



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

Análisis comparativo del rendimiento y retardo entre protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos en una MANET

AUTOR:

Vásquez Rivera, Miguel Angel

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de
MAGÍSTER EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

Palacios Meléndez, Edwin Fernando

Guayaquil, Ecuador

Guayaquil, a los 21 días del mes de agosto del año 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el **Magíster Vásquez Rivera, Miguel Angel** como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **MAGÍSTER EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

Palacios Meléndez, Edwin Fernando

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Romero Paz, Manuel de Jesús

Guayaquil, a los 21 días del mes de agosto del año 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Vásquez Rivera, Miguel Angel

DECLARÓ QUE:

El Trabajo de Titulación "**Análisis comparativo del rendimiento y retardo entre protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos en una MANET**", previa a la obtención del grado Académico de **Magíster en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación del Grado Académico en mención.

Guayaquil, a los 21 días del mes de agosto del año 2017

EL AUTOR

Vásquez Rivera, Miguel Angel



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, Vásquez Rivera, Miguel Angel

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación de Maestría titulada: **“Análisis comparativo del rendimiento y retardo entre protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos en una MANET”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 21 días del mes de agosto del año 2017

EL AUTOR

Vásquez Rivera, Miguel Angel

REPORTE DE URKUND

URKUND

Documento	Vásquez Miguel Final.docx (D29511460)
Presentado	2017-06-27 22:46 (-05:00)
Presentado por	fernandopm23@hotmail.com
Recibido	edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje	Revisión Urkund Migue Angel Vásquez Rivera Mostrar el mensaje completo 1% de estas 22 páginas, se componen de texto presente en 2 fuentes.

Lista de fuentes		Bloques
+	Categoría	Enlace/nombre de archivo
+	> ■	http://docplayer.es/36323033-Uni... <input type="checkbox"/>
+	■	Cambindo Carranza avance.doc <input type="checkbox"/>
+		https://doi.org/10.1049/cp.2012.2... <input checked="" type="checkbox"/>
+		https://doi.org/10.5755/j01.eee.19... <input checked="" type="checkbox"/>
+		https://doi.org/10.1109/PDGC.201... <input type="checkbox"/>

Reiniciar Exportar Compartir

0 Advertencias

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE
GUAYAQUIL SISTEMA DE POSGRADO MAESTRÍA EN
TELECOMUNICACIONES

TEMA: Análisis comparativo del rendimiento y
retardo entre protocolos de enrutamiento
reactivos y proactivos en una MANET

AUTOR: Vásquez Rivera, Miguel Angel

Trabajo de Titulación previo a la obtención del
Grado Académico de Magíster en
Telecomunicaciones

TUTOR: Palacios Meléndez, Edwin Fernando

Guayaquil, Ecuador

22 de Junio del 2017

Dedicatoria

A Dios mi creador, quien me guía y hace todo posible en mi vida.

A mis padres Mariana y Segundo, por el amor, y su dedicación a mi formación humana.

A mi esposa Paola y mi hijo Paulo, por ser el incentivo para lograr cada meta en mi vida.

Agradecimientos

Al Ing. Edwin Palacios, por la ayuda prestada en la realización de esta tesis y a cada uno de los profesionales que aportaron con su tiempo y conocimientos.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO

TUTOR

f. _____

CORDOVA RIVADENEIRA, LUIS SILVIO

REVISOR

f. _____

RUILOVA AGUIRRE, MARIA LUZMILA

REVISOR

f. _____

ROMERO PAZ MANUEL DE JESÚS

DIRECTOR DEL PROGRAMA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
Resumen	XIII
Abstract.....	XIV
Capítulo 1: Generalidades del proyecto de grado.....	15
1.1. Introducción.....	15
1.2. Antecedentes.....	16
1.3. Definición del problema	17
1.4. Objetivos.....	17
1.5. Hipótesis.....	18
1.6. Metodología de investigación.....	18
Capítulo 2: Fundamentos Teóricos.....	19
2.1. Introducción a redes inalámbricas.....	19
2.1.1. Red centralizada.....	19
2.1.2. Redes no centralizadas.....	20
2.2. Tecnologías de redes inalámbricas.....	22
2.3. Estándares IEEE 802.11.....	23
2.3.1. Estándar 802.11b	23
2.3.2. Estándar 802.11a.....	24
2.3.3. Estándar 802.11g	25
2.4. Ventajas de una red inalámbrica.....	25
2.4.1. Movilidad	26
2.4.2. Flexibilidad	27
2.4.3. Escalabilidad	27
2.4.4. Comodidad.....	27
2.5. Inconvenientes en redes inalámbricas.....	27
2.5.1. Medio poco fiable.....	28

2.5.2.	Seguridad.....	28
2.5.3.	Área de cobertura limitada.	29
2.5.4.	Afectaciones a la salud.....	29
2.5.5.	Costos	29
2.6.	Redes MANETs.....	30
2.7.	Características de una MANET.	33
2.8.	Beneficios de la MANET.....	34
2.9.	Los problemas de la MANET.....	37
Capítulo 3: Diseño y Análisis.		41
3.1.	Descripción del modelado de una MANET.....	41
3.2.	Parámetros de mediciones de rendimiento.	42
3.3.	Diseño del modelo de red de MANET.	43
3.3.1.	Escenarios de simulación para escalabilidad.	45
3.3.2.	Configuración de los parámetros de red.....	46
3.4.	Resultados obtenidos.	48
3.4.1.	Análisis de resultados del rendimiento de protocolos de enrutamiento para MANET.	49
3.4.2.	Análisis de resultados del retardo de protocolos de enrutamiento para MANET.	52
Conclusiones		57
Recomendaciones		58
Bibliografía		59

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2:

Figura 2. 1: Configuración típica de una red inalámbrica con el uso de un único punto de acceso.	20
Figura 2. 2: Arquitectura de una red ad-hoc.	21
Figura 2. 3: Conjunto de dispositivos conectados a una misma red MANET.	21
Figura 2. 4: Estándares de la familia 802.....	23
Figura 2. 5: Topología típica de una MANET.....	31
Figura 2. 6: El acceso a la red en una red MANET.....	39
Figura 2. 7: Modelo ISO-OSI.....	40

Capítulo 3:

Figura 3. 1: Diagrama de bloques del transmisor de una WiMAX.....	43
Figura 3. 2: Rendimiento de los protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos para MANETs pequeña.	50
Figura 3. 3: Rendimiento de los protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos para MANETs mediana.	51
Figura 3. 4: Rendimiento de los protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos para MANETs grande.....	51
Figura 3. 5: Retardo promedio de los protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos para MANETs pequeñas.	53
Figura 3. 6: Retardo promedio de los protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos para MANETs medianas.....	54
Figura 3. 7: Retardo promedio de los protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos para MANETs grandes.	55

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 2:

Tabla 2. 1: Propiedades relevantes en redes inalámbricas.....	22
Tabla 2. 2: Comparación característica de IEEE 802.11.....	25

Resumen

El presente trabajo consiste en modelar una red ad-hoc móvil conocida como MANET mediante escenarios de tamaños de nodos utilizando protocolos de enrutamiento reactivos y proactivo que permita evidenciar cual protocolo es el más apropiado en rendimiento y retardo en la transmisión de paquetes. Inicialmente se describió las generalidades del trabajo, tales como, introducción, antecedentes, definición del problema, objetivos, hipótesis y metodología de investigación. Posteriormente, se realizó la descripción de la fundamentación teórica de las redes ad-hoc móviles. Finalmente, se realiza el modelado de una MANET utilizando cuatro protocolos de enrutamiento, tres reactivos (DSR, TORA y AODV) y uno proactivo (OLSR) utilizando OpnetModeler. Los protocolos de enrutamiento fueron evaluados por su rendimiento y retardo en la transmisión de paquetes. Para la evaluación del modelado de una MANET se crearon tres escenarios de red, que no es más que la variación de 30, 60 y 100 nodos. El protocolo OLSR fue el más eficiente en rendimiento y retardo en una red ad-hoc móvil.

Palabras claves: RED, AD-HOC, MANET, TORA, AODV, OLSR.

Abstract

The present work consists of modeling a mobile ad-hoc network known as MANET through node-size scenarios using reactive and proactive routing protocols that allows to demonstrate which protocol is the most appropriate in packet transmission performance and delay. Initially, the generalities of the work were described, such as introduction, background, problem definition, objectives, hypotheses and research methodology. Subsequently, the description of the theoretical foundation of mobile ad-hoc networks was made. Finally, the modeling of a MANET is done using four routing protocols, three reactants (DSR, TORA and AODV) and one proactive (OLSR) using Opnet Modeler. The routing protocols were evaluated for their performance and delay in packet transmission. For the evaluation of the modeling of a MANET, three network scenarios were created, which is nothing more than the variation of 30, 60 and 100 nodes. The OLSR protocol was the most efficient in performance and delay in a mobile ad-hoc network.

Keywords: RED, AD-HOC, MANET, TORA, AODV, OLSR.

Capítulo 1: Generalidades del proyecto de grado.

1.1. Introducción.

Las redes inalámbricas siguen siendo de gran importancia en la transmisión de datos. Según Pandit & Niyati, (2013) una MANET (Mobile Ad-hoc NETWORK) es una red de dispositivos móviles auto-configurables que se conectan a través de enlaces inalámbricos. De manera similar, los autores Patel, Patel, Patel, & Patel, (2017) una MANET es una red de dispositivos móviles conectados sin cables, que se configuran de forma continua y sin infraestructuras. Cada dispositivo en un MANET es libre de moverse independientemente en cualquier dirección, y, por lo tanto, cambiará sus enlaces a otros dispositivos con frecuencia. Cada uno debe reenviar el tráfico no relacionado con su propio uso, y por lo tanto ser un enrutador.

Para Kaur & Singh, (2015) MANET es una red de sin infraestructura que tiene un conjunto autónomo de nodos móviles que se comunican entre sí para intercambiar información. A través de la conexión inalámbrica, estos nodos móviles como enrutadores pueden constituir cualquier topología de red que puede trabajar de forma independiente y también puede conectarse a Internet o la red inalámbrica celular. (Fu & Liu, 2013)

La topología de MANET sigue cambiando debido a la movilidad de los nodos, es decir, que son redes menos seguras, por lo que para superar las amenazas es necesario aplicar algunas tecnologías de seguridad a la red. En una red ad-hoc, todos los nodos pueden no estar dentro del rango de transmisión entre sí, por lo que los nodos están obligados a reenviar el tráfico de red en nombre de otros nodos. Por ejemplo, podemos considerar un escenario sencillo, dos nodos, un nodo de origen (S) envía datos al nodo destino (D), que está a tres saltos de distancia, el tráfico de datos llegará a su destino. El proceso de reenvío de tráfico de red desde origen hasta destino se denomina enrutamiento.

El enrutamiento en MANETs se realiza mediante protocolos de enrutamiento. El enrutamiento se utiliza para transmitir paquetes de origen a destino en una red. Los protocolos de enrutamiento se clasifican en:

- a) Proactivos: controlado por tablas.
- b) Reactivos: bajo demanda.
- c) Híbridos: tanto proactivo como reactivo.

1.2. Antecedentes.

Existen diferentes trabajos en donde se realizan modelados de las redes MANETs aplicando diferentes protocolos de enrutamiento. En el artículo publicado por Coya R., Ledesma Q., Talia, & Baluja G., (2014) describen y realizan un análisis de los protocolos de enrutamiento aplicables en redes MANETs con determinados escenarios de simulación con una serie parámetros de las métricas y ver cuál muestra el mejor resultado.

Otro artículo interesante, es de los autores López Sarmiento, Salcedo Parra, & Rivas Trujillo, (2014) que evalúan el desempeño de los protocolos de enrutamiento AODV, DSR y DSDV en redes inalámbricas malladas considerando métricas de entrega de paquetes, retardos y carga de enrutamiento, dando como mejor resultado el enrutamiento de fuente dinámico (DSR).

En el artículo publicado por los autores Ashraf, ud-Din, Sofi, Ayub, & Mir, (2012) se analizaron protocolos basados en el enfoque de control de transmisión y el enfoque de distribución de carga. Al final realizan una propuesta de un nuevo protocolo, que es una versión modificada del protocolo DSR que permite incrementar el tiempo de vida de una MANET.

