

Análisis de eficiencia de protocolos de enrutamiento en implementación de Red Inalámbrica Mesh en instalaciones de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC) realizando llamadas de Voz sobre IP.

Jiménez, E.; Zerna, J

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
{evesjime, josezern}@.espol.edu.ec

Resumen

En la actualidad las redes mallas inalámbricas se han convertido en una nueva área de la tecnología destinada a jugar un papel importante en el escenario de las redes inalámbricas de banda ancha debido a las ventajas que nos ofrece este tipo de redes, lo cual ha permitido un amplio aumento de aplicaciones tanto como una plataforma de investigación y como una tecnología que puede ser explotada comercialmente. Este proyecto se basará en analizar las redes Inalámbricas Mallas usando cuatro protocolos de enrutamiento mallas, empleando las dos clases representativas de los mismos: proactivos y reactivos. Para ello, se verificará la calidad de servicio (QoS) el cual es un factor importante en su implementación que cada uno de ellos nos brinda. Los parámetros que serán analizados en el proyecto serán: el consumo de ancho de banda, jitter, retraso, pérdida de paquetes VOIP.

Palabras Claves: Mallas Inalámbricas, enrutamiento, proactivo, reactivo, Calidad de servicio

Abstract

Currently, Wireless Mesh Networks have become a new area of technology, intended to play a key role in the scenario of broadband wireless networks, due to the advantages that this kind of networks offers, that allowed large increase the developed of applications as a research platform and as a technology that can be exploited commercially. This project is based on analyzing the wireless mesh using four mesh routing protocols, using two representative classes of them: proactive and reactive. This is done to verify the quality of service (QoS) which is a very important factor in the implementation that each of wireless mesh networks. The parameters that will be analyzed in the project are: the consumption of bandwidth, jitter, delay, packet loss VOIP

Keywords: Wireless Mesh Networks, Mesh Routing Protocols, QoS.

1. Introducción

Actualmente, los investigadores han centrado su trabajo principalmente en explorar y explotar la industria de la tecnología y la comunicación por lo cual encontramos un incremento en el despliegue de tecnologías cada vez más complejas en las redes inalámbricas que mejoran muchos los aspectos de la vida cotidiana.

El objetivo de las redes inalámbricas mallas es mejorar o ampliar la cobertura de las redes inalámbricas tradicionales, lo cual permite abarcar aquellas zonas en las que no es posible instalar cableado para proporcionar conectividad de red a los puntos de acceso razón por la cual tuvieron su origen principalmente para los entornos militares con lo cual se permitía a los soldados tener comunicación confiable de banda ancha en cualquier lugar.

La telefonía móvil de red Ad-Hoc de sus siglas en inglés (MANET) es una red dinámica formada por

dispositivos móviles sin necesidad de cualquier infraestructura existente o de la configuración previa de la red. Una red de malla inalámbrica o WMN por sus siglas en inglés son un tipo particular de una MANET, las cuales tienen como objetivo permitir el acceso total de la banda ancha para un gran número de usuarios [1].

Las redes inalámbricas de malla (WMNS) se componen de dos elementos principales: los enrutadores de malla y los clientes de malla; en la cual los enrutadores de malla se encargan de formar una infraestructura inalámbrica / backbone y también de interactuar con las redes cableadas para proporcionar conectividad inalámbrica de Internet de múltiples saltos para los clientes de malla.

Al igual que las MANETS, las WMN también tienen las habilidades de auto-organización, auto-descubrimiento, auto-recuperación y auto-configuración lo cual proporciona conectividad inalámbrica de Internet adaptable y flexible a los usuarios móviles, sin embargo las WMN son comunes

encontrarlas como una configuración estática de enrutadores. En este tipo de redes se pueden utilizar para diferentes tecnologías de acceso inalámbrico tales como los estándares IEEE 802.11, 802.15, 802.16, basados en la red de área local inalámbrica (WLAN), redes inalámbricas de áreas personales (WPAN), y la red inalámbrica de área metropolitana (WMAN) respectivamente [2].

