

Estudio y diseño de un nodo de acceso, que sirva como piloto para la implementación de una red Wireless Mesh en la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación de la ESPOL

Milton Cañarte M.¹, Daniel Parra L.², Ronald Ponguillo I.³
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Km. 30.5 Vía Perimetral, 09015863, Guayaquil, Ecuador
mcanarte@fiec.espol.edu.ec¹, dparra@fiec.espol.edu.ec², rponguil@espol.edu.ec³

Resumen

En el mundo en que vivimos el estar comunicados es necesario e indispensable en algunos casos, las personas exigen mejoras y avances de tecnologías que permitan intercambiar información de manera confiable y rápida, es por esto que grandes empresas que se dedican a la creación de soluciones de telecomunicaciones han desarrollado las Wireless Mesh Networks (WMN), una tecnología mallada capaz de ser auto configurable y auto regenerable y que está siendo implementada en diversas zonas rurales, urbanas y campus universitarios de Estados Unidos y Europa obteniendo resultados exitosos y dejando satisfechos a miles de usuarios. En este artículo mencionaremos características, escenarios de aplicación y proveedores de equipos mesh, realizaremos un diseño de la red con la tecnología mencionada para la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, se mostrará una simulación del diseño planteado para realizar mediciones de cobertura y finalmente se implementará un prototipo de una red Mesh para realizar la comparación de datos teóricos, simulado y reales.

Palabras Claves: Red Inalámbrica Mallada, Puntos de Acceso, FIEC, Planner

Abstract

Nowadays, it is necessary and important to be communicated. In some cases, people demand improvements and technological advances that allow exchanging information in a fast and reliable way. For this reason, big companies dedicated to create telecommunication solutions have developed Wireless Mesh Networks (WMN), which is a mesh technology capable of self-configurable and self-regenerated. This is being implemented in several rural and urban areas, and university campuses in the United States, and Europe, which has obtained successful results, getting thousands of users satisfied. In this article, we will mention features, application scenarios, mesh equipment providers. We will make a network design with the technology mentioned above for the Electrical and Computing Engineering Faculty from the Escuela Superior Politécnica del Litoral. We will demonstrate a simulation of the proposed design which makes signal coverage measurements. Finally, we will implement a prototype of a Mesh Network for comparison of theoretical, simulated and real data.

Keywords: Wireless Mesh Networks (WMN), Access Point, FIEC, Planner

1. Introducción

En la actualidad, la gran demanda de equipos con dispositivos inalámbricos muestra el interés de las personas en erradicar de sus hogares o empresas los sistemas de comunicación cableados. Por ésta razón las tecnologías inalámbricas están desarrollándose y mejorando a pasos agigantados. Ahora con las Wireless Mesh Networks o redes inalámbricas malladas se quiere añadir roaming, dándole brindando mayor movilidad al usuario, convirtiéndolas en una variante del WiFi tradicional y una

extensión de las redes Ad-Hoc [1], a semejanza de los sistemas celulares.

El tener una topología mallada, hace que estas redes sean descentralizadas; es decir, la comunicación no solo puede ser entre nodo y estación base sino también entre nodos, con esto se obtiene enlaces redundantes permitiendo tener una red robusta, confiable y de fácil mantenimiento.

Estas redes han sido implementadas en campus universitarios de México y Estados Unidos obteniendo buenos resultados y comentarios a favor de la tecnología, esto nos confirma que las Wireless Mesh Networks están

cumpliendo con las expectativas del proveedor y del usuario, dándole un nuevo giro a las redes inalámbricas, es por esto que en este artículo mostraremos cómo es posible tener una red mallada en la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación de la ESPOL para motivar el estudio y desarrollo de la tecnología mencionada en el Ecuador.

En la segunda sección del artículo mencionaremos las características, escenarios de aplicación y proveedores de los equipos de las WMN, en la tercera sección se hará un análisis del área en la cual se desarrollará el diseño de la red, además de un análisis de la red actual y una comparación de las WMN con respecto a ésta. En la cuarta sección se desarrollará el diseño y la simulación de la solución. En la quinta sección se implementa un prototipo en la Facultad, para hacer la comparación de resultados. Finalmente, se dará las perspectivas a futuro de la tecnología.

2. Wireless Mesh Network

A continuación se muestra la arquitectura de una Wireless Mesh Network.

