



PROPUESTA DE PROYECTO DE TESIS DE MAESTRIA EN INGENIERÍA ELÉCTRICA.  
OPCIÓN: TELECOMUNICACIONES

Presenta: Rosa Patricia Ramírez Juárez  
[rosa\\_patyrj@hotmail.com](mailto:rosa_patyrj@hotmail.com)  
Tel celular. 044 55 33 92 70 41  
Tel casa 53 82 75 97

**“Análisis de mecanismos de reservación centralizados basados en el protocolo Redes WiMAX-Mesh”.**

**Objetivo de la tesis.**

Análisis, diseño e implementación de un modelo de simulación de algoritmos centralizados de redes Mesh de banda ancha BWA. Construir un modelo que sirva de base para proponer técnicas de mejoramiento en el rendimiento de las redes Mesh, búsqueda de rutas óptimas, técnicas de planeación de tiempo y una futura implementación de envío de datos. Este modelo se utilizara de referencia para el estudio del comportamiento centralizado de la red, tanto para los usuarios fijos como para los usuarios móviles.

**Definición del problema.**

La tecnología propuesta por IEEE, comenzó en 1998 con la creación del grupo de trabajo denominado IEEE 802.16. Este grupo ha creado un estándar, conocido como WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Acces) para redes BWA. A su vez este estándar se ha desplegado en varias versiones, cabe mencionar que la versión que se utilizará en este trabajo será IEEE 802.16-2004.

El 802.16 utiliza OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) para servir a múltiples usuarios en una forma de división temporal en una especie de técnica circular de tal forma que los usuarios tienen la sensación de que siempre están recibiendo o transmitiendo. Este estándar define también dos formas de operación, PMP (Punto-a-Multipunto) y Mesh. En el modo PMP el trafico se dirige de la estación base (BS) a las estaciones suscriptoras (SSs), o viceversa. En el modo Mesh por el contrario, el tráfico puede ocurrir directamente entre SSs, es decir los usuarios no tienen que tener una conectividad directa con la BS si no conectarse con una serie de usuarios vecinos e ir formando la ruta hacia la BS.

La BS Mesh es la entidad que interconecta la red inalámbrica a las ligas externas. Actúa como una BS en modo PMP, excepto en que las SSs no tienen que estar conectadas directamente con la BS Mesh. Se espera que esta característica de la interfaz aérea ayude a que las tasa de datos puedan ser mas altas. Por tanto, se investigara las redes Mesh que especifica la comunicación directa entre SSs y la capa MAC y permite realizar conexiones multi-hop. La conexión puede ser centralizada o distribuida. Las redes Mesh cuya topología no se basa en los puntos de acceso que hacen una ruta hacia una red ordenada, si no que trabajan similar a las redes punto a punto. La arquitectura de las redes Mesh utiliza conexiones redundantes entre los dispositivos de la red. Cada cliente es un punto de acceso.

El estándar IEEE802.16 con arquitectura Mesh provee de varias ventajas además de incrementar el alcance y el ancho de banda. Su mecanismo central basado en TDMA (Time Division Multiple Access) permite reservar los slots centrales para una utilización eficiente de los recursos globales apropiada para redes inalámbricas fijas tipo backhaul (conectan redes de datos, redes de telefonía celular y constituyen una estructura fundamental de las redes de comunicación). Sin embargo la interferencia representa un problema mayor en redes Multi-hop tipo Mesh. Para proveer un alto rendimiento espectral se necesita un algoritmo eficiente para reservación de los slots. El nivel de interferencia depende de cómo los datos son enrutados en la red.

Por lo mencionado anteriormente las redes Mesh amplían la capacidad de expansión de la red, pero para esto se necesita definir algunos algoritmos de ruteo que optimicen la comunicación entre nodos.

Para poder brindar servicios de comunicación en un área mas amplia de cobertura, y teniendo en cuenta los costos y desventajas de poner toda una infraestructura en un área donde no existen suficientes usuarios que lo requieran, se propone el uso de redes Mesh como una ampliación de cobertura a bajo costo.

Las redes Mesh al proveer un servicio no centralizado están colocadas en la mejor posición para brindar servicios en zonas de difícil acceso, como zonas rurales, zonas montañosas, zonas que por alguna razón no pueden ser cubiertas por compañías que brindan servicios celulares o de Internet.

La arquitectura Mesh es una solución para proveer a las redes de banda ancha con una cobertura mayor, por ejemplo llevar Internet e información a las áreas rurales que se encuentren en diferentes países. Estas redes están siendo diseñadas para que puedan proveer de una cobertura extendida que aun no han sido cubiertas por la tecnología existente xDSL o cable modem.

La expansión de la red se asemejaría a un fenómeno de biología celular o neuronal. Los sistemas de redes Mesh son una forma de enrutar los datos, voz e instrucciones entre nodos. Esto permite conexiones continuas reconfiguraciones alrededor de vías bloqueadas mediante el “salto” de un nodo a otro hasta que se pueda establecer una conexión.

