



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Simulación de protocolos de enrutamiento OLSR, AODV y TORA en
redes ad-hoc móviles basadas en internet**

AUTOR:

Godoy Moreno, Nicolas Arturo

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando

Guayaquil, Ecuador

2 de marzo del 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Godoy Moreno, Nicolas Arturo** como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

Palacios Meléndez, Edwin Fernando

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, 2 de marzo del 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Godoy Moreno, Nicolas Arturo**

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación: “**Simulación de protocolos de enrutamiento OLSR, AODV y TORA en redes ad-hoc móviles basadas en internet**”, previo a la obtención del Título de **Ingeniero 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 responsabilizó del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 2 de marzo del 2020

EL AUTOR

Godoy Moreno, Nicolas Arturo



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Godoy Moreno, Nicolas Arturo**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Simulación de protocolos de enrutamiento OLSR, AODV y TORA en redes ad-hoc móviles basadas en internet”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 2 de marzo del 2020

EL AUTOR

Godoy Moreno, Nicolas Arturo

REPORTE DE URKUND

The screenshot shows the URKUND web interface. On the left, a document summary is displayed: 'Documento: Nicolas_Godoy_TT2019.docx (D63807687)', 'Presentado: 2020-02-12 13:28 (-05-00)', 'Presentado por: fernandopm23@hotmail.com', 'Recibido: edwin.palacios.ucsp@analysis.arkund.com', and 'Mensaje: Revisión TT Nicolas Godoy. 1% de estas 27 páginas, se componen de texto presente en 2 fuentes.' On the right, a 'Lista de fuentes' (List of sources) table is visible, listing categories and file names/links. The interface includes a top navigation bar with the user name 'Fernando Palacios Meléndez (edwin_palacios)' and a bottom toolbar with icons for 'Advertencias', 'Revisar', 'Exportar', and 'Compartir'.

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	Titulación-Estupiñán.Chaw V.1.0.pdf
	https://docplayer.es/32389358-Universidad-catolica-...
	https://docplayer.es/78785793-Universidad-catolica-...
	https://eprints.ucm.es/2890/1/MasterDefin09.pdf
Fuentes alternativas	
Fuentes no usadas	

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA: Simulación de protocolos de enrutamiento OLSR, AODV

y TORA en redes ad-hoc móviles basadas en internet

AUTOR: Godoy Moreno, Nicolas Arturo

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO en Telecomunicaciones

TUTOR: M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando

Guayaquil, Ecuador

12 de febrero del 2020

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERIA EN

Dedicatoria

Dedico mi trabajo de titulación a todas aquellas personas que estuvieron en esta etapa de mi vida, por darme su apoyo incondicional y ayudarme a crecer como persona y como profesional. En especial a mi mamá que siempre estuvo conmigo presionándome para que yo pueda alcanzar esta meta en mi vida.

Agradecimientos

Quiero agradecer a Dios por siempre guiarme por el buen camino y llenarme de bendiciones a lo largo de todo mi proceso estudiantil.

Agradecer a mi familia por ayudarme a poder concluir mis estudios con su gran esfuerzo y sus palabras de aliento para que yo culmine esta importante etapa.

Además, agradecer a mis excelentes docentes por siempre enseñar de la mejor manera posible y siempre estar dispuestos a aconsejar cuando se los necesitaba.

A los grandes amores de mi vida, mi novia y mi hijo, por siempre llenarme de felicidad y darme las fuerzas para poder alcanzar mis metas y darme las ganas de ser mejor cada día.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

M. Sc. ROMERO PAZ MANUEL DE JESÚS
DECANO

f. _____

M. Sc. ZAMORA CEDEÑO, NESTOR ARMANDO
COORDINADOR DE ÁREA

f. _____

M. Sc. PACHECO BOHÓRQUEZ, HÉCTOR PACHECO
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1: Generalidades del proyecto de grado.....	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Definición del problema.....	3
1.4. Justificación del problema a investigar.....	4
1.5. Objetivos.....	4
1.6. Hipótesis.....	4
1.7. Metodología de investigación.....	5
Capítulo 2: Fundamentación Teórica.....	6
2.1. Descripción general de redes Ad-hoc móviles – MANET.....	6
2.2. Propiedades de redes Ad-hoc móviles.....	6
2.3. Limitaciones de redes Ad-hoc móviles.....	7
2.4. Aplicaciones de redes Ad-hoc móviles.....	8
2.5. Tipos de redes Ad-hoc móviles.....	8
2.5.1. Redes Ad-hoc Vehicular.....	9
2.5.2. Redes Ad-hoc Vehicular Inteligente.....	9
2.5.3. Redes Ad-hoc móviles basadas en Internet.....	10
2.6. Fundamentos del diseño en una IMANET.....	11
2.6.1. Mecanismo de almacenamiento en caché agregado.....	12
2.7. Revisión de protocolos de enrutamiento en MANET.....	13
2.7.1. Protocolos de enrutamiento proactivo.....	14
2.7.2. Protocolos de enrutamiento reactivo.....	16
2.7.3. Protocolos de enrutamiento híbrido.....	18
2.7.4. Estructuras de enrutamiento.....	19
Capítulo 3: Desarrollo de la propuesta.....	21
3.1. Configuración del entorno experimental.....	21
3.2. Herramientas de simulación de redes.....	21

3.3.	Vista detallada del simulador OPNET.....	22
3.3.1.	Simulador OPNET Modeler específicamente para redes MANET.	22
3.3.2.	Flujo de trabajo de OPNET.	23
3.4.	Descripción de parámetros experimentales.....	25
3.5.	Diseño de los escenarios IMANET utilizando software OPNET Modeler.	28
3.6.	Entidades de datos.	31
3.6.1.	Configuración de la aplicación.....	31
3.6.2.	Configuración de perfil.....	32
3.6.3.	Configuración de movilidad.	32
3.6.4.	Configuración del servidor.....	32
3.6.5.	Configuración de nodos.....	33
3.7.	Análisis de los resultados obtenidos.....	33
3.8.	Impacto del número de nodos en los parámetros de QoS del tráfico HTTP para diferentes protocolos.....	33
3.8.1.	Escenario 1: Análisis de QoS del tráfico HTTP.	34
3.8.2.	Escenario 2: Análisis de QoS del tráfico HTTP.	36
3.8.3.	Escenario 3: Análisis de QoS del tráfico HTTP.	38
3.9.	Impacto del número de nodos en los parámetros de QoS del tráfico de voz para diferentes protocolos.	40
3.9.1.	Escenario 4: Análisis del tráfico de voz.	41
3.9.2.	Escenario 5: Análisis del tráfico de voz.	43
3.9.3.	Escenario 6: Análisis del tráfico de voz.	44
3.10.	Impacto del área de red en los parámetros de QoS del tráfico HTTP para diferentes protocolos.	47
3.11.	Impacto del área de red en los parámetros de QoS del tráfico de voz para diferentes protocolos.....	48
3.12.	Explicación teórica de los resultados de la simulación.	49
	Conclusiones	51
	Recomendaciones	52
	Bibliografía	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2:

Figura 2. 1: Conexiones indirectas entre los dispositivos.	6
Figura 2. 2: Sistema de comunicación de una red Ad-hoc Vehicular.....	9
Figura 2. 3: Ejemplo de un sistema de comunicación de una red Ad-hoc vehicular inteligente.	10
Figura 2. 4: Diseño del sistema de IMANET.	11