El presente artículo realiza un análisis de la implementación de una WMN en las instalaciones de la Facultad, con la finalidad de poder determinar el protocolo de enrutamiento que tuvo un desempeño más eficiente en un ambiente compartido con otras redes inalámbricas transmitiendo a la vez en varios canales 802.11, puesto que no se obtienen los mismos resultados al implementar una red WMN en ambientes abierto que en ambientes lleno de obstáculos. Para ello, compararemos la QoS brindada por los protocolos proactivos B.A.T.M.A.N [3], O.L.S.R [4] y ROOFNET [5], WING [6] instalando el Sistema Operativo OpenWRT [7] en cada enrutador. Para determinar la eficiencia, usaremos como parámetros de prueba el consumo de ancho de banda y el retraso.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Principal

La implementación de una red inalámbrica mallada (WMN) usando diversos puntos de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones fue planteada para proporcionar un reporte detallado de la calidad de servicio (QoS) de los protocolos de enrutamiento de malla utilizados para poder determinar el más eficiente

2.2. Objetivos Específicos

- Comparar la calidad de servicio que ofrecen los protocolos inalámbricos de malla, tanto de tipo proactivo como reactivo. Para ello, se tomarán cuatro protocolos de enrutamiento: B.A.T.M.A.N, Roofnet, Wing, OLSR instalando el Sistema Operativo OpenWRT en cada enrutador.
- Tomar medición de la cantidad de paquetes perdidos, el ancho de banda consumido, el jitter, el retardo producido y los paquetes VOIP perdidos, empleando la herramienta de captura de paquetes Wireshark.

3. Metodología

Para las pruebas se emplearon enrutadores ubicados en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC). Estos enrutadores estaban configurados para trabajar con un protocolo en particular, se realizaron llamadas de VoIP entre dos softphones, un softphone estaba

instalado en una laptop que constituía el cliente móvil como se detalla en la Tabla 1, y el otro softphone estaba instalado en una computadora ubicada en las instalaciones del CIDIS lo cual representaba al cliente fijo, como se detalla en la Tabla 2. Los paquetes circularon a través de la red, de acuerdo a la forma que la métrica de cada protocolo lo decida para escoger la mejor ruta de la red.

Este proceso será llevado a cabo para cada uno de los 4 protocolos y los resultados serán analizados finalmente para definir cuál de ellos es más eficiente.

Para la implementación de la red se utilizaron tres diferentes tipos de enrutadores, porque cada protocolo requería ciertas características. Por ello, se emplearon: enrutadores Linksys WRT54GL[8] para los protocolos BATMAN y OLSR, enrutadores Meraki Outdoor [9] para el protocolo Roofnet y enrutadores D-Link Dir 825 [10] para el protocolo WING.

Tabla 1. Especificaciones del cliente de malla

Equipo	Dirección IP	Características
Laptop	DHCP	Toshiba. Intel Atom 2.0Ghz 2GB Ram.

Tabla 2. Especificaciones de cliente fijo

Equipo	Dirección IP	Características
Computadora	192.168.5.10	Intel Core 2 Duo 2.0 Ghz 2 Gb RAM DDR3.

4. Análisis

4.1. Análisis de la Solución

En las redes inalámbricas la función principal de los protocolos de enrutamiento es de suministrar herramientas que permitan descubrir nuevos caminos hacia el destino final en caso de falla de los enlaces, permitir que exista el balanceo de cargas proporcionando calidad de servicio, en base al tipo de red inalámbrica mallada que se desee implementar, las WMN tienen la particularidad de tener distintos caminos para llegar a un mismo destino, razón por la cual los protocolos de enrutamiento deben suministrar métricas que permitan establecer que la calidad de servicio estará presente a lo largo de la transmisión de la información. Estas métricas deben proveer información sobre el estado del enlace, ya que la variación de un enlace inalámbrico es alta a causa de las condiciones de propagación y de la presencia de los nodos adyacentes que pueden ser los que

conforman la red o pueden ser redes cercanas que producen interferencias en las comunicaciones.

