

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DATOS INFORMATIVOS

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Interdisciplinario

Título del proyecto:
Modelamiento de la *Packet Error Rate* (PER) incluyendo condiciones de *Peak-to-Average Power Ratio* (PAPR) para transmisiones Ad-Hoc.

Investigación Básica Investigación Aplicada Investigación Pedagógica Innovación

DEPARTAMENTO(S):
1. DEP ELECTRONICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES DE INFORMACION

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:
1. SISTEMAS DE COMUNICACIONES INALAMBRICAS

| Resumen de información del director y colaboradores del proyecto | | |
|--|--------------|---|
| Director | | |
| Apellidos y nombres | Departamento | Título de mayor nivel (Ing., M.Sc., Ph.D) |
| Paredes Paredes Martha Cecilia | DETRI | Doctor |
| Colaborador(es) | | |
| Apellidos y nombres | Departamento | Título de mayor nivel Ing., M.Sc., Ph.D) |
| Urquiza Aguiar Luis Felipe | DETRI | Doctor |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica Investigación Aplicada Investigación Pedagógica Innovación

DEPARTAMENTO(S):

1. DEP ELECTRONICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES DE INFORMACION

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. SISTEMAS DE COMUNICACIONES INALAMBRICAS

1 Proyecto de Investigación

Título:

Modelamiento de la *Packet Error Rate* (PER) incluyendo condiciones de *Peak-to-Average Power Ratio* (PAPR) para transmisiones Ad-Hoc.

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

Las redes Ah-Hoc son una nueva manera de comunicarse inalámbricamente sin la necesidad de una infraestructura, existen diferentes estándares que permiten establecer una comunicación ad-hoc como son IEEE 802.11a/g/p. Estos estándares fundamentan su capa física (PHY) en una transmisión OFDM debido a sus grandes ventajas. Sin embargo, las señales OFDM presentan ocasionalmente picos de potencia elevados con respecto a su media (este es el bien conocido problema de la PAPR (*Peak-to-Average Power Ratio*)), lo cual puede ocasionar que se degrade el rendimiento del sistema de comunicación ad-hoc.

Una forma de medir el rendimiento de una PHY es a través de la PER (*Packet Error Rate*), la cual determina la tasa de paquetes que se han recibido con errores. En la literatura existen diferentes ecuaciones que se han obtenido de forma analítica y empírica para calcular la PER, las cuales incluyen diferentes parámetros como número de paquetes perdidos, el retardo de transmisión extremo a extremo, número de saltos, retransmisión de paquetes entre otros. Sin embargo, en ninguna de estas formulaciones se ha considerado la ganancia o la pérdida en PER que puede introducir al emplearse alguna técnica de reducción de la PAPR. Este proyecto pretende modelar una nueva ecuación para el cálculo de PER que incluya aspectos de PAPR y que permita mejorar el nivel de realismo de los simuladores de redes ad hoc inalámbricas.

Para alcanzar el objetivo planteado, este proyecto será dividido en las siguientes etapas: (1) análisis y simulación de la PHY de las enmiendas 802.11 que utilicen OFDM y sean para redes ad-hoc, (2) análisis, simulación y comparación del rendimiento de la técnica OPS-SAP (*Simple Amplitude Predistortion aided by Orthogonal Pilot Sequences*) para la reducción de la PAPR en cada enmienda IEEE 802.11, (3) análisis de la literatura existente sobre la formulación de la PER, (4) formulación de una nueva ecuación para el cálculo de la PER incluyendo aspectos de la PAPR, (5) comparar de los resultado obtenidos con y sin la nueva fórmula y (6) implementar en un simulador de red, en nuevo cálculo de la PER con el fin de mejorar el nivel de realismo de dichos simuladores.

Cada una de dichas etapas se las realizará a través de proyectos de titulación de grado y tesis de maestría.