Capítulo 3:

Figura 3. 1: Un flujo de trabajo general de OPNET.....	23
Figura 3. 2: Una red troncal de un IMANET	29
Figura 3. 3: Un escenario de IMANET con puertas de enlaces MANET.....	30
Figura 3. 4: Parámetro de QoS de retardo de acceso al medio del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 1 km * 1 km).	34
Figura 3. 5: Parámetro de QoS de carga de red del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 1 km * 1 km).	35
Figura 3. 6: Parámetro de QoS de tiempo de respuesta de página del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 1 km * 1 km).....	35
Figura 3. 7: Parámetro de QoS de rendimiento del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 1 km * 1 km).....	36
Figura 3. 8: Parámetro de QoS de retardo de acceso al medio del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).	36
Figura 3. 9: Parámetro de QoS de carga de red del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).	37
Figura 3. 10: Parámetro de QoS de tiempo de respuesta de página del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).....	37

Figura 3. 11: Parámetro de QoS de rendimiento del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).	38
Figura 3. 12: Parámetro de QoS de retardo de acceso al medio del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 10 km * 10 km).....	39
Figura 3. 13: Parámetro de QoS de carga de red del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 10 km * 10 km)..	39
Figura 3. 14: Parámetro de QoS de tiempo de respuesta de página del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 10 km * 10 km).....	40
Figura 3. 15: Parámetro de QoS de rendimiento del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 10 km * 10 km)..	40
Figura 3. 16: Parámetro de QoS de retardo de acceso al medio del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 1 km * 1 km).....	41
Figura 3. 17: Parámetro de QoS de carga de red del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 1 km * 1 km).	41
Figura 3. 18: Parámetro de QoS de tiempo de MOS del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 1 km * 1 km).	42
Figura 3. 19: Parámetro de QoS de rendimiento del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 1 km * 1 km).	42
Figura 3. 20: Parámetro de QoS de retardo de acceso al medio del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).....	43
Figura 3. 21: Parámetro de QoS de carga de red del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).	43
Figura 3. 22: Parámetro de QoS de tiempo de MOS del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).	44
Figura 3. 23: Parámetro de QoS de rendimiento de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).....	44

Figura 3. 24: Parámetro de QoS de retardo de acceso al medio del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).....	45
Figura 3. 25: Parámetro de QoS de carga de red del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).	45
Figura 3. 26: Parámetro de QoS de tiempo de MOS del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).	46
Figura 3. 27: Parámetro de QoS de rendimiento de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 3:

Tabla 3. 1: Lista de parámetros experimentales	24
--	----

Resumen

El presente trabajo de titulación consistió en el diseño de varios escenarios de simulación en redes ad-hoc móviles pero basadas en Internet mediante la aplicación de tres algoritmos de enrutamiento, dos reactivos (Vector de distancia bajo pedido Ad-hoc, AODV y algoritmo de enrutamiento ordenado temporalmente, TORA) y uno proactivo (enrutamiento de estado de enlace optimizado, OLSR) y para cada escenario se modifica el área de cobertura. Aunque inicialmente se tuvo que realizar la búsqueda de herramientas de simulación, tales como las plataformas MatLab/Simulink, NS-2, NS-3, OMNeT++ y OPNET Modeler y la última se escogió como la más apropiada. La parte descriptiva del trabajo de titulación se la dio en el capítulo 1, la parte de los fundamentos teóricos fue de mucha ayuda a la hora de escoger los protocolos de enrutamiento que fue tratado en el capítulo 2. En el capítulo 3 fueron diseñados los escenarios y se discuten los resultados obtenidos.

Palabras claves: PROTOCOLOS, ENRUTAMIENTO, REDES, MÓVILES, SIMULACIÓN, NODOS.

Capítulo 1: Generalidades del proyecto de grado.

1.1. Introducción.

Las redes ad-hoc móviles comenzaron en forma de redes de radio por paquetes en la década de 1970 cuando se utilizaron enfoques de control de acceso medio y una especie de enrutamiento de vector de distancia (Pineda-Briseño et al., 2016). En la década de 1980, este formulario se desarrolló en la red de paquetes conmutados para el campo de batalla móvil en un entorno sin infraestructura. Las redes comerciales ad-hoc llegaron en la década de 1990 cuando nuevas tecnologías inalámbricas como IEEE 802.11 se volvieron capaces de proporcionar un gran ancho de banda para la comunicación de datos móviles. Esto condujo a nuevos paradigmas de redes inalámbricas como Mobile Ad-hoc Network (MANET's).

Las MANET's se componen de un conjunto de nodos inalámbricos distribuidos arbitraria y potencialmente móviles donde cualquier nodo puede actuar como fuente de información, ya sea un sumidero (Sink) o un enrutador (Rocabado Moreno, 2013). En otras palabras, MANET se puede definir como una red dinámica de nodos móviles autónomos donde se utilizan enlaces inalámbricos sin infraestructura existente. (Vásquez Rivera, 2017)

Este tipo de red conduce a una alta tasa de cambios de topología que ocurren rápidamente. Por lo tanto, estas redes presentan una serie de problemas de investigación desafiantes, en particular, los de lograr continuamente un enrutamiento optimizado. Este tema ha recibido mucha atención de investigación y ha llevado al desarrollo de numerosos protocolos de enrutamiento. MANET tiene muchas aplicaciones en la vida real, como redes tácticas, redes de sensores, servicios de emergencia, entornos comerciales y redes domésticas y empresariales.

El enrutamiento es el camino hacia la transmisión de datos o paquetes desde el nodo fuente al nodo objetivo. A medida que la red Ad-Hoc cambia su topología de vez en cuando y de esta manera hace que el enrutamiento de paquetes sea problemático en ese momento. El protocolo de enrutamiento

controla el flujo de información en los sistemas y, además, elige la forma eficiente de lograr el objetivo. (Verma & Soni, 2017)

Para Pandey & Fujinoki, (2005) en los protocolos de enrutamiento proactivo, la información de enrutamiento para llegar a todos los demás nodos en una red siempre se mantiene en el formato de la tabla de enrutamiento en cada nodo. Cuando la topología de la red cambia (es decir, los nodos existentes se han movido, se han creado nuevos enlaces o se han eliminado los existentes), dichos cambios en los estados de enlace se anuncian a todos los nodos de una red. Por lo tanto, las rutas a todos los destinos posibles se descubren antes de las transmisiones de paquetes.

Los protocolos reactivos requieren menos información de enrutamiento para cada nodo en comparación con los protocolos proactivos, ya que no es necesario obtener y mantener la información de enrutamiento para todos los nodos en una red. Otra ventaja en los protocolos reactivos es que los nodos intermedios no tienen que tomar decisiones de enrutamiento. (Cantero Mencerreyes, 2011)

1.2. Antecedentes.

Una de las redes más extendidas es la red móvil ad-hoc (MANET), en la que los nodos se mueven constantemente y cambian la topología de la red. En principio, la aplicación de tecnologías MANET en el contexto de loSat proporcionaría autoorganización, autoconfiguración y flexibilidad a los sistemas satelitales. El protocolo de enrutamiento de estado de enlace optimizado (OLSR) es la solución predominante en MANET, porque reacciona rápidamente contra los cambios de topología. Este documento tiene como objetivo estudiar los beneficios del uso de redes con soluciones MANET (por ejemplo, OLSR, AODV y TORA).

