

Estudio del desempeño de OLSR en una red mallada inalámbrica en un escenario real

Eduardo Rodríguez, Claudia Deco, Luciana Burzacca, Mauro Pettinari
Departamento de Investigación Institucional, Facultad de Química e Ingeniería,
Universidad Católica Argentina,
2000 Rosario, Argentina
{ejrodriguez, cdeco, lucianaburzacca, mauro_pettinari}@uca.edu.ar

Abstract. El objetivo de este trabajo es analizar el comportamiento del protocolo OLSR sobre una red mallada configurada con firmware OpenWrt utilizando distintos equipos de hardware. Se presentan los resultados empíricos de varias pruebas utilizando el mismo escenario. El escenario que se presenta es una red de mundo real (no de laboratorio) con pruebas reales y no simulaciones. OpenWrt es un software perfectamente válido que puede ser utilizado en una gran variedad de dispositivos y su configuración para utilizarlo con protocolo OLSR es sencilla de realizar y no presenta problemas de funcionamiento con dicho protocolo.

Keywords: Redes Malladas Inalámbricas, Redes Mesh, Protocolos, OLSR, OpenWrt.

1 Introducción

El objetivo de este trabajo es analizar el comportamiento del protocolo OLSR sobre una red mallada configurada con firmware OpenWrt utilizando distintos equipos de hardware.

Las redes malladas inalámbricas (Wireless Mesh Networks) han tenido un gran éxito en la historia de las ciencias de la computación y de la ingeniería. Sus aplicaciones son numerosas en el dominio industrial, militar y comercial. Son en particular un dominio rápidamente creciente y esto trae muchos desafíos. En particular, un desafío difícil e inmediato es el enrutamiento efectivo debido a la volatilidad típica de tráfico en topologías complejas. Muchos estudios han intentado resolver el problema de enrutamiento mediante métodos heurísticos, pero este enfoque no proporciona los límites de cuán bien se asignan los recursos. Sin embargo, este tipo de investigación generalmente asume que el tráfico de demandas de la red es estático y conocido de antemano. Como resultado, estos algoritmos tienden a sufrir un desempeño pobre. De hecho, trabajos recientes han demostrado que el tráfico inalámbrico es muy variable y difícil de caracterizar. Comprender el impacto de la incertidumbre de la demanda en el ruteo y el diseño de algoritmos de enrutamiento para proporcionar robustez, es relativamente un problema de investigación aún incipiente.

Las redes Mesh abiertas son redes ad-hoc descentralizadas que no se basan en infraestructuras previas, como routers o puntos de acceso. En su lugar, cada nodo participa en el enrutado, siendo él mismo un router y enviando datos de otros, y de ese modo la determinación de las rutas se hace dinámicamente, basándose en la conectividad que va surgiendo. Para ello, necesitan de protocolos que viabilicen ese comportamiento.

Es de suma importancia el análisis de la performance de diferentes protocolos de comunicación que deben interactuar con diversos dispositivos que hacen al enlace de los

nodos de la red a los fines de establecer la integración tecnológica disponible. No menos importante es la determinación de la relación costo/beneficio de una determinada implementación. El conocimiento en tiempo real de la configuración topológica de la red, mediante el uso de distintas herramientas de hardware y software, nos permite el monitoreo del comportamiento y sus alcances. Todo ello posibilita optimizar la red para que brinde un mejor servicio. En general, la optimización se basa en lograr el mejor camino para enrutar los paquetes de datos, sin demoras o con una demora mínima en función de lograr un mejor aprovechamiento de los recursos utilizados.

En la Sección 2 se presentan algunos conceptos básicos sobre redes malladas y protocolos de ruteo. En la Sección 3 se describe el escenario, hardware y software utilizados. En la Sección 4 las pruebas realizadas. Finalmente, se presentan las conclusiones.

