

Estudio del comportamiento de una red Ad-Hoc MANET metropolitana basado en los protocolos de enrutamiento

Mario Garzón, Román Lara y Gonzalo Olmedo

Resumen— En el presente artículo se determina el comportamiento de una red de área metropolitana bajo el estándar IEEE 802.16 tanto para nodos fijos como móviles, utilizando NCTUns, considerando el comportamiento de los protocolos de enrutamiento. Mostrando en los resultados las velocidades de transmisión que se pueden obtener en redes Mesh y la distancia máxima a la cual pueden encontrarse los nodos y la estación radio base.

Palabras clave— IEEE 802.16, Redes de acceso metropolitano, Throughput.

I. INTRODUCCIÓN

LA popularización de las redes de área local inalámbricas y su posible interconexión han permitido la creación potencial de redes inalámbricas, incluso móviles, con un ancho de banda de hasta 28 MHz para amplias zonas urbanas, dando lugar a redes de áreas metropolitanas.

Las redes de área metropolitana se encuentran basadas en tecnologías WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), un estándar de comunicación inalámbrico de acuerdo a la norma IEEE 802.16.

WiMAX es un protocolo parecido a *Wi-Fi*, pero con características mayores con respecto a la cobertura y ancho de banda [2]. Los entornos de aplicación y uso de esta tecnología los podemos citar: conectividad a Internet en zonas de fuerte dispersión de población, zonas rurales, cobertura de zonas más extensas, proporcionando un ahorro en los costos de infraestructura y tiempo, factibilidad de servicios avanzados de *VoIP* y video, zonas urbanas, entre otras [3].

La necesidad de conocer la existe de factibilidad de las redes metropolitanas, se ha procedido a simularlas, con la finalidad de obtener su tasa de transmisión y las distancia máxima a la cual se puede ubicar los nodos y la radio base.

Conociendo las características del estándar IEEE 802.16, se crearon diferentes ambientes de simulación con el objetivo de obtener resultados del comportamiento que se dará en cada uno de los

ambientes.

En el presente artículo el contenido ha sido organizado: en la Sección 2. El Estándar IEEE 802.16, en la Sección 3. Escenarios de Simulación, en la Sección 4 Análisis de resultados y finalmente en la Sección 5 Las conclusiones obtenidas de las simulaciones.

II. ESTÁNDAR IEEE 802.16

El estándar IEEE 802.16 hace referencia a un sistema BWA (*Broadband Wireless Access*), con una alta tasa de transmisión de datos y alcance de hasta 50 km, en un sistema escalable, trabajando en las bandas del espectro licenciadas y no licenciado [4]. El mismo que presenta una garantizada calidad de servicio en audio y video así como en servicios diferenciados, *E1/T1 best-effort* [5].

El estándar IEEE 802.16, ha sufrido cambios los cuales son detallados en las Tablas I y II. Para el presente trabajo fue utilizado el estándar IEEE 802.16d o también conocido como IEEE 802.16-2004.

III. ESCENARIOS

Las topologías de las simulaciones esta constituidas por radio base y nodos, a las radios base y los nodos se los representa con se muestra en la Figura 1.

Las simulaciones fueron realizadas en NCTUns 5.0, con un modelo de propagación teórico "*TwoRayGround*", en escenarios para simular ambientes de *Downlink*, *Uplink*, *Mesh*.; permitiendo obtener la tasa real de transmisión, considerando una frecuencia de 5,4 GHz, sensibilidad de trasmisor de -130 dbm, potencia del transmisor de 37 dbm y tráfico CBR.

La radio base presenta la estructura descrita en Figura 2. La estación suscriptora consta con una estructura casi similar a la que presenta el radio base, como se puede observar en la Figura 3.

Las simulaciones fueron realizadas con un tiempo máximo de 300 segundos, permitido obtener la transmisión de información entre la radio base y los usuarios o entre usuarios. En las simulaciones de *downlink* y *uplink*, es considerada una red *Mesh* 4x4, separados a una distancia entre nodos fijos de 200 m. La topología utilizada se la presenta en las figuras 4 y 5, en las cuales se puede observar que la radio base en el primer caso se encuentra fuera de la red y en el segundo caso se encuentra formando parte de la red, manteniendo fijos los nodos durante toda la simulación.

Mario Garzón, Román Lara y Gonzalo Olmedo, Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, Departamento de Electrónica y Electrónica, Escuela Politécnica del Ejército, ESPE, Sangolquí, Ecuador, E-mails: rlara@espe.edu.ec, golmedo@espe.edu.ec.

