

## HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES DIGITAL VÍA RADIO

José María Molina García-Pardo<sup>2</sup>, Aristos Markogiannakis<sup>1</sup>, George Nanos<sup>1</sup>,  
Markus Rullmann<sup>1</sup>, Anthony Sgourdos<sup>1</sup>, Leandro Juan-Llácer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Communication and Signal Processing Dep. Newcastle University, Newcastle upon Tyne UK  
NE1 7RU United Kingdom

<sup>2</sup> Dpto. Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Universidad Politécnica de Cartagena  
Antiguo Hospital de Marina, 30202 Cartagena  
E-mail: jomogar3@teleco.upv.es, leandro.juan@upct.es

### Abstract

**The objective of this tool is to implement and evaluate a communication scheme using a CAD package such as Simulink. This tool involves data transmission/reception, Modulation and Error Correction. It also implements a Mobile time varying channel with AWGN and special Matlab functions for reading and writing from the workspace.**

### 1. Introducción

El gran crecimiento de las comunicaciones móviles ha llevado consigo la introducción en los nuevos planes de estudio de asignaturas específicas relacionadas con este tema. En este sentido, puede ser de gran utilidad disponer de herramientas informáticas para la realización de prácticas relacionadas con la materia. Por ejemplo, en [1] se presenta una herramienta para el estudio de la planificación radio de sistemas celulares.

En el proyecto que se expone seguidamente se ha desarrollado un canal de comunicaciones digital. El diseño realiza la lectura de una imagen bmp, codificación de la misma para la detección y corrección de errores, modulación diferencial de fase, simulación de un canal Rayleigh con ruido aditivo, demodulación con corrección de fase, decodificación y reconstrucción de la imagen en el receptor.

Esta aplicación cubre todos los aspectos fundamentales tanto del transmisor y receptor como de un canal real de comunicaciones. El enfoque docente es claro, ya que se tiene la posibilidad de visualizar las señales en cada una de las etapas, y analizar las consecuencias en los cambios de ciertos parámetros como pueden ser la cantidad de ruido aditivo, velocidad del móvil, frecuencias de la portadora entre otros.

### 2.-Fuente de información.

A través de un canal de comunicaciones es posible la transmisión de cualquier tipo de información, aunque desde un punto de vista pedagógico una imagen es capaz de representar los errores de forma bastante clara.

El programa acepta la transmisión de imágenes bmp de cualquier dimensión. Un simple programa realizado con el paquete SIMULINK de MATLAB 5.3 (Versión educativa), realiza la conversión de la imagen a una secuencia de niveles de grises. Posteriormente esta colección de números se convierte a binario para una transmisión simple empleando una modulación diferencial en fase.

Ya en el receptor, se deben reorganizar los bits demodulados y decodificados para formar la imagen recibida. En este caso también se han realizado

programas en Matlab para la reconstrucción de la imagen.

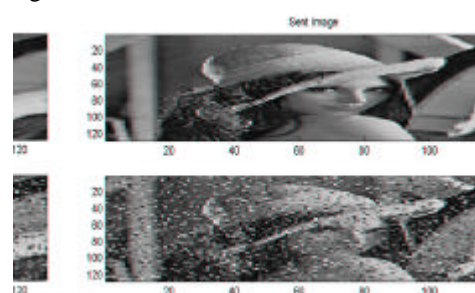


Figura 1. Imagen transmitida/Recibida.

En la figura 1 se observa la imagen transmitida y recibida después de la corrección de errores a través de un canal de comunicaciones muy ruidoso y con una velocidad del móvil de 40 Km/h.

### 3. Codificación de los datos.

Para una comunicación más eficaz, es ampliamente sabido que la inclusión de bits de paridad en la transmisión de información proporciona capacidades detectoras y correctoras al código transmitido.

En el proyecto se ha incluido una codificación Hamming (7,4) capaz de corregir errores simples en la transmisión. En la simulación se obtienen datos tanto de cantidad de bit erróneos como de las palabras código erróneas, observándose la bondad de los códigos Hamming en la detección de errores.

### 4.-Modulación-Demodulación.

En este caso se optó por una modulación en fase, por su simplicidad y robustez ante el ruido. En el caso del receptor se ha implementado una corrección de decisión directa [2] para corregir los cambios de fase ocasionados por el canal Rayleigh.

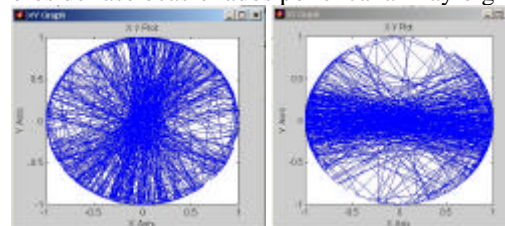


Figura 2. Constelaciones recibidas.

En la figura 2 se observan las constelaciones de los bits recibidos antes y después de la corrección de fase. En el segundo caso los puntos se concentran en 0 y  $\Pi$  (BPSK).

