

# Evaluación del Enrutamiento y Acceso al Medio en Redes Mesh Auto-Configurables

Daniel Britos<sup>1</sup>, Laura Vargas<sup>1</sup>, Silvia Arias<sup>1</sup>, Fernando Menzaque<sup>2</sup>, Sergio Chalave<sup>1</sup>, Nicolás Echániz<sup>3</sup>, Antonella Sgarlatta<sup>1</sup>, Agustín Moreno<sup>1</sup>

[dbritos@efn.uncor.edu](mailto:dbritos@efn.uncor.edu), [laura.monica.vargas@unc.edu.ar](mailto:laura.monica.vargas@unc.edu.ar), [edith\\_edit@gmail.com](mailto:edith_edit@gmail.com), [menzaque@gmail.com](mailto:menzaque@gmail.com), [chalave@gmail.com](mailto:chalave@gmail.com), [nicoechaniz@altermundi.net](mailto:nicoechaniz@altermundi.net), [antosgar@gmail.com](mailto:antosgar@gmail.com), [agumoreno12@gmail.com](mailto:agumoreno12@gmail.com)

<sup>1</sup>Laboratorio de Redes y Comunicaciones de Datos, Departamento de Computación, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba

<sup>2</sup>Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba

<sup>3</sup>Asociación Civil AlterMundi, José de la Quintana, Córdoba

## I. RESUMEN

Las redes comunitarias de tipo Mesh mediante la utilización de la tecnología inalámbrica (802.11b/g/n) permiten el acceso libre a la red a través de la colaboración de los propietarios que dejan abiertos sus puntos de acceso a cada nodo. Son particularmente útiles en aquellos lugares que no cuentan con una infraestructura de comunicaciones comercial. En este proyecto se pretende estudiar el problema de escalabilidad en estas redes, utilizando simuladores especialmente diseñados para ello. Se ahondará en el problema de contención en el acceso al medio que degrada la performance de estas redes brindando soluciones a través de diversos protocolos.

**Palabras clave:** redes mesh, redes libres, redes inalámbricas, protocolos de encaminamiento, redes comunitarias.

## II. CONTEXTO

El presente trabajo se realiza en el ámbito del Laboratorio de Redes y Comunicaciones de Datos que funciona en el Departamento de Computación perteneciente a la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Este trabajo es continuación del presentado en el período 2014-2015 ante la SECyT (Secretaría de Ciencia y Técnica) de la UNC (Universidad Nacional de Córdoba). Esta investigación previa ha dado lugar a varias publicaciones y presentaciones en distintos congresos tales como CACIC 2015 con el trabajo “BATMAN Adv. Mesh Network Emulator”, publicado en el Libro de Actas y WICC 2014

“Integración de Redes Comunitarias con Redes Universitarias”, entre otros.

La Asociación Civil AlterMundi participante de este proyecto ha obtenido el año pasado el premio FRIDA ofrecido por LACNIC (Latin America and Caribbean Network Information Centre) en la categoría “Dispositivos, Infraestructura y Tecnologías. Aceleración y Expansión del Acceso” (ver <http://programafrida.net/awards>).

## III. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a lo propuesto en el proyecto SECyT- UNC 2014-2015 Código 05/M246, “Estudio de la escalabilidad del enrutamiento híbrido (L2 + L3) en redes mesh autoconfigurables”, se desarrolló durante estos dos últimos años un simulador de redes mesh que permitió estudiar distintas topologías y analizar su escalabilidad. Para topologías de muchos nodos, los requerimientos computacionales necesarios son grandes y no se encuentran disponibles en las pequeñas comunidades donde se despliegan estas redes por lo que se hicieron pruebas de acceso remoto, pero debido al ancho de banda de las conexiones esto no resultó práctico. Además la interfaz de usuario del simulador no reflejaba la distribución geográfica de los nodos. Lo expuesto generó los requerimientos para una nueva versión del simulador, el cual debería ser accesible a través de la web en la cual los nodos deberían estar geolocalizados sobre un mapa. Por otro lado, se detectó que el comportamiento de la red en el simulador era mejor que la red real desplegada en Quintana, se analizaron las causas y se llegó a la conclusión de que el simulador no

tenía en cuenta la contención del acceso al medio que provoca un gran número de colisiones en ciertos lugares de la red [1] [2]. Para esta nueva etapa del proyecto se agrega el estudio de esta problemática.