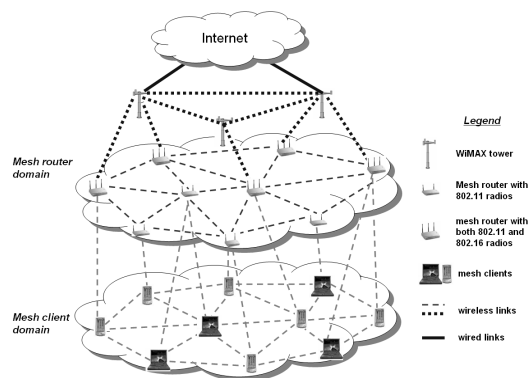


Figura 1. Arquitectura de WMN.

2.1. Características

Entre las características que hace diferente a las WMN de las otras tecnologías inalámbricas tenemos:

- ✓ Son **redundantes**, los nodos que conforman la red están conectados unos con otros por varios caminos, lo cual permite que si una ruta falla otra se encargará del tráfico de datos.
- ✓ **Fácil despliegue**, por ser redes con capacidad de autoconfiguración, permiten dar soluciones de conectividad en situaciones de emergencia o catástrofes naturales.

- ✓ Son **auto-regenerables, auto-configurables**, permiten la **auto-reparación de rutas**, permiten descubrir nuevos nodos admitiéndolos en la comunidad ya existente y regenerando nuevas tablas de encaminamiento.
- ✓ Son **robustas**, por el tipo de enrutamiento que se aplica se obtiene una gran estabilidad en cuanto a condiciones variables o en alguna falla de un nodo en particular.
- ✓ **Ahorran energía**, se puede utilizar energía solar, eólica, hidráulica, celdas combustibles entre otras.
- ✓ **Mayor capacidad a bajo coste**, hay estudios que han demostrado que la capacidad de una red inalámbrica puede ser mejorada mediante la utilización de repetidores [2].

2.2. Escenarios de aplicación

- **Mesh comunitaria**, acceso a Internet compartido, vigilancia y seguridad vecinal (videocámaras), respuesta médica y de emergencia, “eBay vecinal” (venta y mercadillo), tablón de anuncios virtual.
- **Mesh municipal**, zonas comerciales de una ciudad, puntos de información al ciudadano y turismo.
- **Hogar mesh**, equipos de audio y vídeo, teléfonos móviles y fijos, laptops, palms, interruptores inteligentes, sistemas de inteligencia ambiental dentro del hogar.
- **Mesh espontánea**, servicios de datos, voz y video momentáneos, llamadas peer-to-peer.
- **Campus mesh**, universidades o instituciones educativas.

A continuación, la figura 2 muestra de forma resumida los escenarios de aplicación de WMN.

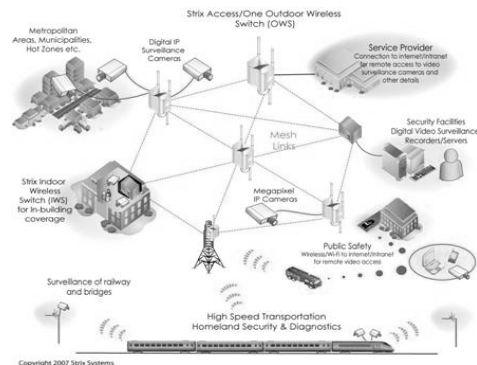


Figura 2. Escenarios de aplicación.

2.3. Proveedores de equipos mesh

En la actualidad varias compañías que se dedican a la fabricación de equipos de telecomunicaciones están dirigiendo sus estudios e inversiones a las soluciones mesh.

A continuación se presentan las características principales de los fabricantes más importantes que tienen productos para implementar una red Mesh:

Tabla 1. Características Principales de Fabricantes Mesh

| FABRICANTE | TIPO DE ANTENA | N° MÁXIMO DE NODOS | N° MÁXIMO DE SALTOS | EQUIPOS UTILIZADOS | ALCANCE | INTERFACES RADIO |
|-------------------|----------------|-----------------------------|---------------------|--|----------------------------------|-----------------------------|
| MPOPS | Indoor/Outdoor | 20 nodo/Km2 | 3- 4 | Routers Gateway Routers Clientes | 7 metros entre routers y usuario | 2 radios, 2.4 GHz y 5 GHz |
| BELAIR | Outdoor | 3- 4 conectados al Backbone | 5 | BelAir200 Mesh AP + Access AP BelAir200 | - | 2 o más, de 2.4 GHz y 5 GHz |
| SKYCONNECT | Indoor/Outdoor | 11 nodo/Km2 | 4- 5 | SkyGateway SkyConnector SkyExtender SkyExtenderDual | 12- 16 Km entre nodos | 2 radios, 2.4 GHz y 5 GHz |
| STRIX | Indoor/Outdoor | - | 10 | OVS Strix | 50 m entre nodos | 2 radios, 2.4 GHz y 5 GHz |
| CISCO | Outdoor | - | - | WLAN Controller + Cisco Aironet 1510 | - | - |
| MOTOMESH | Indoor/Outdoor | - | - | Punto de Acceso Inteligente MotoMesh + Enrutador Inalámbrico | 500 m entre nodos | 2 o más, de 2.4 GHz y 5 GHz |
| NORTEL | Indoor/Outdoor | 90/Gateway | 3 | NOSS Server + Wireless Gateway + AP 7220 | 200-800 metros entre APs | 2 radios, 2.4 GHz y 5 GHz |

Cabe resaltar que la mayoría de los fabricantes utiliza en sus equipos mesh dos radios uno para en **enlace de tránsito** (comunicación entre nodos, 802.11a, 5GHz) y otro para el **enlace de acceso** (para ofrecer el servicio, 802.11b/g, 2.4GHz).

3. Área donde se desarrollará el diseño de WMN

La Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC) de la ESPOL, tiene 2450 estudiantes y 120 profesores dentro de un área de 90000m², donde 50 usuarios utilizan la red por hora. A continuación se muestra una vista aérea del área de la FIEC:



Figura 3. Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación.

En la FIEC encontramos:

- 24 aulas de clase.
- 1 comedor.
- 17 laboratorios de computación

- 1 edificio inteligente.
- 2 parqueaderos.
- 4 sectores de distracción
- 2 salas de estudio.

3.1. Red actual

En la actualidad la FIEC tiene una red híbrida (fibra óptica e inalámbrica) con topología en estrella, la red inalámbrica cubre aproximadamente el 80% del total del área, para esto utiliza 15 APs (Enterasys y Cisco).

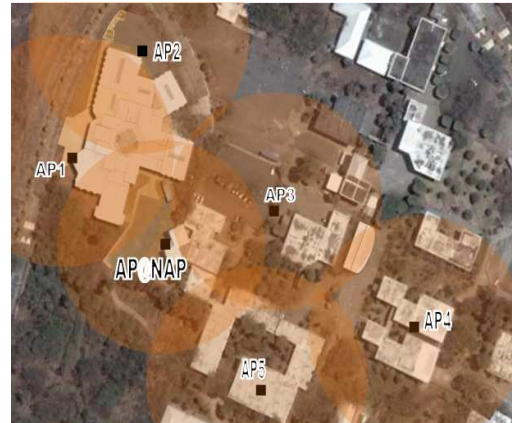


Figura 4. Cobertura de la red inalámbrica de la FIEC; (■)APs Cisco; (▲)APs Enterasys.

3.2. Comparación del la red actual con WMN

Para mostrar las diferencias entre la red actual de la FIEC y la red mesh que se plantea diseñar nos ayudaremos de la siguiente tabla.

Tabla 2. Comparación entre tecnologías.

| Características | Red Actual | WMN |
|------------------------|------------------|---------|
| Capacidad de expansión | No | Si |
| Cobertura del área | 80% | 100% |
| Antenas | Indoor y Outdoor | Outdoor |
| Número de APs | >10 | <10 |
| Redundancia | No | Si |
| Roaming | No | Si |

4. Diseño y simulación de una red WMN para la FIEC

Luego de haber analizado el lugar para el cual se hará el diseño de la red, tomaremos como punto de partida para desarrollar el diseño de la red a NORTEL, puesto que es una de las pocas empresas que ha tratado de difundir sus equipos Mesh a través de sus partners en el Ecuador.

La arquitectura de una solución Mesh de Nortel se muestra a continuación:

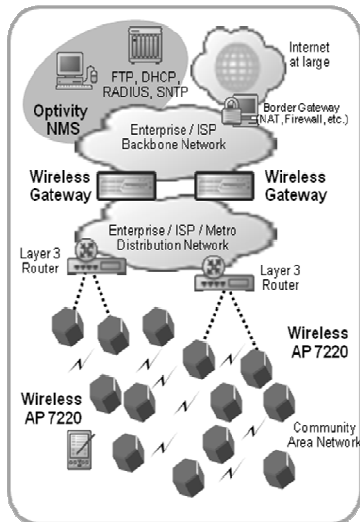


Figura 5. Arquitectura de una red Mesh Nortel.

