

Redes Inalámbricas de uso Comunitario

Eduardo Rodríguez, Claudia Deco, Luciana Burzacca, Mauro Pettinari

Departamento de Investigación Institucional,
Facultad de Química e Ingeniería, Universidad Católica Argentina, 2000 Rosario, Argentina

{erodriguez, cdeco, lburzacca, mauro_pettinari}@uca.edu.ar

Resumen

Las redes de malla inalámbricas son 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. 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 sin explotar. Sin embargo, tiene un gran impacto en el rendimiento de una red y será esencial para su desarrollo en los próximos años. El algoritmo de ruteo usado siempre debería asegurar que la información tome el camino más apropiado de acuerdo a una métrica. Por lo tanto, tomamos esto como nuestro objetivo principal de investigación: Caracterizar y resolver el problema de enrutamiento en redes de malla inalámbricas robustas.

Palabras Claves: Redes Malladas Inalámbricas, Redes Mesh, Protocolos.

Contexto

Esta línea de I+D se está llevando a cabo a través del proyecto del Departamento de Investigación Institucional, Facultad de Química e Ingeniería, Universidad Católica Argentina.

El Proyecto involucrado es:

- Optimización de Redes Inalámbricas de uso Comunitario (2011 – 2014)

Además, los integrantes de esta línea, trabajan en conjunto con otros grupos:

- Asociación Civil Nodo TAU.
- Proyecto TRICALCAR (Tejiendo redes inalámbricas en América Latina y Caribe - www.wilac.net/tricalcar).

Introducción

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.

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, 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. A la hora de incrementar el número de nodos, no es necesario cambiar infraestructuras como en el caso de las redes cableadas, 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 una red mallada 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. 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.

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

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.

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.

Podemos clasificar los protocolos de encaminamiento en base al alcance de las transmisiones, al modo que descubren las rutas y en base al algoritmo que implementan.

En base al alcance de las transmisiones, se clasifican en unicast y multicast. Los protocolos unicast transmiten los paquetes de datos uno a uno. El envío de datos se realiza desde un único emisor a un único receptor, mientras que en los

multicast el método de transmisión es de uno-a-muchos, es decir, se envían los paquetes de datos a múltiples destinos simultáneamente. Un caso especial es la transmisión broadcast, donde se envía la información a todos los nodos de la red.

Basándose en el modo que descubren las rutas, hay dos grandes grupos: los que se basan en la topología de la red o los que se basan en la posición de los nodos. A su vez, los protocolos que se basan en la topología se subdividen en reactivos y proactivos. Los protocolos proactivos tienen un conocimiento exhaustivo del estado de la red, de modo que cuando se necesita una ruta, ésta ya es conocida y está lista para usarse de manera inmediata. En escenarios cambiantes no es muy aconsejable, porque se precisa que las tablas de encaminamiento estén actualizadas mediante el envío continuo de mensajes. Esto provoca una sobrecarga de mensajes de control en la red. Los protocolos reactivos sólo obtienen información de encaminamiento cuando es necesario. En consecuencia la sobrecarga de la red es menor que en los protocolos proactivos, mientras que el tiempo en establecer la comunicación aumenta.

También existen protocolos que combinan los anteriores y son los que se denominan protocolos de encaminamiento híbridos. Aprovechan las ventajas de cada uno de los protocolos: utiliza el encaminamiento proactivo cuando los nodos están cerca y utiliza el encaminamiento reactivo cuando los nodos están lejos. También se utiliza el encaminamiento reactivo cuando los caminos son utilizados en pocas ocasiones.

Por último, se pueden clasificar a los protocolos de encaminamiento en base al algoritmo que implementan, que puede ser estado del enlace o vector de distancias. En los protocolos de estado de enlace todos los nodos tienen una tabla con el mapa de red completo. En esta tabla se define el enlace y la distancia para llegar de un nodo a otro y cada nodo envía cada cierto tiempo la información de cómo llegar a sus vecinos. En los protocolos de vector de distancia cada nodo conoce los vecinos conectados a él y los costos de dichos enlaces. Cada cierto tiempo el nodo transmite su tabla de encaminamiento a sus vecinos y éstos recalculan su tabla de encaminamiento si existe nueva información. Los nodos no conocen toda la topología de la red.

Líneas de investigación y desarrollo

El objetivo general del proyecto es caracterizar y resolver el problema de enrutamiento en redes de malla inalámbricas robustas de manera de optimizar el protocolo BATMAN para su uso en redes mesh inalámbricas comunitarias con uso de VoIP.

Los principales objetivos específicos del presente proyecto son:

- Evaluar los diferentes protocolos utilizados en una red Mesh aptos para servicios de VoIP en una comunidad abierta, tomando como referencia el protocolo BATMAN (Better Approach To Mobile Adhoc Networking)
- Analizar y proponer diferentes maneras de optimizar el protocolo BATMAN.
- Proponer topologías y parámetros concretos a analizar para evaluar la optimización lograda.
- Determinar topologías y/o métodos de acceso alternativos para los casos en que la optimización obtenida no dé los resultados deseados o no pueda aplicarse por condiciones particulares de la implementación.
- Diseñar e implementar una base de datos propia de parámetros que permitan determinar la eficiencia de los protocolos afectados a estas aplicaciones.
- Establecer el impacto medioambiental por el uso de estas redes.
- Fomentar y facilitar la participación de alumnos de la Carrera de Licenciatura en Sistemas y Computación.
- Realizar transferencia tecnológica a una comunidad específica para la implementación de su propia red de conectividad y telefonía.
- Publicar y divulgar los resultados en revistas especializadas, congresos y exposiciones

Para alcanzar estos objetivos se han planteado distintas tareas:

- Actualización del conocimiento y estado del arte de redes inalámbricas de tipo comunitario con y sin VoIP y los protocolos utilizados.

