

Estudio y Diseño de una Red Inalámbrica en la Banda de 900 MHz para Largas Distancias en la Región Sierra

Cevallos Del Castillo Andrés Sebastián

Departamento de Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica del Ejército

Quito – Ecuador

Email: acevallos@espe.edu.ec

Abstract - The present study focuses on implementing a long distance wireless link in mountain region, using the ISM frequency band 902-928 MHz. Measurements were taken in the city of Quito and Sangolquí to determine whether this frequency was being used. In this project was implemented 1 links, with line of sight. The results, obtained by the traffic injection D-ITG, and Radio Mobile software were compared with WiFi long distance link in frequency band 2.4 GHz, with this comparison It was determined that WiFi had a better performance than 900 MHz, for this reason 900 MHz is not recommended to use in the same applications than WiFi.

Keywords: ISM, D-ITG, WiFi

I. Introducción.

Las bandas de frecuencia ICM (Industria Ciencia y Medicina) son reservadas para usos no comerciales, el uso de estas bandas de frecuencia están abiertas para todos los usuarios, respetando las regulaciones que limitan los niveles de potencia emitida [1]. Este hecho fuerza a que este tipo de comunicaciones tengan cierta tolerancia frente a errores y que utilicen mecanismos de protección contra interferencias.

Se han realizado enlaces de larga distancia modificando los tiempos de propagación de la capa MAC establecidos en el estándar de WiFi como son *acktimeout*, *clear to send* y *slot time* [2], con lo que se ha conseguido enlazar puntos separados a grandes distancias, como el realizado en Venezuela en Abril del 2010 en el que se enlazó equipos separados a una distancia de 279 km [3].

Debido a que la banda de frecuencia de 902 a 928 MHz está considerada como una banda de frecuencia ICM, las aplicaciones que fueron estudiadas y analizadas en esta banda de frecuencia comprenden a todo lo relacionado con el desarrollo de la industria, ciencia y medicina, también se han realizado trabajos que determinen el nivel de ocupación de esta banda de frecuencia para así determinar las posibles interferencias que se tendrían utilizando este medio de transmisión para una aplicación específica.

En Colombia, se han realizado trabajos orientados en disminuir la Brecha Digital y contribuir con el desarrollo de las TICs utilizando nuevas tecnologías que permitan ser implementadas en sectores rurales y que su costo de implementación sea accesible para su normal desarrollo. Siendo así se han realizado enlaces radioeléctricos para dotar de

internet a sectores rurales utilizando equipos de bajo costo que operan en la banda de 902 a 928 MHz.

Las pruebas realizadas en esta banda de frecuencia también han sido implementadas en regiones urbanas donde otras bandas especificadas para aplicaciones ICM, como es la banda de 2,4 y 5 GHz, se encuentran saturadas debido a su gran uso en aplicaciones comerciales y se necesita tener una alternativa que nos brinde características similares en cuanto al desempeño de estas redes.

No se han realizado enlaces de larga distancia utilizando la banda de frecuencia de 900 MHz, por tal motivo los resultados obtenidos en el presente trabajo se podrán comparar con los resultados obtenidos en enlaces WiFi de larga distancia.

En este trabajo se realizó un enlace que mida el rendimiento de la banda de frecuencia de 902 a 928 MHz, y que sus resultados se puedan comparar con enlaces WiFi para determinar si es útil para las aplicaciones que nos brinda la banda antes mencionada. También se pretende determinar el nivel de utilización de la banda de 900 MHz, debido a que en otros países como España se la utiliza para operadores de telefonía celular.

II. Materiales y Metodología.

Para la simulación del enlace se utilizó la herramienta de predicción *Radio Mobile*, la cual tiene una interface exclusivamente gráfica. Trabaja con el modelo de propagación ITM (*Irregular Terrain Model*), y es capaz de dar como salida un gráfico de la red y una predicción con la variación de los niveles de propagación [4].

La inyección de tráfico se realizó con DITG (*Distributed Internet Traffic Generator*), el cual

cuenta con una interface gráfica y con *Matlab* el cual nos permite graficar el retardo, *jitter*, los paquetes perdidos y el *bitrate* [5], parámetros claves para el análisis del rendimiento de la red.

La Tabla I muestra los parámetros configurados en la simulación utilizando *Radio Mobile*.

Tabla. 1 Parámetros de configuración.

Servicio	Enlace 900 larga distancia
Tipo de antena	Antena externa directiva (14 dBi)
Distancia	24.27 km
Azimut Pilisurco	14°, elevación - 3.32°
Azimut ESPEL	194°, elevación 3.32°
Frecuencia promedio	915 MHz

Para la inyección de tráfico en DITG se configuró el envío de 30000 paquetes de 512 bytes en 60 segundos utilizando RTT (*Round Trip Time Delay*), desde la estación base hasta la estación remota, con lo que se consiguió saturar el canal para determinar su rendimiento.