La red WMN implementada tiene como objetivo determinar el protocolo de enrutamiento sea éste proactivo o reactivo que cumpla con las características previamente descritas para obtener una comunicación más eficiente en un ambiente compartido con otras redes inalámbricas transmitiendo a la vez en varios canales 802.11.

Para la realización de las pruebas fue necesario que los enrutadores tengan buena línea de vista entre ellos, puesto que la presencia de personas cercanas al lugar provocaba interferencia causando que muchas veces no lograran comunicarse entre sí.

Al momento de ponerlos en una ubicación elevada dejó de presentarse este inconveniente. Se realizó dos tipos de topología una empleada para los protocolos WING, OLSR y BATMAN como se puede observar en la Figura 2 y otra para el protocolo Roofnet Figura 3.

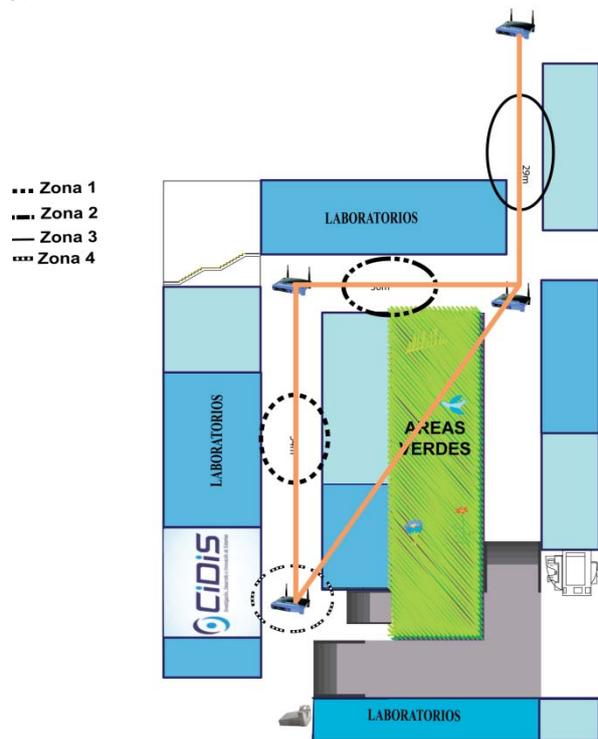


Figura 1. Red Wireless Mesh implementada Protocolo Batman, OLSR y Wing

Cabe acotar que la topología empleada para el protocolo Roofnet fue diferente de la del resto de los protocolos puesto que los enrutadores Meraki Outdoor no lograban comunicarse en la topología ya planteada debido a que eran sensibles al tráfico existente en el camino.

La WMN armada se la procedió a distribuir en cuatro zonas puesto que esto nos permitió realizar una