La figura 6, representa una topología de red *Mesh* con nodos móviles, los datos son enviados desde la radio base a los nodos destino utilizando nodos intermedios los mismos que permitirán la comunicación hacia el nodo destino.

La topología representada en la figura 7, nos permite observar las distancias máximas a la cual se encuentra los nodos para que exista una comunicación y transmisión de datos.

Los resultados en las simulaciones son la tasa real de trasmisión a los nodos destinos, obteniéndose las respectivas gráficas para ser analizadas.

TABLA I
HISTORIA DEL ESTÁNDAR IEEE 802.16

Estándar	Fecha	Características
IEEE802.16	Dic. 2001	Definición de Funcionalidades Básicas en la banda 10-66 GHz
IEEE802.16c	2002	Definición de perfiles en la banda 10-66 GHz
IEEE802.16a	Ene. 2003	Extensión de la banda a 2-10 GHz Mayor capacidad OFDM
IEEE802.16-2004	2004	Compendio de las anteriores y corrección de errores. Perfiles Adicionales
IEEE802.16e	2005	Movilidad

TABLA II
CARACTERÍSTICAS DEL ESTÁNDAR 802.16

	802.16	802.16a	802.16e
Espectro	10 – 66 GHz	< 11 GHz	<6 GHz
Funcionamiento	Línea de vista	Sin línea de vista (NLOS)	Línea de vista (NLOS)
Tasa de Bit	32 – 134 Mbits/s con canales de 28 MHz	Hasta 75 Mbit/s con canales de 20 MHz	Hasta 15 Mbit/s con canales de 5 Mhz
Modulación	QPSK, 16QAM y 64 QAM	OFDM con 256 subportadoras, QPSK, 16 QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM y 64 QAM
Movilidad	Sistema fijo	Sistema fijo	Movilidad pedestre
Ancho de banda	20, 25 y 28 MHz	Seleccionable entre 1, 25 y 20 MHz	Igual que 802.16a con los canales de subida para ahorrar potencia
Radio de celda típico	2 – 5 Km	5 - 10 Km (Alcance Máximo a unos 50 Km)	2 – 5 km



Fig. 1. a) Radio Base y b) Nodo

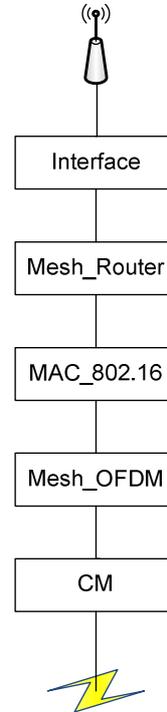


Fig. 2. Estructura Radio Base

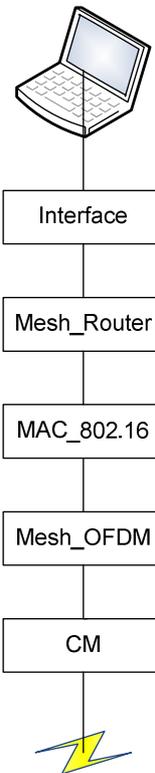


Fig. 3. Estructura Estación Suscriptor.

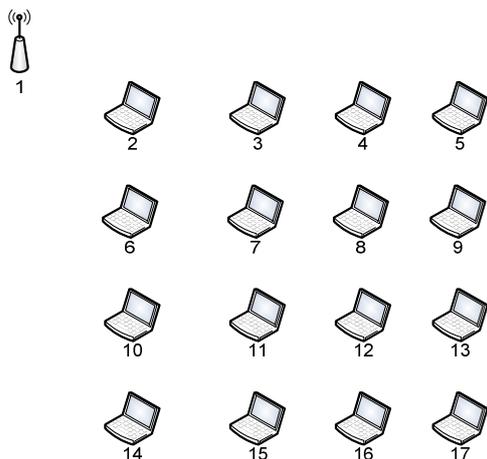


Fig. 4. Red Mesh 4x4 radio base fuera de la red

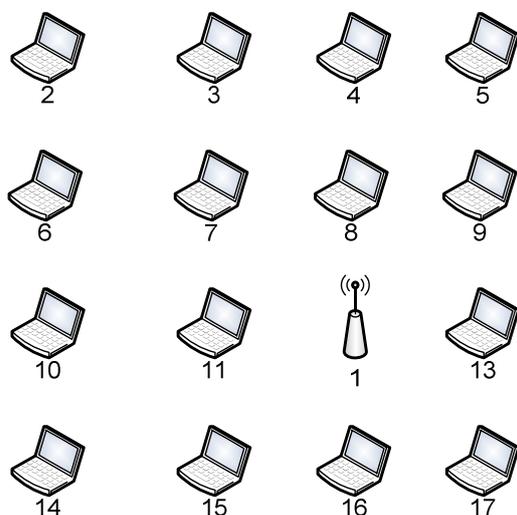


Fig. 5. Red Mesh 4x4 radio base fuera de red.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de resultados se lo ha realizado a partir de la obtención de *Throughput* en los diferentes escenarios.