Sharma & Kumar, (2016) en su trabajo indican que una red MANET atrae a muchos investigadores debido a su movilidad, confiabilidad,

infraestructura dinámica e independiente. Este artículo evalúa la comparación realista de protocolos de enrutamiento (OLSR, DSDV, DSR, AODV y TORA) MANETs sobre métricas de rendimiento simulados a través de la plataforma NS-2. Lo cual demostraron que los protocolos de enrutamiento reactivos funcionan correctamente en los retardos y rendimiento promedio.

1.3. Definición del problema

Durante la búsqueda de información relevante al modelamiento de redes MANETs, se pudo constatar la importancia de evaluar protocolos de enrutamiento. Muchos trabajos investigativos dan soporte al presente trabajo de titulación. De acuerdo a esto, surge la necesidad de modelar una red ad-hoc móvil (MANET) y analizar el comportamiento del rendimiento y retardo promedio entre algunos protocolos de enrutamiento reactivos y proactivo utilizando la plataforma de simulación OpnetModeler.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General:

Realizar un análisis comparativo del rendimiento y retardo promedio entre protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos en una red MANET sobre la plataforma de simulación Opnet Modeler.

1.4.2. Objetivos específicos:

- ✓ Fundamentar las bases teóricas de las redes ad-hoc móviles.
- ✓ Diseñar el modelo de red MANET utilizando diferentes escenarios de simulación en relación a los protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos.
- ✓ Analizar los resultados obtenidos del rendimiento y retardo promedio entre los escenarios de simulación propuestos utilizando la plataforma OpnetModeler.

1.5. Hipótesis

A través del modelado de una red MANET se pretende demostrar la funcionalidad de los protocolos de enrutamiento en diferentes escenarios que permitirá verificar cuál protocolo tiene el mejor rendimiento promedio y el de menor retardo extremo a extremo durante la transferencia de datos.

1.6. Metodología de investigación.

Los científicos utilizan diferentes métodos de investigación en diferentes circunstancias. Estos métodos incluyen (sin orden particular) pruebas, identificación y clasificación, modelado, búsqueda de patrones e investigación. La investigación ha demostrado que la enseñanza de la ciencia está dominada por pruebas auténticas. Los principios de las pruebas auténticas son importantes, pero no siempre permiten a los estudiantes comprender ideas o conceptos, responder a sus preguntas o entender cómo funcionan los científicos y la naturaleza de la ciencia.

Las pruebas auténticas encuentran relaciones entre factores (variables). Se cambia una sola variable y se mantienen las mismas variables. Se dice que cualquier diferencia es el resultado de la variable cambiada. Este método se adapta más fácilmente a las investigaciones tecnológicas. Las pruebas son particularmente adecuadas para las investigaciones que registran mediciones. Este método no funcionará bien cuando las investigaciones:

- Necesitan hacerse en el campo
- Están monitoreando el cambio con el tiempo
- Necesidad de examinar todo un sistema, no sólo partes aisladas.

Capítulo 2: Fundamentos Teóricos.

2.1. Introducción a redes inalámbricas.

Una red inalámbrica es una red que permite la comunicación con otros equipos si la conexión depende de un cable físico. El sistema de comunicación de datos se basa principalmente en las transmisiones de radio. Se utilizan señales de radio de alta frecuencia o rayos de luz infrarroja para comunicarse con el equipo conectado a la red.

Una red inalámbrica puede desarrollarse como:

- extensión de una red cableada, llamado cable (red centralizada);
- una red que puede ser creada sobre la marcha, llamado (la red no centralizado) ad-hoc.

2.1.1. Red centralizada.

En el primer caso hablamos de una red de infraestructura, esta red se basa en la infraestructura que permiten a los nodos móviles para interconectar, por ejemplo, con otra LAN. La pieza central de una red de infraestructura es el punto de acceso (AP). Un AP es un dispositivo de comunicación inalámbrica de un solo propósito que proporciona un enlace (un puente) entre el equipo predispuesto para la funcionalidad inalámbrica y una red cableada.

La tarea de un punto de acceso es el de proporcionar acceso a los dos dispositivos inalámbricos a Internet tanto a los servicios de la red local. Un AP gestiona la red, que posee un radio transmisor y la antena; el software de gestión de red, que reside en el punto de acceso, autentica a los usuarios, mantiene los recursos de seguridad y compartir en la red.

Como se muestra en la Figura 2.1, todos los dispositivos afectados se conectan a un único punto de acceso, que ofrecen a todos los dispositivos conectados a los mismos servicios.



Figura 2. 1: Configuración típica de una red inalámbrica con el uso de un único punto de acceso.

Fuente: (Gonzales Mendoza, 2015)

2.1.2. Redes no centralizadas.

En contraste con la red centralizada, hay una red ad-hoc comúnmente llamado MANET (Mobile Ad-hoc NETWORK). El significado del término ad-hoc reside en la capacidad de que los usuarios tienen una red preparada para su uso, versátil y fácil de configurar, donde no se necesitan puntos de acceso o hardware dedicado. Cada dispositivo es capaz de comunicarse con otros dispositivos dentro de su transmisión por radio gama, sin el uso de estaciones y routers (enrutadores). En la figura 2.2 se muestra una posible topología de una sola red MANET. La figura 2.3 muestra otra red MANET en la que hay tres conjuntos que indican cuál es el rango de transmisión. El alcance de transmisión no es más que la capacidad de un dispositivo que es capaz de identificar cuáles son sus dispositivos vecinos. Intuitivamente, se

podría decir que cada uno de los conjuntos de alguna manera pueden encontrar una subred MANET, pero esto sería erróneo.

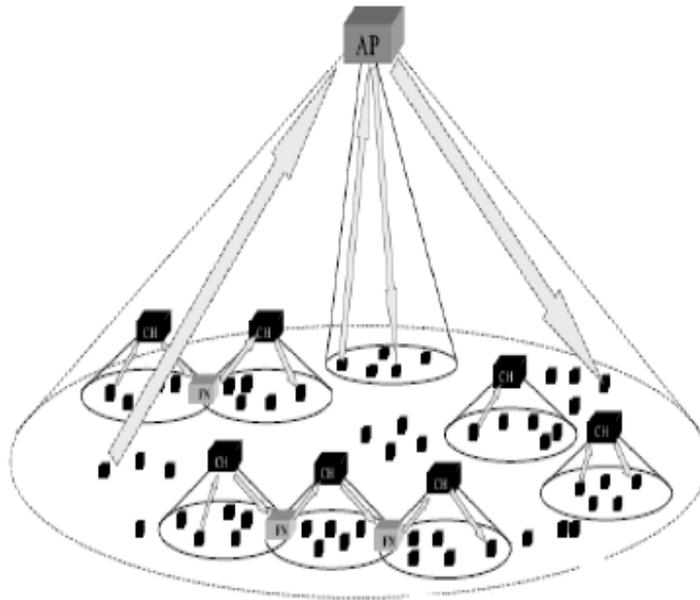


Figura 2. 2:Arquitectura de una red ad-hoc.
Fuente: (Kumar, Yadav, & Maurya, 2013)

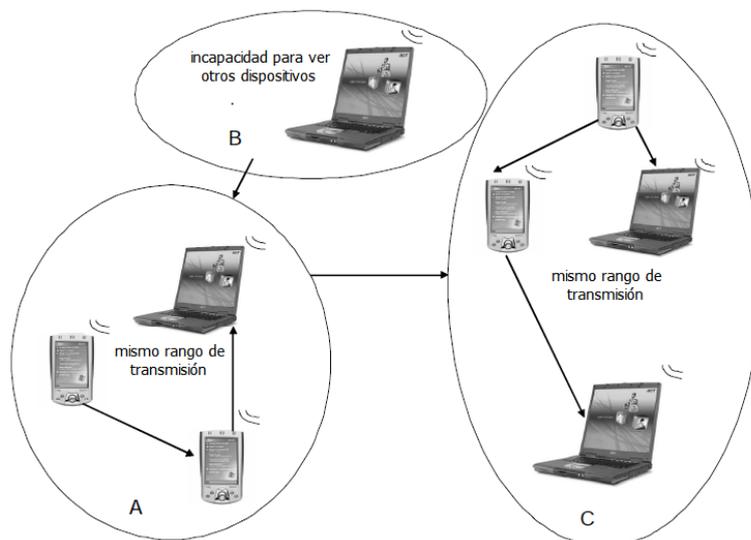


Figura 2. 3:Conjunto de dispositivos conectados a una misma red MANET.
Fuente: (Jamal, 2012)

De hecho, incluso si un dispositivo no es parte del intervalo o rango de transmisión de otro. Por ejemplo, el dispositivo de A (véase la figura 2.3) se puede comunicar tanto con los dispositivos de B, donde hay sólo un

elemento, tanto con los dispositivos de C, esto no excluye que la dos pueden comunicarse a través de lo que se conoce como el protocolo de enrutamiento. Estos protocolos de enrutamiento serán tratados en el modelado de red MANET usando la plataforma OpnetModeler 14.0 en el capítulo 3.

El modo de red ad-hoc, que se describirá con más detalle en la sección 2.2, por lo general se ha diseñado en casos de emergencia o desastres, en los que no es posible disponer de una infraestructura de comunicaciones fija. Precisamente debido a la ausencia de puntos de acceso, las redes ad-hoc permiten el procesamiento distribuido en contextos que pueden ser difícil para gestionar. A continuación, la tabla 2.1 muestra las propiedades más relevantes de las dos redes anteriormente mencionadas.

Tabla 2. 1:Propiedades relevantes en redes inalámbricas.

Tipo de redes	Rango de cobertura	Tipo de arquitectura
Red de Infraestructura	50-80 metros	Centralizada
Red Ad Hoc	50-100 metros	Descentralizada

Fuente:

2.2. Tecnologías de redes inalámbricas.

En la mayoría de los casos, las redes inalámbricas se construyen mediante la conexión de los transmisores de radio a dispositivos electrónicos (computadores, laptops, PDA, teléfonos inteligentes, tabletas), con el apoyo de un punto de acceso central para gestionar la red. A continuación, se describirá los estándares más comunes de las redes inalámbricas, en particular la figura 2.4 muestra el estándar 802. Tales estándares incluyen aquellos requisitos detallados para la capa o nivel físico y para la parte superior de la capa de enlace de datos, o el control de acceso al

medio (*Medium Access Control, MAC*) de acuerdo con la terminología introducida por las normas IEEE 802.

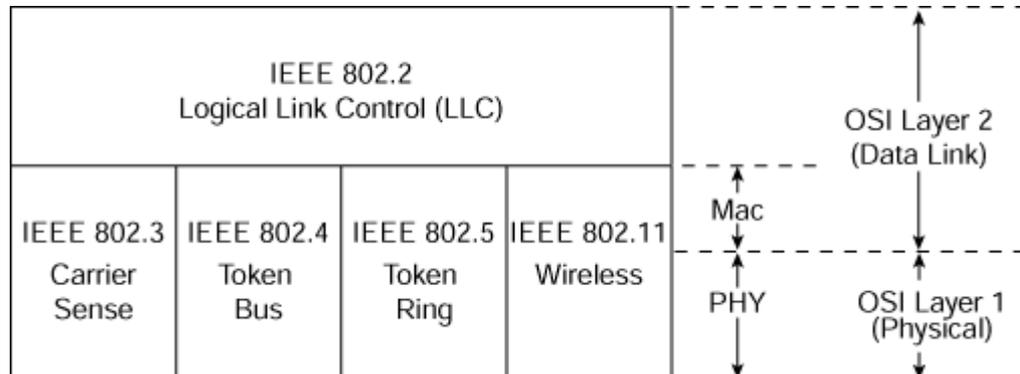


Figura 2. 4: Estándares de la familia 802.

Fuente: (Geier, 2001)

2.3. Estándares IEEE 802.11.

IEEE, conocido como Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, es una entidad u organismo de los Estados Unidos fundado en 1963, con sede en Nueva York que se encarga de definir los modelos de redes y métodos de acceso, desarrollan y aprueban las normas de una amplia gama de tecnologías. El estándar de red IEEE que lleva el número 802, mientras que las inalámbricas son un subconjunto, con el número 11.

La primera norma inalámbrica IEEE, aprobada en 1997, se llamaba simplemente IEEE 802.11; era un estándar de radio de 2.4 GHz con velocidad de datos hasta 2 Mbps. Una revisión de la velocidad de datos estándar de 11 Mbps, se llamaba 802.11 High Rate (alta velocidad) y para el año 1999, este estándar fue denominado 802.11b. Después, este estándar fue modificado como los estándares 802.11a y 802.11g.