2 Conceptos Básicos

Una Red Mallada Inalámbrica (Mesh) es una red compuesta por nodos organizados en una topología de malla. Son redes en las cuales la información es pasada entre nodos en una forma de todos contra todos y en una jerarquía plana, en contraste a las redes centralizadas. Toda variación no prevista en el diseño, puede cambiar su topología, afectar a la distribución de carga de la red y al rendimiento general [1].

Las ventajas que presenta frente a otras redes son el bajo costo al utilizar enlaces inalámbricos, la facilidad de aumentar el área de cobertura incluyendo nuevos nodos, ya no es necesario cambiar infraestructuras como en el caso de las redes cableadas, la robustez que presenta ante fallos al disponer de rutas alternativas y la capacidad de transmisión que permiten aplicaciones a los usuarios en tiempo real de voz, video y datos. Por tanto se puede incluir un nuevo nodo en cualquier momento y lugar. Como consecuencia el costo de este tipo de redes inalámbricas es mucho menor que en las redes cableadas, ya que no hay que invertir en materiales de cableado y en estudios enfocados a la unión más óptima de los nodos. En la realidad, la topografía raramente viene en forma de anillo, línea recta o estrella. En terrenos difíciles, sean remotos, rural o urbano, donde no todos los usuarios ven uno o algunos puntos centrales, lo más posible es que el usuario solo vea a uno o más usuarios vecinos.

En una red mallada un conjunto de nodos se comunican entre sí de manera directa transmitiendo la información de nodo a nodo hasta que llega a su destino final. La información atraviesa múltiples saltos y no hay necesidad de una unidad centralizada que controle el modo de transmisión. La comunicación se realiza entre los nodos directamente. Cada nodo puede ser origen y destino de los datos o encaminar la información de otros nodos. Las redes malladas inalámbricas son robustas al tener varios caminos disponibles entre el nodo origen y el destino, de modo que el servicio no se ve afectado por la caída de un nodo o por la ruptura de un enlace.

Dado que la forma de operar que tienen estas redes consiste en que los datos pasan de un nodo a otro hasta que llegan a su destino, los algoritmos de ruteo dinámico necesitan que cada nodo comunique información de ruteo a otros nodos en la red. Cada nodo determina qué hacer con los datos que recibe, ya sea pasarlos al próximo nodo o quedárselos, dependiendo del protocolo utilizado. El algoritmo de ruteo usado siempre debería asegurar que la información tome el camino más apropiado de acuerdo a una métrica. Una métrica es

el valor por el cual los protocolos determinan cuál ruta tomar o con cuál nodo comunicarse.

Una de las debilidades y limitaciones de las redes Mesh es la latencia (el retardo de propagación de los paquetes), que crece con el número de saltos. Los efectos del retardo son dependientes de la aplicación. Por ejemplo los correos electrónicos no son afectados por grandes latencias, mientras que los servicios de voz son muy sensibles a los retardos. Otra debilidad es la disminución del rendimiento en todas las redes multisalto, esto es, a mayor número de saltos, se tiene menor rendimiento.

Con respecto al hardware, prácticamente cualquier nodo inalámbrico puede convertirse en un nodo Mesh simplemente mediante modificaciones de software.

Protocolos de Encaminamiento

La principal función de los protocolos de encaminamiento es seleccionar el camino entre el nodo fuente y destino de una manera rápida y fiable. Las redes malladas inalámbricas pueden utilizar los protocolos de encaminamiento de otras redes ya existentes, pero modificándolos para que funcionen correctamente con ellas. Si se elige esta opción, el protocolo de encaminamiento modificado debe asegurar las principales características que son el número de saltos, el rendimiento, la tolerancia a fallos, el equilibrado de carga, la escalabilidad y el soporte adaptativo.

Otra opción es diseñar un nuevo protocolo de encaminamiento para las redes malladas inalámbricas. Esta solución es más costosa ya que cuando se desarrolla un nuevo protocolo hay que probarlo, modificarlo y solucionar los fallos. Por tanto el tiempo de realización es mayor que si nos centramos en un protocolo ya experimentado.