4.1. Equipos mesh de Nortel

Entre los equipos para implementar una solución mesh de Nortel podemos citar a los siguientes:

NOSS: Radius Server, DHCP Server, FTP Server y gestión de red.

Wireless Gateway 7250: Seguridad de los datos hacia el usuario y la movilidad de los usuarios inalámbricos.

Router AP@NAP: Trabaja como un router IP que soporta el protocolo de enrutamiento OSPF.

Access Point 7220: dos radios uno para en enlace de tránsito y otro para el enlace de acceso.

4.2. Puntos a considerar para el diseño

Antes de diseñar la red, es importante tomar en cuenta la capacidad máxima y mínima de los equipos a utilizar, a continuación mencionaremos varios parámetros a tener en cuenta en los elementos mesh de Nortel.

Wireless Gateway 7250, de acuerdo a sus características soporta un máximo de 90 AP 7220. Además de un mínimo de 2 y un máximo de 9 routers NAP-R.

Router AP@NAP, soporta un número máximo de 21 Access Point 7220.

Punto de Acceso **AP 7220,** no debe de tener más de 3 saltos con respecto al router AP@NAP ya que de lo contrario disminuye el rendimiento de la red.

El rango permitido de un AP tanto para el enlace de Acceso(AL) como para el enlace de Tránsito (TL) de acuerdo al tipo de ambiente viene dado por:

Tabla 3. Rango del Enlace de los Puntos AP 7220.

| Ambiente RF Exterior | Rango del Enlace de Acceso (Radio) | Rango del Enlace de Tránsito (AP a AP) | Densidad |
|----------------------|------------------------------------|--|------------------------|
| Enlace Limpio | 300-500 metros | 500-800 metros | 5 por Km ² |
| Suburbano con LOS | 200 metros | 400 metros | 10 por Km ² |
| Urbano con LOS | 300 metros | 500 metros | 17 por Km ² |

En el enlace de tránsito los puntos de acceso deben estar montados a la misma altura con una diferencia no mayor de $\pm 5^\circ$ y $\pm 8^\circ$.

El número de usuarios permitidos dentro de la red está soportada por el Wireless Gateway 7250 y de acuerdo a la infraestructura implementada puede soportar un número de 2048 usuarios.

4.3. Diseño de la Red Mesh

Para realizar el diseño de la red, se decidió colocar el router AP@NAP en el bloque donde están ubicados los laboratorios de computación, como se muestra en la figura 6, ya que en este lugar se encuentra el backbone de la facultad.

Los puntos AP 7220 se los ubicó en sitios estratégicos para cubrir toda el área y establecer LOS entre todos los puntos y evitar el uso de antenas auxiliares, lo cual es recomendado por el proveedor para que existan menso puntos de fallo y poder establecer redundancias ya que este es el objetivo de la tecnología.

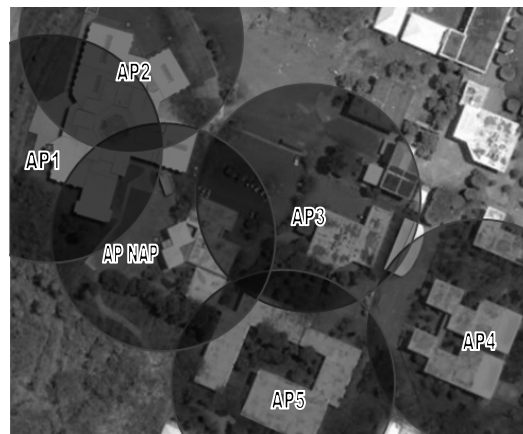


Figura 6. Diseño planteado para la red mesh de la FIEC.

Las distancias entre los puntos de acceso se las detalla a continuación, de acuerdo con las características de los equipos estos pueden tener un óptimo enlace se tránsito si están a 200 metros de distancia entre ellos.