comparación más detallada de la calidad de servicio brindada por los protocolos

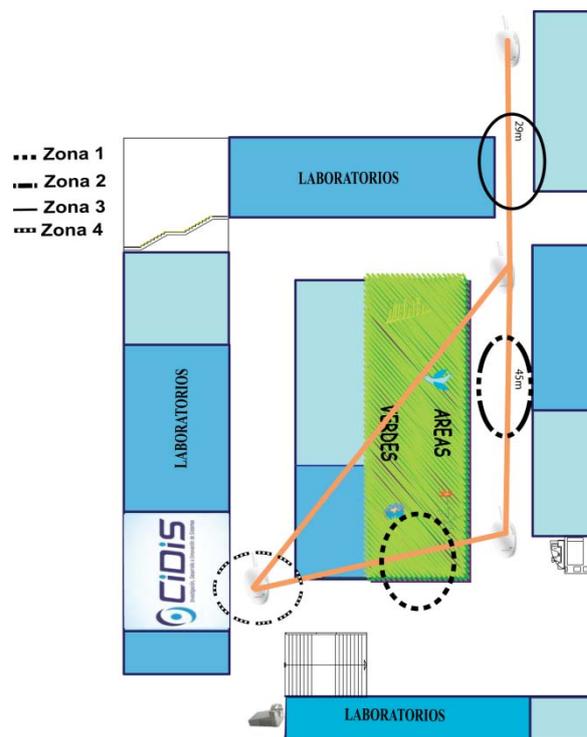


Figura 2. Red Wireless Mesh implementada Protocolo Roofnet

Durante las llamadas, las cuales tenían duración de un minuto aproximadamente, se capturaron los paquetes que circulaban por la red proveniente de la computadora (cliente fijo) usando la herramienta Wireshark. Estos paquetes serán analizados posteriormente, tomando en cuenta ciertos parámetros, para definir cuál de los protocolos es el más eficiente. Los parámetros a considerar serán: retardo, jitter y ancho de banda. Estos parámetros serán mostrados en gráficas que expondrán las comparaciones entre los protocolos y ayudarán a realizar el análisis y la conclusión final.

5. Resultados Numéricos y Análisis

Estos son los gráficos que ilustran la captura de paquetes en la computadora ubicada dentro de las instalaciones de la FIEC, al momento de realizar las llamadas VoIP en cada una de las zonas:

5.1. Retardo

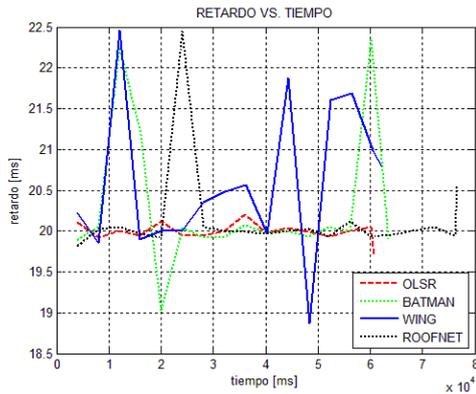


Figura 3: Retardo en Zona 1

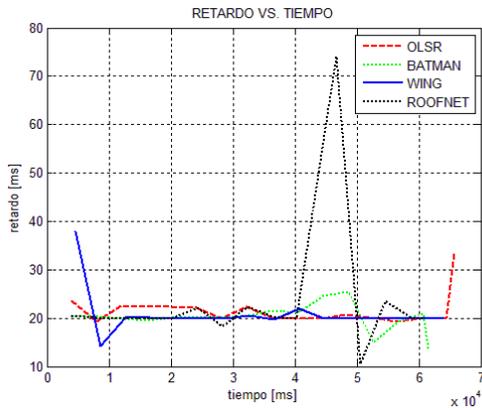


Figura 4: Retardo en Zona 2

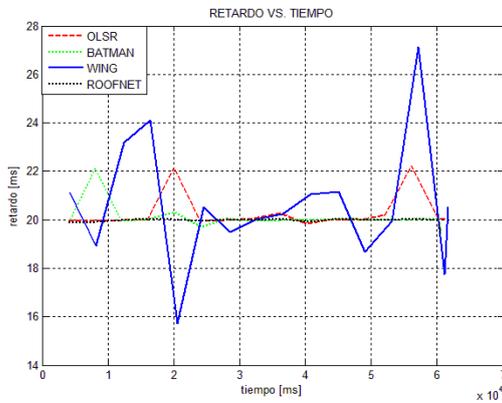


Figura 5: Retardo en Zona 3

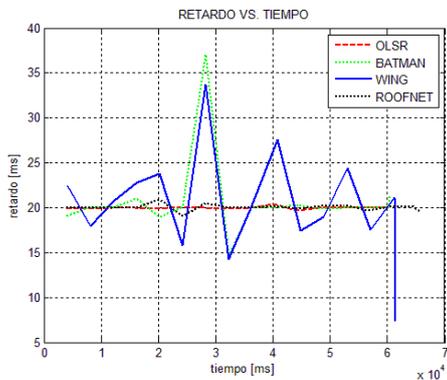


Figura 6: Retardo en Zona 4

Como se puede apreciar en las Figuras 3, 4, 5,6, OLSR tiene valores de retardo más estables, estando los mismos en valores muy próximos a 20ms en cada zona. Roofnet presenta valores de retardo muy estables y similares a los obtenidos con OLSR en las zonas 3 (Figura 5) y zona 4 (Figura 6), pero no así en la zona 1 (Figura 3) y zona 2 (Figura 4) donde hay momentos en que esto cambia más notoriamente.