En este trabajo utilizamos el protocolo OLSR para el encaminamiento en la red mesh dado que es uno de los más difundidos en este tipo de redes inalámbricas, a continuación una breve reseña.

OLSR: Optimized Link State Routing Protocol ([2], [3]) es un protocolo proactivo que se basa en el estado de los enlaces. Se utiliza la técnica MPR (Multipoint Relaying) que consiste en elegir un conjunto de nodos vecinos que cubran el acceso de nodos distantes a 2 saltos o más. Se adapta bien en redes con un gran número de nodos y de alta movilidad. El formato del paquete es igual para todos los datos del protocolo, así es fácil la extensión del mismo. Para saber el estado de un enlace se envían mensajes de HELLO. Cada nodo tiene asociado a cada vecino el estado del enlace. Cuando un nodo detecte la aparición de un nuevo vecino se debe incluir una nueva entrada a la tabla de encaminamiento e incluir el estado del enlace. Además si se detecta una variación en el estado de un enlace, se debe comprobar en la tabla de encaminamiento que el cambio ha sido reflejado. Si no se recibe información de un enlace durante un tiempo determinado se elimina de la tabla de encaminamiento el enlace y el vecino correspondiente. Para calcular las rutas, cada nodo contiene una tabla de encaminamiento con el estado del enlace y el nodo. El estado del enlace se mantiene gracias al intercambio de mensajes periódicos. La tabla de encaminamiento se actualiza si se detecta algún cambio en el campo de enlace, de vecino, de vecino de dos saltos o en la topología.

3 Escenario y Tecnologías Utilizadas

Se montó una red experimental distribuida en tres edificios del campus de la Universidad a los efectos de tener un campo de pruebas más parecido a la realidad de las redes mesh. En la Figura 1 se muestra la distribución del equipamiento y métricas del protocolo OLSR.

Al momento de montar la red mesh, se realizó un análisis del campo electromagnético en la frecuencia 2.4 ghz. Para esto se utilizó un analizador de frecuencia de Ubiquiti AirView2 ext. Se detectó que el canal 11 no estaba siendo utilizado por la red inalámbrica de infraestructura. A raíz de esto se eligió esta frecuencia para la red mesh.

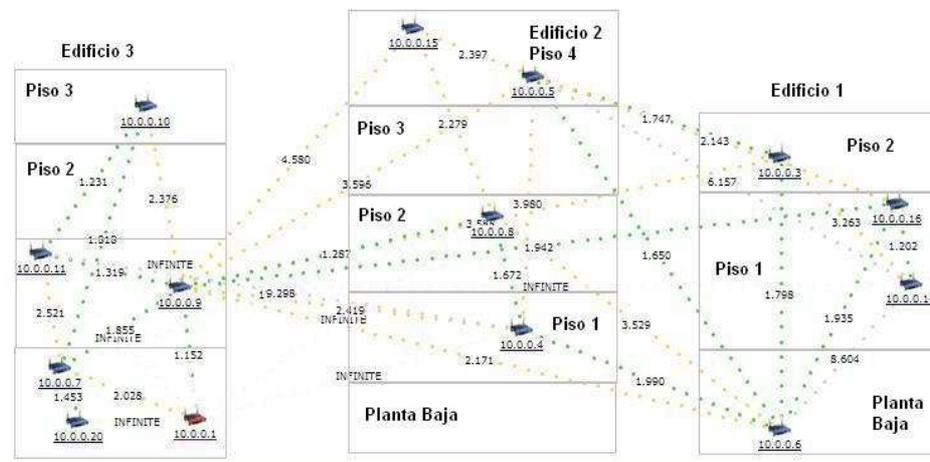


Fig. 1. Escenario

Tabla 1. Hardware utilizado.