1.3. Definición del problema.

Necesidad de implementar escenarios de simulación orientadas a redes Ad-hoc móviles (MANET) basadas en Internet utilizando dos protocolos

reactivos (AODV y TORA) y un protocolo proactivo (OLSR) sobre la plataforma de simulación OPNET Modeler.

1.4. Justificación del problema a investigar.

Se van a crear varios escenarios que permita evaluar la calidad de servicio (QoS) mediante el tráfico HTTP y de voz. Estos escenarios serán implementados en la plataforma de simulación OPNET Modeler versión 14.5. Los dos tráficos serán evaluados mediante tres protocolos de enrutamiento y para cada escenario se modificará el área de cobertura. Para los resultados experimentales, se configuran menos nodos en el primer escenario y los nodos grandes se configuran en el segundo escenario. Se configuran dos nodos de movilidad en ambos escenarios para representar la red Ad-hoc móvil.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General:

Diseñar modelos de simulación de protocolos de enrutamiento OLSR, AODV y TORA en redes ad-hoc móviles basadas en internet utilizando mediante OPNET.

1.5.2. Objetivos específicos:

- ✓ Describir los fundamentos teóricos de las redes inalámbricas ad-hoc móviles y protocolos de enrutamiento.
- ✓ Diseñar los escenarios de simulación de la red ad-hoc móvil basadas en Internet utilizando diferentes configuraciones propias de la red ad-ho.
- ✓ Analizar los resultados obtenidos durante la ejecución de los escenarios de simulación desarrollados en el presente documento de titulación.

1.6. Hipótesis

A través de los escenarios de simulación de una red Ad-hoc móvil basada en Internet permitirá demostrar cómo afecta la cantidad de nodos móviles para diferentes áreas de cobertura en la calidad de servicio (QoS) cuando se analiza el tráfico HTTP y de voz.

1.7. Metodología de investigación.

Uno de los desafíos de la investigación en ingeniería de telecomunicaciones es que la experiencia y la aplicación suceden "en el campo". El campo puede ser una empresa industrial o una agencia gubernamental. Los investigadores necesitan métodos para investigar en el campo; métodos para probar ideas, recopilar datos, analizar y evaluar.

En este trabajo se presenta un modelo de investigación simple para contribuir con investigadores a dar forma a su investigación. Se proporciona y se discute una serie de métodos de investigación elementales. El modelo y los métodos de investigación elementales se basan en experiencias de investigación en ingeniería de telecomunicaciones en los últimos cinco años.

Capítulo 2: Fundamentación Teórica.

2.1. Descripción general de redes Ad-hoc móviles – MANET.

MANET es una red inalámbrica Ad-hoc. En MANET, los nodos actúan como clientes y servidores. Estos nodos móviles se mueven aleatoriamente sin ninguna topología fija. La ausencia de la infraestructura y la topología dinámica ha creado desafíos en el mundo de la comunicación de hoy. En MANET, cada nodo tiene la capacidad de enrutamiento de reenviar los datos a sus nodos vecinos. En un MANET, los dispositivos pueden conectarse directa e indirectamente entre sí. Los dispositivos establecen una conexión indirecta a través de otros dispositivos. La figura 2.1 ilustra la conexión indirecta entre los dispositivos.

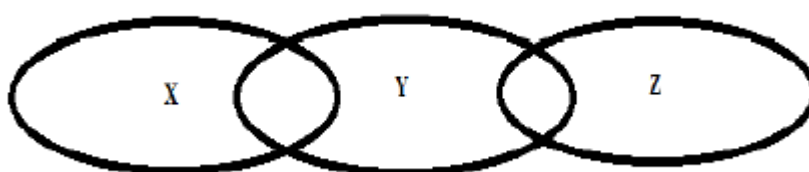


Figura 2. 1: Conexiones indirectas entre los dispositivos.

Elaborado por: Autor.

El dispositivo X y el dispositivo Z se conectan indirectamente mediante retransmisión en el dispositivo Y. El dispositivo X envía un mensaje al dispositivo Y con la dirección del dispositivo de destino Z. El dispositivo Y después de recibir el mensaje elimina la dirección y entrega el mensaje al dispositivo de destino Z. En este capítulo, se discute las propiedades, limitaciones, aplicaciones, tipos de MANET seguidos por el modelo de sistema de IMANET.

2.2. Propiedades de redes Ad-hoc móviles.

Los MANET son redes de autoconfiguración y autogestión que establecen una conexión inalámbrica. Las siguientes son algunas de las características de MANET.

1. Las MANET's se forman sin ninguna estructura preexistente.

2. Como los nodos son móviles, la comunicación se puede crear en cualquier momento y en cualquier lugar.
3. Los nodos móviles abren rutas alternativas automáticamente.
4. Cada nodo actúa como un enrutador que reenvía el paquete a sus nodos vecinos. Y así, los nodos móviles juegan un papel vital en la comunicación.
5. La tarea muy importante y desafiante de MANET es proporcionar servicio e información a las personas cuando se destruyen las redes de infraestructura, por ejemplo, durante los tiempos de los desastres naturales.

Entonces, las MANET's tienen muchos aspectos interesantes que lo hacen importante para el mundo actual de la comunicación. Las características como autoorganización, flexibilidad y bajo costo son favorables para implementar la red MANET fácilmente. La propiedad, la estructura no preexistente de las MANET's todavía está bajo investigación, lo que será muy beneficioso para los humanos.

2.3. Limitaciones de redes Ad-hoc móviles.

Desafortunadamente, la red MANET está limitada por algunas restricciones, que son:

1. Las MANET's no son eficientes en un área de red grande debido a la naturaleza de movilidad aleatoria de los nodos y la topología de red dinámica.
2. Las MANET's tienen una seguridad física limitada, atacada por muchas amenazas de seguridad que minimizan el rendimiento de la red.
3. Ancho de banda limitado.
4. Recursos y potencia limitados en nodos móviles.

A pesar de las ventajas, existen algunas restricciones que minimizan el rendimiento de la red. El enrutamiento costoso en MANET es una de las principales restricciones, es decir, dado que los nodos se mueven

aleatoriamente, es difícil formar las mejores rutas y debido a que la red no se puede configurar con éxito.

2.4. Aplicaciones de redes Ad-hoc móviles.

Las características independientes de autoconfiguración son el bajo costo de implementación, flexibilidad e infraestructura de MANET que originan muchos servicios. Estos se clasifican de la siguiente manera:

1. En servicios de emergencia como operaciones de rescate, servicios médicos, etc.
2. En las operaciones militares, cuando los soldados deambulan en el campo de batalla pueden comunicarse fácilmente entre sí.
3. La aplicación más desafiante de MANET se encuentra en fallas catastróficas como terremotos, inundaciones, explosiones de incendios, etc. En estas situaciones, cuando la red de infraestructura colapsa, las MANET's juegan un papel clave en ayudar a las personas afectadas. Las personas pueden comunicarse fácilmente entre sí y los equipos de rescate se pueden activar de inmediato.
4. En conferencias empresariales y educativas, reuniones y aplicaciones web, etc.
5. En el mantenimiento de los registros de las condiciones climáticas, el control de la contaminación del aire/agua, etc.
6. En la gestión del tráfico, evitando accidentes de tránsito, entre otras.