Palabras clave (4-6):

Ad-hoc networks, OFDM, PAPR reduction, OPS-SAP, PER


1/8



| | |
|----------|--|
| 2 | <p>Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación</p> <p>2.1 Objetivos</p> <p>2.1.1 Objetivo General</p> <p>Formular una nueva ecuación para el cálculo de la PER que incluya aspectos de PAPR para redes inalámbricas en escenarios de ad-hoc</p> <p>2.1.2 Objetivos Específicos</p> <ol style="list-style-type: none">a. Analizar a través de simulaciones los aspectos de transmisión y recepción a nivel de PHY de las enmiendas IEEE 802.11 que permitan configuraciones Ad-Hoc y que usan la técnica de transmisión OFDM.b. Comparar el rendimiento de la técnica OPS-SAP para la reducción de la PAPR en diferentes ambientes ad-hoc (IEEE 802.11a/g/p).c. Revisar la literatura que existe sobre el cálculo de la PER.d. Formular una nueva ecuación para el cálculo de la PER que incluya aspectos de la PAPR.e. Comparar los resultados con y sin la nueva formulación de la PER.f. Mejorar el nivel de realismo de la capa PHY de un simulador de red utilizando la ecuación obtenido en (d). <p>2.2 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)</p> <ol style="list-style-type: none">a. Formación de masa crítica que permita continuar actividades de investigación y difusión en estas temáticas nuevas y avanzadas relacionadas con el rendimiento en la PHY y sus posibles mejoras en los diferentes estándares de redes ah-hoc.b. Se generará al menos dos artículos científicos que serán enviados a revistas científicas indexadas en SCIMAGO-SCOPUS.c. Se generarán al menos dos proyectos de titulación a nivel de pregrado y al menos dos tesis de grado a nivel de maestría.d. Se presentará al menos una disertación (seminario, conferencia, charla, curso, etc.) sobre los resultados del proyecto a la comunidad politécnica.e. Se contará con una formación adecuada para buscar fondos para proyectos de mayor envergadura en las temáticas relacionadas a este proyecto. |
|----------|--|



| | |
|----------|--|
| 3 | Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación |
| | <p>Una de las líneas de investigación del DETRI (Departamento de Electrónica Telecomunicaciones y Redes de Información) es la de "Comunicaciones Inalámbricas". Las diferentes temáticas a abordarse en el proyecto, como son: redes ad-hoc, estándares IEEE 802.11a/g/p para redes ad-hoc, la transmisión multiportadora OFDM, los algoritmos de reducción de PAPR, la evaluación del esquema OPS-SAP en ambientes ad-hoc, y el cálculo de la PER están directamente relacionadas con las actividades de investigación del DETRI y las dos carreras que están a su cargo.</p> <p>El impacto del proyecto propuesto se lo puede apreciar en varias dimensiones ya que el resultado final será contar con publicaciones científicas internacionales que resalten la investigación que se lleva a cabo dentro del DETRI y de la EPN. Así también, el proyecto generará el conocimiento necesario sobre el funcionamiento y desarrollo de módulos en simuladores numéricos y de red para el estudio de la PHY, lo cual facilitará la formulación de otros proyectos sobre la PHY y su interacción con capas superiores de un modelo de comunicación.</p> <p>Además, con este proyecto se pretende contratar personal de apoyo, quienes deberán ser estudiantes de la maestría en investigación en Telecomunicaciones que se está planteando dentro del DETRI. Cabe mencionar que el inicio del proyecto deberá ajustarse al inicio de la maestría de investigación en Telecomunicaciones.</p> <p>Por lo que la investigación que se realizará en dicho proyecto se enmarca dentro de las líneas de investigación del DETRI, de la Maestría de investigación y de las dos carreras de grado.</p> |

| | |
|----------|--|
| 4 | Productos esperados |
| | <ul style="list-style-type: none">a. Publicaciones científicas (obligatorio); <input checked="" type="checkbox"/>b. Disertación a la Comunidad Politécnica; <input checked="" type="checkbox"/>c. Proyecto de Titulación; <input checked="" type="checkbox"/>d. Tesis de Grado (maestría o doctorado); <input checked="" type="checkbox"/>e. Aplicación tecnológica construida o implementada; <input type="checkbox"/>f. Patente presentada; <input type="checkbox"/>g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación. <input type="checkbox"/> |