Nro	Nombre	Hardware	SO
1	nodo01	Linksys wrt54gl	Freifunk
2	nodo02	Linksys wrt54gl	Freifunk
3	nodo03	Linksys wrt54gl	Freifunk
4	nodo04	Linksys wrt54gl	Freifunk
5	nodo05	Ubiquiti loco M2	Commotion
6	nodo06	Ubiquiti loco M2	Commotion
7	nodo07	Ubiquiti loco M2	Commotion
8	nodo08	Ubiquiti Nanostation2	Openwrt BackFire 10.03
9	nodo09	Ubiquiti Nanostation2	Openwrt BackFire 10.03
10	nodo10	Ubiquiti loco M2	Commotion
11	nodo11	Linksys wrt54gl	Freifunk
12	nodo14	TP-LINK TL743ND	Openwrt BackFire 10.03
13	nodo15	TP-LINK TL743ND	Openwrt BackFire 10.03
14	nodo16	TP-LINK TL841ND	Openwrt BackFire 10.03
15	nodo20	Linksys wrt54gl	Openwrt BackFire 10.03

En el montaje de esta red se utilizaron equipos de las marcas Linksys (WRT54GL), Ubiquiti (Nonstation 2, Nanostation Loco M2), TP-Link (TL-WR743ND, TLWR842ND) como se muestra en la Tabla 1. Se eligieron por la gran popularidad y su bajo precio.

Se utilizó como sistema de operativo OpenWrt [4] que es una distribución de Linux usada para dispositivos embebidos tales como routers personales. El soporte fue limitado originalmente al modelo Linksys WRT54G, pero desde su rápida expansión se ha incluido soporte para otros fabricantes y dispositivos. OpenWrt utiliza principalmente una interfaz de línea de comando, pero también dispone de una interfaz web en constante mejora. El soporte técnico es provisto como en la mayoría de los proyectos de Software Libre, a través de foros y su canal IRC. El desarrollo de OpenWrt fue impulsado inicialmente gracias a la licencia GPL, que obligaba a todos aquellos fabricantes que modificaban y mejoraban el código, a liberar éste y contribuir cada vez más al proyecto en general.

Como se puede ver en la tabla de dispositivos se utilizaron distintas versiones de SO:

- OpenWrt en su versión 10.03.1, que es la estable más reciente, solamente con el agregado del protocolo OLSR versión 0.6.1-3 que es la que viene standart con esa versión de openwrt

- Freifunk [5] que es una adaptación basada en OpenWrt hecha por grupos de usuarios alemanes que la utilizan para el montado de redes mesh en varias ciudades de ese país. Este sistema operativo presenta varias adaptaciones específicas para redes mesh y entre ellas una muy útil como es la graficación de los enlaces de toda la red y los valores de las métricas de OLSR para cada una como se puede ver en la Figura 1, viene instalada por defecto. La versión de OLSR es la 0.6.0.

Commotion [6] es otra adaptación de OpenWrt hecha especialmente para montado plug and play de redes mesh. Está basada en las últimas versiones de OpenWrt (10.03 en adelante) y para ser usada principalmente en equipos Ubiquiti de la serie M. Al igual que Freifunk (de hecho muchas aplicaciones vienen de esta distribución) presenta varias herramientas y utilidades para el análisis y la visualización del comportamiento de la red. También utiliza protocolo OLSR por defecto en su versión 0.6.5.4. Si uno no utiliza las configuraciones por defecto para el armado de la mesh presenta algún grado de dificultad para realizar la configuración que uno desee.

En todas estas versiones de OpenWrt se utilizaron las versiones de OLSR que se instalan por defecto desde los repositorios.

Todas estas versiones de OpenWrt utilizan un interface web que permite la configuración de todas las opciones para que la mesh funcione.

4 Pruebas realizadas

Utilizando el escenario, se realizaron pruebas para medir la efectividad del protocolo. En la ejecución de estas pruebas se utilizó el camino formado por los nodos 20, 7, 9, 16 y 14. Las métricas de rendimiento son: El tiempo de ida y vuelta (Round-trip time - RTT), Jitter, la probabilidad de error y testeo de ancho de banda.