Las MANET's comprenden una amplia variedad de aplicaciones efectivas como recuperación ante desastres, militares, conferencias, etc. Estas son situaciones muy generales e importantes; especialmente el papel de las MANET's en áreas propensas a desastres o áreas rurales ayuda a las personas a comunicarse entre sí sin costo adicional. Los investigadores todavía están trabajando en la implementación exitosa de MANET.

2.5. Tipos de redes Ad-hoc móviles.

Las MANET's se clasifican además en 3 tipos

1. Redes Ad-hoc Vehicular – VANET.
2. Redes Ad-hoc Vehicular Inteligente – InVANET.

3. Redes Ad-hoc móviles basada en Internet – IMANET.

2.5.1. Redes Ad-hoc Vehicular.

Las redes Ad-hoc vehicular (*Vehicle Ad-hoc Networks, VANET*) se utiliza principalmente para vehículos, que se ocupa de dispositivos vehiculares. El objetivo principal de VANET es proporcionar seguridad. Los vehículos que tienen dispositivos VANET pueden comunicarse entre sí enviando y recibiendo mensajes. Los ejemplos de VANET son el sistema de estacionamiento automático, el sistema de señales de tránsito, etc.

Según Hu et al., (2017) VANET es una aplicación especial de MANET tradicional en el tráfico. La investigación con el uso de protocolos de enrutamiento de MANET para adaptar VANET se ha convertido en una dirección de investigación popular, mientras que pocos documentos se centran en el análisis de rendimiento de los protocolos de enrutamiento en escenarios de tráfico y la implementación de terminales VANET.

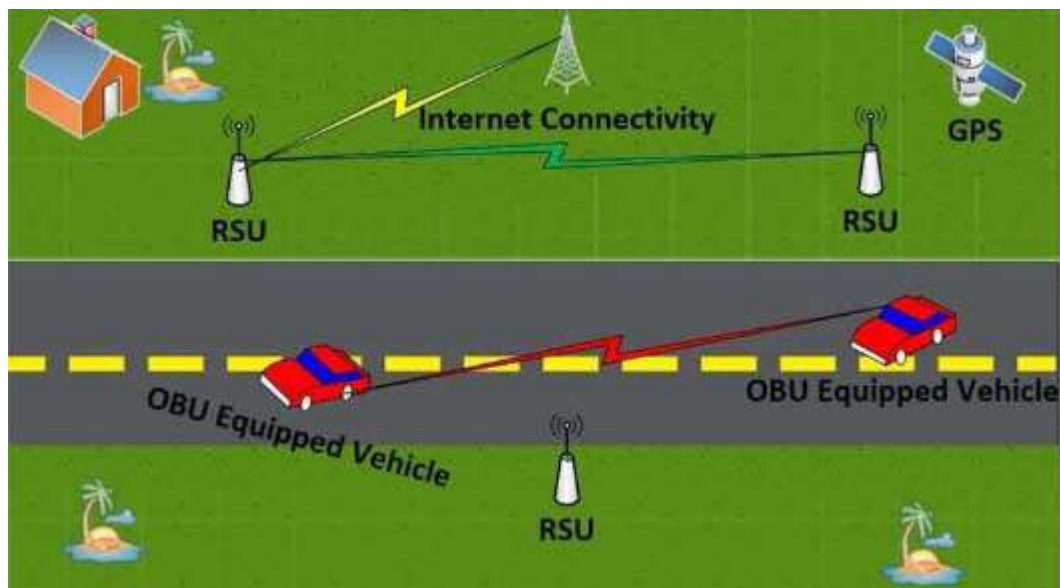


Figura 2. 2: Sistema de comunicación de una red Ad-hoc Vehicular.
Fuente: (Ghori et al., 2018)

2.5.2. Redes Ad-hoc Vehicular Inteligente.

Las redes Ad-hoc vehicular inteligentes (**Intelligent Vehicle Ad-hoc Networks, InVANET**) funciona bajo un mecanismo de inteligencia artificial. Estos tipos de redes establecen comunicaciones entre Vehículo-Vehículo (V2V) y Vehículo-Carretera (V2R). El propósito principal de un INVANET es;

en situaciones de emergencia en el lado de la carretera, como los accidentes entre los vehículos, otros accidentes de carretera, etc. Si el vehículo que tiene un dispositivo INVANET se encuentra con un accidente, se genera automáticamente una alarma desde el vehículo. El trabajo de (Saravanan et al., 2009) muestra el sistema propuesto en su investigación relacionada a InVANETs.

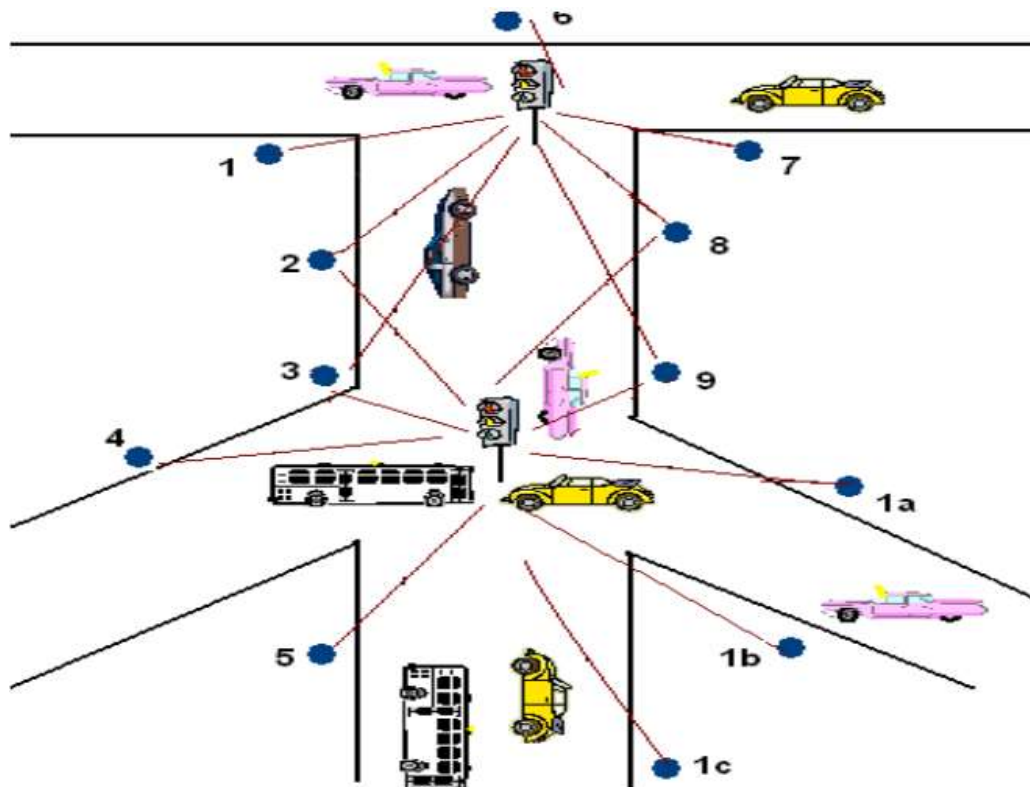


Figura 2. 3: Ejemplo de un sistema de comunicación de una red Ad-hoc vehicular inteligente.