El *Throughput*, es el volumen de información que se transmite de un lugar a otro en las redes de datos en un determinado período de tiempo. Los resultados obtenidos considerando una red *Mesh* 4x4 de tipo *downlink*, con su radio base externa transmitiendo a una sola estación suscriptora, se obtiene la Figura 8, en la cual se muestra un *Throughput* promedio de 550 kbytes/s, siendo casi constante en todo el intervalo de simulación.

En el caso de una red *Mesh* con una estación base incluida en la red, y transmitiendo hacia dos estaciones nodos, se muestra los resultados obtenidos sobre el nodo 2 y el nodo 10 en las figuras: Figura 9 y Figura 10, respectivamente, en cuyas gráficas se observa que su *Throughput* promedio en este topología de 560 kbytes/s, presentan en uno de los nodos una *Throughput* menor en cuatro intervalos de tiempo, mientras que en el otro se

observo que se mantiene constante durante toda la simulación. Esto se por un exceso de tráfico presente sobre la red.

En una red *Mesh* con transmisión simultánea hacia dos nodos y a una distancia máxima de 490m entre los nodos, se muestran los resultados obtenidos sobre el nodo 6 y el nodo 7, en la Figura 11 y Figura 12, respectivamente, en las cuales se observo que el *Throughput*, no presenta un valor constante, observándose que varía entre 70 y 600 kbytes/s, determinándose que afecta el número de nodos que esta conectados a un mismo nodo intermedio.

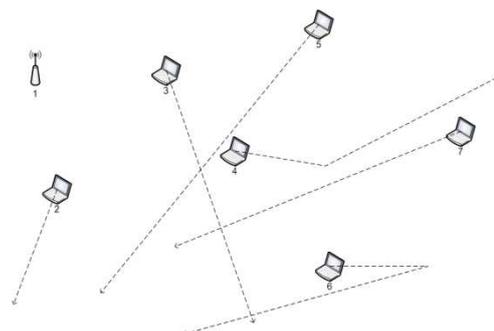


Fig. 6. Red Mesh, nodos con movimiento aleatorio

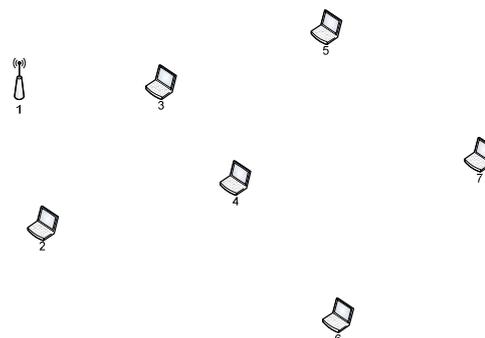


Fig. 7. Red Mesh, con los nodos ubicados a la máxima distancia de conexión.