RTT: es el tiempo que le lleva a un paquete alcanzar un nodo remoto y regresar. Está relacionado con la latencia de la conexión. Cuanto más bajo es el RTT, mejor es la conexión.

Jitter: es la variación en la latencia de paquetes recibidos de un nodo remoto. Cuanto más bajo es, mejor conexión. Es importante cuando se utiliza aplicaciones de voz sobre IP.

Probabilidad de error: Los errores en una red causan que los paquetes se pierdan, corrompan, se dupliquen o queden fuera de servicio. Cuando ocurre un error es importante saber la probabilidad con la que suceden y el tiempo entre ellos. Lo ideal es no tener errores, pero una tasa baja es aceptable.

Ancho de banda: es la tasa de transmisión de un enlace o sistema de transporte de datos y se puede definir como la capacidad de un enlace o sistema para transmitir datos. Se expresa en bit por segundo.

Nuestra herramienta principal de testeo fue iperf para todas las métricas a excepción de RTT, que se midió con ping. Iperf es una herramienta que se utiliza para hacer pruebas en redes informáticas. El funcionamiento habitual es crear flujos de datos TCP y UDP y medir el rendimiento de la red. Iperf permite al usuario ajustar varios parámetros que pueden ser usados para hacer pruebas en una red o para optimizar y ajustar la red. Puede funcionar como cliente o como servidor y puede medir el rendimiento entre los dos extremos de la comunicación, unidireccional o bidireccionalmente. Es software de código abierto y puede ejecutarse en varias plataformas incluyendo Linux, Unix y Windows. Cuando se utiliza el protocolo UDP, Iperf permite al usuario especificar el tamaño de los datagramas y proporciona resultados del rendimiento y de los paquetes perdidos. Cuando se utiliza TCP, Iperf mide el rendimiento de la carga útil. Típicamente la salida de Iperf contiene un informe con marcas de tiempo con la cantidad de datos transmitidos y el rendimiento medido.

Para medir el valor de RTT se utilizó la herramienta ping. Ping es el acrónimo de Packet Internet Groper, que significa "Buscador o rastreador de paquetes en redes". Es un utilitario que analiza el estado de la comunicación entre un host local y uno o varios remotos por medio del envío de paquetes. Se utiliza para diagnosticar el estado, velocidad y calidad de una red determinada. En nuestras pruebas siempre se utilizó como tamaño de paquete 1016.

La Figura 2 muestra los resultados de RTT obtenidos utilizando el protocolo OLSR. Los resultados muestran un patrón donde RTT se incrementa con el número de saltos.

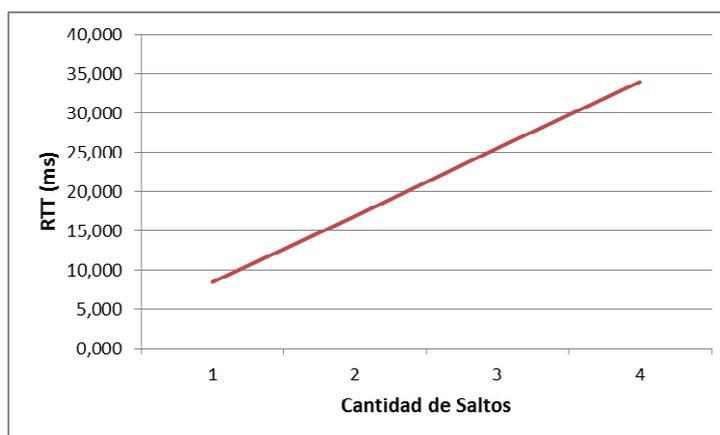


Fig. 2. Evaluación de Round-trip Time en OLSR

La Figura 3 muestra los resultados de la variación del retardo (jitter) obtenidos. A medida que aumenta el número de saltos aumenta el valor de retardo y el aumento se torna significativo para 3 y 4 saltos.

