

# EMULADOR DE CANALES RADIO PARA SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES

Anna Umbert Juliana, Pilar Díaz Romero

Grupo de Comunicaciones Radio. Dpto. de Teoría de la Señal y Comunicaciones.

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

C/. Jordi Girona, 1- 3, Campus Nord - Edificio D4, 08034 BARCELONA

Tel. 93 401 71 95 Fax: 93 401 72 00, E- mail: annau@tsc.upc.es, pilar@tsc.upc.es

## 1.- INTRODUCCIÓN

La investigación que se ha desarrollado de manera continua en el campo de las comunicaciones móviles, para encontrar códigos que protejan mejor la información que se transmite por el canal radio y para evaluar protocolos de capa superior, ha hecho aumentar el número de aplicaciones que requieren emular un canal real de comunicaciones móviles. Además de estas aplicaciones también puede resultar útil emular un canal para realizar estudios de esquemas de transmisión, de interferencias, de desvanecimientos, etc.

Para todas estas aplicaciones es imprescindible emular un canal real, que sea suficientemente fiable y rápido, con el fin de garantizar su eficiencia. De esta manera se reduce el tiempo de procesado en el análisis de sistemas. Esta herramienta también se podría usar dentro de un demostrador en donde se requiere tiempo real.

Dada la gran cantidad de entornos de propagación móviles que existen, es necesario poder emular diferentes canales para validar el comportamiento de las aplicaciones en diferentes entornos de propagación. Este artículo<sup>1</sup> presenta un emulador de canal radio rápido y fiable, basado en un modelo oculto de Markov (HMM) que permite emular una gran diversidad de canales radio. Y para comprobar su precisión se ha realizado un proceso de validación del cual se presenta un ejemplo.

## 2.- DESCRIPCIÓN

El emulador que se ha construido es una herramienta basada en un modelo oculto de Markov, que a su vez está compuesto por una cadena de Markov. Este modelo es observable, aunque la observación es una función probabilística del estado de la cadena. El modelo resultante es un doble proceso estocástico incrustado, con un proceso estocástico subyacente que no es observable (es oculto) [1].

Este emulador puede ser de un sistema interno, es decir, sin control ni detección de errores (ver **Figura 1**), o bien incluyendo códigos para detectar y corregir errores (ver **Figura 2**), pero sin tener en cuenta mecanismos de retransmisión. Si se precisa se puede incluir técnicas de entrelazado para mejorar las prestaciones de la codificación en cualquier de los dos casos.

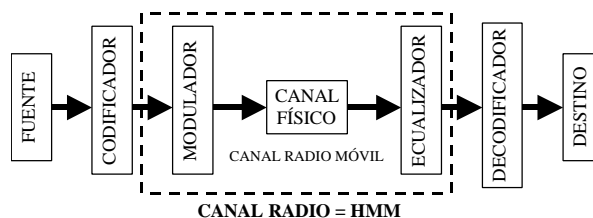


Figura 1. Emulador del canal radio sin códigos.

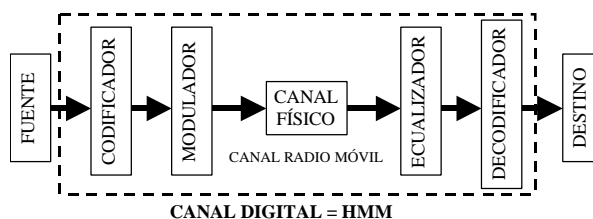


Figura 2. Emulador del canal radio con códigos.

El HMM requiere un entrenamiento a partir de información sobre la métrica del canal que se quiere reproducir. Para conseguir esta métrica se precisan simulaciones o medidas reales del canal que deben realizarse previamente. Cuando ya se dispone de esta información, se entrena el HMM, y se guarda la matriz de transición entre los estados de la cadena, y los valores de cada uno de los estados. Con estos parámetros se puede utilizar el emulador tantas veces como se quiera, y éste reproduce el comportamiento del canal en cuestión.

La utilización del emulador implica una pérdida de precisión respecto al sistema real. La principal ventaja de utilizar el emulador es la gran reducción en tiempo, recursos y esfuerzos comparado con un simulador del sistema real. Si se eligen los parámetros adecuados los resultados obtenidos son bastante buenos como se ha comprobado con la validación del emulador.

Además resulta una herramienta útil en la construcción de demostradores que necesiten trabajar en tiempo real [2].

## 3.- VALIDACIÓN

La validación del modelo consiste en analizar los errores que introduce el modelo oculto de Markov, y compararlos con los de la simulación del canal real que se utiliza para entrenar el modelo. Para analizar los errores se han calculado las siguientes estadísticas:

<sup>1</sup>Este trabajo ha sido financiado parcialmente por una beca del Comissionat per a Universitats i Recerca de la Generalitat de Catalunya y el proyecto de la CiCYT TIC98-0684

- Histograma del número de errores en bloque radio: indica la probabilidad de tener k errores en un bloque radio
- Histograma de las longitudes de las ráfagas de error : indica la probabilidad de tener ráfagas de longitud k errores. No se consideran las ráfagas de longitud 0.
- Histograma de los intervalos libres de error: indica la probabilidad de tener un intervalo libre de error de longitud k bits. No se consideran los intervalos de longitud 0.