2.3.1. Estándar 802.11b

El estándar 802.11b es una versión mejorada de la norma original 802. Las redes 802.11b funcionan con velocidades máxima de datos de 11 Mbps. Esta norma se conoce también como Wi-Fi. El estándar IEEE 802.11b soporta mecanismos para cifrar los datos entre CO y autenticar el nodo de

conexión con el nombre de privacidad equivalente por cable (*WiredEquivalentPrivacy, WEP*). WEP es un sistema de cifrado basado en una clave compartida para la seguridad contra la interceptación.

La clave secreta (secretkey) tiene longitud máxima de 40 bits vinculados a lo largo de un vector de inicialización de 24 bits; de este modo se obtiene una secuencia de 64 bits en total. Actualmente, se está utilizando un algoritmo de cifrado WEP de 128 bits a la criptografía algoritmo, donde cuenta con una clave de 104 bits con un vector de inicialización de 24 bits, lo que garantiza una mayor seguridad y fiabilidad.

En cuanto a la tecnología de red, el estándar 802.11b es muy lento en comparación con una ethernet convencional, es decir, redes cableadas. Sin embargo, 802.11b es el estándar de facto en el mundo de las redes inalámbricas. Esto se demuestra por el hecho de que algunos de los nuevos estándares son hoy diseñados para ser compatibles con redes 802.11b.

El éxito de IEEE 802.11b no sólo es para uso privado, sino también para la instalación de redes en lugares públicos, tal es así, que en muchos países se está procediendo a liberar aún más la banda de 2.4 GHz.

2.3.2. Estándar 802.11a.

Este estándar 802.11a también es conocido como Wi-Fi 5, fue aprobada poco después del estándar 802.11b. IEEE 802.11a opera en la banda de 5 GHz y con velocidad máxima de datos de 54 Mbps. Surgió como una respuesta a las necesidades del creciente número de usuarios domésticos; Permite hecho soportar varias señales simultáneamente, incluyendo también los de tipo audiovisual. Los productos de esta norma comenzaron a aparecer en 2002.

Todavía no está claro en qué medida se expandirá 802.11a, como cuando el estándar 802.11b tiene una mayor variedad de productos a precios muy accesibles, y también porque el estándar 802.11a no es compatible con el estándar 802.11b.

2.3.3. Estándar 802.11g

Para el año 2002 el Grupo de Trabajo aprobó el estándar de red IEEE 802.11g. La velocidad máxima de datos es 54 Mbps. Inclusive el estándar 802.11g opera en la frecuencia 2.4 GHz y es compatible con la antigua norma 802.11. Los estándares 802.11b y 802.11g pueden trabajar en conjunto, se cree que en un futuro próximo estos dos estándares serán adoptados tanto por los usuarios individuales de pequeñas empresas. En la tabla 2.2 se muestra las principales características de los estándares en discusión.

Tabla 2. 2: Comparación característica de IEEE 802.11.

Estándar	Frecuencia	Velocidad de datos	Rango de cobertura
IEEE802.11	2.4 GHz	1 a 2 Mbps	pocos metros
IEEE802.11b (Wi-Fi)	2.4 GHz	5.5 a 11/22 Mbps	50 a 100 metros
IEEE802.11a (Wi-Fi 5)	5 a 40 GHz	hasta 54 Mbps	20 a 40 metros
IEEE802.11g	2.4 GHz	hasta 54 Mbps	50 a 80 metros

Fuente: (Geier, 2001)

2.4. Ventajas de una red inalámbrica.

En general se puede decir que con el uso de una red inalámbrica ya no es necesario disponer de un módem o cables Ethernet u otros obstáculos a la libertad total de los usuarios tanto en sectores públicos (gubernamental)

como privados. El escenario típico es un campus universitario donde están instalados uno o más puntos de acceso (APs). En este caso es fácil entrar en el campo de la acción de uno de estos puntos de acceso, para conectar el ordenador a la red departamental. En esta área, la tecnología inalámbrica está orientado a proporcionar conectividad a una red LAN cableada existente.

En otras áreas, se pretende sustituir por completo el uso de cables, incluso para los lugares donde el cableado tradicional es demasiado caro o inconveniente de implementar. Es interesante observar cómo esta tecnología sigue tomando más y más terreno; de hecho, existen implementaciones de APs en la mayoría de aeropuertos y hospitales proporcionando acceso a Internet.

Las ventajas que ofrece la tecnología inalámbrica a través de redes tradicionales son:

- Movilidad.
- Flexibilidad.
- Comodidad.
- Escalabilidad.

2.4.1. Movilidad

La movilidad es una de los aspectos fundamentales de las redes inalámbricas; de hecho, permite una total libertad de movimiento donde quiera que esté, mediante la eliminación de todas las limitaciones relacionadas con una red cableada. Por ejemplo, si es con computadoras portátiles, o de escritorio, pueden acceder a la red sin necesidad de una conexión física. El usuario puede elegir para moverse libremente mientras permanece conectado a la red.

2.4.2. Flexibilidad

Una red inalámbrica es un sistema de comunicación flexible y puede ser implementada. Las redes inalámbricas llegan a transmitir datos donde otras redes fallan. Las redes inalámbricas permiten colocar una computadora de escritorio, donde un cable podría llegar.

2.4.3. Escalabilidad

Las redes inalámbricas son inherentemente escalables; es posible crear en primer lugar con unos terminales y, posteriormente, comprar nuevos dispositivos y conectarlos. La escalabilidad es un factor muy importante desde un punto de vista económico, ya que la red inalámbrica puede crecer en tamaño y potencia con las crecientes necesidades de los usuarios. En algunos edificios, el cableado tradicional es difícil y costoso. Por ejemplo, las empresas que construyen edificios de varias plantas pueden ahorrar costos considerablemente mediante la adopción de conexión inalámbrica.

2.4.4. Comodidad.

La comodidad de utilizar una red inalámbrica dentro de una pequeña empresa, un aeropuerto, una universidad, es que pueden compartir de forma inalámbrica una única conexión a Internet, lo que lleva a un ahorro considerable de recursos.

2.5. Inconvenientes en redes inalámbricas.

El uso de las redes inalámbricas en comparación con las redes cableadas, en la actualidad padecende algunos problemas importantes que son:

- Medio poco fiable.
- Seguridad.
- Área de cobertura limitada.
- Afectaciones a la salud.
- Costos.

2.5.1. Medio poco fiable.

La fiabilidad inherente del medio de transmisión se refleja en numerosos aspectos de la aplicación y con una serie de limitaciones relacionadas tanto con el rango de uso y tanto a la velocidad de transmisión. Si opta por utilizar una red inalámbrica, tiene que ser muy cuidadoso en la que desea colocar, ya que puede no ser áreas deseables con alto ruido electromagnético.

Por otra parte, cualquiera que sea el entorno elegido, no es posible que la radiodifusión terrestre sea inmune a la interferencia, lo que, como se sabe, tiene un impacto crítico en la transmisión de datos. Los sistemas inalámbricos de hoy en día sufren más interferencias. Las interferencias que pueden someterse en la adopción de una WLAN, son múltiples, tales como ondas electromagnéticas o microondas. Precisamente en la banda de 2.4 GHz (véase la tabla 2.2), es el mismo que se utiliza en el estándar 802.11, 802.11b y 802.11g.

2.5.2. Seguridad

El problema más grave de una red inalámbrica es la seguridad de datos. Los primeros modelos de puntos de acceso no tenían ningún tipo de seguridad, sino que simplemente requieren un nombre de usuario y contraseña; los datos viajan libremente y cualquier persona podía leerlos, teniendo acceso garantizado a la red de datos. Con modelos de APs posteriores se han aplicado diferentes tipos de encriptaciones más o menos eficaces (actualmente la más extendida es la WEP de 128 bits, mientras que las versiones de 256 bits tienen dificultades para salir en el mercado).

Estas formas de seguridad aún no son suficientes para garantizar plenamente la seguridad de la red. Otra desventaja es que, con respecto a la ralentización de las conexiones de red, debido a las claves de cifrado durante el acceso entre un punto de acceso y el cliente. Si se utiliza el

método de cifrado de clave pública el problema se reduce en gran medida, también si se utiliza una clave de seguridad única la red de datos está de nuevo en peligro electrónico. La seguridad de conexión también se debilita por la relativa juventud del protocolo y de los errores que pueden estar contenidos dentro de él.

2.5.3. Área de cobertura limitada.

En cuanto al problema de la cobertura, las redes inalámbricas pueden trabajar hasta 150 m. No se puede transmitir a distancias mayores, también porque se desea mantener la potencia baja. En otras palabras, se deduce que existe un límite a la extensión de una red inalámbrica, que en parte determina la topología de la red. De hecho, se da que la velocidad de transmisión es inversamente proporcional a la distancia, para transmisiones de alta velocidad (802.11a alcanza 54Mbps) no puede exceder de unas pocas decenas de metros.

2.5.4. Afectaciones a la salud.

Aunque todavía no hay evidencia certera y definitiva sobre la peligrosidad de las ondas electromagnéticas o no, todavía se puede mencionar, sin embargo, que el uso de una red inalámbrica (acceso más propiamente puntos) obliga a los usuarios actualmente a ser sumergidos, de hecho, en estas ondas.

2.5.5. Costos

Aunque ya se ha mencionado con anterioridad, para configurar una red inalámbrica en ciertos casos, puede ser conveniente, en otros para construir una red inalámbrica puede ser más caro, porque hay que comprar accesorios adicionales, tales como uno o más puntos de acceso y tarjetas red Wi-Fi, ya que los ordenadores actuales están diseñados para las redes tradicionales. De hecho, hoy en día todos los ordenadores de escritorio (excepto laptops) incluyen un puerto Ethernet estándar, pero no todos tienen

acceso inalámbrico para lo cual es necesario la adquisición de tarjeta de conexión inalámbricas.

En los últimos años, sin embargo, se está convirtiendo cada vez más popular la tecnología para el acceso de dispositivos electrónicos, que puede simplificar aún más la adopción de las tecnologías inalámbricas; La tecnología del fabricante Intel integra funcionalidades de LAN inalámbricas a través de los estándares 802.11a/b ya dentro de la portátil, lo que elimina la necesidad de comprar una tarjeta de red inalámbrica.

La tecnología de Intel también garantiza un rendimiento innovador para los ordenadores portátiles, es compatible con los ordenadores portátiles más delgados y ligeros para una mayor movilidad. Finalmente, las redes inalámbricas son un activo en términos de simplicidad y versatilidad.

2.6. Redes MANETs.

MANET (Mobile Ad-hoc NETWORK) son un tipo innovador de red formada por los dispositivos inalámbricos (por lo tanto, móvil) capaz de comunicarse entre sí mediante la realización de operaciones de enrutamiento, sin ninguna necesidad de una infraestructura como ocurre, en cambio, otra tecnología inalámbrica como la telefonía celular necesitan de antenas, repetidoras y estaciones de radio base.

Las redes ad-hoc tienen un sistema de comunicación de datos basado en las transmisiones de radio en la que los nodos se comunican exclusivamente en canales inalámbricos, sin ningún tipo de ayuda centralizado. Las redes MANETs se basan en el concepto de Peer-to-Peer (P2P), donde los compañeros no son nada más que el estándar de los ordenadores de escritorio, teléfonos inteligentes, ordenadores portátiles, etc.

La arquitectura P2P es una arquitectura donde los compañeros pueden compartir potencia de cálculo, espacio en disco, y todo tipo de recursos en general, sin el uso de un servidor central. La pieza central de una arquitectura P2P es la ausencia de un servidor central que administra las conexiones y recursos. Dicha tecnología evoluciona el entorno informático centralizado pre-existente con infraestructura de software a un nuevo nivel, la creación de una red punto a multipunto entre el anfitrión equivalente que se comportan, dependiendo de la situación, como un servidor o cliente.

Una MANET es una red temporal sin puntos de acceso, que no está pre configurado, sino que se forma por la mera presencia de los diversos dispositivos en un territorio determinado. En la figura 2.5 se muestra una posible topología de la red, de la cual es evidente que los dispositivos que participan en una MANET pueden comunicarse, dependiendo de sus necesidades, con los otros participantes.

