



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multie Inter Disciplinario

Investigación Básica Investigación Aplicada Investigación Pedagógica Innovación

DEPARTAMENTO(S):

1. DE ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES DE INFORMACIÓN

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Comunicaciones de banda ancha
2. Procesamiento Digital de señales

1 Proyecto de Investigación

Título:

Algoritmos de reducción de los picos de potencia en sistemas OFDM

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

La modulación OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) es una técnica de transmisión multiportadora ampliamente utilizada en numerosos estándares de comunicaciones. Sin embargo, uno de los principales inconvenientes que presenta su transmisor, es la presencia ocasional de grandes picos en su potencia instantánea con respecto a su potencia media, conocido en la literatura como el problema de la PAPR (*Peak-to-Average Power Ratio*). Al pasar la señal OFDM con PAPR elevada por un amplificador de alta potencia (HPA – *High Power Amplifier*) se produce saturación del dispositivo lo que produce degradaciones en la señal; para contrarrestar estos efectos, se debe reducir la PAPR de la señal OFDM transmitida con algún tipo de manipulación en la señal.

Una de las técnicas de reducción de la PAPR más prometedoras es la técnica CE (*Constellation Extension*), que mueve inteligentemente ciertos puntos externos de la constelación del símbolo OFDM en el dominio de la frecuencia, de tal forma que la señal en el dominio del tiempo tenga una PAPR menor. Actualmente, para decidir los puntos de la constelación que deben extenderse se han propuesto algunos algoritmos mediante métodos optimización, dichos algoritmos son altamente complejos, que son difíciles de implementar en sistemas reales.

El presente proyecto pretende estudiar los algoritmos CE de reducción de la PAPR existentes y buscar nuevos algoritmos de reducción de la PAPR. Principalmente se enfocará proponer esquemas de baja complejidad computacional.

Palabras clave (4-6):

OFDM, reducción de la PAPR, extensión de la constelación



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

| | | |
|--|--------------|--|
| 2 Datos personales y académicos del Director del Proyecto | | |
| Apellidos: Carvajal Rodríguez Nombres: Jorge Eduardo | | Teléfono casa: 2-496-633 Teléfono celular: 0991152073 |
| Cédula de Identidad: 1716800402 | | |
| Cargo actual en la EPN: Profesor Auxiliar nivel 1 | | |
| Dirección particular: Av. de la prensa y Manta | | Teléfono oficina: 2-976-300 Ext. EPN: 2348 Correo electrónico: jorge.carvajal@epn.edu.ec |
| Formación de pregrado y posgrado | | |
| Títulos | Fecha | Institución / Universidad/País |
| Ing. Electrónica y Telecomunicaciones | 01/08/2009 | Escuela Politécnica Nacional |
| Master en tecnologías de la Información | 01/02/2013 | Universidad de ciencias Aplicadas Mannheim, Alemania |
| | | |

| | | |
|---|------------------------------|---|
| 3 Datos personales y académicos del Profesor colaborador | | |
| Apellidos: Paredes Paredes Nombres: Martha Cecilia | | Teléfono casa: 02- 2835693 |
| Cédula de Identidad: 1803691052 | Teléfono celular: 0999812324 | |
| Cargo actual en la EPN: Profesor Ocasional tiempo completo | | |
| Dirección particular: Av. General Rumiñahui y calle S/N. Condominios Ciudad Jardín 2, casa 80. | | Teléfono oficina: 2-976-300 Ext. EPN: 2348 Correo electrónico: cecilia.paredes@epn.edu.ec |
| Formación de pregrado y posgrado | | |
| Títulos | Fecha | Institución / Universidad |
| Ph.D. en Multimedia y Comunicaciones | Diciembre 2014 | Universidad Carlos III de Madrid, Madrid - España |
| Máster en Multimedia y Comunicaciones | Febrero 2010 | Universidad Carlos III de Madrid, Madrid – España |
| Ingeniera en Electrónica y Redes de Información | Abril 2008 | Escuela Politécnica Nacional, Quito - Ecuador |

| | | |
|---|--------------|---|
| 4 Datos personales del personal administrativo de investigación (opcional) | | |
| Apellidos: Nombres: | | Teléfono casa: |
| Cédula de Identidad: | | |
| Cargo actual en la EPN: | | Teléfono celular: |
| Dirección particular: | | Teléfono oficina: Ext. EPN: Correo electrónico: |
| Formación de pregrado y posgrado | | |
| Títulos | Fecha | Institución / Universidad |
| | | |
| | | |
| | | |



Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación

5.1 Objetivos

5.1.1 Objetivo General

- Estudiar los algoritmos CE de reducción de la PAPR en los sistemas OFDM existentes en la literatura y buscar nuevos algoritmos de baja complejidad.