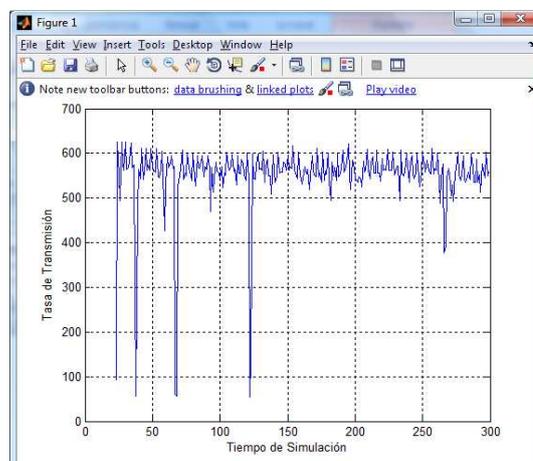


Fig. 8. Throughput de Downlink

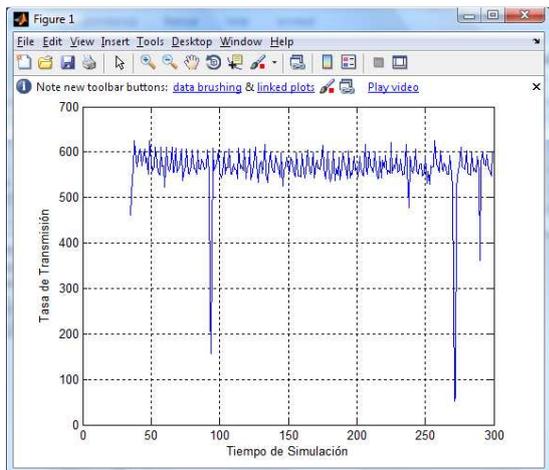


Fig. 9. Throughput del Nodo 2

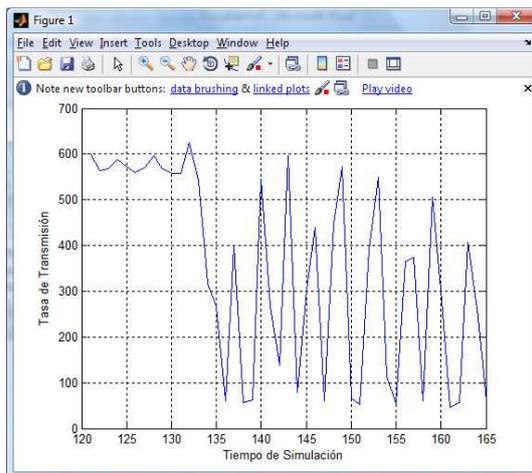


Fig. 12. Throughput delNodo 7

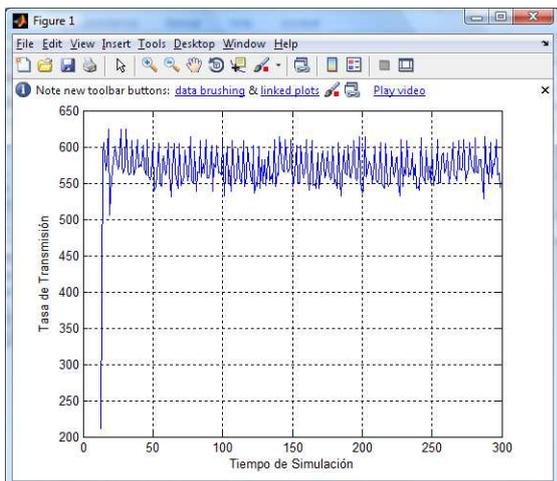


Fig. 10. Throughput del Nodo 16

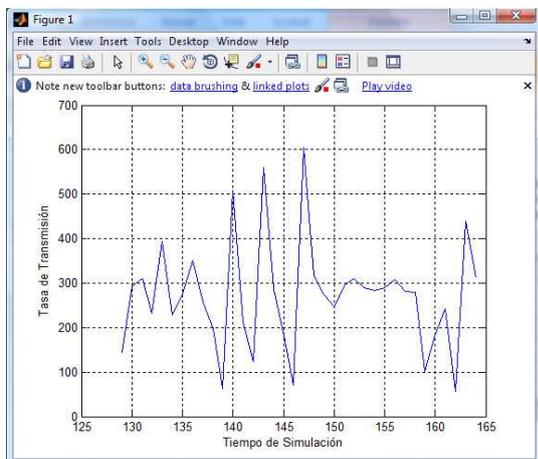


Fig. 11. Throughput del Nodo 6

V. CONCLUSIONES

Analizados los resultados de la simulación en forma global en función del valor medio se obtuvieron las siguientes conclusiones:

La tasa de transmisión de 70 Mbps, no es posible alcanzar, debido a que a una distancia de 200m la tasa de transmisión máxima que se alcanzó es de 6,5Mbps.

La mayor distancia que debe existir entre los nodos no deberá superar los 490m al superar esta distancia no existe conexión entre los nodos que forman parte de la red Mesh sin poder transmitir la información.

En una transmisión simultánea existe momentos en los cuales uno de los nodos se quedara sin información debido al tráfico que se encuentra presente en la red.

En las redes Meshen la cual se conectan más de un usuario a un mismo nodo, presenta Throughput, no constante, observándose que varía entre 70 y 600 kbytes por segundo.

REFERENCIAS

- [6] Robles Gregorio, Wireless MAN Una solución bottom-up de conectividad inalámbrica, 2002.
- [7] CreativeCommons, WiMAX - 802.16 - Interoperabilidad mundial para acceso por micro, 2008
- [8] CimadevilaLage Enrique, Wireless MAN. 802.16: El eslabón perdido en la evolución inalámbrica, 2004
- [9] Radioptica, Tabla resumen de características del estándar 802.16 (WiMAX), 2009
- [10] Baonza Clara, WiMax, alternativa de última milla, 2005
- [11] SimóReigadas Francisco Javier, WiMAX / IEEE 802.16 - WMAN y WRAN, 2008.