Fuente: (Saravanan et al., 2009)

2.5.3. Redes Ad-hoc móviles basadas en Internet.

El IMANET es una combinación de red cableada (por ejemplo, internet) y MANET. Las infraestructuras de comunicación inalámbrica se están desarrollando para que los usuarios accedan a los servicios e información de Internet en cualquier momento y en cualquier lugar. El creciente interés en acceder a internet lleva a integrar MANET con internet. La integración de MANET con internet se conoce como IMANET.

Para Lim et al., (2004) una IMANET combina una red ad-hoc móvil (MANET) e Internet para proporcionar accesibilidad universal a la información.

Aunque el almacenamiento en caché de elementos de datos a los que se accede con frecuencia en terminales móviles (*Mobile Terminal, MT*) mejorando el rendimiento de la comunicación en una IMANET, trae un problema de diseño crítico cuando se actualizan los elementos de datos.

2.6. Fundamentos del diseño en una IMANET.

El diseño de una IMANET consiste en una arquitectura de desarrollo extendida de MANET orientada a la conectividad y accesibilidad de los nodos móviles (*Mobile Node, MN*). Los MN's pueden conectarse a Internet y también pueden comunicarse con otros MN's a través de la tecnología Wi-Fi (por ejemplo, IEEE 802.11). La figura 2.4 ilustra el diseño de una IMANET, se puede que la IMANET consiste en un conjunto de nodos móviles que se conectan y comunican entre sí a través de protocolos de enrutamiento Ad-hoc. Algunos de los MN's pueden conectarse directamente con Internet y convertirse en puntos de acceso (*Access Point, AP*) que funcionan como transmisores para el resto de los MN's.

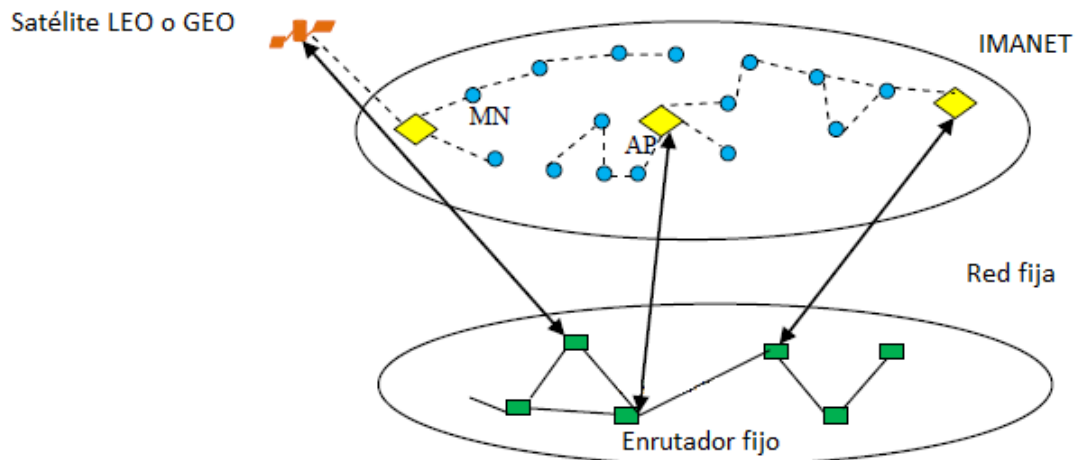


Figura 2. 4: Diseño del sistema de IMANET.

Fuente: (Lim et al., 2006)

Por lo tanto, un AP actúa como puerta de acceso a Internet para acceder a la información. Los AP están conectados con los enrutadores. Algunos de los AP están conectados a enrutadores fijos, mientras que otros pueden tener una conexión satelital a Internet. Los MN's pueden moverse a cualquier parte y pueden comunicarse con los MN's en la red. Los MN's que se mueven fuera del límite de un AP pueden acceder a Internet a través de los relés de otro AP. Los MN's ubicados cerca de un AP pueden conectarse directamente a ese

AP, mientras que los MN's ubicados lejos de un AP tienen que pasar por varias rutas para llegar a ese AP.

Sin embargo, todos los MN's no pueden conectarse directamente a Internet debido a las siguientes limitaciones de IMANET:

1. Accesibilidad limitada, es decir, todos los terminales móviles (MN) no pueden acceder a Internet por cable.
2. La falta de ancho de banda inalámbrico debido a la movilidad de los MN, un conjunto de MN puede separarse del resto de los MN y desconectarse de Internet.
3. Larga latencia de mensajes.
4. Las métricas de rendimiento de la red limitan la selección de múltiples puertas de enlace a Internet.

A pesar de las limitaciones, muchos investigadores han realizado propuestas de mecanismos de almacenamiento en caché agregado para abordar estas limitaciones.

2.6.1. Mecanismo de almacenamiento en caché agregado.

En el esquema del mecanismo de almacenamiento en caché agregado, el caché local de cada nodo móvil forma un caché agregado unificado que reduce la latencia (retardo) de comunicación y mejora la accesibilidad de la información. Como los MN's están formando un caché agregado, el caché del elemento de datos no solo depende del nodo móvil sí mismo, sino también de los MN's vecinos. Debido a esto es que se propone una búsqueda de información y gestión de caché en un mecanismo de almacenamiento en caché agregado.

Otro mecanismo que proponen es el algoritmo de búsqueda de información llamado búsqueda simple (*Search Simple*, SS) para determinar los elementos de datos del caché local, ya sea del nodo móvil (MN) o del punto de acceso (AP). El algoritmo de búsqueda simple en una IMANET transmite utilizando cuatro mensajes de control; solicitar, acuse de recibido, confirmar y responder.

Este algoritmo se puede implementar en la parte superior de los protocolos de enrutamiento existentes para MANET. El concepto de gestión de caché es emplear la eficiencia de la caché evitando las réplicas de elementos de datos. Permite dos métodos para el almacenamiento en caché eficiente:

1. **Control de admisión de caché:** se activa cuando un nodo móvil recibe el elemento de datos solicitado y decide si el MN puede o no aceptar el elemento de datos para el almacenamiento en caché. La decisión de almacenar en caché un elemento de datos depende de la distancia de otros MN o AP que tienen el elemento de datos solicitado.
2. **Política de reemplazo de caché:** del método se activa cuando el MN desea almacenar en caché un elemento de datos, pero el caché está lleno y, por lo tanto, selecciona el elemento de datos como víctima. Se proponen dos elementos para seleccionar una víctima:
 - ✓ La distancia (δ), medida por el número de saltos lejos de los AP o MN que tiene el elemento de datos solicitado. El elemento de datos con el menor valor δ se selecciona como víctima.
 - ✓ El tiempo transcurrido (τ) almacena en caché la última δ actualizada.

2.7. Revisión de protocolos de enrutamiento en MANET.

MANET se puede referir a la red Ad-hoc inalámbrica de saltos múltiples donde cada nodo puede transportar un paquete de enrutamiento desde el origen hasta el destino. En consecuencia, cada nodo se comporta como un enrutador, ya que debe ayudar en el descubrimiento de rutas y los procesos de mantenimiento. Por lo tanto, se necesita un conjunto de instrucciones y algoritmos para administrar un proceso de enrutamiento en dichas redes utilizando protocolos de enrutamiento.