5.1.2 Objetivos Específicos

- a) Analizar el estado del arte las técnicas de reducción de la PAPR basados en la extensión de la constelación existentes en la literatura
- b) Evaluar las prestaciones de las técnicas de reducción de la PAPR existentes.
- c) Implementar mediante MATLAB el algoritmo óptimo seleccionado.
- d) Estudiar los algoritmos de clasificación existentes que mejor se adapte a las necesidades de reducción de la PAPR.
- e) Presentar los resultados en un artículo, si el resultado de reducción de la PARP es mejor o similar a los algoritmos existentes, pero con menor complejidad computacional, proponer el nuevo algoritmo de reducción de la PAPR

5.2 Relevancia de esta propuesta de investigación y su relación con la(s) Línea(s) de investigación asociadas.

OFDM es una de las técnicas multiportadora ampliamente utilizada por estándares de comunicaciones de banda ancha, tales como la televisión (DVB-T - *Digital Video Broadcasting - Terrestrial*) y audio digital (DAB - *Digital Audio Broadcasting*), en comunicaciones inalámbricas como WiFi (*Wireless Fidelity*) y WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), en comunicaciones móviles como LTE (*Long Term Evolution*) y también es parte del conjunto de tecnologías de transmisión DSL (*Digital Subscriber Line*). Por tanto, dicha técnica de modulación debe contar con unas buenas prestaciones.

5.3 Productos esperados

- a. Publicaciones científicas (obligatorio); X
- b. Disertación a la Comunidad Politécnica; X
- c. Proyecto de Titulación; X
- d. Tesis de Grado (maestría o doctorado);
- e. Aplicación tecnológica construida o implementada;
- f. Patente presentada;
- g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.

5.4 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

Los resultados esperados son los siguientes:

- a) Análisis teórico de las técnicas de reducción de la PAPR basados en la extensión de la constelación
- b) Evaluación de las prestaciones de las técnicas CE existentes en la literatura, mediante MATLAB.
- c) Análisis teórico de los posibles algoritmos de clasificación
- d) Algoritmo en MATLAB de reducción de la PAPR basado la extensión de la constelación mediante clasificadores
 - a. En caso de obtener mejores resultados, en términos de reducción de la PAPR, que el algoritmo óptimo mediante optimización, publicar los resultados.



| | |
|---|---|
| 6 | Descripción, metodología y cronograma de trabajo |
| <p>6.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)</p> <p>La modulación OFDM (<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>) es una técnica de transmisión multiportadora, que debido principalmente a sus grandes ventajas como son, la robustez frente al multitrayecto, sencillez en el receptor y su alta eficiencia espectral, es extensamente utilizada en varios estándares de comunicaciones de banda ancha. En los últimos años, las comunicaciones de banda ancha han ido transformando la calidad de vida de la sociedad en general, ya que permiten la conexión de millones de personas en todo el mundo, ayudan al desarrollo del capital humano, mejoran la asistencia sanitaria, y además, permiten el uso de servicios multimedia a gran velocidad, entre otros. Sin embargo, uno de los principales inconvenientes que presenta OFDM en su transmisor es la presencia ocasional de grandes picos en su potencia instantánea con respecto a su potencia media, que se conoce en la literatura como el problema de la PAPR (<i>Peak-to-Average Power Ratio</i>). Al pasar la señal con PAPR elevada por el amplificador de alta potencia (HPA – <i>High Power Amplifier</i>) se produce saturación del dispositivo, provocando radiación dentro y fuera de banda, que provoca un incremento en la tasa de error de bit (BER - <i>Bit Error Rate</i>). Para contrarrestar estos efectos, la solución convencional es hacer trabajar al HPA por debajo de su punto de saturación, lo que se traduce en pérdidas en la eficiencia del terminal o que dicho dispositivo tenga un margen dinámico mayor, lo que resulta en equipos de costo mayor. Por tanto, evitar que aparezca dicha radiación reduciendo la PAPR de la señal OFDM transmitida con algún tipo de manipulación en la señal es un campo de investigación importante y activo.</p> <p>En la literatura se ha discutido ampliamente la reducción de la PAPR, una de las técnicas más prometedoras es CE (<i>Constellation Extension</i>) que consiste en mover inteligentemente ciertos puntos externos de la constelación del símbolo OFDM en el dominio de la frecuencia, de tal forma que la señal en el dominio del tiempo tenga una PAPR menor. Este procedimiento tiene algunas ventajas respecto a otras técnicas como que no afecta a la distancia mínima de la constelación y, por tanto, no se experimenta degradación en la BER. Además, no hay pérdida en la tasa de transmisión de datos porque no se requiere la transmisión de información de control. Sin embargo, la mayoría de estos esquemas de reducción de la PAPR se implementan mediante métodos de optimización que son altamente complejos.</p> <p>A la vista de esto, el presente proyecto se enmarca dentro de las técnicas CE y se pretende estudiar las técnicas CE existentes en la literatura, y como objetivo principal se plantea desarrollar un algoritmo, basado en la extensión de los puntos externos de la constelación, para la reducción de la PAPR de los sistemas OFDM de baja complejidad.</p> <p>La metodología de investigación seleccionada para la ejecución del presente proyecto es experimental, se simularán mediante MATLAB las técnicas existentes para evaluar sus prestaciones. Además, para el/los algoritmo(s) propuestos se evaluarán diferentes variables (reducción de la PAPR en términos de la CCDF, BER y complejidad computacional) que permitan verificar si dicho algoritmo propuesto es válido o no</p> | |