La métrica emulada por el HMM variará si varía el número de estados de la cadena, y permite validar el número de estados adecuado. A título de ejemplo, los resultados de la validación del emulador de un canal con BER=0'23, para un sistema de acceso CDMA en un entorno macrocelular con un servicio UDD a 64 kbps, se muestran en las siguientes figuras (Figuras 3- 5).

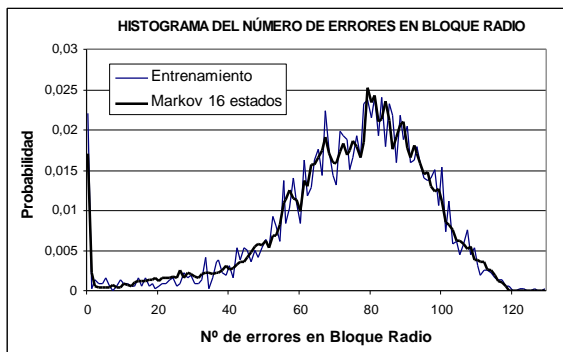


Figura 3. Histograma de errores por bloque radio.

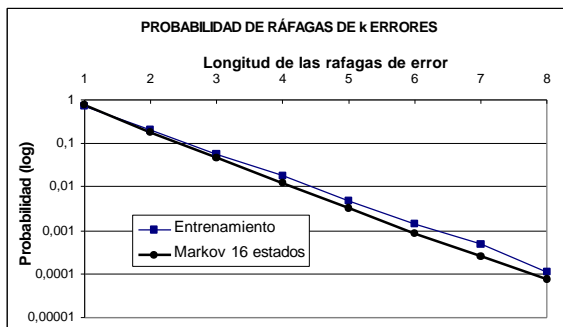


Figura 4. Histo. de la longitud de las ráfagas de error.

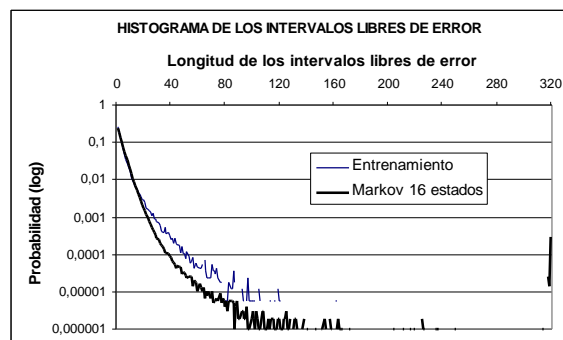


Figura 5. Histograma de los intervalos libres de error.

#### 4.- APLICACIONES

En una primera fase se ha construido el emulador para dos sistemas de acceso, uno basado en la técnica CDMA y el otro basado en TDMA [3]. Los resultados han sido muy bien valorados por la simplicidad de implementación y la precisión, hecho que ha conllevado su uso en otro estudio basado en CDMA.

En una segunda fase se han calculado los parámetros del HMM incluyendo diferentes códigos (Convolucionales y Reed Salomon). Para encontrar la métrica del canal digital, se ha pasado la información por el codificador, después por el HMM del canal radio, y finalmente por el decodificador. Con esta métrica se han calculado los parámetros del HMM incluyendo códigos.

Actualmente se está adaptando el emulador para WCDMA (Wideband CDMA), ya que es la técnica que se ha aprobado para el modo FDD del sistema de comunicaciones móviles de tercera generación UMTS. El emulador diseñado es una herramienta muy versátil, ya que se puede adaptar fácilmente a diferentes condiciones de propagación, simplemente cambiando las estadísticas que se usan para entrenar el modelo.

#### 5.- CONCLUSIONES

En este artículo se ha presentado un modelo oculto de Markov (HMM) utilizado para emular el canal radio en diferentes sistemas de acceso. El emulador creado es una herramienta sencilla y fácilmente modificable que permite realizar diferentes estudios relacionados con sistemas de comunicaciones móviles. El HMM necesita ser entrenado con las estadísticas del canal que se quiere emular.

También se ha presentado a título de ejemplo una de las validaciones realizada del modelo. Los resultados muestran que es un modelo muy preciso. La principal ventaja de utilizar emulaciones basadas en HMM en lugar de simulaciones del canal radio es que las primeras permiten trabajar en tiempo real con una complejidad de implementación moderada.

#### 6.- REFERENCIAS

- [1] Lawrence R. Rabiner, "A tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition", Proceedings of the IEEE, Vol 77, No.2, February 1989.
- [2] J. De Vriendt, P. Lucas, E. Berruto, P. Díaz, "RAINBOW: a Generic UMTS Network Architecture Demonstrator", Proceedings of the ACTS Mobile Communications Summit, Aalborg, Denmark, October 1997.
- [3] Pilar Díaz, Anna Umbert, Fernando Casadevall et al., "Validation of Hidden Markov Models for the emulation of advanced radio interfaces", April 1998, AC015/UPC/RAP2/DS/R/027/a1.