Internet a pesar de su difusión global, no cuenta con acceso igualitario en todo el planeta. Esta brecha de acceso a la información, generalmente perjudica a sectores empobrecidos, y/o a poblaciones geográficamente inaccesibles. En Córdoba, esta situación afecta a regiones serranas, donde es difícil obtener señal telefónica o bien esta es inexistente. En el oeste cordobés, en la región de las Sierras Grandes, este paradigma afecta a la comunidad educativa de escuelas como la de Pampa de Achala, los Gigantes, San Jerónimo, Sagrada Familia, Tala Cañada y la Sierrita.

En los últimos años, el Laboratorio de Redes y Comunicaciones de Datos de la FCEFyN de la UNC (LaRyC) ha estudiado este problema de aislamiento, concluyendo que la mejor opción para darle solución, son las redes libres del tipo mesh.

Luego de conversaciones e intercambios con grupos similares pertenecientes a la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y a la Universidad Politécnica de Berlín (TUB), se concluyó que el difícil acceso a los posibles nodos requiere mejorar algunos aspectos de las redes mesh tales como: la auto-configuración de los nodos, la contención del acceso al medio y la escalabilidad de la red.

Las redes inalámbricas comunitarias que cuentan con miles de nodos, han sido hasta ahora dependientes de la implementación del modo infraestructura y por lo general con uso de software propietario en sus routers.

Las grandes redes como guifi.net [3], con 20.000 nodos activos o AWMN [4], con 2.400 nodos activos, hacen un uso intensivo de hardware Ubiquiti y Mikrotik, corriendo los sistemas operativos propietarios AirOS [5] y RouterOS [6], respectivamente.

Las redes mesh *ad-hoc* auto-configurables basadas en software de código abierto nunca han llegado a tal escala. Proyectos exitosos como Village Telco utilizan un modelo mixto en el que la malla *ad-hoc* desplegada a “nivel de calle”

utiliza software libre, pero los enlaces troncales utilizan el modo infraestructura.

Estas nubes a “nivel de calle”, que utilizan B.A.T.M.A.N. Avanzado (Nivel 2) para el enrutamiento dinámico, cuentan por lo general con menos de un centenar de nodos. La columna vertebral de la infraestructura utiliza hardware dedicado, ejecutando diferentes programas en la nube de routers, por lo general de software propietario.

Las redes comunitarias de todo el mundo buscan una mayor participación de los usuarios, para facilitar la autogestión, minimizando o eliminando la necesidad de configuración manual. Sin embargo, las herramientas corrientes de configuración automática son generalmente útiles sólo en pequeñas redes. Estas herramientas no pueden hacer frente a las redes que crecen o comienzan a conectarse a las “nubes” vecinas.

Las redes mesh *ad-hoc* en la comunidad inalámbrica, tradicionalmente se han basado en firmware de redes mesh auto-configurables para routers de un solo radio. Existen numerosos ejemplos de estas: SECN de Village Telco [7], Nightwing [8], Robin [9], por nombrar algunos. Nodos mesh de un solo radio se enfrentan a una degradación de rendimiento grave para trayectos de múltiples saltos, lo que limita en gran medida la escalabilidad de la malla [10].

Los nuevos firmware de malla de cero-configuración diseñados para nodos multi-radio han superado con éxito esta cuestión. Un ejemplo de ello es AlterMesh [11], desarrollado por Altermundi. El enrutamiento dinámico del protocolo usado en AlterMesh es BATMAN Avanzado (batman-adv) [12] que implementa la interfaz alterna, modo en el cual cuando un paquete llega a través de una interfaz elige otra interfaz diferente de salida, si esta existe, con una calidad de enlace comparable.

Existen redes en Argentina desplegadas con este modelo, el uso de routers off-the-shelf y el firmware AlterMesh, son casos de éxito de las redes comunitarias de radio múltiple y de cero configuración. Mientras que esta solución representa un avance importante y ha permitido la expansión de las redes comunitarias en América Latina, todavía tiene problemas de escalabilidad que son imposibles de superar con el modelo existente. El principal problema radica en la

interconexión de las diferentes nubes de capa dos (L2). Las redes batman-adv pueden manejar varias puertas de enlace predeterminadas, pero el protocolo no está diseñado para manejar diferentes rutas de acceso a otras nubes L2 de manera óptima.