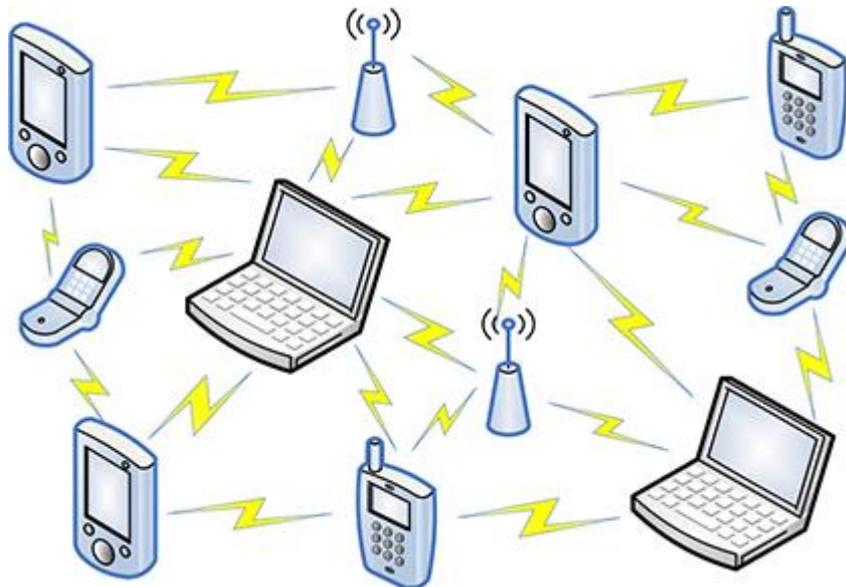


Figura 2. 5: Topología típica de una MANET.
Fuente: (Bruzgiene, Narbutaite, & Adomkus, 2017)

En los siguientes párrafos se presentan algunas definiciones dadas, enumerando cuáles son los beneficios y los problemas que existen en la actualidad en el uso de las redes MANET. En MANETs las redes son interoperables, fáciles de instalar y que no dependen de infraestructura

preexistente. Cada dispositivo (un teléfono móvil, una PDA, un ordenador) se comporta como un nodo capaz de obtener automáticamente los paquetes que contienen información a otro nodo, que está situada más cerca del destino elegido (conocido como enrutamiento que se trata en el capítulo 3 que corresponde al modelado de una MANET).

Por esta razón se utilizan en redes de saltos múltiple, múltiples, literalmente, esta tecnología es capaz de transmitir la información a través de diversos dispositivos para traerlos, con una serie de pequeños saltos, cuyo objetivo también puede estar muy lejos. En otras palabras, en lugar de establecer la comunicación dando un gran salto hasta una antena (como es el caso de la telefonía celular), utilizando una serie de saltos pequeños que requieren menos energía y deben garantizar una mayor fiabilidad.

De hecho, si uno de los nodos cae, porque por ejemplo las baterías están descargadas, el propietario decidió apagarlo o se ha movido el área demasiado para poder ser explotados de manera eficiente, la red es capaz de reconfigurarse todavía y encontrar una manera de comunicarse entre sí los diferentes nodos. Para esta red, se dispone de alta capacidad de configuración que será discutido posteriormente, uno de los aspectos en los que existe mayor interés es la investigación.

Una red ad-hoc móvil es una red de comunicaciones establecida entre diferentes dispositivos móviles, también identificado, con el término estación móvil (Mobile Station, MS) más rápidamente. Este tipo de red se genera si es necesario, aunque no necesariamente depende de una infraestructura existente o en cualquier tipo de estación fija. Supuesta esto, podría definir una MANET como un sistema autónomo de MSs, conectadas por enlaces inalámbricos.

La unión del enlace inalámbrico crea una red de comunicaciones modelada en forma de diagrama de bloques de comunicaciones arbitrarias. Esta definición es en contraste con el modelo de salto simple conocido como single-hop para redes celulares, en donde se requiere la instalación de estaciones base (Base Station, BS) como punto de acceso para respaldar la comunicación de forma inalámbrica. De hecho, en estas redes celulares, la comunicación entre dos nodos móviles se basa en una infraestructura cableada y en BS fijas.

En una red MANET no existe ninguna infraestructura (como se ha mencionado anteriormente) y la topología de red puede cambiar dinámicamente de una manera impredecible, ya que los nodos son libres de moverse. Las redes ad-hoc son simplemente redes inalámbricas “peer-to-peer” (P2P) y saltos múltiples (multi-hop), en el que los paquetes de información se transmiten de la forma almacenamiento y reenvío, es decir, de su fuente a un destino arbitrario, a través de nodos intermedios.

Puede suceder que, debido a la movilidad de una red MANET, los dispositivos dentro de ella, podrían moverse de manera arbitraria. Si esto sucede, los consiguientes cambios en la topología de la red ocurren, sin embargo, debe darse a conocer a todos los demás nodos, de manera que la información relativa a los cambios en la topología de la red siempre se puede actualizar o incluso eliminar.

2.7. Características de una MANET.

Las características más sobresalientes de una red MANET que se puede deducir hasta ahora son:

- **Topología dinámica.**

Los nodos son libres de moverse arbitrariamente, por lo tanto, la topología de la red puede cambiar al azar (en el espacio) y en un tiempo impredecible.

- **Las limitaciones de ancho de banda y enlaces de capacidad variable.**

Las conexiones inalámbricas entre nodos móviles siguen teniendo una baja capacidad significativa en comparación con la de las redes basadas en infraestructura. Además, la velocidad de transmisión (rendimiento) de las comunicaciones inalámbricas (teniendo en cuenta los efectos de múltiples accesos, el ruido, las condiciones de interfaces, etc.) es mucho menor que la velocidad de transmisión de las ondas de radio.

- **Operaciones de energía con destino.**

La energía de algunos o todos los nodos de una red ad-hoc dependen de baterías o herramientas eléctricas similares. Para estos nodos uno de los criterios de diseño más importantes es la optimización del consumo de energía.

- **La seguridad física limitada.**

Las redes móviles inalámbricas son generalmente más propensas a tratamiento de seguridad física a través de redes cableadas. La posibilidad cada vez mayor de ataques tales como, la suplantación de identidad y la negación de servicio deben ser tomado en cuenta por los diseñadores que hacen los sistemas de seguridad para esta red inalámbrica.

2.8. Beneficios de la MANET.

No hay duda de que las redes ad-hoc representan una revolución en la forma en que piensan en los últimos años las redes. A continuación, se enumeran los que son los beneficios más importantes que tienen las redes MANET, describiendo brevemente lo que puede ser un escenario de uso de los mismos. Ejemplos típicos son aplicaciones que van desde las redes en las fuerzas armadas, a las aplicaciones de negocio, para llegar a las aplicaciones en caso de desastre naturales o actos terroristas. El escenario pensado se refiere a un equipo de rescate, equipado con todos los

dispositivos móviles que deben operar en una situación de emergencia como un terremoto.

Ciertamente no quiere decir que los beneficios que se ofrecen por las redes MANET conducirán en el futuro para salvar vidas, lo que desea es ver qué más daño, sobre todo en estas situaciones drásticas. La idea es que es muy útil para los equipos de rescate de coordenadas en unas intervenciones eficaces y rápidas, para dar una asistencia rápida y oportuna. Por lo tanto, la red MANET ofrecerá estos servicios:

- **Ausencia de centralización.**

Las redes MANET son una alternativa sólida basada en la infraestructura de red, como son las redes de especial interés para permitir el procesamiento distribuido en situaciones complicadas o incluso hostiles donde no se puede disponer de una infraestructura de comunicaciones fijas.

Las redes ad-hoc no requieren sistemas centralizados para permitir la comunicación entre dispositivos. Los dispositivos tienen la capacidad de comunicarse con otros dispositivos podría ser al mismo tiempo entre cliente y servidor. Todo esto sucede sin pasar por ningún punto de acceso o hardware dedicado.

Por ejemplo, en el escenario de un desastre natural, un rescatista podrá en cualquier momento dar información sobre lo que está ocurriendo a su alrededor, o ya sea recibiendo información que están en las noticias que llegan desde otras ubicaciones de desastres.

- **Capacidad para configurar redes de forma automática.**

La capacidad de configurar dispositivos de red es una propiedad muy importante, al igual que las redes cableadas que no es factible. Nuevamente, en el escenario de un desastre natural, es que, si un socorrista A quiere comunicar una noticia muy importante para una persona B, pasando por C (enrutamiento que será modelado en el capítulo 3) y C si, por alguna razón, tiene su dispositivo fuera, a lo que es absolutamente no debemos preocuparnos porque va a ser puesto en comunicación con B a través de otros nodos.

- **Movilidad total.**

La movilidad es el núcleo de las redes MANETs. Como ya se ha explicado de la ausencia de cables, MANET ofrece a sus usuarios una total libertad de movimiento en cualquier entorno en el que se encuentre. En el escenario ejemplo de la independencia total de los cables, significa que el equipo de rescate puede en cualquier posición cambiar el horario sin apartarse de las prestaciones del rescate.

- **Capacidad para explotar los recursos de un grupo de trabajo.**

Esta propiedad es muy útil en situaciones de desastre o emergencia. Nuevamente, el escenario de ejemplo, los equipos de rescate en la escena de un terremoto, puede ser necesario intercambiar imágenes, vídeo, gráficos, mapas, información en general. Esto es posible lograr dada la capacidad de banda ancha (más de 2 Mbps) en la movilidad total en un área más amplia. Es obvio, y de hecho que el ancho de banda requerido para soportar los servicios de coordinación de emergencia es sustancial. Por lo tanto, la interoperabilidad con los sistemas a los futuros satélites de banda ancha y sistemas de plataformas de gran altitud (*High Altitude Platform Systems, HAPS*) es un requisito clave para superar

el tamaño limitado de la celda de un sistema de radio que opera en el rango de frecuencia (GHz).

La interconexión con futuros servicios de banda ancha móvil utilizando comunicaciones por satélite garantizará una comunicación estable de las zonas donde la infraestructura terrestre no está disponible o fueron destruidos durante los desastres naturales o actos terroristas. Para este tipo de operaciones, será suficiente para que los vehículos policiales y de emergencia lleven integrado un transpondedor satelital para crear un “hot spot” de cobertura de banda ancha inalámbrica alrededor de la zona del accidente.

De este modo, las fuerzas involucradas también serán capaces de utilizar sus terminales, con servicios avanzados tales como, por ejemplo, la telefonía con voz sobre IP, las transmisiones de vídeo o escaneo del iris para una rápida identificación de un sospechoso.

- **Comodidad.**

Desde un punto de vista económico, las redes ad-hoc no son redes complejas o costosas de implementar, de hecho, se pueden crear de una manera sencilla e inmediata, disponible en todas las situaciones y puede desarrollarse en lugares de difícil acceso con redes estructuradas.

2.9. Los problemas de la MANET

Los problemas que actualmente se encuentran en el uso de las redes MANET son:

- **Falta de puntos fijos.**

Desde el punto de vista de los protocolos de red, la falta de nodos fijos determina la necesidad de replantear radicalmente la aplicación de las funciones básicas (por ejemplo, políticas de enrutamiento de

mensajes) que, a diferencia del escenario tradicional, involucra a los nodos terminales. También hay que señalar que los nodos, a diferencia de una laptop habitual, pueden consistir en teléfonos inteligentes, para lo cual se hace imprescindible controlar y reducir el consumo de energía.

Aunque están surgiendo algunas propuestas, no existen normas hasta ahora de redefinir la pila de protocolos para MANET y conectarse con las redes fijas a través de enlaces por satélite.

- **Posibilidad de no tener acceso a la red.**

Para aplicaciones a realizar en caso de emergencia, desastres naturales, donde el problema principal radica en la interconexión de (o cualquier) la red MANET con la red fija.

En la figura 2.6 se muestra una posible configuración de la red MANET. La idea es que los dispositivos móviles se comuniquen entre sí mediante una red MANET, por ejemplo, si el computador central quiere solicitar una conexión a la red, puede hacerlo pasando a través de un dispositivo móvil. Estos dispositivos están equipados con tecnología GSM, UMTS y LTE. Los dispositivos móviles, a su vez, utilizan su antena de radio, que hace contacto con el satélite.

