad de invertir en infraestructura de hardware y en licencias de software.

En general los alumnos de aquellas universidades que han adoptado prácticas con simuladores han expresado comentarios muy parecidos que se puede sintetizar en las siguientes afirmaciones:

- Es posible observar en la práctica, que uno se cansa al ver fórmulas en los libros, que nunca lo ves y no lo tocas.
- En algunas clases se divaga demasiado en teorías, fórmulas y cálculos que uno luego no sabe cómo aplicar a problemas nuevos, con un simulador es muy fácil entender.

El Dr. Rice, menciona en el Webinar: “Simulink and Digital Communications – A Perfect Match for the Classroom”, cuya presentación se puede encontrar en la dirección web de Mathworks [3], afirma que el uso del Simulink de MATLAB presenta las siguientes ventajas desde el punto de vista de visualización:

- Una gráfica vale más que mil palabras.

- Un estudiante promedio tiende a recordar mejor un esquema o una figura que una ecuación o fórmula.
- Refuerza los conceptos teóricos.

Adicionalmente en un conversatorio con el Dr. Emanuel Boutillon de la Université de Bretagne Sud de Francia, investigador en el área de comunicaciones digitales de esta universidad, afirma que en sus clases utiliza preferentemente el MATLAB como una herramienta importante de simulación para complementar sus clases y asesoría de tesis. Sin embargo en dicha universidad no existe preferencia por un simulador específico y de acuerdo al área, cada profesor elige el simulador más adecuado para sus clases. Debemos adicionar que la afirmación del Dr. Emmanuel Boutillon(emmanuel.boutillon@univ-ubs.fr) lo hacemos con su pleno consentimiento.

III. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN

El método seguido en este trabajo solo es un primer paso para implementar la simulación de todos los componentes integrantes de un sistema de comunicación digital, el cual luego permitirá observar como el manejo de cada uno de ellos influye en la performance del sistema. Por lo tanto hemos elegido tratar sobre la simulación de un canal de comunicación teniendo en cuenta que en ella se manifiesta el componente aleatorio más abstracto de un sistema de comunicaciones digital y entre los diversos tipos de canales existentes se ha elegido un Canal Inalámbrico para sistemas de comunicaciones móviles, en razón de que es un tema actual, asociado a los sistemas celulares, televisión digital, internet móvil etc., que están apareciendo en nuestro país. Por lo tanto se consideró ejecutar los siguientes considerandos:

Estudio del perfil de conocimientos de un estudiante promedio que utilizará simuladores para el tema de canales de comunicaciones móviles.

Elaboración mediante un simulador de software, rutinas que simulen el comportamiento de un canal de comunicación inalámbrico.

Recomendar el hardware mínimo y el simulador para su implementación en los cursos de laboratorio.

A. Perfil de Conocimientos de un Estudiante Promedio

Para esta actividad se trabajó con alumnos del curso de Comunicaciones Digitales de los semestres 2011-I y 2011-II a quienes en forma anónima se les aplicó un test en las primeras semanas de cada semestre, test que tuvo las siguientes características:

- Las preguntas versaron sobre Teoría de Probabilidades y conocimiento básico en Telecomunicaciones.
- Las preguntas fueron conceptuales y ninguna exigió recordar expresiones matemáticas.

En la Tabla I se muestran los resultados sobre una muestra de 8 alumnos del 7mo ciclo del 2011-I.

TABLA I
RESULTADOS DE LOS TEST DE CONOCIMIENTOS 2011-I

CONOCIMIENTOS DE PROBABILIDADES			
	CORRECTAS	INCORRECTAS	NO SABE
Pregunta 1	2	2	4
Pregunta 2	3	2	3
Pregunta 3	2	4	2
Pregunta 4	0	3	5
Pregunta 5	0	8	0
Pregunta 6	1	2	5
Pregunta 7	2	1	5
Pregunta 8	1	2	5
Pregunta 9	0	2	6
Pregunta 10	0	3	5
CONOCIMIENTOS DE BASICO DE TELECOMUNICACIONES			
	CORRECTAS	INCORRECTAS	NO SABE
Pregunta 1	3	1	4
Pregunta 2	3	1	4
Pregunta 3	3	1	4
Pregunta 4	0	4	4
Pregunta 5	1	0	7
Pregunta 6	2	4	2
Pregunta 7	2	0	6
Pregunta 8	0	4	4
Pregunta 9	0	1	7
Pregunta 10	3	3	2

En la Tabla II, se muestran los resultados sobre una muestra de 9 alumnos del 7mo ciclo 2011-II.