.El diseño del proyecto consistirá en el estudio y análisis de cada una de las técnicas CE de reducción de la PAPR en los sistemas OFDM, para comprender su principio de funcionamiento y evaluar sus prestaciones en términos de reducción de la PAPR y complejidad computacional. El análisis de la nueva propuesta se realizará mediante simulaciones en MATLAB.

- [1] AGGARWAL, A., AND MENG, T. Minimizing the Peak-to-Average power ratio of OFDM signals using Convex Optimization. *IEEE Transactions on Signal Processing* 54, 8 (Aug. 2006), 3099–3110.
- [2] BENDERS, J. Partitioning procedures for solving mixed-variables programming problems. *NumerischeMathematik* 4, 1 (1962), 238–252.
- [3] BERTSEKAS, D. P. *Nonlinear Programming*. Athena Scientific, Belmont, MA, 1999.
- [4] DANILO-LEMOINE, F., FALCONER, D., LAM, C.-T., SABBAGHIAN, M., AND WESOLOWSKI, K. Power backoff reduction techniques for generalized multicarrier waveforms. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking* 2008, 1 (2008), 437801.
- [5] GEOFFRION, A. M. Generalized Benders Decomposition. *J. Optimization Theory and Applications* 10, 4 (1972), 237–260.
- [6] HAN, S. H., AND LEE, J. H. An overview of peak-to-average power ratio reduction techniques for multicarrier transmission. *Wireless Communications, IEEE* 12, 2 (April 2005), 56–652.
- [7] HONKANEN, M., AND HAGGMAN, S.-G. New aspects on nonlinear power amplifier modeling in radio communication system simulations. In *The 8th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)* (Sep. 1997), vol. 3, pp. 844–848.
- [8] JIANG, T., AND WU, Y. An overview: peak-to-average power ratio reduction techniques for OFDM signals. *IEEE Transactions on Broadcasting* 54, 2 (June 2008), 257–268.
- [9] KAITZ, T. Channel and interference model for 802.16b Physical Layer. *Contribution to the IEEE 802* (2001).
- [10] KRONGOLD, B. S., AND JONES, D. L. PAR reduction in OFDM via active constellation extension. *IEEE Transactions on Broadcasting* 49, 3 (Sept. 2003), 258–268.
- [11] KRONGOLD, B. S., AND JONES, D. L. An active-set approach for OFDM PAR reduction via tone reservation. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 52, 2 (Feb. 2004), 495–509.
- [12] LIU, Q., BAXLEY, R., MA, X., AND ZHOU, G. Error vector magnitude optimization for OFDM systems with a deterministic peak-to-average power ratio constraint. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing* 3, 3 (June 2009), 418–429.
- [13] OCHI, M. *Applied probability and stochastic processes in engineering and physical sciences*. Wiley series in probability and mathematical statistics: Applied probability and statistics. Wiley, 1990.
- [14] OCHIAI, H., AND IMAI, H. On the distribution of the peak-to-average power ratio in OFDM signals. *IEEE Transactions on Communications* 49, 2 (Feb. 2001), 282–289.
- [15] PAREDES PAREDES, M. C., AND FERNÁNDEZ-GETINO GARCÍA, M. J. Energy efficient peak power reduction in OFDM with amplitude predistortion aided by orthogonal pilots. *IEEE Transactions on Consumer Electronics* 59, 1 (Feb. 2013), 45–53.
- [16] PAREDES PAREDES, M. C., AND FERNÁNDEZ-GETINO GARCÍA, M. J. PAPR reduction via Constellation Extension in OFDM systems using Generalized Benders Decomposition and Branch and Bound techniques," *Vehicular Technology, IEEE Transactions on* , vol. PP, no.99, pp.1,1