- Relevamiento de implementaciones de redes inalámbricas y análisis de los resultados obtenidos en cada caso.
 - Elección de la topología adecuada y montaje de la red experimental que servirá de base para las investigaciones
 - Propuesta de los métodos a utilizar y los parámetros que se evaluarán en la red experimental. Diseño e implementación de una base de datos propia con estos parámetros.
 - Análisis de tráfico y prestaciones de la red experimental y comparación con los relevamientos efectuados.
 - Diseño de las mejoras e implementación de un prototipo mejorado de protocolo a partir de las conclusiones efectuadas.
 - Propuesta de topologías y/o métodos de acceso alternativos para los casos en que la optimización obtenida no dé los resultados deseados o no pueda aplicarse por condiciones particulares de la implementación.
 - Análisis del impacto medioambiental, mediante la implementación de instrumental adecuado y el diseño e implementación de una base de datos propia para almacenar estas mediciones. Estudio de las consecuencias, contribuciones y aplicaciones de los resultados de dicho análisis.
 - Evaluación de los resultados.
 - Publicación de resultados. Se realizará la publicación de resultados parciales durante el proyecto y de resultados finales al completarse el mismo
- Se efectuó un relevamiento por internet de distintas instalaciones de redes mesh existentes en distintos países entre ellas: Guifi Net, Village Telco, Freifunk.net, CUWiN, The Dharamsala Community Wireless Mesh Network, BuenosAiresLibre, Lugro-mesh, Wireless Ghana, RedLibre, ZittNet, EHAS y WirelessAfrica Group.
 - Se analizaron teóricamente distintos protocolos comparando sus prestaciones y ventajas y en función de esto y del relevamiento de redes existentes en funcionamiento se seleccionaron Batman y OLSR para las pruebas.
 - 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 el montaje de esta red se utilizaron equipos de las marcas Linksys (WRT54GL), Ubiquiti (Nonostation 2, Nanostation Loco M2), TP-Link (TL-WR743ND, TLWR842ND). Como firmware se utilizaron distintas versiones de OpenWRT.
 - Actualmente se está analizando el desempeño de la red mesh utilizando protocolo OLSR. Para complementar las pruebas se montaron sobre la red mesh, una central telefónica IP Elastix y con 5 teléfonos internos, tres internos utilizando un ATA (Linksys phone adapter PAP2-NA) y dos por medio de software cliente de centrales IP, también se monto una cámara IP sobre uno de los nodos más alejados.

Las principales ventajas de las redes malladas son el bajo costo ya que se pueden implementar en múltiples dispositivos que están al alcance de todos. Además existen diversos fabricantes que ofrecen soluciones viables para la implementación de este tipo de redes. Otro punto a favor es que las redes malladas inalámbricas son compatibles con las redes existentes. Se analizaron distintos protocolos y se presentaron brevemente sus descripciones para luego compararlos de acuerdo al Tipo de Protocolo, Alcance de trasmisiones, Métrica de ruteo, y si es de Uso Libre o es Propietario. Para elegir el mejor protocolo de encaminamiento hay que estudiar las necesidades de la red y sopesar si se necesita un protocolo que sea rápido en las comunicaciones aunque la transmisión de mensajes de control sea excesiva, o

Resultados Obtenidos / Esperados

Entre los resultados obtenidos en esta línea de investigación se encuentran:

- Se analizaron principalmente propuestas científicas relacionadas a optimización y prueba de protocolos.

si por el contrario se prefiere una comunicación más lenta pero que no sobrecargue la red con mensajes de control. El dinamismo de la red es crítico para la toma de la decisión, ya que en una red muy dinámica los protocolos proactivos pierden atractivo porque las rutas que descubren están desactualizadas para cuando van a usarse.

Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está integrado por el Magister Eduardo Rodríguez, la Dra. Claudia y los Licenciados Luciana Burzacca y Mauro Pettinari, investigadores de la Universidad Católica Argentina.

Además, para la etapa de implementación y pruebas colaboró también el Licenciado en Sistemas y Computación Santiago Costa. Asimismo, se mantiene abierta la propuesta de tesis de grado y de posgrado, como así la realización de pasantías en el tema.

Referencias

- [1] I. Akyildiz, X. Wang, W. Wang: "Wireless mesh networks: a survey", "Computer Networks". Vol. 47. No.4 (2005) Pág. 455-487.
- [2] D. Acuña Martínez, R. Roncallo Kelsey: Redes inalámbricas enmalladas metropolitanas. (Octubre 2006) Pág. 46-91.
- [3] Batman <http://www.open-mesh.org/>
- [4] C. Perkins y P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computing", In Proceedings of ACM SIGCOMM'94, London, UK, Sep. 1994, pp. 234-244.
- [5] R. Coltun, D. Ferguson, J. Moy, A. Lindem: RFC 5340, OSPF for IPv6. IETF (Julio de 2008).
- [6] J. Chroboczek (2011), The Babel Routing Protocol, RFC 6126
- [7] IEEE 802.11s: Mesh Networking, Extended Service Set (ESS) (July 2011).