También se han incluido etapas de codificación diferencial para disminuir los errores ocasionados por los cambios de fase producidos en el canal.

## 5. Canal

El canal de comunicaciones es una de las cosas más interesantes de este proyecto. Se ha considerado un canal Rayleigh (típico en comunicaciones móviles cuando no hay visión directa entre el móvil y la estación base [3]), y ruido aditivo.

El canal Rayleigh está diseñado para controlar su Doppler Spectrum, de tal manera que se represente la velocidad del móvil como un parámetro del sistema.

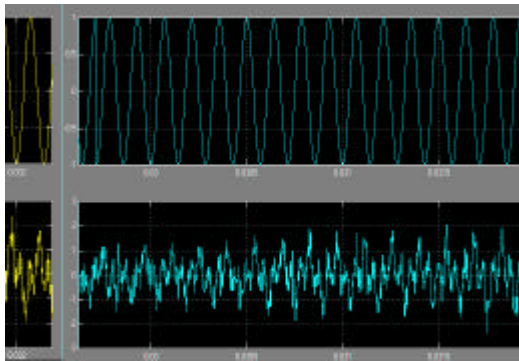


Figura 3. Señales radio transmitida y recibida.

La figura 3 muestra las señales transmitidas y recibidas a través del canal diseñado.

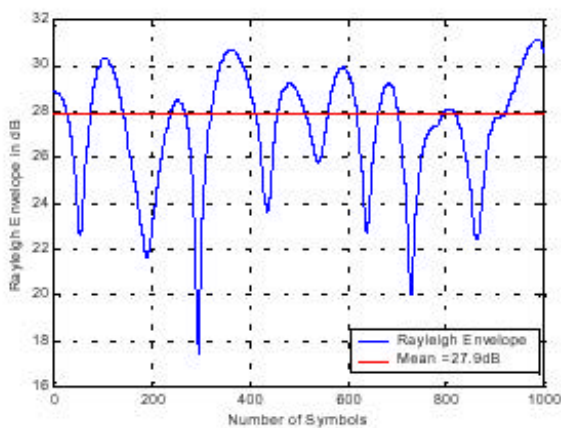


Figura 4: Canal Rayleigh.

La figura 4 muestra la envolvente de una función Rayleigh de un móvil desplazándose a 60Km/h. Se observa que hay puntos donde la señal se suma en fase (máximos), y otros donde se cancelan, produciéndose errores, que si ocurren en un solo bit, serán corregidos por el decodificador Hamming.

## 6. Simulaciones.

El simulador admite la variación de prácticamente la totalidad de los parámetros empleados (frecuencia, velocidad del móvil, ruido en el canal, codificación de los datos, tiempo de bit etc..)

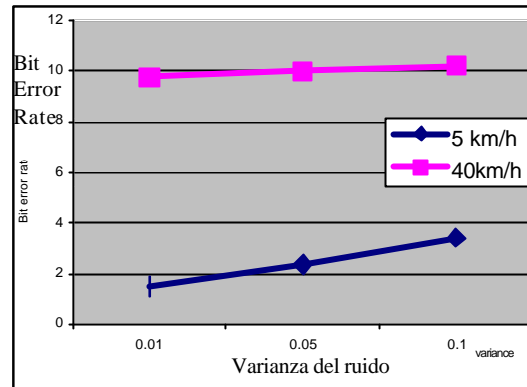


Figura 5: Probabilidad de error de Bit.

La figura 5 muestra a diferentes velocidades del móvil, y con diferentes valores de ruido aditivo, cuáles son las probabilidades de error de Bit. Se puede observar que a velocidades lentas, correspondes desplazamientos Doppler pequeños, con lo que el error se produce casi en su totalidad por el ruido aditivo. En el caso de canales con gran desplazamiento Doppler, la cantidad de errores producidos por las variaciones de fase debidos al canal dispersivo Rayleigh son mucho mayores que el ruido Gaussiano.

## 7. Conclusiones

La aplicación desarrollada puede ser utilizada en la realización de prácticas relacionadas con comunicaciones de datos vía radio por estudiantes de Ingeniería de Telecomunicación. Al utilizar imágenes el alumno puede identificar visualmente el efecto sobre éstas de un determinado canal radio. Por otra parte, la herramienta desarrollada con SIMULINK permite un acceso directo en cada punto del sistema, facilitando la labor docente del profesor, así como el aprendizaje del alumno.

## Referencias

- [1] F. Pérez-Fontán, and J.M. Hernando Rábanos, "Educational Cellular Radio Network Planning Software Tool," *IEEE Trans. on Education*, vol. 41, no. 3, pp.203-215, Aug. 1998.
- [2] John G. Proakis, "Digital Communications", Proakis, McGraw-Hill International Editions, Electrical Engineering Series, Third Edition 1995.
- [3] T.S. Rappaport, *Wireless Communications. Principles and Practice*, Prentice Hall PTR, New Jersey, 1996.