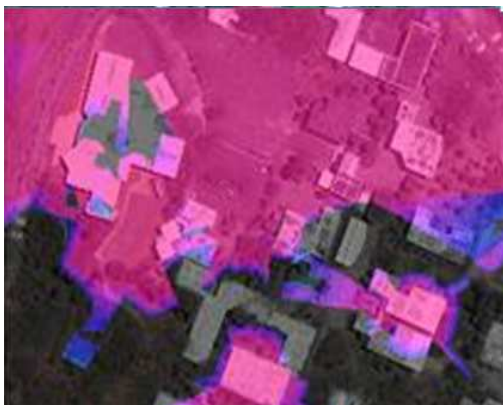
Tabla 4. Distancias en metros entre los APs.

| | AP NAP | AP1 | AP2 | AP3 | AP4 | AP5 |
|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| AP NAP | | 73.98 | 110.97 | 86.31 | 178.78 | 104.81 |
| AP1 | 73.98 | | 73.98 | 141.8 | 246.6 | 178.8 |
| AP2 | 110.97 | 73.98 | | 135.63 | 252.77 | 203.45 |
| AP3 | 86.31 | 141.8 | 135.63 | | 117.14 | 98.64 |
| AP4 | 178.78 | 246.6 | 252.77 | 117.14 | | 110.97 |
| AP5 | 104.81 | 178.8 | 203.45 | 98.64 | 110.97 | |

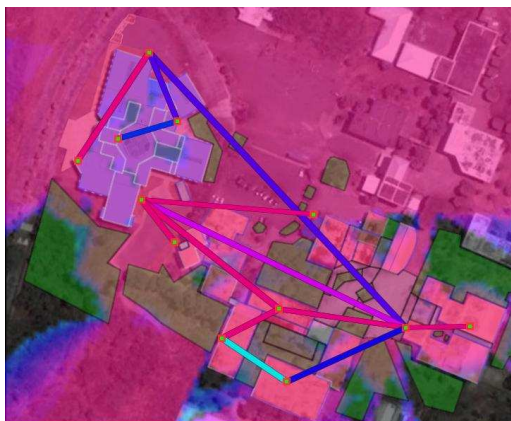
Como se observa entre los puntos de acceso 1-4, 2-4 y 2-5 la distancia es mayor a los 200 metros estimados para que se comuniquen los APs. Esto no es problema ya que los nodos están interconectados por dos saltos lo cual también está dentro de las características de los equipos.

4.4. Simulación de la Red Mesh

Para simular el diseño planteado utilizamos el Planner que es un software de Nortel que permite medir la cobertura de la red así como el nivel de señal con la que se interconectan los APs. A continuación se muestra la simulación de la red:



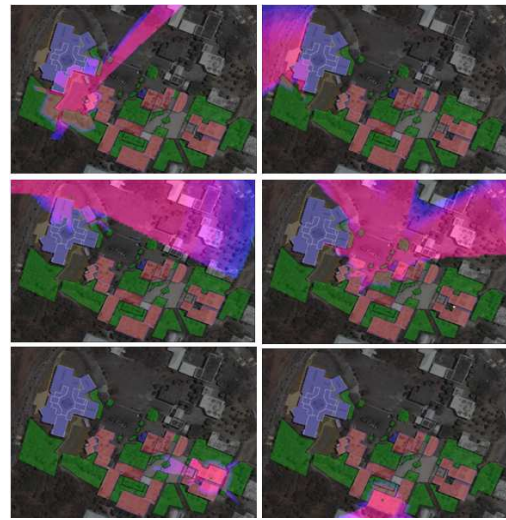
(a) Simulación del diseño planteado



(b) Enlaces de Acceso y ubicación de APs para mejorar la cobertura



(c) Cobertura 100% de la FIEC



(d) Cobertura de cada AP simulado de la FIEC

Figura 7. Simulación de la red mesh diseñada para la FIEC.

Debido al terreno de la FIEC, irregular y con gran vegetación, con los 6 APs que se ubicó se cubrió toda el área pero en algunos sectores la señal era débil (Figura 7.a). Por esta razón se optó por aumentar el número de APs para mejorar la cobertura como se muestra en la figura 7.b. En la figura 7.c se muestra como con más APs se pudo cubrir el 100% del área y con una señal óptima. La figura 7.d indica la cobertura de cada punto de acceso en los puntos que se establecieron en el diseño.