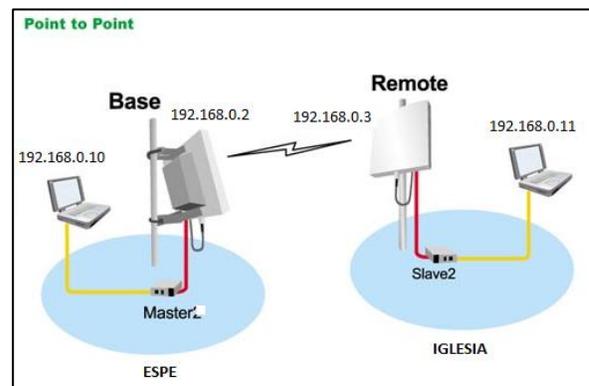


Figura. 1. Configuración del enlace.

III. Resultados.

En la simulación realizada en *Radio Mobile* se obtuvo que el nivel de Rx es de -76.1 dBm, mientras que el valor de Rx obtenido en el enlace realizado fue

de -75 dBm, 1.1 dBm más que el valor de la simulación, los que equivalen a 1.28 mW que pueden ser perdidos durante la recepción por las condiciones climáticas que presenta la zona debido a que la lluvia y la neblina son influyentes durante la transmisión produciendo pequeñas atenuaciones en la señal.

En la Figura. 2 se muestra la evolución de la latencia frente al tiempo, el flujo enviado entregó como resultados un retardo promedio de 732.06 ms, y un pico máximo de 870.09 ms.

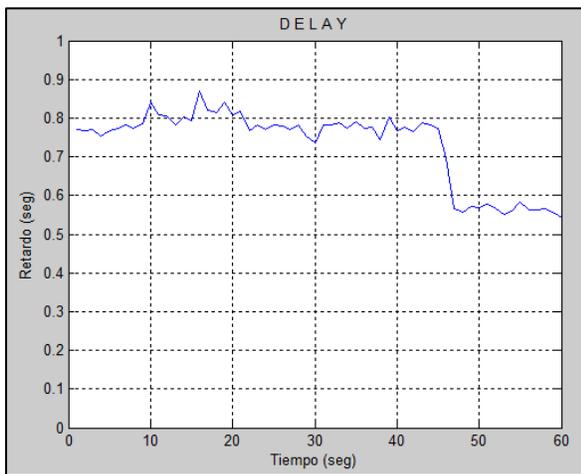


Figura. 2. Delay

En la Figura 3, se observa que el promedio del *jitter* es de 1.38 ms, con un pico máximo de 1.785 ms.

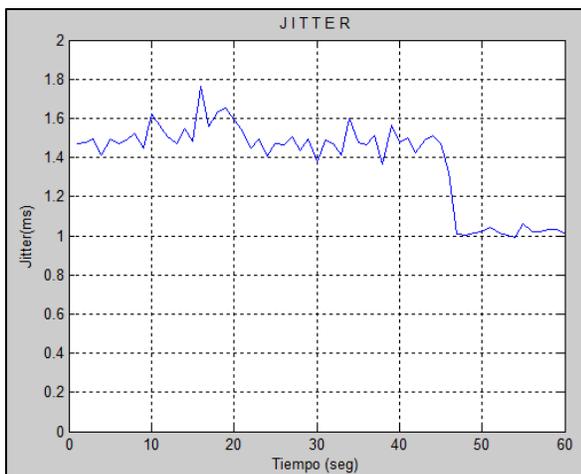


Figura. 3. Jitter.

Antes de analizar los paquetes perdidos en la red, se debe tomar en cuenta que la variación del nivel de recepción, afecta fundamentalmente a este parámetro, ya que al momento en que la información viaja por el aire, va perdiendo su potencia de transmisión lo que en algunos casos provoca que los paquetes lleguen con errores, más aún cuando se utilizó un protocolo como UDP para la inyección de tráfico.

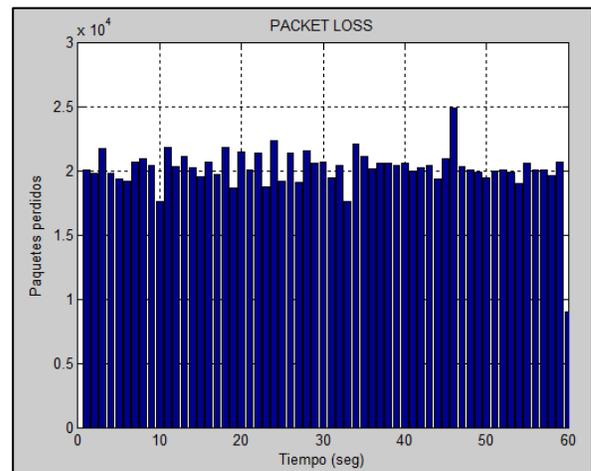


Figura. 4. Paquetes Perdidos.