Estas redes se organizan y se configuran automáticamente: entre los nodos de la red se establecen los enlaces y mantiene la conectividad en malla entre ellos. Además este proceso se debe realizar periódicamente, permitiendo la aparición de nuevos nodos y la desaparición de nodos existentes. Estas características aportan grandes ventajas como robustez, fiabilidad y un mantenimiento sencillo de la red.

Las redes de malla son confiables debido a que cada nodo esta conectado a otros nodos. Si un nodo se retira de la red por daño, sus vecinos simplemente encuentran otra ruta.

Para lograr un funcionamiento eficiente y correcto de estas redes, es recomendable crear primero modelos que simulen el comportamiento de cada una de sus diferentes fases.

### **Metodología.**

Comparar los algoritmos de centralización ya existentes para así diseñar nuestra propia versión de este y después implementarlo en un modelo de simulación para una red basada en el estándar IEEE 802.16 con arquitectura Mesh, utilizando el software OPNET (Optimum Network Performance Modeler) en su versión 14.5. Para el diseño de este usaremos algunos algoritmos de planificación como FIFO, Round Robin, etc.

## **Desglose de Metas en el desarrollo de la tesis.**

### **Metas: Trabajo de Investigación I**

Recopilación de la información referente a las redes WiMAX-Mesh para adquirir los conocimientos previos al desarrollo de esta investigación. Comparar los algoritmos existentes y realizar nuestra propuesta de diseño del Algoritmo centralizado. Iniciar la implementación del algoritmo en el modelo de simulación para redes WiMAX-Mesh. Redacción de la tesis.

### **Metas: Trabajo de Investigación II**

Continuación del modelo de simulación de algoritmos centralizados para redes WiMAX Mesh. Iniciar el análisis de resultados Obtenidos y evaluación de los mismos. Redacción de la tesis.

### **Metas: Trabajo de Investigación III**

Finalizar el análisis de resultados Obtenidos. Redacción de la tesis.

## **Índice desglosado.**

### 1.- Introducción

- 1.1.- Antecedentes
- 1.2.- Definición del problema
- 1.3.- Objetivos
- 1.4.- Metodología
- 1.5.- Contribución y relevancia
- 1.6.- Estructura de la tesis

### 2.- Trabajos Relacionados

- 2.1.- Publicaciones “SA”
- 2.2.- Publicaciones “CSA”
- 2.3.- Protocolo IEEE 802.16 con arquitectura Mesh
- 2.4.- Entorno de operación del protocolo IEEE 802.16
  - 2.4.1.- Capa Física
  - 2.4.2.- Capa MAC
- 2.5.- Topologías WiMAX
  - 2.5.1.- PMP
  - 2.5.2.- Mesh
- 2.6.- Arquitectura Mesh en redes WiMAX
- 2.7.- Operación de topología Mesh
- 2.8.- Capa MAC
  - 2.8.1.- Mensajes de control MAC
  - 2.8.2.- Mensajes de control MSH-NCFG (configuración de red)
  - 2.8.3.- Network Entry
  - 2.8.4.- Modo de sincronización Mesh
  - 2.8.5.- Esquemas de planeación de tiempo

### 3.- Diseño e implementación del modelo de simulación para redes Mesh

- 3.1.- Introducción
- 3.2.- Análisis y diseño
- 3.3.- Capa Física

- 3.4.- Capa MAC
  - 3.4.1.- Diagramas de flujo
  - 3.4.2.- Capa MAC para estación base
  - 3.4.3.- Capa MAC para estación suscriptora
- 3.5.- Tiempos de sincronización
  - 3.5.1.- Algoritmo de selección

- 4.- Resultados del análisis y estudio del comportamiento del estándar IEEE 802.16 con topología Mesh
  - 4.1.- Introducción
  - 4.2.- Escenario de simulación
  - 4.3.- Comportamiento centralizado en redes IEEE 802.16 con arquitectura Mesh
    - 4.3.1.- Análisis de tiempos en la simulación del programa en C++
    - 4.3.2.- Análisis del modelo en OPNET
    - 4.3.3.- XmtHoldoffExponent, XmtTimeMx

## 5.- Conclusiones

## **Bibliografía.**

- [1] Jeffrey G. Andrews; Arunabha Ghosh; Rias Muhamed. **Fundamentals of WiMAX.** Understanding Broadband Wireless Networking. Prentice Hall. 2007.
- [2] Nuaymi Loutfi. **WiMAX Technology for Broadband Wireless Access.** Wiley. 2007.
- [3] IEEE Std **802.16TM-2004.** "Part 16: Air interface for fixed Broadband Wireless Access System". The Institute of Electrical and Electronic Engineers. 1 October 2004.
- [4] Harish Sthetiya, Vinod Sharma. **Algorithms for Routing and Centralized Scheduling in IEEE 802.16 Mesh Networks.** Indian Institute of Science. Bangalore, India. ACM 2005.

Ciudad Universitaria a 3 de Diciembre de 2008.

---

Rosa Patricia Ramirez Juarez  
Tesisista

---

Dr. Víctor Rancel Licea  
Director de Tesis  
Facultad de Ingeniería  
Edificio Valdez Vallejo 3er. Piso.  
Anexo de Ingeniería.  
victor@fi-b.unam.mx  
56223142