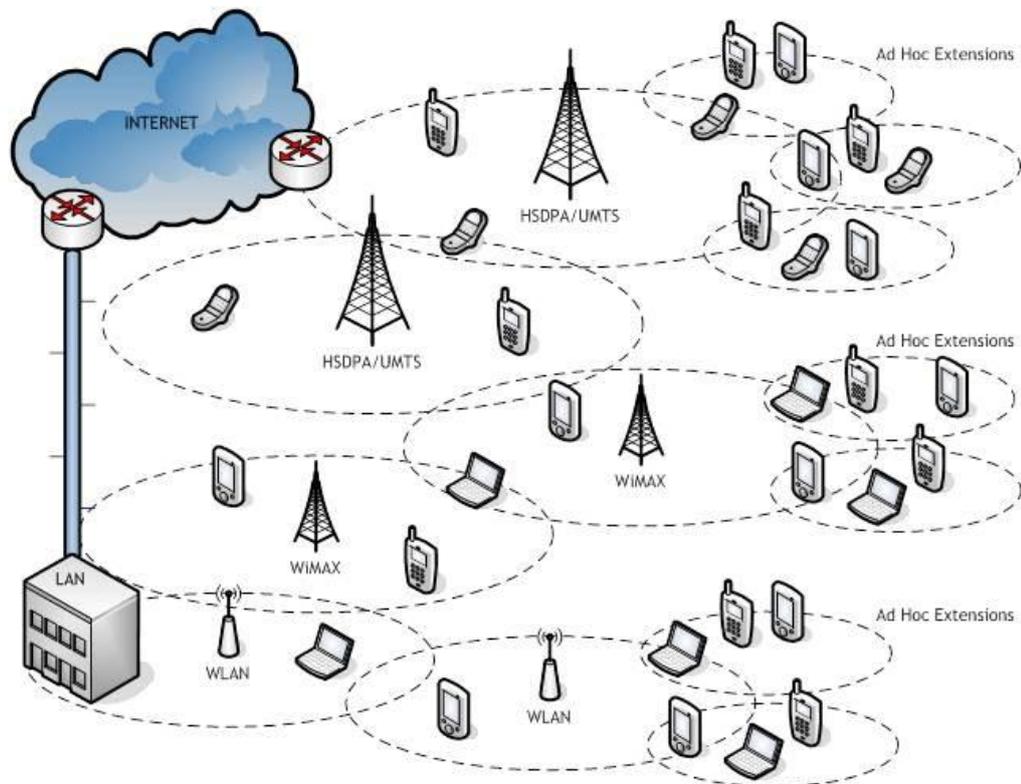


Figura 2. 6:El acceso a la red en una red MANET.

Fuente: (Bür, 2012)

Por último, la posibilidad de tener un acceso a la red fija en situaciones de emergencia tiene dos objetivos, que son:

- tener una conexión con el exterior
- mantener las conexiones internas al grupo de una manera transparente, evitando la desconexión.

Hasta la fecha, esto significa que sólo puede tener enlaces a través de los satélites geoestacionarios a baja altura o por medio de enlace celular.

- **Poca cobertura en la transmisión.**

Las redes MANET en comparación con las redes cableadas que cubren un radio de acción mucho menor a una red ad-hoc. Por otra parte, si por un lado para la comunicación en una red MANET

permite total libertad de movimiento, porque no es la presencia de cables y alambres, por otra parte, el uso de una red inalámbrica, puede perder lo que es la cobertura de las transmisiones de radio.

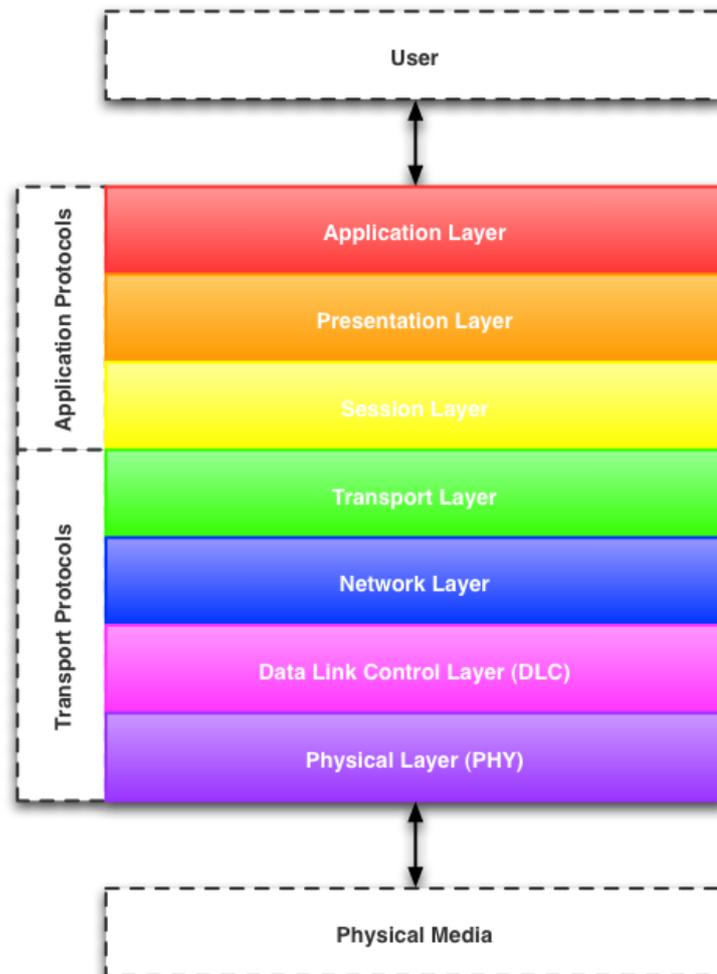


Figura 2. 7:Modelo ISO-OSI.
Fuente: (Gacnik, 2004)

En la figura 2.7 se muestra el modelo ISO-OSI, que todavía falla en aplicaciones de redes MANET en la capa de red. Esencialmente en redes ad-hoc se hace esto únicamente de la asistencia de las dos capas subyacentes que son: (a) capa de enlace, y (b) capa física.

Capítulo 3: Diseño y Análisis.

3.1. Descripción del modelado de una MANET.

El diseño de un modelo de red eficiente y su evaluación del desempeño es de inmensa importancia en un escenario de red en tiempo real. Sin embargo, es una tarea difícil evaluar el desempeño de la red propuesta en una situación real, debido a los altos costes de equipos modernos para realizar las métricas de desempeño. Antes de iniciar con el diseño del modelo de red, se realizó una búsqueda de simuladores de redes que permita diseñar y simular modelos de redes en varias perspectivas.

Entre los programas analizados están MatLab, OMNeT++, NS-3, GNS-3 y OpnetModeler, que son simuladores muy conocidos en el área de redes de telecomunicaciones. Para el caso de NS-2 y NS-3 es un programa open source (código abierto), GNS-3 de manera similar, pero con desarrollo gráfico, mientras, que las otras plataformas son licenciadas, aunque hay versiones estudiantiles que permiten su utilización. Para la herramienta de simulación OPNET, es comercial y el código fuente no está abierto para todos. Sin embargo, OPNET cuenta con un amplio entorno de desarrollo integrado para diseñar y simular modelos de red.

El presente trabajo de examen complejo, la investigación se lleva a cabo utilizando el software de simulación de eventos discretos conocido como OPNET Modeler, que es sólo una de varias herramientas proporcionadas desde la suite OPNET Technologies. Para llevar a cabo la evaluación experimental, se ha adoptado en nuestro estudio OPNET Modeler 14 que se basa en la plataforma Microsoft Windows. También tiene incorporado la mayoría de los parámetros de enrutamiento de redes de comunicaciones, entre las cuales se encuentra MANETs; y los protocolos

disponibles en su librería son: reactivos, proactivos e híbridos en comparación con otros simuladores comerciales ya mencionados.

Los protocolos a utilizar en el desarrollo de los escenarios de simulación de una MANET, son:

- a. Los protocolos reactivos:
 1. Enrutamiento de origen dinámico, DSR.
 2. Algoritmo de enrutamiento ordenado temporalmente, TORA.
 3. Enrutamiento Ad-hoc bajo demanda por vector de distancia, AODV.
- b. El protocolo proactivo:
 4. Enrutamiento de estado de enlace optimizado, OLSR.

3.2. Parámetros de mediciones de rendimiento.

La plataforma de simulación OpnetModeler 14 dispone de varios parámetros en entornos de sistemas de comunicaciones, en especial las comunicaciones inalámbricas, para este trabajo una MANET con el cual se evalúa el rendimiento de diferentes protocolos de enrutamiento. Los parámetros de red a medir son: retardo y rendimiento. Estos son afectados sustancialmente por los algoritmos de los protocolos de enrutamiento. Por lo tanto, los parámetros juegan un papel importante en la selección de un protocolo de enrutamiento eficiente en cualquier red de comunicación inalámbrica como una MANET.

Del mismo modo, el rendimiento de diferentes variantes como el protocolo de control de transmisión (*Transmission Control Protocol, TCP*) parece ser sensible al tiempo de respuesta de subida (upload), tiempo de respuesta de descarga (download) e intentos de retransmisión. A continuación, se describen los tipos de mediciones de rendimiento de una MANET usando los protocolos de enrutamiento proactivos y reactivos:

- a) Rendimiento

- b) Retardo extremo a extremo
- c) Tiempo de respuesta de subida
- d) Tiempo de respuesta de la descarga
- e) Intentos de retransmisión

3.3. Diseño del modelo de red de MANET.

Los escenarios de simulación desarrollados en el modelo de red del presente examen complejo son diseñados, en la plataforma OpnetModeler 14, mediante la ayuda de diferentes parámetros de configuración de red MANET. En la figura 3.1 se muestra el diseño de red MANET con 100 nodos en un área de 1 km². Los parámetros de la red utilizadas en el diseño son: servidor inalámbrico, configuración de aplicación, configuración de perfil, configuración de movilidad y estaciones de trabajo (nodos).

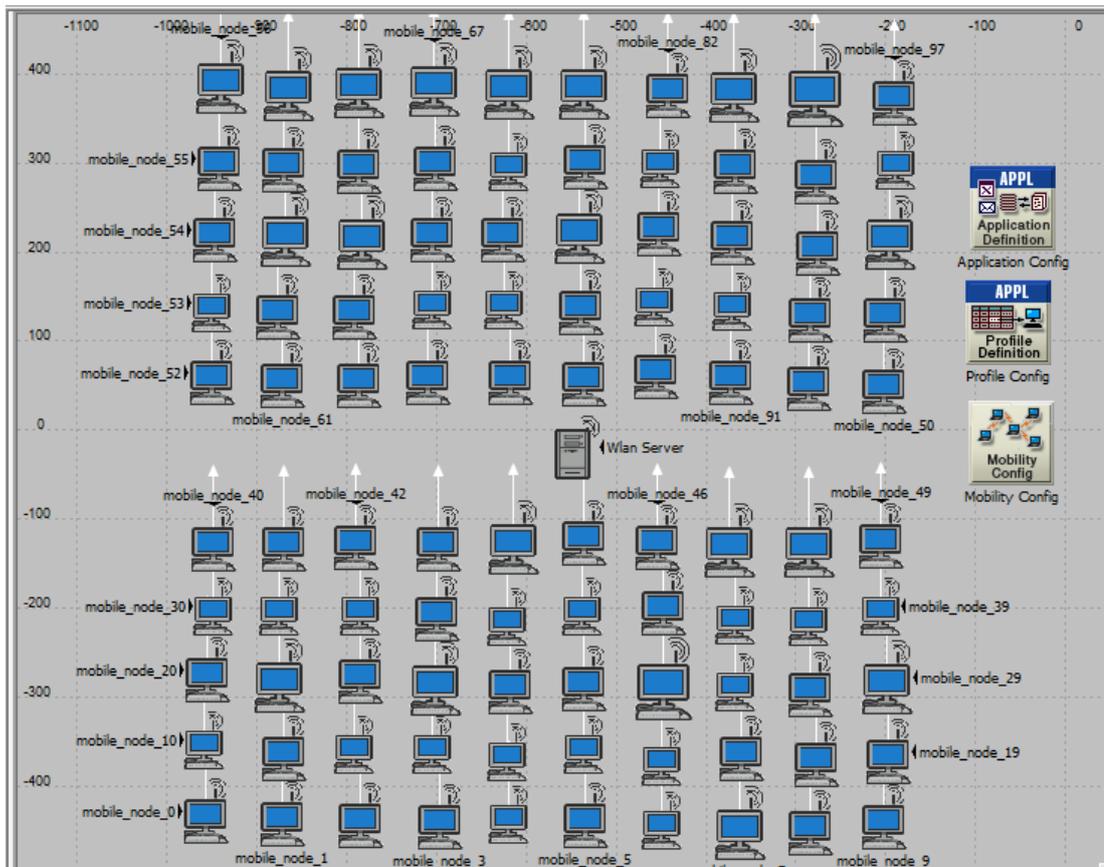


Figura 3. 1:Diagrama de bloques del transmisor de una WiMAX.
Elaborado por: Autor.