| | |
|---|--|
| 5 | <p>Descripción y metodología y diseño del proyecto</p> <p>Las redes ad-hoc son una colección de dispositivos (nodos) que desean comunicarse, pero que no tienen una infraestructura fija disponible y ninguna organización predeterminada. Cada nodo de la red es responsable del descubrimiento dinámico de otros nodos para comunicarse con ellos directamente o través de otros nodos empleando protocolos de encaminamiento [1].</p> <p>Las enmiendas IEEE 802.11 a/g/p son parte del estándar IEEE 802.11 para redes inalámbricas, que se pueden emplear en escenario ad-hoc y definen las características y funcionamiento de la subcapa de control de acceso al medio (MAC) y de la capa física (PHY) [2].</p> <p>La capa PHY de los estándares IEEE 802.11 a/g/p se fundamenta en una transmisión OFDM (<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>) [3], debido a sus grandes ventajas como son la eficiencia espectral, robustez frente al desvanecimiento multitrayecto, entre otros. Sin embargo, la señal OFDM presenta ocasionalmente picos de potencia elevados, este problema se conoce como el problema de la PAPR (<i>Peak-to-Average Power Ratio</i>) [3]. Cuando la señal OFDM con picos altos pasa por un HPA (<i>High Power Amplifier</i>), la señal sufre distorsiones que reducen la eficiencia del sistema [4]. Existen varias técnicas de reducción de la PAPR, ampliamente discutidas en la literatura (para mayor detalle de puede referirse a [5] y [6]), donde cada técnica presenta características y complejidad computacional diferentes.</p> <p>La técnica OPS-SAP (<i>Simple Amplitude Predistortion aided by Othogonal Pilot Sequences</i>) es una de las más prometedoras para ambientes ad-hoc [3], [7] debido a que no introduce distorsiones en la señal, por lo que no presenta degradaciones en la BER (<i>Bit Error Rate</i>). Además, esta técnica no necesita la transmisión de información adicional hacia el receptor, por tanto no hay pérdida de eficiencia en la velocidad de transmisión.</p> <p>Para evaluar la eficiencia de una técnica de reducción de la PAPR se emplean diferentes métrica como son: (1) CCDF (<i>Complementary Cumulative Distribution Function</i>), que permite determinar la probabilidad que la PAPR de un sistema sean mayor o igual a un determinado umbral; (2) PSD (<i>Power Spectral Density</i>) que permite determinar la radiación introducida en la señal al pasar por un HPA; (3) BER (<i>Bit Error Rate</i>), que permite cuantificar la BER requerida a una determinada SNR (<i>Signal-to-Noise Ratio</i>) y (4) PER (<i>Packet Error Rate</i>), un parámetro ampliamente utilizado para QoS (<i>Quality of Service</i>) en redes inalámbricas. En [8] se ha demostrado por medio de simulaciones que cuando se emplea la técnica OPS-SAP en el estándar IEEE 802.11p, se obtiene una ganancia en PER de aproximadamente 0,5 dB en SNR a una misma probabilidad de 10^{-3}.</p> <p>En la literatura existen diferentes formas de calcularla la PER, las cuales pueden clasificarse en métodos analíticos e empíricos. Cada una de las diferentes propuestas para estimar la PER consideran diferentes parámetros como: número de paquetes perdidos, el retardo, número de saltos, distancia, SNR [9]. Sin embargo, aspectos de la PAPR no se han incluido en ninguno de los trabajos encontrados en la literatura. Por lo que el presente proyecto pretende determinar una nueva forma de calcular la PER, el cual incluya la ganancia o pérdida en PER que introducen las técnicas de reducción de la PAPR, especialmente la técnica OPS-SAP.</p> <p>En este proyecto se realizarán análisis teóricos y simulaciones de los diferentes temas que se abordarán a fin de cumplir con el objetivo del proyecto. El proyecto estará dividido en tres etapas que se detallan a continuación:</p> |
|---|--|

 11
4/8



Etapa I (Reducción de la PAPR en redes ah-hoc): En este tema se realizará un análisis de la capa PHY de las enmiendas IEEE 802.11 que permitan configuraciones ad-hoc y que usan la técnica de transmisión OFDM, para ello se deberá revisar el estándar y realizar simulaciones a fin de comparar el rendimiento de cada enmienda. Además, se analizará el comportamiento de la técnica OPS-SAP para la reducción de la PAPR en cada uno de los ambientes ad-hoc (IEEE 802.11a/g/p).