Se observa que el promedio de paquetes perdidos en la transmisión es de 20110 paquetes. Si en la inyección de tráfico se envían 30000 paquetes por segundo entonces se tiene que el 67.03% de los paquetes enviados cada segundo se están perdiendo, lo que afecta al consumo de ancho de banda ya que se deben re transmitir los paquetes perdidos.

Se realizaron medidas del *throughput* en función del tiempo, en la inyección de tráfico se consiguió saturar el canal, cuya capacidad máxima es de 13 Mbps.

En la Figura 5 se observa que el *bit rate* máximo es de 7.55 Mbps. Si este valor se compara

con los 13 Mbps que fue el flujo máximo que soporta el canal, se tiene que el rendimiento es del 58.07%.

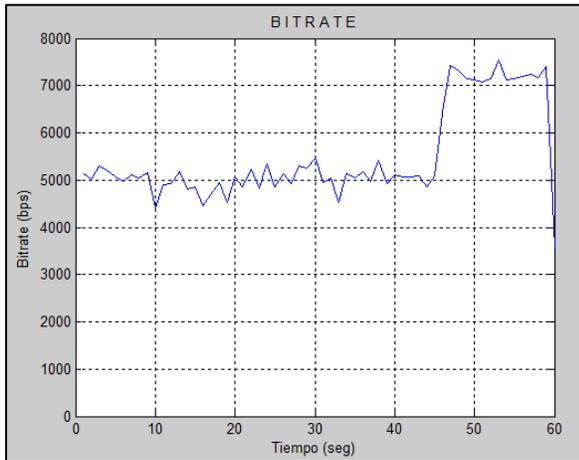


Figura. 5. Throughput.

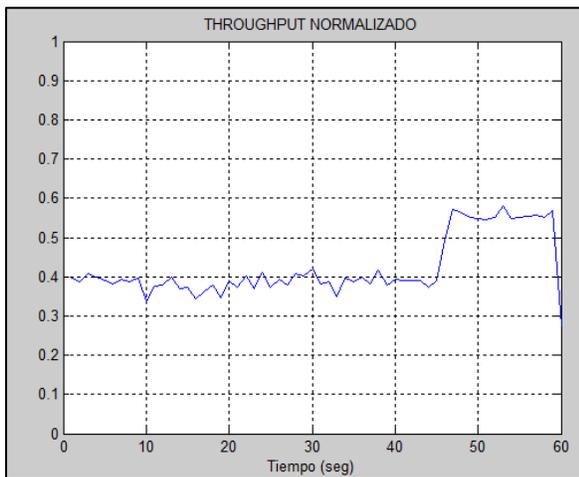


Figura. 6. Throughput Normalizado.

IV. Simulaciones con enlaces WiFi de larga distancia.

Para realizar la comparación de la banda de frecuencia ICM de 902 a 928 MHz con enlaces realizados en la banda de frecuencia ICM de 2.4 GHz, se tomó como referencia el proyecto realizado en el Centro de Investigación de Redes AdHoc en el 2011 en la región Sierra [6], en donde se consiguió enlazar los puntos considerados desde el Cerro Pilisurco hacia las Fuerzas Especiales, y desde el Cerro

Pilisurco hacia la ESPE Latacunga en el cual se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla. 2. Cerro Pilisurco – Fuerzas Especiales

Servicio	WiFi 802,11b	900 MHz
Tipo de antena	Directiva 24 dBi de ganancia	Directiva 14 dBi de ganancia
Distancia	34,1 km	34,1 km
Modelo de Propagación	línea de vista	línea de vista
Mínimo despeje	2,4 F1 a 0,2 km	2,4 F1 a 0,2 km
Frecuencia Promedio	2410 MHz	915 MHz
Espacio Libre	128.1 dB	122.16 dB
Pérdidas	136.9 dB	128.8 dB
Sensibilidad	-90 dBm	-95 dBm
Nivel de Rx	-55,5 dBm	-79,7 dBm

Tabla. 3. Cerro Pilisurco – ESPE Latacunga

Servicio	WiFi 802,11b	900 MHz
Tipo de antena	Directiva 24 dBi de ganancia	Directiva 14 dBi de ganancia
Distancia	25,2 km	25,2 km
Modelo de Propagación	línea de vista	línea de vista
Mínimo despeje	1,3 F1 a 0,3 km	1,3 F1 a 0,3 km
Frecuencia Promedio	2410 MHz	915 MHz
Espacio Libre	130,7 dB	119.55 dB
Pérdidas	134.6 dB	130.9 dB
Sensibilidad	-90 dBm	-95 dBm
Nivel de Rx	-53,2 dBm	-76.1 dBm

Los parámetros obtenidos representan la calidad del enlace; en largas distancias se puede

asumir que se debe lograr un nivel de recepción entre -65 dBm y -80 dBm, al poseer un nivel por debajo de -80 dBm hasta el enlace será inestable y tendrá un bajo rendimiento, debido a que el bajo nivel de recepción produce una gran pérdida de paquetes.