5. Implementación de Prototipo Mesh

En base a nuestro análisis se implementa el diseño elaborado y se configuran los equipos de tal manera que se pueda verificar la cobertura de la señal que ofrece el punto de acceso en cada uno de los puntos establecidos. El prototipo de los equipos Nortel se detalla a continuación:

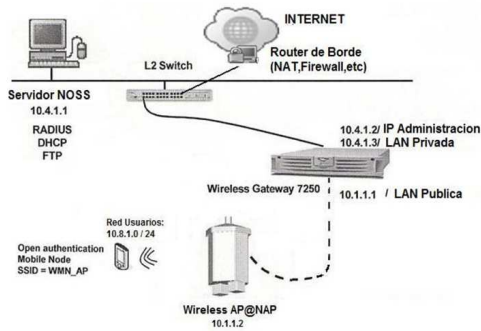


Figura 8. Prototipo de la red Mesh para la FIEC.

Con esta implementación se realizaron pruebas desde un equipo terminal (laptop) para verificar el área de cobertura de todos los puntos, tal como se detalla a continuación:

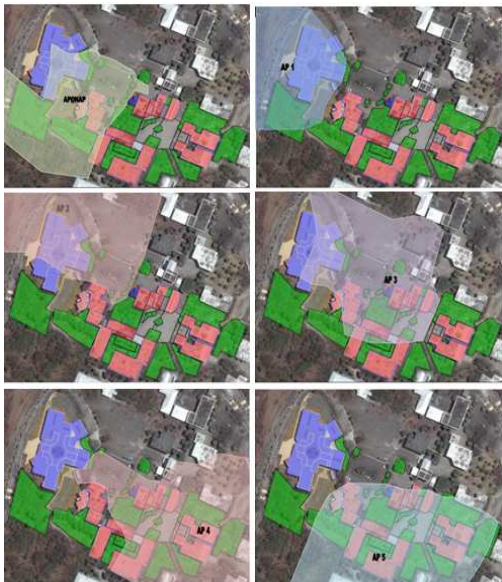


Figura 9. Área de Cobertura del Prototipo de la red Mesh para la FIEC

5.1. Comparación de los resultados Teóricos, Simulados y Reales de la Red Mesh

Como muestran en la figura 6 y figura 9 los resultados teóricos y reales son similares, pero no así los resultados simulados figura 7.d debido a los siguientes motivos:

- Las áreas verdes en el Planner se consideraron zonas muy densas y como un bloque de una sola altura, representando una de atenuación alta.
- Para marcar los límites de cada zona el Planner sólo permite cuatro opciones: Foliage, Windowed External Wall, Windowless External Wall y Blocking Boundary; para el caso de la FIEC solo se aplicó el Windowed External Wall con una atenuación de 6.9 dB y el Windowless External Wall con una atenuación de 15 dB,

cuyas atenuaciones como se demuestra en las figuras 7 son exageradas para el ambiente real de la FIEC.

- La facultad se encuentra en un ambiente donde existen muchos desniveles que a pesar de haberlos considerado, se notó un margen de error considerable en la simulación, debido a que el piso se lo estableció como un bloque sólido.

6. Perspectivas a Futuro

En países como Estados Unidos, Canadá y España, ya sea en ciudades o campus universitarios ya se han implementado redes Mesh obteniendo grandes resultados a nivel del servicio al usuario.

A nivel mundial empresas como Nortel, Cisco y Motorola que son las más fuertes y más nombradas al momento de hablar de WMN, puesto que han dedicado tiempo y dinero al desarrollo y mejoramiento de esta tecnología, tienen ya una considerable cartelera de productos mesh.

En el Ecuador varias empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones conocen la tecnología pero no arriesgan su capital por desconfianza a la aceptación del usuario. La empresa que mas ha tratado de introducir los equipos mesh en nuestro país es Nortel pero no ha tenido buenos resultados.

La tecnología Wireless Mesh está evolucionando a pasos agigantados a nivel mundial puesto que los proveedores internacionales observaron en ella grandes ventajas y nuevos modelos de negocios. En el Ecuador estimamos que hace falta varios años para que los proveedores de servicio de telecomunicaciones se arriesguen a invertir en este tipo de redes.

7. Conclusiones

Esta tecnología es moderna, robusta y flexible, debido a que las wireless mesh networks son auto-regenerables y auto-configurables. Además por tener una infraestructura con redundancia permite la auto-reparación de rutas lo cual es una gran ventaja en comparación con otras tecnologías inalámbricas.