WING en casi todas las zonas muestra valores cambiantes de retardo, desde casi 16ms hasta aproximadamente 27ms, dependiendo de la zona observada; únicamente en la zona 2 (Figura 4) muestra retardo estable.

BATMAN, finalmente, tiene pocos picos de retardo y, en promedio, muestra niveles bajos en cada zona, pero aún así no llega a los valores que se muestran con OLSR. En términos generales, y obviando ciertos valores que pueden ser considerados como datos aberrantes, como por ejemplo el punto de Roofnet entre los 4 y los 5 segundos de llamada en la zona 2 (Figura 4), cada protocolo se maneja con valores bastante aceptables de retardo, recordando que se recomienda que para aplicaciones de VoIP estos valores sean menores a los 150 ms.

5.2. Ancho de Banda

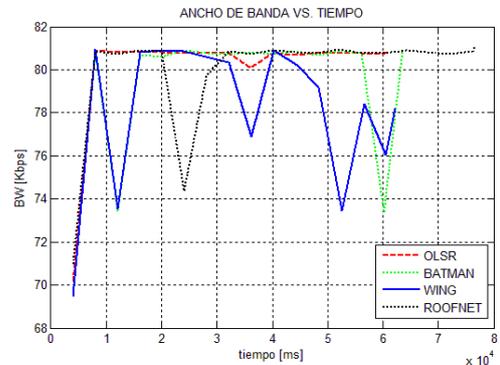


Figura 7: Ancho de Banda consumido en Zona 1

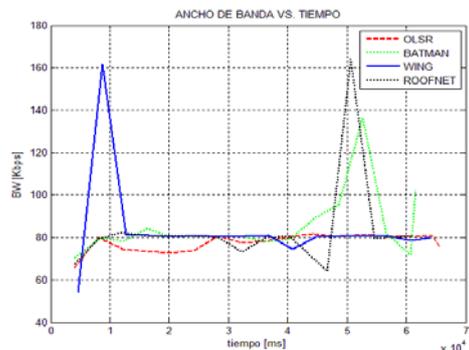


Figura 8: Ancho de Banda consumido en Zona 2

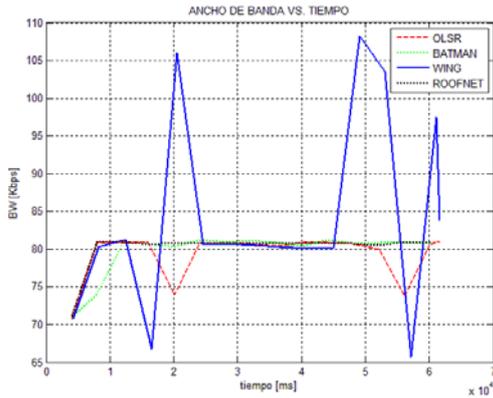


Figura 9: Ancho de Banda consumido en Zona 3

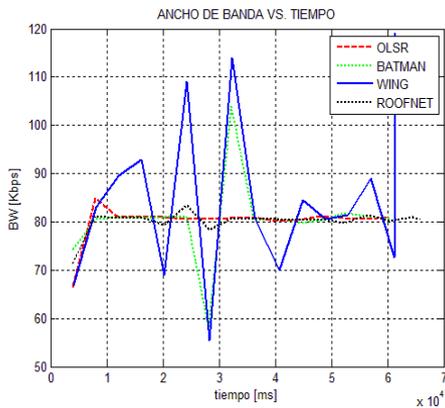


Figura 10: Ancho de Banda consumido en Zona 4

En las figuras 7, 8, 9, 10, e indiferentemente del protocolo, se puede apreciar claramente el impacto que produce el ancho de banda en el retardo de los paquetes. Es así, que cuando aumenta el valor del ancho de banda, el valor del retardo disminuye; y, cuando el valor del ancho de banda disminuye, el valor del retardo aumenta. WING, seguido por BATMAN, muestran valores cambiantes de ancho de banda, lo cual se ve puede ver reflejado en el retardo. Especialmente, en el caso de WING que durante ciertos momentos cambia drásticamente estos valores, los cuales pueden llegar desde los 60 Kbps hasta los 160 Kbps, como se muestra en la figura 8, durante los 10 primeros segundos de llamada; mientras que BATMAN, un poco más estable que WING, presenta valores que, en su mayoría, están alrededor de 80 Kbps, con picos de entre 60 y 105 Kbps en la zona 4 (Figura 10) entre los 20 y los 40 s. OLSR y Roofnet muestran valores más estables, que están alrededor de 80Kbps.

OLSR tiene muy pocas variaciones en sus valores de ancho de banda, siendo la más notoria la que presenta en la zona 3 (Figura 9), con dos decrementos a 75 Kbps a los 20 s y entre los 50 y los 60 s. ROOFNET, en cambio, presenta ligeramente más cambios, como los que muestra en la zona 1 (Figura 7) donde baja hasta a 75 Kbps entre los 20 y los 30 s, y en la zona 2

(Figura 8) donde hay un pico a casi 160 Kbps alrededor del segundo 50; pero, no obstante, el resto del tiempo en cada zona, ROOFNET se mantiene en aproximadamente 80 Kbps.