Estos parámetros son básicamente una serie de componentes de red que permiten la definición y ajuste de los atributos. La configuración de la aplicación es un objeto esencial que define los datos transmitidos, el tamaño del archivo y la carga de tráfico. Más a menudo, soporta aplicaciones comunes, a saber, protocolo de transferencia de hipertexto (*HyperText Transfer Protocol, HTTP*), protocolo de transferencia de archivos (*File Transfer Protocol, FTP*), base de datos, correo electrónico, impresión y así sucesivamente.

Se ha elegido aplicaciones FTP y HTTP para el análisis de tráfico de datos donde cada aplicación se considera con carga de tráfico pesado (individualmente), en línea con el requisito de utilización de ancho de banda. Por ejemplo, se ha creado un perfil FTP en una entidad de configuración de perfil para soportar el tráfico FTP, que es generado por una entidad de configuración de la aplicación.

Adicionalmente es importante considerar la configuración de movilidad, con el único propósito de determinar el modelo de movilidad de los nodos. También, se incluyen otros parámetros tales como tiempo de inicio de velocidad, tiempo de parada, tiempo de pausa y similares, para controlar adecuadamente el movimiento de los nodos en la red. El objetivo principal para configurar la movilidad es permitir que los nodos se muevan dentro del área de red asignada específica (1 km²) en el modelo de red diseñado. En otras palabras, el tráfico generado fuera de este rango específico, si lo hay, no se tendrá en cuenta.

La configuración de los nodos para una MANET es utilizar el modelo de movilidad de punto de recorrido aleatorio para la presente simulación. Este modelo, permite a los nodos móviles a seguir avanzando hasta llegar a un destino aleatorio definido por dicho algoritmo. Por ejemplo, si al llegar a destino, los nodos se detienen por un corto período de tiempo conocido

como intervalo de pausa. Después, se realiza otro movimiento con dirección y velocidad aleatoria siempre que dicho tiempo expira. Tanto el tiempo de pausa y velocidad establecen la movilidad entre nodos móviles en la red simulada.

Para la simulación de movilidad la velocidad del nodo se establece en 10 m/s con pausas de 50 s, con esto se va observar el comportamiento de la red con baja movilidad. Posteriormente, las velocidades son aumentadas en 20 y 30 m/s con la misma pausa logrando que los nodos puedan viajar con mayor velocidad en la red. La finalidad de incrementar las velocidades del nodo es observar el impacto de la movilidad en el rendimiento de MANET.

El servidor del modelo de red está configurado para soportar y controlar los servicios FTP y HTTP basados en el perfil de usuario. Es decir, que es básicamente un servidor WLAN mediante el cual se selecciona un protocolo de enrutamiento particular y una variante TCP. Mientras, que los nodos se definen como estaciones de trabajo con aplicaciones de servidor cliente que funcionan a través de TCP/IP, soportan conexiones WLAN que para este caso la velocidad de conexión se establece en 5.5 Mbps.

3.3.1. Escenarios de simulación para escalabilidad.

A continuación, se especifican los tres escenarios de simulación de MANET con escalabilidad para redes pequeñas, medianas y grandes:

a) Escenario 1:

En la figura 3.1 se muestra la MANET con un total de 100 nodos, para este escenario del entorno de red diseñado con diferentes entidades, se configura para un tamaño de red de 30 nodos, el tamaño del archivo de 50Kbytes (para FTP) y 1Kbytes (para HTTP), una velocidad de nodo de 10 m/s con un tiempo de pausa de 100 s. Posteriormente, se emplean diferentes protocolos de enrutamiento para MANET y algoritmos TCP en la red y su rendimiento se evalúa

para la red de tamaño pequeño, basado en el análisis de las métricas de rendimiento.

b) Escenario 2:

Este escenario representa una red de tamaño mediano donde el modelo de red está diseñado para 60 nodos. Sin embargo, el valor de la velocidad del nodo y el tamaño del archivo no han estado sujetos a cambios, manteniéndose de forma similar al escenario 1. El objetivo principal es observar el rendimiento de los protocolos de enrutamiento y las variantes TCP variando el tamaño de escalabilidad, es decir de 30 a 60 nodos.

c) Escenario 3:

Este escenario de red es similar a los escenarios 1 y 2, con la diferencia que los nodos se incrementan a 100 nodos, para observar el impacto de la escalabilidad en MANET.

3.3.2. Configuración de los parámetros de red.

En la tabla 3.1 se muestran los parámetros generales que se utilizan en el proceso experimental de la red. Mientras, que la tabla 3.2 se observa la configuración de la WLAN que para fines de simulación se asemeja a una MANET. De hecho, se ha pretendido generar un flujo medio de aplicación en nuestro experimento de simulación.

Tabla 3. 1: Parámetros generales del modelado de red.

Parámetros	Datos
Área	1 km ²
Número de nodos	30, 60 y 100
Velocidad de datos	5.5 Mbps
Tamaño de archivo	Alta carga
Tipo de datos	FTP y HTTP
Tiempo de simulación	800 s
Modo de direccionamiento	IPv4

Elaborado por: Autor.

Tabla 3. 2:Parámetros de configuración de MANET.

Parámetros de WLAN	Datos
Dirección MAC para WLAN	Asignado automáticamente
Identificador de conjunto de servicios básicos (<i>Basic Service Set, BSS</i>)	Asignado automáticamente
Características físicas	Secuencia directa
Velocidad de datos	5.5 Mbps
Configuración del canal	Asignado automáticamente
Potencia de transmisión	5 mW
Rx de paquetes – umbral de potencia	-95 dBm
Umbral de fragmentación	1024 bytes
CTS to Self (Listo para ser reenviado)	Habilitado
Límite de reintentos cortos	7
Límite de reintentos largos	4
Intervalo de baliza de APs	0.02 s
Máximo tiempo de vida	0.5 s
Tamaño del búfer	256000
Procesamiento de paquetes grandes	Fragmentado

Elaborado por: Autor.

Ahora en la tabla 3.3 se muestran los parámetros de simulación de TCP como valores predeterminados del modelo de red diseñado. Después, en las tablas 3.4 y 3.5 se muestran los parámetros de configuración de aplicaciones FTP (carga pesada) y HTTP (alta navegación).

Tabla 3. 3:Parámetros del protocolo de control de transmisión (TCP).

Parámetros	Datos
Tamaño del búfer recibido	8760 bytes
Segmento ACK máximo	2
Umbral ACK duplicado	3

Tiempo de retransmisión (RTO) inicial	1 s
Tiempo de retransmisión (RTO) mínimo	0.5 s
Tiempo de retransmisión (RTO) máximo	64 s
Ganancia de tiempo de ida y vuelta (RTT)	0.125
Coefficiente de desviación de RTT	4

Elaborado por: Autor.

Tabla 3. 4: Parámetros de aplicación del protocolo de transferencia de hipertexto.

Parámetros	Datos
Especificación	HTTP 1.1
Tiempo de interconexión de página	60 s
Propiedades de página	500 bytes
Selección del servidor	Navegador
Tipo de servicio	Mejor esfuerzo (0)

Elaborado por: Autor.

3.4. Resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos durante la ejecución del modelo de red MANET se basan en los escenarios experimentales 1, 2 y 3, como se describió en la sección 3.3.1. Se realiza el análisis del rendimiento de MANET de diferentes protocolos de enrutamiento y variantes TCP. El rendimiento de enrutamiento se evalúa utilizando la variante de TCP. Por otra parte, las prestaciones de diferentes variantes TCP se evalúan con el protocolo de enrutamiento DSR, ya que este interactúa con TCP más eficientemente que los otros protocolos en diferentes escenarios realistas de MANET.

Para observar el impacto de la escalabilidad (incremento) de los nodos en cada uno de los enrutamientos y el rendimiento de TCP, las aplicaciones de destino se ejecutan con varios tamaños de redes (30, 60 y 100 nodos).

Es mucho más realista que MANET genere al menos una baja tasa de movilidad en lugar de mantenerla totalmente estática. Por consiguiente, se establece una velocidad móvil de 10 m/s con un tiempo de pausa medio de 100 s para permitir que los nodos móviles se muevan lentamente en la red.

3.4.1. Análisis de resultados del rendimiento de protocolos de enrutamiento para MANET.

Es importante recordad que el termino rendimiento se refiere a la cantidad de tráfico recibido con éxito por el nodo de destino. La eficiencia de enrutamiento se puede predecir observando el rendimiento total recibido por la red. En la sección 3.3.2 se indica la hora inicial de generación de perfiles (100 s) y aplicaciones (5 s). Normalmente, el tráfico no existe hasta después de 104 s (conocido como tiempo de calentamiento) del tiempo de simulación. Es decir, que el tiempo de calentamiento permite que las colas y otros aspectos de la simulación entren en condiciones que son típicas de las condiciones normales de funcionamiento en el sistema.

En las figuras 3.2 a 3.4 se muestran los rendimientos de los protocolos de enrutamiento reactivos (DSR, AODV y TORA) y proactivo (OLSR) con diferentes entornos de red (30, 60 y 100 nodos). La figura 3.2 muestra una red pequeña que cuando existe tráfico FTP y HTTP, el protocolo OLSR presenta un rendimiento bastante satisfactorio en comparación con los otros tres protocolos de enrutamiento reactivos. Mientras que, de los protocolos reactivos, AODV proporciona un mejor rendimiento que los protocolos DSR y TORA. El paquete recibido para TORA se encuentra ligeramente mejor que DSR debido a la presencia de movilidad en la red. Sin embargo, el rendimiento de TORA tiende a caer en 420 segundos mientras que DSR se encuentra para experimentar alguna mejora al mismo tiempo.

En la figura 3.3 se muestra una MANET mediana con 60 nodos, para lo cual el rendimiento tiende a incrementarse debido a que existen más nodos

disponibles para dirigir los paquetes a destino. Es evidente que el protocolo OLSR mantiene superando a otros protocolos de enrutamiento a través del logro de un rendimiento de 4.67 Mbps más alto en promedio. Por otro lado, los protocolos DSR y TORA alcanzan la menor cantidad de tráfico en la red, aproximadamente 171Kbps y 142 Kbps, respectivamente. Mientras tanto, que el protocolo AODV recibe un promedio de rendimiento de 1.06 Mbps y con ello se favorece sobre los protocolos DSR y TORA.

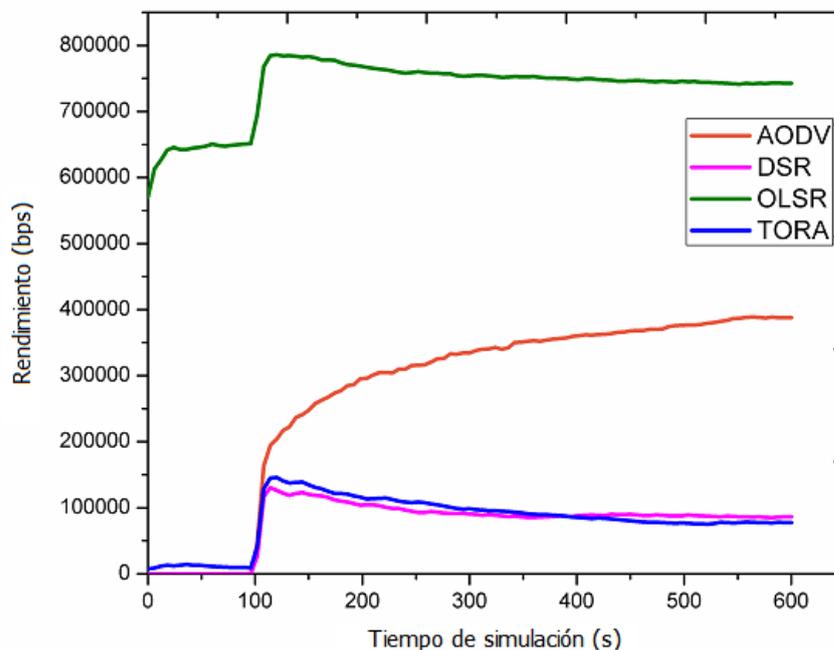


Figura 3. 2:Rendimiento de los protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos para MANETs pequeña.
Elaborado por: Autor.

Finalmente, la figura 3.4 muestra una MANET grande (100 nodos), el rendimiento promedio del protocolo OLSR es 9.8 Mbps, que, en comparación al resto, es 2 y 13% más alto que las MANETs pequeña (30 nodos) y mediana (60 nodos), respectivamente. En dicha red, el protocolo OLSR continúa dominando sobre los protocolos AODV, DSR y TORA. Por otro lado, el protocolo AODV se ha encontrado que funciona mejor que los protocolos TORA y DSR. En una MANET grande, el protocolo AODV mantiene un rendimiento de 1.46 Mbps, que es 27 y 80% más alto que la MANET mediana y pequeña, respectivamente. Más allá del rendimiento

promedio de los protocolos TORA y DSR se encuentran en 329 Kbps y 161 Kbps, respectivamente. Sin embargo, inicialmente el protocolo DSR recibe un rendimiento ligeramente mayor que el protocolo TORA.