Como resultado, el problema de enrutamiento ha recibido una atención considerable, lo que ha llevado a la propuesta de varios tipos de protocolos de enrutamiento. Según las estrategias de descubrimiento y mantenimiento de rutas, estos protocolos se pueden clasificar en tres categorías diferentes: proactiva, reactiva e híbrida.

Esta sección describe las características principales de cada clase y los siguientes términos se utilizan para describir el rendimiento de los protocolos de enrutamiento: retardo (latencia) y sobrecarga del protocolo. El retardo de la red es el tiempo que tardan los datos en viajar desde el origen hasta el destino. Por otro lado, la sobrecarga del protocolo es información de enrutamiento de la red que incluye la sobrecarga del protocolo y la información específica de la aplicación que no forma parte del contenido de los datos, ya que utiliza una parte de la capacidad del canal de comunicación disponible. Si el retardo y la sobrecarga son bajos, el rendimiento del protocolo es bueno.

2.7.1. Protocolos de enrutamiento proactivo.

Los protocolos de enrutamiento proactivos son ejemplos de intentos tempranos de proporcionar rutas de extremo a extremo en redes Ad-hoc. En general, se basan en los algoritmos tradicionales de vector de distancia y estado de enlace que se diseñaron principalmente para redes cableadas y, como tales, operaban solo en pequeñas redes Ad-hoc. Porque en estos protocolos las rutas se mantienen periódicamente independientemente de si son necesarias o no. Además, las actualizaciones de rutas pueden propagarse globalmente utilizando inundaciones ciegas que resultan en el problema de tormentas de difusión (PTD).

En redes de alta densidad de nodos, la sobrecarga causada por PTD puede reducir significativamente el ancho de banda disponible. Sin embargo, los protocolos de enrutamiento proactivos tienen una latencia menor en el envío de datos a través de la red porque la ruta al destino ya se ha establecido.

Las diferencias entre los protocolos en esta clase son la estructura de enrutamiento, el número de tablas, la frecuencia de las actualizaciones, el uso de mensajes de saludo y la existencia de un nodo central; por lo tanto, cada protocolo reacciona de manera diferente a los cambios de topología. Los protocolos de enrutamiento proactivo actuales se heredan de algoritmos de enrutamiento de vector de distancia o de estado de enlace. En el enrutamiento del estado del enlace, cada nodo mantiene periódicamente el costo del estado del enlace de sus vecinos.

Enrutamiento de estado de enlace optimizado (OLSR) y Enrutamiento de estado de ojo de pez (FSR). En el enrutamiento de vector de distancia, cada nodo mantiene periódicamente un conjunto de rutas de distancias más cortas a cada destino, p. Vector de distancia secuenciada de destino (DSDV) y Protocolo de enrutamiento inalámbrico (WRP).

DSDV es uno de los primeros protocolos de enrutamiento proactivo basado en el algoritmo de enrutamiento Bellman-Ford. La contribución principal de DSDV es resolver los problemas del bucle de enrutamiento utilizando el número de secuencia para cada ruta al destino en la tabla de enrutamiento. Este número se asigna por destino donde se usa la ruta con el número de secuencia más reciente para enrutar los datos al destino. Se utilizan dos tipos de paquetes para reducir la sobrecarga de control que se inunda en la red.

El primer tipo se llama volcado completo y lleva toda la información de enrutamiento disponible. El paquete incremental es el segundo tipo, uno más corto, enviado con más frecuencia y que contiene la información actualizada que se ha modificado desde el último volcado completo.

WRP es similar a DSDV. Sin embargo, una de las diferencias es que, en WRP, cada nodo mantiene cuatro tablas de enrutamiento y, a medida que aumenta la red, este protocolo consume una cantidad significativa de memoria para mantener múltiples tablas. Además, los mensajes de saludo se utilizan para garantizar la conectividad con los vecinos. En consecuencia, se consume más ancho de banda y potencia.

FSR es un protocolo de enrutamiento proactivo de estado de enlace. Este protocolo actualiza con frecuencia la información de red para los nodos que están solo dentro de su alcance, controlando así la sobrecarga de control. Sin embargo, FSR no se caracteriza por una alta movilidad debido a la información de enrutamiento inexacta hacia el destino.

OLSR es un protocolo de enrutamiento plano punto a punto. La característica principal de OLSR es el uso de relés multipunto (MPR) para reducir el BSP. También minimiza el número de paquetes de control requeridos en comparación con DSDV. El conjunto MPR es un conjunto optimizado de nodos vecinos que se seleccionan para retransmitir información del estado del enlace. Las MPR se seleccionan cuando cada nodo tiene un enlace con al menos un nodo MPR como vecino del primer salto. OLSR utiliza mensajes de saludo y control de topología (TC) para descubrir y difundir información del estado del enlace.

2.7.2. Protocolos de enrutamiento reactivo

Los protocolos de enrutamiento bajo demanda (reactivos) se introdujeron para mejorar la escalabilidad y los problemas generales relacionados con los protocolos de enrutamiento proactivo. Esto solo se logró mediante el descubrimiento de rutas cuando se necesita una ruta, en lugar de mantener rutas periódicamente como con protocolos proactivos. En consecuencia, se puede lograr una cantidad significativa de reducción en la sobrecarga de enrutamiento a un costo de demoras adicionales. El enrutamiento reactivo generalmente ocurre en dos fases: descubrimiento de ruta y mantenimiento de ruta. Cuando un nodo tiene datos para enviar y una ruta preexistente no está disponible, se inicia el descubrimiento de ruta.

En esta fase, el nodo fuente inicia una inundación ciega de paquetes RREQ en toda la red. Cuando un paquete RREQ llega a un nodo con una ruta activa hacia el destino (o llega al destino mismo), se envía una respuesta de ruta a la fuente, ya sea mediante inundación ciega o inversión de enlace (unidifusión). El uso de inundaciones ciegas en el descubrimiento de rutas hace que los protocolos reactivos estén sujetos al BSP.

Una fase de mantenimiento de ruta se inicia cuando una ruta activa, que transporta datos, se interrumpe. Usando una estrategia de reparación de ruta local, el nodo que detecta ese enlace roto puede reparar localmente una ruta rota. Alternativamente, se envía un paquete de error de ruta (RERR) a la fuente y se inicia un nuevo descubrimiento de ruta. Una desventaja del

enrutamiento reactivo en comparación con el enrutamiento proactivo es que puede haber un retraso en la entrega de datos debido al descubrimiento de ruta inicial.

Los protocolos de enrutamiento reactivo se pueden clasificar en dos grupos: enrutamiento de origen y enrutamiento salto por salto. En el enrutamiento de origen, los encabezados de paquetes de datos llevan la ruta completa al destino, y los nodos intermedios no se preocupan por mantener la información de enrutamiento. Por otro lado, este tipo de protocolos puede experimentar un alto nivel de sobrecarga por paquete a medida que aumenta el número de nodos intermedios y también tienen una mayor probabilidad de falla de la ruta.

Los paquetes en el segundo grupo de protocolos reactivos tienen que llevar solo direcciones de destino y del siguiente salto, lo que significa que los nodos tienen que mantener y almacenar información de enrutamiento para rutas activas. El vector de distancia a pedido ad-hoc (AODV), el enrutamiento de origen dinámico (DSR), el MANET dinámico a pedido (DYMO) y el enrutamiento asistido por ubicación (LAR) son protocolos de enrutamiento reactivo bien conocidos.