TABLA II
RESULTADOS DE LOS TEST DE CONOCIMIENTOS 2011-II

CONOCIMIENTOS DE PROBABILIDADES			
	CORRECTAS	INCORRECTAS	NO SABE
Pregunta 1	1	4	4
Pregunta 2	4	3	2
Pregunta 3	0	4	5
Pregunta 4	0	4	5
Pregunta 5	3	2	4
Pregunta 6	3	3	3
Pregunta 7	8	0	1
Pregunta 8	1	4	4
Pregunta 9	0	3	6
Pregunta 10	0	1	8
CONOCIMIENTO BASICO DE TELECOMUNICACIONES			
	CORRECTAS	INCORRECTAS	NO SABE
Pregunta 1	4	1	4
Pregunta 2	0	1	8
Pregunta 3	0	4	5
Pregunta 4	1	7	1
Pregunta 5	0	1	8
Pregunta 6	4	1	4
Pregunta 7	0	1	8
Pregunta 8	1	2	6
Pregunta 9	0	0	9
Pregunta 10	3	3	3

Definimos en cada grupo el grado de preparación con que se aborda el tema de comunicaciones digitales como el cociente del número de respuestas correctas respecto al número total de respuestas tenemos los resultados mostrados en la Tabla III.

Entendiendo que lo ideal es un Grado de Preparación igual a 1 y definiendo un criterio aceptable de Grado de Preparación igual o mayor a 0.5, podemos observar que los valores obtenidos están lejos de lo deseado, tal como se muestra en la Tabla III.

TABLA III
GRADO DE PREPARACIÓN DE LOS GRUPOS

Grado de preparación (grupo 2011-I) = $28/160 = 0.175$
Grado de preparación (grupo 2011-II) = $33/180 = 0.183$

B. Simulaciones en Software en el Dictado de Clases de Comunicaciones Digitales.

La idea de utilizar un simulador como el MATLAB en la enseñanza de Comunicaciones Digitales no es enseñar a programar [2], sino en utilizar las interfaces visuales por software que ofrece, las cuales son útiles para entender conceptos y procedimientos, por ejemplo, algunas gráficas hechas con un simulador se pueden hacer con un mínimo de líneas de comando.

1. Simulación de señales aleatorias

La simulación de una señal aleatoria gaussiana generada para fines experimentales tal como se presenta en la Fig.1, así como la generación de una señal aleatoria uniforme mostrada en la Fig.2 ha sido elaborada utilizando MATLAB.

En la Fig. 3, se muestra la simulación de una señal de información con ruido.

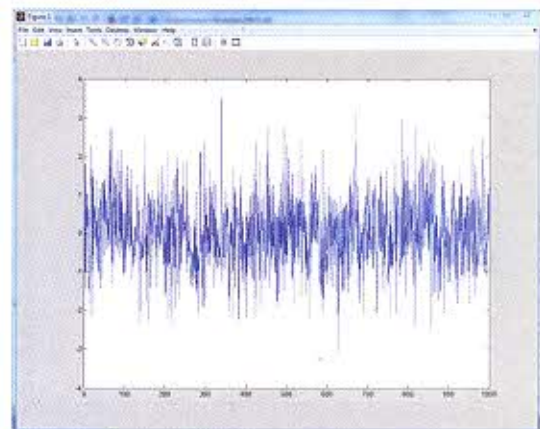


Fig. 1. Señal de comportamiento Gaussiano.

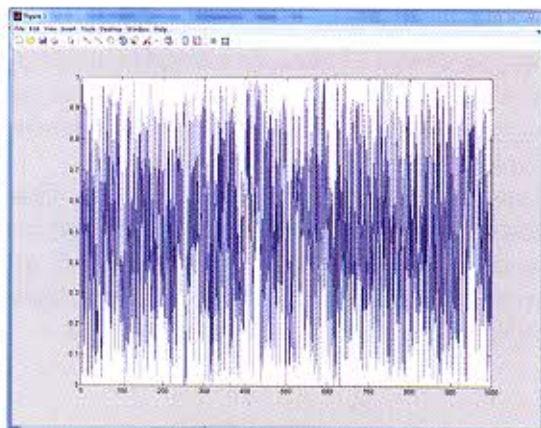


Fig. 2. Señal de comportamiento Uniforme.

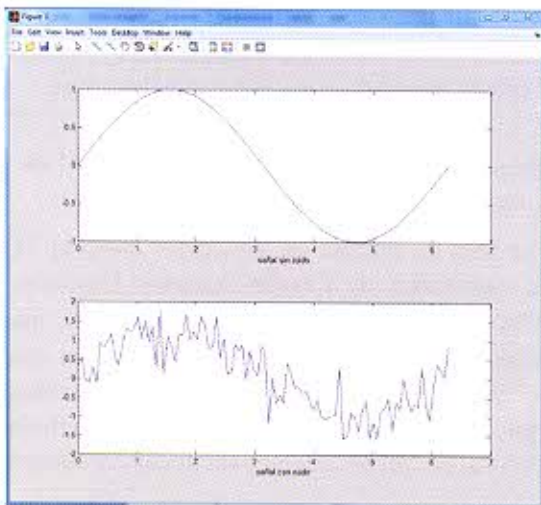


Fig. 3. Señal contaminada con Ruido

II. Simulación de Canales Fading

Teniendo en cuenta el modelo de comportamiento de Rayleigh, descrito por la función de densidad de probabilidad, mostrada en la Fig. 4. Se ha simulado la envolvente de Rayleigh para un canal fading en pequeña escala [4], tal como se presenta en la Fig. 5.