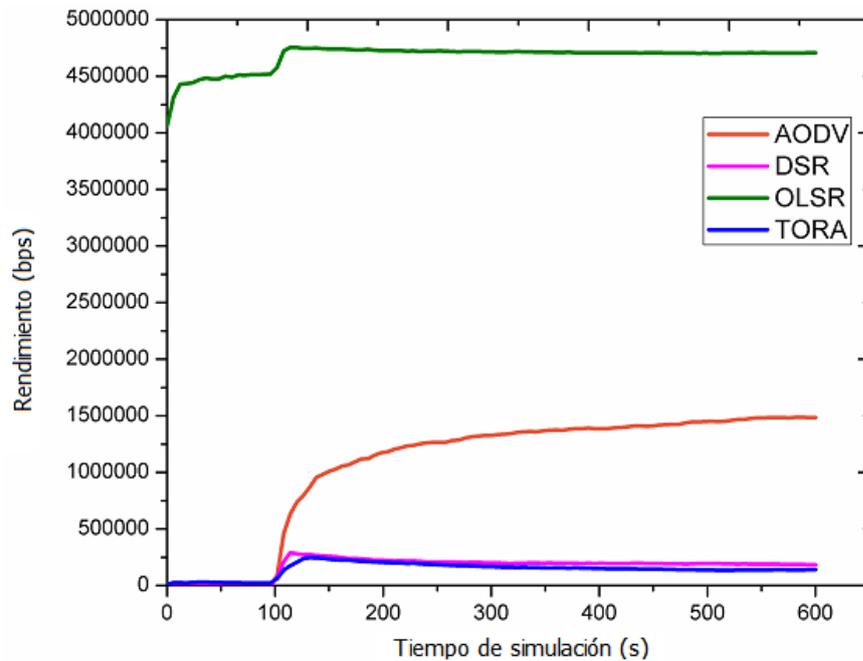


Figura 3. 3:Rendimiento de los protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos para MANETs mediana.
Elaborado por: Autor.

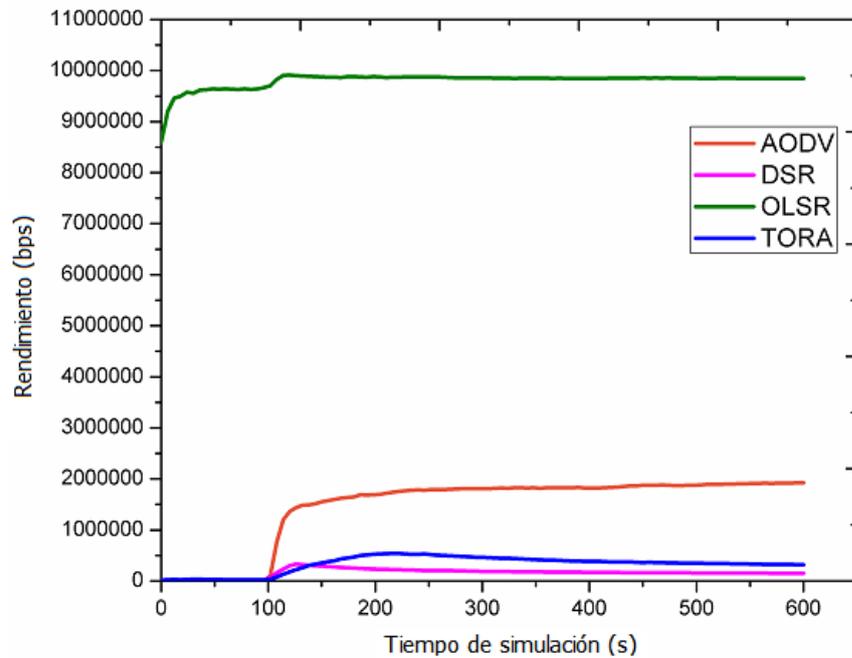


Figura 3. 4:Rendimiento de los protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos para MANETs grande.
Elaborado por: Autor.

De los tres escenarios simulados, el protocolo OLSR puede considerarse como el más eficaz entre los cuatro protocolos de enrutamiento existentes. El desempeño significativo alcanzado por OLSR puede ser considerado debido a las características proactivas, que a menudo son seguidas por este protocolo. OLSR mantiene y actualiza continuamente la información de enrutamiento con la ayuda de relés multipunto (*MultiPointRelay, MPR*) en la red, lo que resulta la reducción de sobrecarga de enrutamiento en la red. Además, la independencia del tamaño de la red y el tráfico de red también hacen que el protocolo OLSR reciba más paquetes de datos. Para el protocolo OLSR, cuanto mayor sea el tamaño de la red, más optimización se puede lograr, en comparación con los otros algoritmos de enrutamiento.

Del mismo modo, el protocolo AODV también es deseable cuando el objetivo es lograr mayores rendimientos independientemente del tamaño de red escalable. Este protocolo sigue el mecanismo de enrutamiento salto a salto y elimina la sobrecarga de enrutamiento de origen en la red. Aparte de eso, la disponibilidad de información de rutas múltiples en AODV facilita la producción de la mayor cantidad de rendimiento en la red.

Por otro lado, TORA y DSR reciben la menor cantidad de rendimiento a pesar de que el rendimiento tiende a ser mejor cuando la red se vuelve más densa. DSR tiende a lograr una cantidad menor de paquetes de datos en una red más saturada. Por otro lado, TORA incrementa la sobrecarga innecesaria debido a su característica de adaptación de ruta en respuesta a cambios topológicos.

3.4.2. Análisis de resultados del retardo de protocolos de enrutamiento para MANET.

El retardo de extremo a extremo para un paquete de datos se mide desde el momento en que se crea hasta el momento en que se recibe. Esto significa que, existen más enlaces rotos y re-enrutamiento frecuente durante la transmisión del paquete de datos. En las figuras 3.5 a 3.7 se muestran las gráficas del tiempo de retardo en cada uno de los nodos (30, 60 y 100) con diferentes protocolos de enrutamiento.

En la figura 3.5 se muestra el tiempo promedio de retardo para una MANET pequeña (30 nodos). Se puede observar que el protocolo OLSR tiene un tiempo de retardo bajo (constante) de 0.71 ms, mientras que para TORA el retardo es 5.57 ms, cuyo retardo es el máximo entre todos los algoritmos de enrutamiento. Aunque, se puede observar que el tiempo inicial de simulación, para los protocolos DSR y AODV los retardos son 8.5 ms y 6.5 ms, respectivamente, siendo incluso mayores que el protocolo TORA. Si aumentamos el tiempo de simulación, se establecen alrededor de 5 y 2 ms, respectivamente, y permanecen allí durante el resto del tiempo.

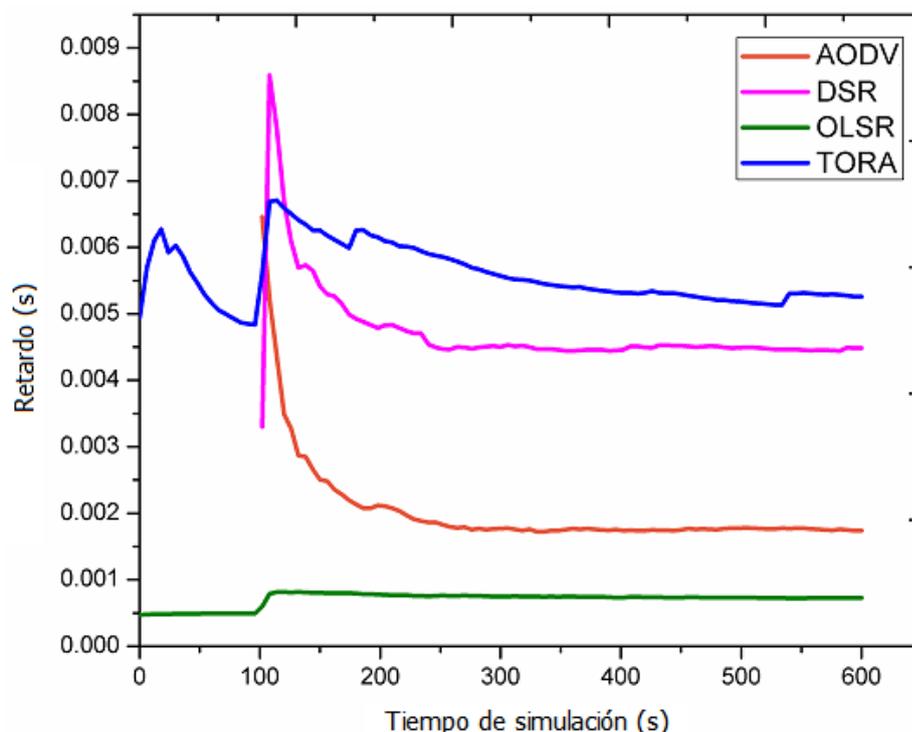


Figura 3. 5: Retardo promedio de los protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos para MANETs pequeñas.

Elaborado por: Autor.

En la figura 3.5 se muestra el tiempo promedio de retardo para una MANET mediana (60 nodos). Los protocolos OLSR y AODV alcanzan tiempos de retardo inferiores a los que se muestran en la figura 3.5 cuyos valores son 1.08 ms y 4.76 ms, respectivamente. Por otro lado, el retardo máximo del paquete para MANETs basadas en los protocolos DSR y TORA, son 11.81 y 13.30 ms, respectivamente. Inicialmente el valor de retardo del protocolo DSR era incluso mayor que TORA, en aproximadamente 55 ms. Sin embargo, es superado por el protocolo TORA a unos 180 s de tiempo de simulación.

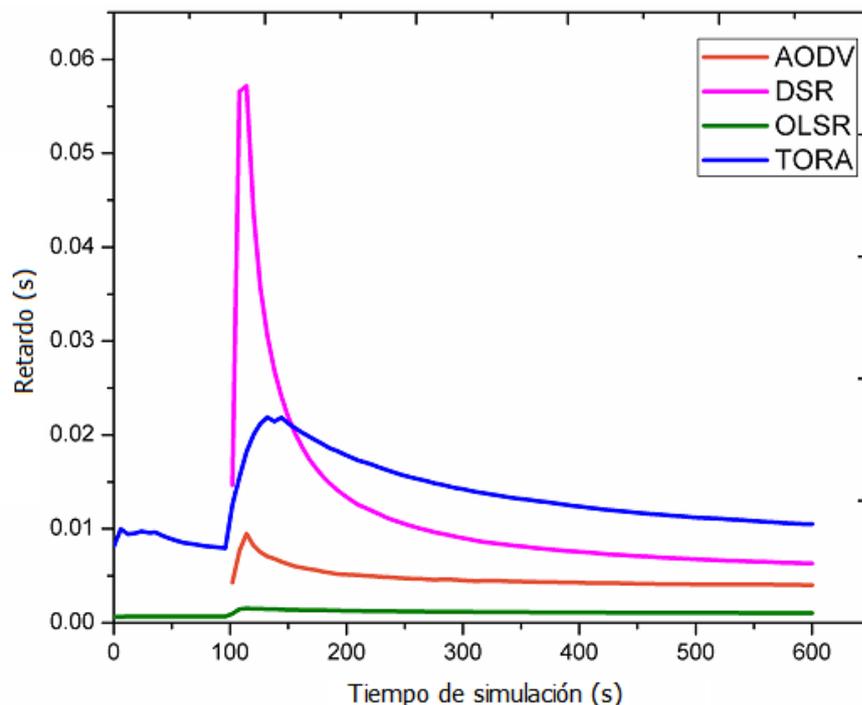


Figura 3. 6: Retardo promedio de los protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos para MANETs medianas.

Elaborado por: Autor.

Finalmente, para una MANET más grande (100 nodos que muestra en la figura 3.7), el retardo de extremo a extremo para los protocolos DSR y TORA se eleva inicialmente de forma espectacular y luego comienza a caer entre 100 y 200 s del tiempo de simulación, respectivamente. Ambos

protocolos terminan con el menor retardo extremo a extremo, aunque TORA mantiene un promedio de retardos superior al protocolo DSR. Por otro lado, tanto AODV como OLSR requieren tiempo menores para transferir el paquete de datos y sus resultados se encuentran que son bastante estables durante la simulación.