AODV es un protocolo de enrutamiento salto por salto, que introduce una estrategia más dinámica para descubrir y reparar rutas en comparación con DSR. Los números de secuencia de destino se utilizan para evitar el problema de los bucles infinitos. AODV mantiene solo rutas activas para reducir los gastos generales y la contención.

DSR es un protocolo de enrutamiento de fuente reactiva. Descubre rutas bajo demanda utilizando una estrategia de descubrimiento y mantenimiento de rutas. Se aplican múltiples rutas para lograr el equilibrio de carga y aumentar la robustez.

DYMO se basa en DSR y AODV. DYMO puede adaptarse a los cambios de topología de red y patrones de movilidad mediante la detección y

determinación de rutas de unidifusión a destinos según sea necesario. Este protocolo puede controlar diferentes patrones de tráfico en grandes redes al permitir que los nodos se comuniquen con grupos de otros nodos. El rendimiento de DYMO se mejora mediante el enrutamiento acumulativo que reduce los RREQ en contraste con AODV y DSR.

LAR utiliza información de GPS para detectar la ubicación de los nodos; todos los nodos deben tener receptores de GPS, lo que reduce la sobrecarga debido a las inundaciones. Este protocolo tiene dos estrategias para el descubrimiento de rutas. En primer lugar, limita la propagación de RREQ a un área definida (es decir, Zona de solicitud); en segundo lugar, almacena las coordenadas de un nodo de destino que permite dirigir un RREQ hacia las coordenadas de destino, evitando así el BSP y reduciendo la sobrecarga.

2.7.3. Protocolos de enrutamiento híbrido

Las estrategias de enrutamiento híbrido pueden ser de naturaleza reactiva y proactiva. Estos protocolos usan propiedades proactivas y reactivas en casos que aumentarían la escalabilidad de la red. Por ejemplo, las rutas proactivas pueden usarse para mantener la conectividad a los nodos cercanos, mientras que las rutas a los nodos más remotos (o lejanos) pueden determinarse de manera reactiva. Por lo tanto, la información de enrutamiento global que se propaga periódicamente se minimiza y las rutas se vuelven más precisas a medida que los datos viajan hacia el destino. Además, estos protocolos introducen diferentes esquemas jerárquicos, que agrupan los nodos en grupos, zonas o árboles para minimizar el número de nodos de retransmisión en la red.

El rendimiento de los protocolos de enrutamiento híbrido en redes muy grandes sigue siendo una pregunta de investigación abierta, los protocolos de enrutamiento híbrido son de naturaleza más compleja que los protocolos puramente reactivos o proactivos. Además, se requieren niveles significativos de potencia informática para estudiar su rendimiento en escenarios de simulación realistas. Por lo tanto, gran parte de los ensayos de desarrollo e implementación desarrollados actualmente se basan en protocolos proactivos

y reactivos. El protocolo de enrutamiento de zona (*Zone Routing Protocol, ZRP*) puede servir como un ejemplo de protocolos de enrutamiento híbrido.

En ZRP, los nodos se agrupan en zonas y las comunicaciones entre ellos dependen de su ubicación en la zona. Otro ejemplo de protocolo de enrutamiento híbrido que puede adaptarse a los cambios en la densidad y movilidad de los nodos es el Protocolo de enrutamiento de actualización de ubicación escalable (SLURP). Utiliza la información del GPS para administrar la ubicación del nodo y elimina el enrutamiento global.

Cada nodo está asociado con una región de origen y envía su nueva ubicación a su región de origen a medida que se mueve. Por lo tanto, cuando se requiere una ruta, el nodo de origen solo tiene que consultar la región de origen del destino. Este protocolo es adecuado para redes grandes donde el número de nodos y su movilidad son altos.

2.7.4. Estructuras de enrutamiento

Según las estructuras de enrutamiento, los protocolos de enrutamiento MANET también se pueden dividir en protocolos de enrutamiento planos, protocolos de enrutamiento jerárquico y protocolos de enrutamiento asistido por información de posición geográfica. Cada protocolo enruta datos de forma proactiva o reactiva o utiliza la combinación de las dos estrategias. Los protocolos planos pueden ser impulsados por tablas (proactivos) como DSDV o protocolos bajo demanda (reactivos) como DSR. Esos protocolos han sido descritos previamente.

El objetivo de los protocolos de enrutamiento jerárquico inalámbrico es agrupar nodos móviles para reducir el área de inundación. Los nodos se agrupan en términos de grupos, árboles o zonas donde hay un líder que gestiona el enrutamiento en su área. Cada nodo tiene una funcionalidad diferente según su ubicación dentro o fuera del grupo. Esta estrategia reduce el tamaño de las tablas de enrutamiento y la información de enrutamiento. Un ejemplo de un protocolo de enrutamiento jerárquico inalámbrico es el ZRP.

Las ventajas de esos protocolos son la reducción de los gastos generales y la mejora del escalado de redes grandes en comparación con los protocolos de enrutamiento plano. Sin embargo, cuando la movilidad del nodo es alta, el enrutamiento jerárquico puede introducir más sobrecarga debido al recálculo del clúster. Además, un cabezal de clúster es un nodo crítico y la comunicación se interrumpe si se cae.

Los protocolos de enrutamiento asistido por información de posición geográfica mejoran el enrutamiento mediante el uso de receptores del Sistema de posición global (GPS) integrados en los nodos para obtener su información de ubicación. Esos protocolos enrutan los datos mediante el direccionamiento geográfico y el enrutamiento (GeoCast) donde se envían mensajes a todos los nodos en un área geográfica específica. GeoCast utiliza la información geográfica en lugar de las direcciones lógicas.

La información geográfica sobre los nodos elimina la propagación de la información de enrutamiento. Por lo tanto, los protocolos geográficos tienen más eficiencia para adaptarse a los cambios en la densidad de nodos en comparación con otros protocolos. Ejemplos de enrutamiento geográfico son DREAM y SLURP. Sin embargo, la asignación de dirección a ubicación produce más gastos generales. Además, el uso del GPS consume la potencia de un nodo móvil.

Capítulo 3: Desarrollo de la propuesta.

3.1. Configuración del entorno experimental.

En este capítulo, se discuten las diferentes herramientas de simulación de redes, un estudio detallado sobre el entorno del software de simulación OPNET Modeler y también el diseño propuesto del modelo de red experimental de MANET basadas en Internet (IMANET) con procedimientos de configuración que explican la configuración de una MANET.