En las simulaciones realizadas se puede observar que el nivel de Rx obtenido tanto para el enlace del Cerro Pilisurco hacia las Fuerzas Especiales, como para el enlace simulado entre el Cerro Pilisurco y la ESPE Latacunga, en 900 MHz, es superior a los -75 dBm por lo cual se asume que la implementación de este enlace tendrá como resultado un buen rendimiento en cuanto a *Throughput*, *Delay*, *Jitter*, y *Packet loss*,

Se recomienda buscar en el mercado una antena externa que trabaje en esta banda de frecuencia y con una ganancia igual a la utilizada en el enlace WiFi de larga distancia (24 dBi), para asegurar un mejor nivel de Rx.

V. Discusión.

En el trabajo desarrollado se determinó que la banda de frecuencia de 902 a 928 MHz se encuentra libre de portadoras, por lo cual se recomienda para el desarrollo de aplicaciones que se utilizan en WiFi. Esta banda de frecuencia puede ser una gran alternativa para el desarrollo de Internet y otras aplicaciones, ya que WiFi se encuentra saturada.

Con la herramienta de inyección de tráfico se alcanzó un *Throughput* Normalizado de 0.58, en enlaces WiFi de larga distancia realizados en la región Sierra, se obtuvo un *Throughput* Normalizado de 0.370 inferior al enlace de 900 MHz

En el enlace realizado, se tiene un alto porcentaje de paquetes caídos (67.03%), lo que es perjudicial para

un sistema de transmisión de datos, ya que se debe realizar la re transmisión de esos paquetes, minimizando así el rendimiento y aumentando los tiempos de procesamiento de datos.

Con los resultados obtenidos la banda de frecuencia ICM de 902 a 928 MHz es apta para aplicaciones comerciales como el servicio de Internet. Debido a su alto retardo no se recomienda para aplicaciones a tiempo real ya que se tendrá una baja percepción en la experiencia del usuario.

Se recomienda realizar pruebas utilizando antenas externas con mayor ganancia que trabajen en la banda de frecuencia de 902 a 928 MHz para lograr enlazar puntos que se encuentren separados con una mayor distancia y así realizar una comparación más detallada con resultados obtenidos con enlaces WiFi de larga distancia realizados en la región Sierra.

Se deberá realizar un análisis espectral en otros sectores importantes del Ecuador para determinar el nivel de ocupación de esta banda de frecuencia y así realizar pruebas del desempeño de la red en otras condiciones climáticas, lo que nos ayudará para determinar si la implementación de enlaces en 900 MHz es útil en todo el país.

Referencias.

- [1] Bandas de Frecuencia ICM, <http://www.brazilfw.com.br/forum/viewtopic.php?f=22&t=64324>, diciembre del 2011.
- [2] Modificación de parámetros de propagación, repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5710/2/T-ESPE-034113-P.pptx
- [3] Enlaces WiFi de larga distancia, <http://telecomunicaciones.conocimientos.com.ve/2010/04/wi-fi-de-larga-distancia.html>, Abril del 2006.

[4] Radio Mobile herramienta de planificación, <http://clubensayos.com/Tecnolog%C3%ADa/Radio-Mobile/245943.html>, agosto del 2012.

[5] Distributed Internet Traffic Generator, <http://traffic.comics.unina.it/software/ITG/>, febrero del 2009.

[6] Tamayo, Viviana; Barrionuevo, Evelin, Análisis Del Desempeño De Una Red Con Tecnología Wifi Para Largas Distancias En Un Ambiente Rural De La Región Sierra, Escuela Politécnica del Ejército, 2011.



Andrés Cevallos del Castillo.-

Nació en Quito, Ecuador el 22 de enero de 1988, Sus estudios primarios los realizó en la escuela Paulo VI. La secundaria fue en el Colegio Técnico Aeronáutico de Aviación Civil COTAC. Egresado de la carrera de ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones de la Escuela Politécnica Superior del Ejército. Sus actuales intereses son las comunicaciones celulares y redes de nueva generación, realizó su proyecto de grado sobre este tema, para obtener el título de Ingeniería en el 2014.