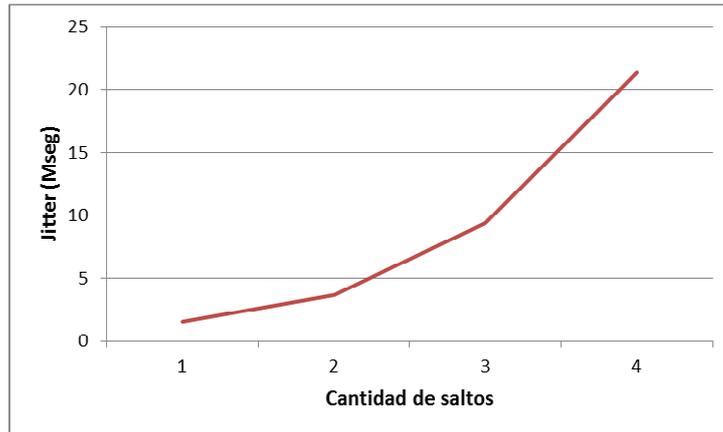


Fig. 3. Evaluación de Jitter en OLSR

La Figura 4 muestra los resultados de Probabilidad de error usando OLSR. Se observa que la pérdida de paquetes crece con el número de saltos y se vuelve significativa a partir de 3 saltos.

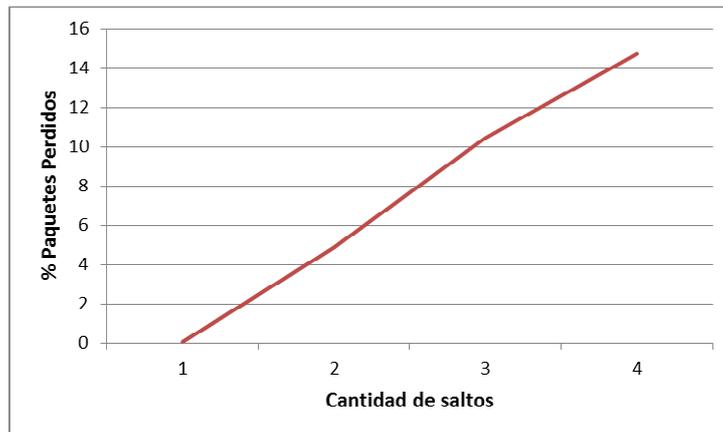


Fig. 4. Evaluación de la Probabilidad de Error en OLSR

La Figura 5 muestra los resultados obtenidos de las pruebas con TCP y UDP. En ambos casos el comportamiento es similar. El ancho de banda sufre un decrecimiento a medida que se incrementa el número de saltos.

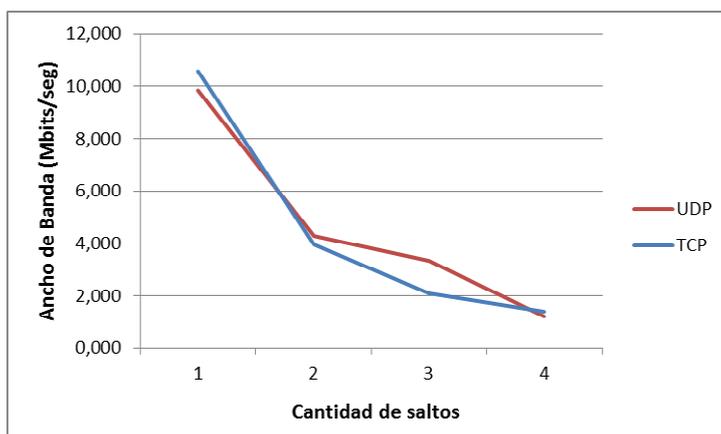


Fig. 5. Evaluación del ancho de banda en OLSR con UDP y TCP

Además, utilizando el mismo escenario, se realizaron pruebas para medir el tiempo de recuperación del protocolo cuando cae un nodo de la red y para medir el tiempo que tarda el protocolo en entrar en funcionamiento cuando se incorpora un nuevo nodo a la red.