| | |
|---|--|
| 7 | Fechas de inicio y fin De acuerdo al normativo de los proyectos Semilla 2015 se iniciaría a partir de la notificación de la asignación de fondos al Director del Proyecto, que se estima sería el 15 de agosto del 2015 y finalizará en agosto del 2016. |
|---|--|

| 8 | Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales. 8.1 Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores. <i>El tiempo de dedicación máximo será de acuerdo al tipo de proyecto:</i> <table border="1" data-bbox="595 786 1091 909"><thead><tr><th><i>Proyecto</i></th><th><i>Director</i></th><th><i>Colaboradores</i></th></tr></thead><tbody><tr><td><i>PIJ</i></td><td><i>10 HSS</i></td><td><i>10 HSS</i></td></tr></tbody></table> 8.2 Infraestructura y equipos <p>La infraestructura disponible para la ejecución del proyecto serán las dependencias del Laboratorio de Investigación del DETRI, en donde se colocará el servidor con las licencias del software especializado de simulación.</p> 8.3 Breve justificación del equipo requerido <p>Para la implementación del proyecto se necesita los siguientes implementos:</p> <ul style="list-style-type: none">- Servidor para simulación de algoritmos de optimización y clasificación.- Software especializado para simulación (MATLAB)- Presentación de resultados en Congresos internacionales para la difusión científica. 8.4 Fondos Adicionales <ul style="list-style-type: none">- <i>ninguno</i> | <i>Proyecto</i> | <i>Director</i> | <i>Colaboradores</i> | <i>PIJ</i> | <i>10 HSS</i> | <i>10 HSS</i> |
|-----------------|--|----------------------|-----------------|----------------------|------------|---------------|---------------|
| <i>Proyecto</i> | <i>Director</i> | <i>Colaboradores</i> | | | | | |
| <i>PIJ</i> | <i>10 HSS</i> | <i>10 HSS</i> | | | | | |

| 9 | Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto (anual) <u>Primer Año</u> | | | | | | | | | |
|--|--|----------------|-----------------------------|----------------|--|---|--|-----------------|---|---|
| | <table border="1"><thead><tr><th>Lista de ítems</th><th>Cantidad solicitada (US \$)</th><th>Porcentaje (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>Ayudantes de Investigación</i></td><td>0</td><td></td></tr><tr><td>Subtotal</td><td>0</td><td>0</td></tr></tbody></table> | Lista de ítems | Cantidad solicitada (US \$) | Porcentaje (%) | 1. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>Ayudantes de Investigación</i> | 0 | | Subtotal | 0 | 0 |
| Lista de ítems | Cantidad solicitada (US \$) | Porcentaje (%) | | | | | | | | |
| 1. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>Ayudantes de Investigación</i> | 0 | | | | | | | | | |
| Subtotal | 0 | 0 | | | | | | | | |



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

| | | | |
|----|--|----------------------|------------|
| 2. | Maquinaria y Equipos | | |
| | 2.1 Software Especializado en Simulación MATLAB y Toolbox. | 2875 | |
| | 2.2 Servidor Hp ProLiant ML350p Tower Gen8 IVB Intel Xeon E5-2620v2- Core (2.10 GHz 15 MB) 8GB(1x8GB) PC3L-12800R DDR3 1600MHz RDIMM (Low Voltage) 8x Hot Plug 2.5in Small Form Factor Smart Carrier Smart Array P420i/512MB FBWC DVDRW 460W 3yr Next Business Day Warranty. | 4500 | |
| | Subtotal | 7375 | 74,9 |
| 3. | Reactivos y materiales de laboratorio | 0 | |
| | Subtotal | 0 | |
| 4. | Literatura especializada | 0 | |
| | Subtotal | 0 | |
| 5. | Viajes técnicos y de muestreo | 2600 | |
| | Subtotal | 2600 | 25,1 |
| 6. | Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones | | |
| | Subtotal | | |
| | TOTAL PRESUPUESTO | 9975,00 + IVA | 100 |

| | | |
|-----------|---|---------------------------|
| 10 | Lugar y Fecha / Firma del Director del Proyecto | |
| | Quito, 10 de julio del 2015 Nombre: Jorge Eduardo Carvajal R. CC:1716800402 | Firma del Director |

| | |
|--|------------------------|
| DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO | |
| Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento/Institutoal que pertenece el Director del Proyecto , en Sesión del..... mediante Resolución No. y las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del aplicante de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta aplicación. | |
| _____ JEFE DEL DEPARTAMENTO/INSTITUTO Nombre: CC: | _____ Lugar y fecha |