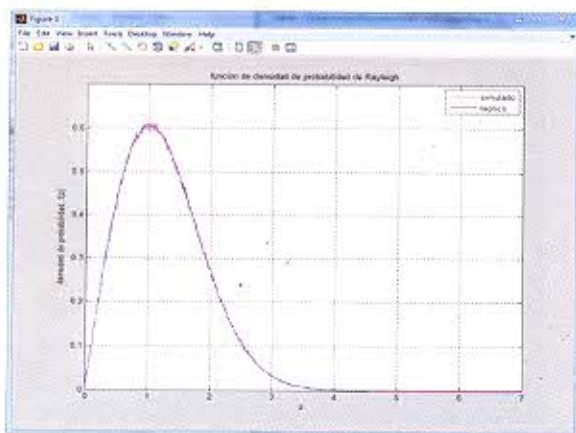


Fig. 4. Función Densidad de Probabilidad de Rayleigh.

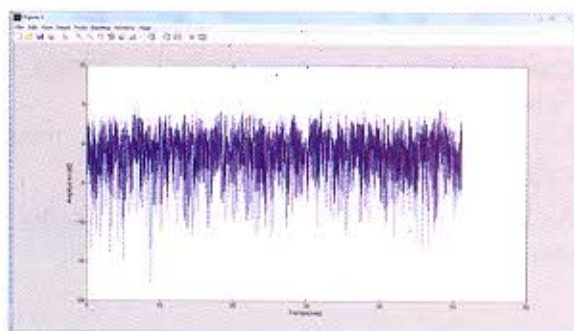


Fig. 5. Envolvente de Rayleigh.

Por otro lado, se ha simulado una señal de entrada y salida para el modelo de un canal Rician con fading de pequeña escala, mostrada en la Fig. 6.

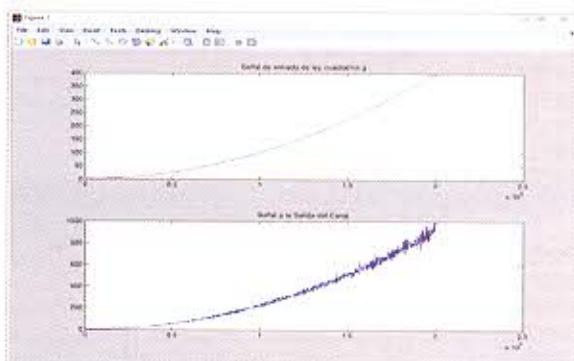


Fig. 6. Señal de entrada y salida a un canal Rician

III. Comparación de la Performance de un Sistema de comunicaciones digitales con un Canal Rayleigh Respecto a uno con Canal Gaussiano.

Un criterio para conocer la performance comparativa de dos sistemas de comunicaciones es analizar y evaluar la relación entre la Tasa de Bits Errados - BER y la Relación Señal a Ruido - SNR, lo que se muestra mediante una simulación en la Fig. 7, presentando el BER vs. SNR para un canal Rayleigh y gaussiano [7].

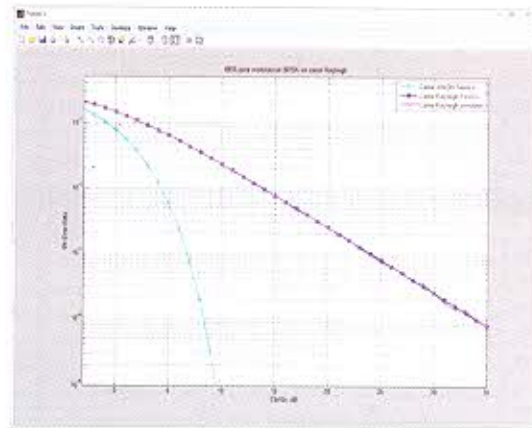


Fig. 7. Graficas BER vs. SNR

IV. RESULTADOS

La hipótesis dice que es posible elaborar rutinas que implementen la simulación de canales de comunicación inalámbrica basados en el modelo de Shannon. Según lo expuesto, esto sí es posible según las Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 que son los resultados de las rutinas de simulación de los componentes de los canales de comunicación inalámbrica móvil.