Para medir el tiempo de recuperación cuando cae un nodo de la red, se procedió al apagado del nodo 9 y se midió cuánto tiempo tardaba la red mallada en encontrar un camino alternativo. El promedio obtenido fue de 25,63 segundos.

Para medir el tiempo de arranque, se apagó el nodo 14, luego se volvió a arrancar este nodo registrando la hora de encendido. Este procedimiento se realizó ejecutando un script para evaluar cuantos segundos demoraba en re arrancar. Se tomó la hora de la ejecución del primer ping inalcanzable y luego la hora del primer 0% paquetes perdidos. El promedio obtenido fue de 42,46 segundos.

Para complementar las pruebas con servicios reales se montaron sobre la red mesh, una central telefónica IP Elastix con cinco teléfonos internos: tres internos utilizando un ATA (Linksys phone adapter PAP2-NA) y dos por medio de software cliente de centrales IP. También se montó una cámara IP sobre uno de los nodos más alejados. En estas pruebas (video y voz sobre IP) sobre la red se pudo visualizar un desempeño aceptable de la misma para dichos servicios aunque la aplicación de video no responde eficientemente a cambios bruscos.

5 Conclusiones

En este trabajo se presentó un estudio sobre el rendimiento del protocolo OLSR. Se presentaron los resultados empíricos de varias pruebas utilizando el mismo escenario. El escenario que se presenta es una red de mundo real (no de laboratorio) con pruebas reales y

no simulaciones. Cuando se trata con este tipo de entornos, los experimentos son cada vez más difíciles de repetir en forma exacta al anterior.

Por lo observado se confirma que el rendimiento de la red decrece con el número de saltos. Su valor, que en nuestro caso es bajo para cuatro saltos, depende mucho de la ubicación y la conectividad entre dispositivos, como así también de la actividad radioeléctrica circundante.

A la luz de los resultados hay algunos descubrimientos interesantes: a) OpenWrt es un software perfectamente válido que puede ser utilizado en una gran variedad de dispositivos y b) su configuración para utilizarlo con protocolo OLSR es sencilla de realizar y no presenta problemas de funcionamiento con dicho protocolo.

Ex-profeso se utilizó hardware variado para demostrar que se puede realizar una mesh con los dispositivos disponibles en mercado (como los TP-LINK) e incluso algunos más antiguos, como es el caso de los Linksys WRT54GL. De todas maneras en el relevamiento de redes existentes realizado y en el grado de desarrollo de los firmwares, se pudo observar que los equipos más utilizados son las distintas versiones de Nanostation de la marca Ubiquiti.

Las pruebas con servicios reales sobre la red no tienen rigor de investigación y fueron hechas a los efectos de visualizar en forma sencilla el comportamiento de la red y la validez de la provisión de estos servicios sobre la misma.

Cabe aclarar que por tratarse de una red montada sobre un escenario real y no de laboratorio hemos tenido que escoger adecuadamente los horarios de realización de las pruebas dado que las otras redes inalámbricas instaladas en el edificio y la circulación de personas tienen una marcada influencia en el funcionamiento de la red mallada.

Bibliografía

1. Akyildiz, I., Wang, X., Wang, W.: Wireless mesh networks: a survey, In Computer Networks. Vol. 47. No.4 pp. 455--487 (2005)
2. Acuña Martínez, D., Roncallo Kelsey, R.: Redes inalámbricas enmalladas metropolitanas. pp. 46--91 (2006)
3. <http://www.olsr.org/> Consultado el 02/05/2013
4. <http://www.open-mesh.org/> Consultado el 08/03/2013
5. <http://wiki.freifunk.net/Kategorie:Espanol> / Consultado el 01/04/2013
6. <https://commotionwireless.net/> Consultado el 01/04/2013
7. <https://openwrt.org/> Consultado el 08/03/2013