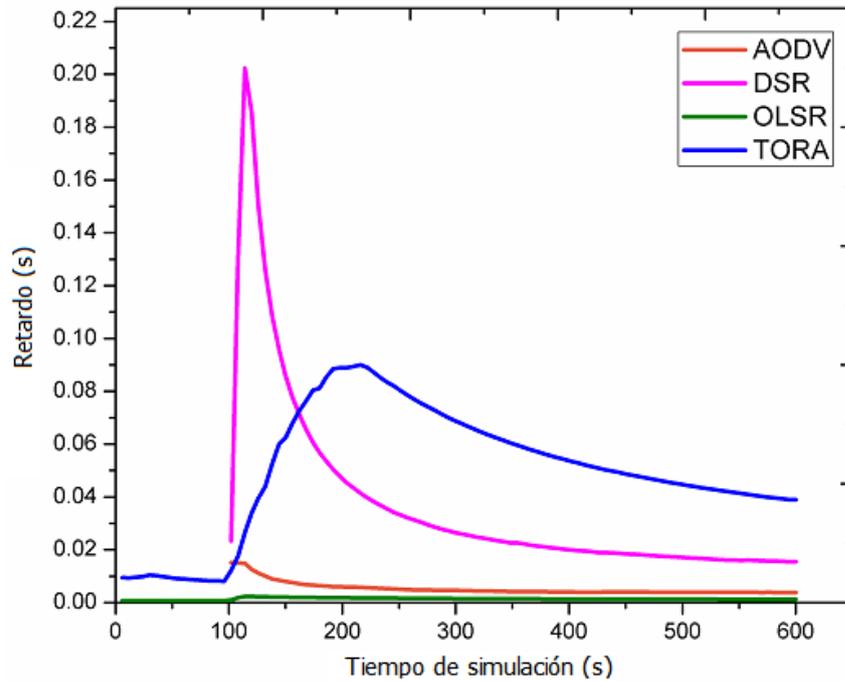


Figura 3. 7: Retardo promedio de los protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos para MANETs grandes.
Elaborado por: Autor.

Cuando se analizan las variaciones de retardo de los paquetes contra diferentes tamaños de red, los resultados obtenidos para el protocolo OLSR son de particular importancia ya que establecen conexiones rápidas entre nodos sin realizar demoras significativas. Por otro lado, los retardos experimentados en MANET basadas en los protocolos TORA y DSR son mucho mayores. A diferencia de otros protocolos de enrutamiento, OLSR no utiliza mucho tiempo en el mecanismo de descubrimiento de rutas ya que las rutas están disponibles de antemano cuando se necesita la transmisión de datos, resultando en el menor retardo.

Inclusive con una mayor densidad de la red, el rendimiento no se encuentra degradado y un menor retardo constante se observa para el protocolo OLSR. Esto se debe a que tiene la ventaja de utilizar los nodos MPR para habilitar el reenvío de los mensajes de control a otros nodos. Por lo tanto, eventualmente ayuda a minimizar la sobrecarga de la red.

La formación de bucles temporales en el modelado de MANET provocan que el protocolo TORA tenga un desempeño relativamente bajo en relación al retardo. Por lo tanto, las colisiones de la capa MAC son retenidas por los paquetes de enrutamiento transmitidos y, en consecuencia, los enlaces a nodos vecinos podrían haber sido rotos por IMEP. En respuesta a fallos de enlace, TORA envía paquetes más actualizados, mientras que un acuse de recibo (ACK) del paquete de actualización re-transmitido podría no ser recibido, dando como resultado una congestión seria de la red. Para mejorar este resultado se introduce un retardo muy alto lo que se mejora incrementando el tamaño de los nodos.

De manera similar, el protocolo DSR también no es capaz de establecer la conexión de nodo rápidamente. Sabiendo que el protocolo DSR es reactivo, probablemente los paquetes de datos sigan esperando en los búferes hasta que una ruta sea descubierta hasta su destino. Además, cuando se envía un paquete de solicitud de ruta para descubrir la ruta, el nodo de destino responde a todo el paquete de solicitud de ruta que recibe. Consecuentemente, DSR necesita un tiempo significativo para determinar la ruta menos congestionada. Finalmente, se puede concluir que cuanto más extensa sea la red, mayores serán los retardos experimentados en la red MANET mientras se utiliza el protocolo DSR.

Conclusiones

1. En general, las redes MANET son redes descentralizadas, que no tienen necesidad de una infraestructura fija. Para el presente trabajo se trata de una red inalámbrica ad-hoc conocida como MANET que utiliza el estándar IEEE 802.11b. Aunque una alternativa al uso de las redes MANET puede ser proporcionada por la tecnología Bluetooth. Al igual que los estándares 802.11b y 802.11g, Bluetooth es una tecnología de radio a 2,4 GHz, pero sólo llega a 1 Mbps, con un campo de poco más de 10 metros. Se opta utilizar la tecnología Wi-Fi, en lugar de Bluetooth, así como tener un intervalo de velocidad de datos más alto (5.5 a 11/22Mbps) como una cobertura 5 a 10 veces mayor (50 m como mínimo y 100 como máximo en comparación a 10 m).
2. Las simulaciones han demostrado que existe ciertamente la necesidad de un protocolo especial de enrutamiento ad-hoc cuando la movilidad aumenta. Sin embargo, es necesario tener algún tipo de retroalimentación del protocolo de capa de enlace como IEEE MAC 802.11 cuando los enlaces suben y bajan o para el descubrimiento de vecinos.
3. El protocolo OLSR funciona bastante durante la ejecución de la simulación de la red MANET. Es decir, que logró la mayor cantidad de paquetes de datos y la menor cantidad de retardo de extremo a extremo. Se puede resaltar que el rendimiento OLSR ni siquiera se degrada en presencia de alta movilidad y mayor número de nodos en la red.

Recomendaciones

Las redes Ad-hoc móviles conocidas como MANETs es un concepto bastante caliente en las comunicaciones de datos. Lo que significa que hay muchos trabajos de investigación desarrollados y en curso con muchas cuestiones que aún no se han resuelto. Debido a un tiempo limitado, sólo nos hemos centrado en los protocolos de enrutamiento. Sin embargo, hay muchos temas que podrían ser objeto de estudios adicionales.

1. En primer lugar, el entorno del simulador podría mejorarse. Estas son sólo algunas de las mejoras que podrían hacerse: (a) utilizando otros protocolos de enrutamiento, por ejemplo, TORA, ZRP y CBRP; y (b) medición de la complejidad computacional.
2. En segundo lugar, hay muchas cuestiones relacionadas con MANETS que podrían ser objeto de estudios adicionales, como simulaciones que toman en cuenta los enlaces unidireccionales.

Bibliografía

- Ashraf, I., ud-Din, F., Sofi, S. A., Ayub, A., & Mir, R. N. (2012). An analysis of control packets, packet delivery ratio & residual rnergy in Power Aware Dynamic Source Routing in Mobile Ad-hoc Networks (MANETs) (pp. 90–94). Institution of Engineering and Technology. <https://doi.org/10.1049/cp.2012.2502>
- Bruzgiene, R., Narbutaite, L., & Adomkus, T. (2017). MANET Network in Internet of Things System. En J. Hamilton Ortiz & A. Pachon De la Cruz (Eds.), *Ad Hoc Networks*. InTech. Recuperado a partir de <http://www.intechopen.com/books/ad-hoc-networks/manet-network-in-internet-of-things-system>
- Bür, K. (2012). Mobile Ad-hoc Network (MANET). Recuperado el 28 de abril de 2017, a partir de <http://www.eit.lth.se/index.php?uhpuid=dhs.kbr&hpuid=741&L=1>
- Coya R., L., Ledesma Q., Talia, & Baluja G., W. (2014). Protocolos de enrutamiento aplicables a redes MANET. *Revsta Digital de las Tecnología de la Información y las comunicaciones*, 13(3), 59–74.
- Fu, Y., & Liu, Q. (2013). Research of QoS Routing Algorithm in Ad Hoc Networks based on Reinforcement Learning. *Elektronika Ir Elektrotechnika*, 19(2), 65–68. <https://doi.org/10.5755/j01.eee.19.2.3472>
- Gacnik, J. (2004). Technologies and successful applications for direct and multihop ad hoc networks. Recuperado el 28 de abril de 2017, a partir

de http://archiv.iwi.uni-hannover.de/lv/seminar_ss04/www/Jan_Gacnik/xhtml/index.html

Geier, J. (2001). Overview of the IEEE 802.11 Standard. En *Wireless LANs* (2nd ed.). Sams. Recuperado a partir de <http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=24411&seqNum=3>

Gonzales Mendoza, M. L. (2015, julio 28). TECNOLOGIA DE WIFI: Estructura de una red Wi-Fi básica. Recuperado el 28 de marzo de 2017, a partir de <http://tecnologia-wifi.blogspot.com/2015/07/estructura-de-una-red-wi-fi-basica.html>

Jamal, J. (2012, septiembre 18). Routing Protocols in MANETs. Recuperado el 28 de abril de 2017, a partir de <http://www.eexploria.com/routing-protocols-in-manets/>

Kaur, K., & Singh, B. (2015). Survey Analysis of Routing Protocols and Mobility Models in MANETs. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 85, 55–64.

Kumar, A., Yadav, S., & Maurya, K. C. (2013). An Overview of Mobile Ad-Hoc Networks Architecture, Routing and Challenges. *International Journal for Advance Research in Engineering and Technology*, 1(4), 47–51.

López Sarmiento, D. A., Salcedo Parra, O. J., & Rivas Trujillo, E. (2014). Desempeño de los protocolos de enrutamiento Mesh. *Redes de Ingeniería*, 5(1), 40–46.

- Pandit, K. J., & Niyati, S. (2013). Topology control in MANET for efficient energy conservation. *International Journal of Advanced Computer Research*, 3(10), 108–115.
- Patel, S., Patel, H., Patel, S., & Patel, V. (2017). A Study of Topology control in MANET (pp. 1–4). Presentado en SIEICON, International Journal of Advance Engineering and Research Development. Recuperado a partir de http://www.ijaerd.com/papers/special_papers/EC015.pdf
- Sharma, A., & Kumar, R. (2016). Performance comparison and detailed study of AODV, DSDV, DSR, TORA and OLSR routing protocols in ad hoc networks (pp. 732–736). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PDGC.2016.7913218>

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Vásquez Rivera, Miguel Angel** con C.C: # 091943681-6 autor del trabajo de titulación: Análisis comparativo del rendimiento y retardo entre protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos en una MANET, previo a la obtención del título de **Magister en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, a los 21 días del mes de agosto del año 2017

f. _____

Nombre: **Vásquez Rivera, Miguel Angel**

C.C: 091943681-6

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis comparativo del rendimiento y retardo entre protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos en una MANET		
AUTOR(ES)	Vásquez Rivera, Miguel Angel		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	MSc. Córdova Rivadeneira, Luis Silvio; MSc. Ruilova Aguirre, María Luzmila / MSc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
PROGRAMA:	Maestría en Telecomunicaciones		
TITULO OBTENIDO:	Magister en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	21 de agosto de 2017	No. DE PÁGINAS:	61
ÁREAS TEMÁTICAS:	Comunicaciones Inalámbricas		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Red, Ad-hoc, MANET, TORA, AODV, OLSR.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El presente trabajo consiste en modelar una red ad-hoc móvil conocida como MANET mediante escenarios de tamaños de nodos utilizando protocolos de enrutamiento reactivos y proactivo que permita evidenciar cual protocolo es el más apropiado en rendimiento y retardo en la transmisión de paquetes. Inicialmente se describió las generalidades del trabajo, tales como, introducción, antecedentes, definición del problema, objetivos, hipótesis y metodología de investigación. Posteriormente, se realizó la descripción de la fundamentación teórica de las redes ad-hoc móviles. Finalmente, se realiza el modelado de una MANET utilizando cuatro protocolos de enrutamiento, tres reactivos (DSR, TORA y AODV) y uno proactivo (OLSR) utilizando OpnetModeler. Los protocolos de enrutamiento fueron evaluados por su rendimiento y retardo en la transmisión de paquetes. Para la evaluación del modelado de una MANET se crearon tres escenarios de red, que no es más que la variación de 30, 60 y 100 nodos. El protocolo OLSR fue el más eficiente en rendimiento y retardo en una red ad-hoc móvil.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0998999780	E-mail: mvasquez@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Manuel Romero Paz		
	Teléfono: 0994606932		
	E-mail: mromeropaz@yahoo.com		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			