En la primera etapa se intentó representar las redes mesh en diferentes escenarios de pruebas con el simulador de redes GNS3, pero se determinó que no existía una forma eficiente de simular los enlaces inalámbricos, uno de los principales objetivos perseguidos, por este motivo se descartó esta opción. Se procedió entonces a estudiar las posibilidades de utilizar el simulador de redes NS3, para lograr esto se empezó a desarrollar un simulador basado en el NS3 y como primera medida se intentó implementar el módulo Batman Advanced, pero después de dos meses de trabajo no se logró integrar el módulo al NS3. Existía aún la posibilidad de desarrollar el módulo Batman Advanced en modo kernel para el NS3 pero como se perdía la facilidad de simularlo cada vez que salía una nueva versión, se optó por desarrollar el simulador desde cero. El simulador desarrollado se basó en VirtualBox, y en Virtual Switch, con esta última herramienta se logró superar el escollo de la emulación de los enlaces inalámbricos.

Además del desarrollo informático necesario para mejorar esta tecnología, la autogestión de las redes comunitarias requiere la capacitación de los usuarios y el crecimiento de estas redes también está sujeto a su conocimiento. Con el fin de apoyar la difusión de éste tipo de prácticas, el proceso se documentará mediante producciones audiovisuales y se generarán spots para su publicación masiva. Asimismo, se producirán vídeos tutoriales para colaborar en la capacitación de los usuarios.

#### **IV. OBJETIVOS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

Los objetivos de este proyecto de investigación los podemos dividir en:

##### *A. Objetivo General*

Implementar redes mesh en el noreste cordobés para favorecer la accesibilidad a medios de comunicación. Una de las principales dificultades de este objetivo es que las

comunidades del oeste cordobés no cuentan con suministro de energía eléctrica.

##### *B. Objetivos Específicos*

Mejorar la tecnología de redes mesh para que pueda funcionar con la mínima atención técnica posible.

Estudiar la posibilidad de mejorar el modo de contención en acceso al medio.

Evaluar el potencial del ruteo híbrido en capa 2 y capa 3 del modelo OSI de redes mesh.

Aprovechar las capacidades de auto-configuración del firmware libre-mesh.

Difundir los resultados para realimentar el proceso de desarrollo de los protocolos libre-mesh.

Formación de recursos humanos específicos en las áreas objeto de estudio.

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

##### **Materiales que se utilizarán en las Experiencias**

Los materiales que se utilizarán en las experiencias son: computadoras y súper computadoras para realizar las simulaciones, nodos wireless para realizar el banco de prueba y luego nodos completos con antenas paneles solares, baterías y torres para desplegar en el oeste Cordobés. Software libre C, GNS3 y NS3.

##### **Métodos y Técnicas a Utilizar**

Este estudio se estructurará como una colección de experimentos que ayudarán a medir una serie de métricas en un determinado conjunto de escenarios utilizando diferentes modelos de red.

Los protocolos de enrutamiento de todos los nodos participantes y toda la comunicación dentro de una nube L2 será manejado por el protocolo batman-adv mientras que la comunicación, con destino u origen fuera de la nube L2, se enrutará por el protocolo bmx6 [13] Batman Experimental versión 6 [14].

Se implementarán las siguientes alternativas:

-La "Arquitectura A" que se define como una red en donde ambos protocolos se ejecutan en cada nodo.

-La "Arquitectura B" que se define como una red donde el protocolo "bmx6" solamente se ejecuta en los nodos frontera los cuales están

conectados a otras nubes o poseen Uplinks a Internet.

El “Demonio de encaminamiento de presencia de Capa 3” en este estudio representa una progresión de la arquitectura A a la arquitectura B.

El objetivo principal de experimentar estas alternativas es predecir la escalabilidad de cada solución, mientras se proporciona una visión sobre su desempeño y deficiencias.

El rendimiento, la escalabilidad y la ruta serán los indicadores de selección y de convergencia cuando se ejecuten en estos escenarios los diferentes modelos de redes.