Para esto se plantearán un proyecto de titulación de grado en el cual se comparará la PHY de cada enmienda y una tesis de maestría para el análisis y comparación del rendimiento de la técnica OPS-SAP en cada ambiente ad-hoc. Además, se realizará una publicación científica con los resultados obtenidos de dichas comparaciones.

Etapa II (Análisis de la PER): Aquí, se pretende analizar la literatura que existe sobre el cálculo de la PER, formular una nueva ecuación para el cálculo de la PER que incluya aspectos de la PAPR. Para ello, se intentará modificar propuestas ya existentes y/o la formulación de una nueva ecuación en base a los resultados de simulación obtenidos. Ambos casos serán ampliamente analizados.

Para esta etapa se planteará un proyecto de titulación de grado para realizar el estudio de las propuestas existentes para el cálculo de la PER y una tesis de maestría para la nueva formulación de la PER. Además, se elaborará al menos una publicación científica.

Etapa III (Implementación en simuladores de red): Los resultados de una simulación de red son totalmente dependientes del nivel de detalle en la simulación de las diferentes capas de comunicación. Una de las capas muy pocas estudiadas y que con frecuencia es sobresimplificada es la capa física. Solo durante los últimos años se ha visto crecer las propuestas para aumentar su nivel de realismo de la PHY a fin de garantizar la confiabilidad a los resultados.

Esta etapa del proyecto tiene por objeto contribuir al desarrollo y mejora del nivel de realismo de la capa PHY de un simulador de red. Para esto se planea incluir la ecuación obtenida en la formulación de la PER incluyendo la PAPR de la etapa anterior. Para ello se debe tener en cuenta que la fórmula quizá deba adaptarse o simplificarse tratando de mantener su nivel de exactitud lo más estable posible. Esto debido a que un simulador de red por lo general no cuenta con las librerías matemáticas que le permitan realizar cálculos complejos o extensos. Por otro lado también se debe tener en cuenta que la fórmula a usarse no debe degradar el tiempo de simulación de forma drástica, pues esto sin duda limitaría su adopción en los simuladores de red.

En esta etapa se generará una tesis de maestría y una publicación de divulgación, pues muestra uno de los resultados del proyecto que puede ser usado por una comunidad científica muy amplia, como lo es la que se encarga del estudio de redes ad-hoc mediante simulaciones.

[Handwritten signature]



REFERENCIAS:

- [1] Gerla, Mario, "Ad hoc networks". In *Ad Hoc Networks Technologies and Protocols*. pp. 1-22. Springer US, 2005.
- [2] IEEE, IEEE Standard for Information technology- Local and metropolitan area networks - Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments, IEEE Std 802.11p-2010. (Amendment to IEEE Std 802.11-2007 as amended by IEEE Std. 802.11k-2008, IEEE Std 802.11r-2008, IEEE Std 802.11y-2008, IEEE Std 802.11n-2009, and IEEE Std 802.11w-2009. Year 2010. doi:10.1109/IEEESTD.2010.5514475.
- [3] M. C. Paredes Paredes, M. J. Fernández-Getino García, "Performance evaluation of OPS-SAP PAPR reduction technique in OFDM systems in a wireless vehicular context", In *Proceedings of the 12th ACM Symposium on Performance Evaluation of Wireless Ad Hoc, Sensor, & Ubiquitous Networks*, ACM, 2015, pp. 49-54. Cancún – Mexico. doi:10.1145/2810379.2810392.
- [4] F. Danilo-Lemoine, D. Falconer, C.-T. Lam, M. Sabbaghian, K. Wesolowski, "Power backoff reduction techniques for generalized Multicarrier waveforms", *Journal on Wireless Communications and Networking*, EURASIP 2008, pp. 437-80, DOI:10.1155/2008/437801.
- [5] T. Jiang, Y. Wu, An overview: Peak-to-Average power ratio reduction techniques for OFDM signals, *IEEE Transaction on Broadcasting*, Vol. 54, no. 2, 2008, pp. 257–268, doi: 10.1109/ 499 TBC.2008.915770 .
- [6] Y. Rahmatallah, S. Mohan, Peak-To-Average power ratio reduction in OFDM 501 Systems: a survey and taxonomy, *IEEE Communication Survey Tutorial*, vol. 15, no. 4, 2013, pp. 1567–502 1592, doi: 10.1109/SURV.2013.021313.00164 .
- [7] M. C. Paredes Paredes and M. J. Fernandez-Getino Garcia, "Energy efficient peak power reduction in OFDM with amplitude predistortion aided by orthogonal pilots", in *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 59, no. 1, pp. 45-53, February 2013. doi: 10.1109/TCE.2013.6490240
- [8] M.C. Paredes, M. Julia Fernández-Getino García, Performance of OPS-SAP technique for PAPR reduction in IEEE 802.11p scenarios, *Ad Hoc Networks* (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.adhoc.2016.07.010>
- [9] Tripp-Barba, C., Urquiza-Aguiar, L., Estrada, J., Aguilar-Calderón, J. A., Zaldívar-Colado, A., & Igartua, M. A. "Impact of packet error modeling in VANET simulations". In *2014 IEEE 6th International Conference on Adaptive Science & Technology (ICAST)*, pp. 1-7. Ota, 2014, pp. 1-7. doi: 10.1109/ICASTECH.2014.7068133

[Handwritten signature]



6 **Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.**

6.1 **Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores.**

El tiempo de dedicación máximo será de acuerdo al tipo de proyecto:

| Proyecto | Director | Colaboradores |
|----------|----------|---------------|
| PIJ | 20 HSS | 10 HSS |

| Nombre | Rol (director o colaborador) | Horas de dedicación | Departamento |
|--------------------------------|---------------------------------|------------------------|--------------|
| Martha Cecilia Paredes Paredes | Director | 20 | DETRI |
| Luis Felipe Urquiza Aguiar | Colaborador | 10 | DETRI |
| Asistente de Investigación | Asistente de Investigación | 20 | DETRI |
| Asistente de Investigación | Asistente de Investigación | 20 | DETRI |
| Ayudante de Investigación | Ayudante de Investigación | 20 | DETRI |
| Ayudante de Investigación | Ayudante de Investigación | 20 | DETRI |

6.2 **Infraestructura y equipos**

- *Indicar la infraestructura y equipos **disponibles** para la ejecución del proyecto, con la ubicación actual de los mismos*

Se dispone del "Laboratorio de Investigación" en el DETRI que cuenta con la infraestructura para realizar investigación y con conexión a Internet para que los investigadores contratados puedan realizar las tareas de investigación.

6.3 **Breve justificación del equipo requerido**

- *Justificar la infraestructura y equipos **solicitados** para la ejecución del proyecto e indicar el departamento en el cual se ubicará dicho equipamiento.*

Se requiere adquirir los siguientes equipos:

- 4 Computador Portátil con Procesador Intel Core i7-6500U, Memoria RAM 16 GB, Disco Duro 1 TB 7200 RPM, interfaz WiFi, puertos USB 3.0, puerto HDMI,
- 1 Impresora Multifunción Láser a Color, dúplex y wifi, 19 ppm

6.4 **Fondos Adicionales**

- *Otros fondos de otros organismos (si los hubiere)*

7 **Declaración del Director del Proyecto**

Declaro que la presente propuesta es de mi autoría y de los colaboradores mencionados y que no ha sido presentada en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada solicitando el financiamiento total del proyecto.


DIRECTOR DEL PROYECTO

Nombre: Martha Cecilia Paredes Paredes
CC:1803691052

Quito, 18 de julio de 2016
(lugar y fecha)



DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento de DETRI....., en sesión del día 18.07.2016, mediante resolución No. 019.2016. Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.


JEFE DEL DEPARTAMENTO
Nombre: David Mejía
CC: 1714370333



Quito, 18 de Julio de 2016
(lugar y fecha)