5.3. Jitter

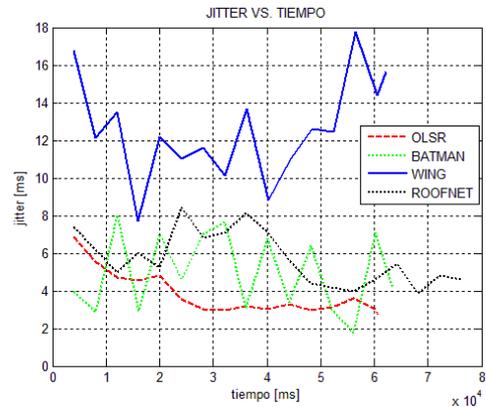


Figura 11: Jitter en Zona 1

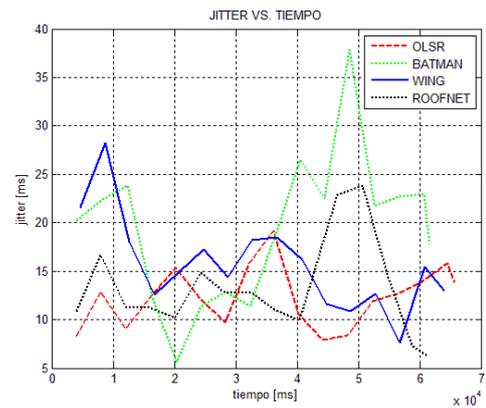


Figura 12: Jitter en Zona 2

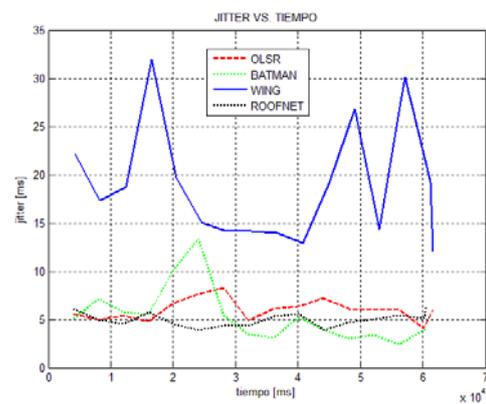


Figura 13: Jitter en Zona 3

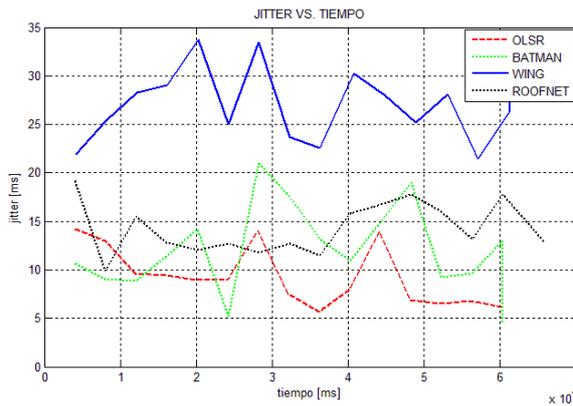


Figura 14: Jitter en Zona 4

Los valores de jitter, como se puede apreciar en las figuras 11, 12, 13 y 14 son más bien variantes en todos los protocolos. En el caso de OLSR, donde mejores valores muestra es en la zona 1 (Figura 11) donde toma valores de entre 3 ms y 7 ms aproximadamente; su pico más notorio está en la zona 2 (Figura 12) entre los 30 y 40 s de llamada, donde alcanza un valor cercano a los 20 ms. WING, por otro lado presenta los valores más altos de jitter, especialmente en las zonas 3 y 4 (Figuras 13 y 14 respectivamente) donde alcanza valores de hasta entre 30 y 35 ms.

BATMAN, en cambio, muestra valores muy aproximados a OLSR, pero aún así no lo supera, puesto que presenta unos pocos valores muy variantes, siendo el más notorio en la zona 2 (Figura 12) entre los 40 y los 50 s. ROOFNET presenta también valores de jitter cercanos a OLSR. Su pico más alto lo presenta en la zona 2 (Figura 12) entre 40 y 50 s de llamada, donde llega a casi 25 ms. De manera general, todos los protocolos presentan buenos valores de jitter, puesto que se recomienda que estos valores sean inferiores a los 100 ms entre el punto inicial y el punto final de la comunicación. No obstante, OLSR es el que presenta los valores más bajos.

6. Conclusiones

1. Todos los protocolos de enrutamiento que fueron empleados en este proyecto (OLSR, B.A.T.M.A.N., W.I.N.G. y Roofnet), mostraron muy buenos valores de jitter, retardo, ancho de banda y pérdida de paquetes debido a que se mantenían dentro de los valores recomendados por la ITU para los parámetros de calidad de servicio QoS. Por lo tanto, cualquiera de ellos puede ser empleado para implementar una red inalámbrica mallada confiable.