El diseño de la red mesh y las pruebas reales para la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación confirmaron lo siguiente:

- Que exista no más de 200 metros entre APs.
- Cada AP tiene una cobertura de 100 metros a la redonda.

La topología diseñada para la Wireless Mesh Network de la FIEC se basa en rendimiento, con

esto se logró evitar que se formen cuellos de botella ocasionados por subárboles.

En los resultados de la simulación del diseño teórico se notó varias “zonas muertas”, por lo cual se realizó una nueva simulación aumentando tres puntos de acceso, con esto se logró reducir el área de estas zonas. Cabe recalcar que las mencionadas áreas se ubican en lugares donde existe vegetación por ende es poco probable encontrar usuarios.

Se confirmó que los equipos que pertenecen al diseño de la red Mesh de Nortel son de fácil instalación y de realizar mantenimientos periódicos. Se promedió una hora por la instalación de cada punto.

Se realizó pruebas de navegación hacia el Internet mediante el uso de un router de borde, obteniendo excelentes resultados, las cuales se realizaron con tres proveedores ISP diferentes.

Mediante pruebas se observó que no existían pérdidas de paquetes al momento de que un usuario se traslade de un punto a otro, demostrando la capacidad de movilidad que le brinda la red a los usuarios.

Al finalizar el proyecto se pudo notar que los resultados teóricos y reales son similares, no así los resultados simulados por varios motivos entre los cuales resaltan:

En el simulador se consideró a las áreas verdes como un solo bloque de una sola altura obteniendo una área demasiado densa lo cual no es lo que existe en realidad en la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

La FIEC por estar ubicada en un zona montañosa presenta muchos desniveles que a pesar de haberlos considerado, no fue suficiente para plasmar el ambiente de forma virtual en el simulador.

8. Referencias

- [1] Molina Enrique, Mompó Vicente, *Redes Inalámbricas*: IEEE 802.11, <http://www.canal-ayuda.org/informatica/inalambrica.htm>, Julio 2009.
- [2] Acuña Martínez Diana, *Redes Inalámbricas Enmalladas Metropolitanas*, Universidad Tecnológica de Bolívar, <http://www.tutorialesenlared.com/manual9722.html>, 2007, consulta Julio 2009.
- [3] I. F. Akyildiz, *Cross Layer Design In Wireless Mesh Networks*, Georgia Institute of Technology, <http://www.cttc.cat/resources/doc/080704-akyildiz-xlayer-wmn-080702-20333.pdf>, consulta Julio 2009.
- [4] Hong X., *Scalable Routing Protocols for Mobile AdHoc Networks*. Disponible en www.cs.ucla.edu/NRL/wireless/uploads/ntwkmgz02-hxy.pdf, consulta Agosto 2009.
- [5] Xue Yuyan, *Security Issues in Wireless Mesh Networks*, cse.unl.edu/~yxue/SWMN.ppt, 2007, Septiembre 2009.
- [6] Tropos, equipos de la solución Wireless Mesh. Disponible en <http://www.tropos.com>.
- [7] BelAir Networks, equipos de la solución Wireless Mesh. Disponible en <http://www.belairnetworks.com>.
- [8] SkyPilot Networks, equipos de la solución Wireless Mesh. Disponible en <http://www.skypilot.com>.
- [9] Firetide, equipos de la solución Wireless Mesh. Disponible en <http://www.firetide.com>.
- [10] Cisco Networks, equipos de la solución Wireless Mesh, www.cisco.com, consulta Octubre 2009.
- [11] Motorola, equipos de la solución Wireless Mesh. Disponible en www.motorola.com.
- [12] Nortel, equipos de la solución Wireless Mesh. Disponible en www.nortel.com/solutions/wrlsmesh/collateral/nn106481.pdf.
- [13] Nortel, *Wireless Mesh Network Basics*, Part No: NN47255-100, 2007, pp. 36.
- [14] Nortel, *Planning and Engineering a Nortel Wireless Mesh Network*, Part No: NN47255-100, 2005, pp. 36.
- [15] Robson Julius, *AP7220 Link Budget Parameters for RF Range Prediction*, Nortel, 2005.
- [16] Gupta P., Kumar P.R., *The Capacity of Wireless Networks*, IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 46, No. 2, 2000.
- [17] Popi Cristian, Festor Olivier, *State of the art in Wireless Mesh Networks Management*, Madynes Project, 2007.