Se estudiará la convergencia con el software desarrollado en la primera etapa del proyecto, en este software es difícil realizar métricas de rendimiento por lo tanto se deberá buscar la forma de realizar esto ya sea mejorando el simulador ya desarrollado o una de las alternativas es medir el rendimiento con el software NS3.

Se elaborarán módulos de Batman Advanced para NS3, donde se simulará el ambiente de trabajo y el comportamiento del protocolo a escalas del orden de 10 y 100 nodos.

Una vez completadas las pruebas en el simulador se realizarán en la red del laboratorio con 10 nodos. Luego se pasará a probarlas en las redes de la Quintana y Wibed [15]. Las pruebas en los distintos escenarios implicarán ajustes dinámicos y estáticos. Las configuraciones dinámicas serán creadas a través de los nodos mediante simulaciones de fallos, así como con nodos móviles cuando sea posible.

## VI. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo está formado por cinco investigadores categorizados por el Programa Nacional de Incentivos (categorías III y IV), de los cuales uno es Doctor en Ciencias de la Ingeniería, otro Doctor en Matemática, un tercero Magister en Ciencias de la Ingeniería mención Redes, y dos son Especialistas en Docencia Universitaria. También integran el equipo dos alumnos que realizarán su tesis final de grado en carreras de Ingeniería. Además uno de sus miembros dirigirá el Doctorado en Ciencias de la Ingeniería de un Ingeniero en Comunicaciones egresado de la Universidad Blas Pascal, Magister

en Comunicaciones, egresado del Instituto Politécnico de Torino.

Esta línea de trabajo desarrollada en el Laboratorio de Redes y Comunicaciones de Datos permitirá la capacitación en el tema de los alumnos de las carreras de Ingeniería en Computación e Ingeniería Electrónica. Esto tendrá un efecto multiplicador produciendo egresados más capacitados que brinden mejores servicios a la industria y a la sociedad en un área que como la de Redes Inalámbricas está en creciente desarrollo.

## REFERENCIAS

- [1] N. Nandiraju, D. Nandiraju, L. Santhanam, B. He, J. Wang, and D. Agrawal, “Current challenges and future directions of web-in-the-sky”, in *Wireless Communications, IEEE*, vol. 14, no. 4, pp. 79–89, August 2007.
- [2] A. Acharya, A. Misra, and S. Bansal, “Design and analysis of a cooperative medium access scheme for wireless mesh networks” in *Broadband Networks, 2004. BroadNets 2004. Proceedings. First International Conference on*, pp. 621–631, Oct 2004.
- [3] “guifi.net - xarxa de telecomunicacions oberta, lliure i neutral guifi.net” [Online]. Available: <http://www.guifi.net/>
- [4] “AWMN WiND - wireless nodes database” [Online]. Available: <http://wind.awmn.net/>
- [5] “AirOS v | ubiquiti networks, inc.” [Online]. Available: <http://www.ubnt.com/airos>
- [6] “MikroTik routers and wireless” [Online]. Available: <http://www.mikrotik.com/software.html>
- [7] “Village telco” [Online]. Available: <http://villagetelco.org/>
- [8] “Nightwing by: Lugro-mesh” [Online]. Available: <http://nightwing.lugro-mesh.org/ar/>
- [9] “ROBIN - open source mesh network: Index” [Online]. Available: <http://robin.forumup.it/index.php?mforum=robin>
- [10] J. D. Britos, “Multiple hop wireless link” *Latin America Transactions, IEEE*, vol. 3, no. 4, pp. 1–7, 2005.

- [11]“HomePage - altermundi.” [Online]. Available: <http://http://www.altermundi.net/>
- [12]“Doc-overview - batman-adv - open mesh” [Online]. Available: <http://www.open-mesh.org/projects/batman-adv/wiki>
- [13]“Doc-overview - bmx6” [Online]. Available: <http://http://bmx6.net/projects/bmx6>

- [14]“HomePage - wireless battle of the mesh” [Online]. Available: <http://battlemesh.org/>
- [15]P. ESCRICH, R. BAIG, A. NEUMANN, A. FONSECA, L. NAVARRO, and F. FREITAG, “Wibed, a platform for commodity wireless testbeds” Nov 2013.