2. De los protocolos proactivos, OLSR fue el protocolo con mejores valores en los

parámetros de evaluación, mostrando sus debidas ventajas ante el otro protocolo de esta clase, B.A.T.M.A.N., el cual en términos generales y en cada zona, presentó buenos valores pero no logró superar a OLSR.

3. De los protocolos reactivos, Roofnet superó a WING, a pesar de que este fue creado bajo las bases del primero. WING fue el protocolo que tuvo los resultados mayores y más variantes de jitter, ancho de banda y retardo; y aunque sus valores de pérdida de paquetes no fueron excesivos, fue el protocolo que presentó mayor cantidad de paquetes perdidos en la red.

7. Agradecimiento

Agradecemos el apoyo que el Laboratorio de Comunicaciones Móviles del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Sistemas y sus miembros han prestado para la realización de este proyecto.

8. Referencias

- [1] Ian Fuat Akyildiz and Xudong Wang. "Wireless mesh networks".
- [2] Sudip Misra, Subhas Chandra Misra and Isaac, Woungang, Guide to wireless mesh networks.
- [3] <http://en.wikipedia.org/wiki/B.A.T.M.A.N>, fecha de consulta Junio 2011
- [4] http://es.wikipedia.org/wiki/Optimized_Link_State_Routing, fecha de consulta Abril 2011.
- [5] Daniel Aguayo, John Bicket, Sanjit Biswas and Douglas De Couto. "MIT Roofnet Implementation".
- [6] <http://www.wing-project.org/>, fecha de consulta Mayo 2011.
- [7] <https://openwrt.org/>, fecha de consulta Febrero 2011.
- [8] <http://www.linksysbycisco.com/EU/products/WRT54GL>, fecha de consulta mayo 2011.
- [9] http://meraki.com/products_services/access_points/outdoor/, fecha de consulta mayo 2011.
- [10] <http://www.dlink.com/DIR-825>, fecha de consulta mayo 2011.