Para el conocimiento del perfil de un alumno promedio de la FIEE de la UNMSM, se ha definido un índice llamado "Grado de Preparación" para conocer con qué nivel de conocimientos un grupo de alumnos aborda el curso de Comunicaciones Digitales, cuyos resultados han sido presentados en la Tabla III.

Podemos afirmar que existe correlación entre los índices medidos en los ciclos 2011-I y 2011-II, lo cual nos sirve para definir el perfil típico de un alumno promedio en cuanto al nivel de conocimientos previos adquiridos de los prerrequisitos, para abordar el curso de comunicaciones digitales.

En los ciclos 2011-I y 2011-II se ha utilizado herramientas de simulación para enseñar el curso para documentar este estudio con los resultados esperados, sin embargo podemos sintetizar los siguientes inconvenientes:

- El índice "Grado de preparación" no es suficiente.
- Los alumnos tienen fuertes dificultades con el idioma inglés, el cual no debería ser un inconveniente.
- Los alumnos necesitan conocer técnicas de búsqueda científica en la WEB.
- No hay infraestructura informática adecuada para implementarla (PCs operativas y software).
- Solo aprovechan, los alumnos que tienen una microcomputadora portátil personal para trabajar los programas.
- Las licencias del producto de software como el MATLAB no lo consideran como activos sino como gasto.

Todos estos puntos son barreras solucionables, caso contrario pueden impedir la aplicación de simuladores en la enseñanza en los cursos de la FIEE.

La infraestructura mínima para implementación de simuladores en base a MATLAB, requiere para instalar una microcomputadora convencional que debe disponer como mínimo de procesadores de doble núcleo. También, se debe incluir una tarjeta de red para utilizar el simulador con consulta a MATLAB CENTRAL [5] a través de Internet.

También es necesaria una tarjeta de sonido para reproducir en audio las señales aleatorias simuladas.

Únicamente para el curso de Sistemas de Comunicaciones Digitales, las especificaciones del simulador son señaladas en la Tabla IV.

TABLA IV
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SIMULADOR

DETALLE	CARACTERÍSTICAS
Tipo	MATLAB de Mathworks para Clases universitarias
Versión	Última versión
Cantidad	Licencias por Componente
Componentes	MATLAB Simulink, Communications Blockset, Communications Toolbox, MATLAB compiler, Signal Processing Blockset, Simulink Fixed Point, Fixed Point ToolBox, RF Blockset, RF ToolBox, Signal Processing ToolBox, Symbolic Math ToolBox, Statistics ToolBox
Garantía y Mantenimiento	Permanente

V. CONCLUSIONES

De la información obtenida y señalada en los antecedentes, podemos concluir en que el uso de los simuladores en el dictado de clase en el área de comunicaciones en la Université de Bretagne Sud de Francia es cada vez más común y necesaria como complemento a las tradicionales clases teóricas de "tiza y pizarra".

El producto de software MATLAB propuesto aquí para simular canales móviles con fading no debe tomarse como una herramienta más de programación si no como un producto de software para la SIMULACIÓN de modelos a diseñar.

Por otro lado, de acuerdo a los bajos índices como resultado de los test de conocimientos obtenidos, se concluye que el uso de un simulador en el curso de comunicaciones digitales no es muy eficiente por que el perfil de los estudiantes muestra tener el índice "Grado de Preparación" muy bajo, lo que señala que no tienen conocimiento suficiente para abordar en forma óptima el tema de comunicaciones digitales con o sin ayuda de simuladores.

Según los datos obtenidos sobre el "Grado de Preparación" definido como un índice que refleje nivel de conocimiento acerca de los pre-requisitos para el curso de comunicaciones digitales, en la que nos define el perfil de un alumno promedio en cuanto a conocimiento y bases teóricas previas en esta área,

podemos concluir que realizando mejoras adicionales se puede utilizar este procedimiento para los demás cursos.

REFERENCIAS

- [1] Donald B. Cleveland. "Seven Wonders of Communication". Lerner Publishing Group. 2010.
- [2] Guillem Borrell i Nogueras. "Introducción a Matlab y Octave". 2010.
<http://iimyo.forja.rediris.es/ref/inconsistencias.html>
- [3] Michael Rice. "Recorded Webinar: Simulink and Digital Communications – A Perfect Match for the Classroom". 2011.
<http://www.mathworks.com/company/events/webinars/wbmr58456.html?id=58456&p1=911711992&p2=911712002>.
- [4] Theodore S. Rappaport. "Wireless Communication". Prentice Hall. 2nd Edition. 1996.
- [5] Matlab Central.
<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/>
- [6] J. Proakis. "Digital Communication", McGraw Hill. 4th Edición. 2001.
- [7] Krishna Sankar. "BER for in Rayleigh channel". DSP Log. Signal Processing for Communication. 2008.
<http://www.dsplog.com/2008/08/10/ber-bpsk-rayleigh-channel/>