3.2. Herramientas de simulación de redes.

Es una tarea difícil diseñar una red eficiente con alto rendimiento. Se han introducido una serie de herramientas de simulación de redes para medir el rendimiento de la red. Por ejemplo, a continuación, se muestran algunos simuladores de red de uso común:

- a) **GloMoSim** (*Global Mobile Information System Simulator*) es un entorno de simulación escalable para redes inalámbricas. Está construido en el compilador Parsec (entorno de simulación paralela para sistemas complejos) mediante un lenguaje de simulación basado en C. Por lo tanto, debido a la codificación, toma muchas tramas de tiempo. Para trabajar en el software GloMoSim, los usuarios deben tener un buen conocimiento sobre Parsec.
- b) **Packet Tracer**, es un simulador de redes creado por Cisco Systems. Esta herramienta solo admite redes inalámbricas. El objetivo principal de este software es proporcionar un entorno de simulación en tiempo real. Sin embargo, la función de red Ad-hoc no es compatible. Este software no es compatible con la red propuesta en el trabajo de titulación, y no es una herramienta gratuita para uso general.
- c) **QualNet** es una herramienta de simulación de redes utilizada para el análisis de entornos de red inalámbrica. Esta herramienta es más adecuada para redes heterogéneas (cableadas e inalámbricas) a gran escala. Es un simulador comercial. El lenguaje de programación C ++ se utiliza para diseñar redes en él. La extensión de QualNet es sQualnet que trata con redes de sensores.

- d) **NS2** es la segunda versión del simulador de redes (Network Simulator, NS). Este software de simulación se basa en dos lenguajes de programación, C++ y OTcl. Esta herramienta es compatible con el entorno en tiempo real y no es un software muy fácil de usar. No admite características visuales y gráficas. La combinación de C++ y OTcl maximiza el rendimiento de la herramienta. Por lo tanto, es ampliamente utilizado por los desarrolladores.
- e) **NS-3** es la tercera versión de NS. Esta herramienta también está escrita en C++ y secuencias de comandos Python. Este software se centra en las aplicaciones en tiempo real. Como es un simulador desarrollado recientemente y todavía está en desarrollo. Requiere personas especializadas para interactuar con los usuarios y mantener el sistema.
- f) **OPNET** conocida como la herramienta de ingeniería de red optimizada (*Optimized Network Engineering Tool, OPNET*). Es uno de los softwares de simulación más populares para diseñar redes y analizar el rendimiento de redes de telecomunicaciones. La razón de su popularidad es que tiene una interfaz gráfica de usuario (*Graphical User Interface, GUI*) atractiva y características visuales. OPNET ofrece una versión cuya edición académica es gratuita para estudiantes.

3.3. Vista detallada del simulador OPNET.

En el presente trabajo de titulación, se utiliza el software de simulación OPNET 14.5 para realizar el diseño de los diferentes escenarios de redes MANET's basadas en internet (IMANET), y evaluar el rendimiento de los protocolos de enrutamiento más modernos.

3.3.1. Simulador OPNET Modeler específicamente para redes MANET.

En esta sección se presentan varios escenarios de red de una IMANET que permitirán evaluar el rendimiento de diferentes protocolos de enrutamiento de una MANET, tales como: OLSR, TORA y AODV en el software de simulación OPNET. Aunque inicialmente, OPNET fue

desarrollada solo para fines militares, pero en la actualidad se utiliza en redes como Wi-Fi, UMTS, WiMAX, etc. Existen varias razones para utilizar OPNET Modeler, por ejemplo, es una herramienta muy fácil de usar, que proporciona una interfaz gráfica de usuario atractiva e intuitiva y características visuales.

El entorno gráfico se utiliza para crear los modelos de protocolos de enrutamiento de forma intuitiva y también admite una amplia gama de redes inalámbricas con simulación y análisis de modelado. Es confiable, robusto y eficiente, y también es posible simular redes heterogéneas con diferentes protocolos. Otra ventaja de este simulador es que los usuarios no necesitan tener conocimiento de ningún lenguaje de programación para usar OPNET.

3.3.2. Flujo de trabajo de OPNET.

El procedimiento de trabajo de OPNET generalmente se divide en cuatro secciones. La figura 3.1 muestra el diagrama de flujo de trabajo básico de OPNET. Primero, se diseña el modelo de red en OPNET según el proceso experimental. Por ejemplo, en este trabajo de titulación se implementan los diferentes escenarios de IMANET utilizando la plataforma OPNET 14.5.

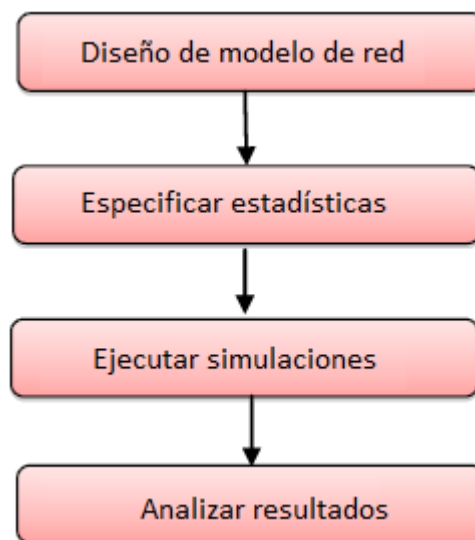


Figura 3. 1: Un flujo de trabajo general de OPNET
Elaborado por: Autor.

En segundo lugar, después de diseñar o implementar el modelo de red en OPNET, se especifican las estadísticas en el modelo diseñado. La tabla 3.1 representa la lista de parámetros que se deben aplicar para diseñar la red.

Tabla 3. 1: Lista de parámetros experimentales

Parámetros de red	Variación en el número de nodo	Variación en el área de la red.
Tamaño del terreno (m^2)	1km * 1km 3km * 3km 10km * 10km	1km * 1km 3km * 3km 10km * 10km
Protocolo MAC	IEEE-802.11b (secuencia directa)	IEEE-802.11b (secuencia directa)
Tráficos	HTTP, voz	HTTP, voz
Protocolos de enrutamiento	AODV, TORA y OLSR	AODV, TORA y OLSR
Banda ancha	11 Mbps	11 Mbps
Tiempo de pausa	100s	100s
Colocación de nodos	Aleatorio	Aleatorio
Rango de transmisión	300m	300m
Dirección de red	IPv4	IPv4
Modelo de movilidad	Punto de referencia aleatorio	Puto de referencia aleatorio
No. de nodos	10, 25, 100 nodos	10, 25, 100 nodos
Métrica de red	Rendimiento, carga de red, retardo de acceso a medios, tiempo de respuesta de descarga de página, MOS	Rendimiento, carga de red, retraso de acceso a medios, tiempo de respuesta de descarga de página, MOS

Elaborado por: Autor.

En tercer lugar, se ejecutan los escenarios de red seleccionando la opción de ejecución durante un tiempo específico para recopilar resultados de simulación y valores estadísticos de resultados de simulación.

Finalmente, se realiza el análisis del rendimiento de diferentes escenarios de red propuestos en el trabajo de titulación y en función de los resultados experimentales recopilados.

3.4. Descripción de parámetros experimentales.

La tabla 2.1 proporciona la lista de parámetros de la simulación que se utiliza para diseñar la red propuesta. Algunos ejemplos de simuladores de red son GloMoSim, Qualnet, NS 2/3, Packet Tracer, OPNET, etc. OPNET 14.5 se utiliza como simulador en el presente trabajo de titulación.

Por ejemplo, Network Sale (escala de red) es un escenario para lo cual OPNET admite las siguientes escalas de red, como el mundo, la empresa, el campus, la oficina, entre otras. En el presente trabajo de titulación, se ha seleccionado la escala de red del campus, pero esto no es fijo. Se debe considerar que las áreas de la escala de red también pueden variar en las simulaciones.

Por ejemplo, Network Area (área de red) es la región en la que los usuarios diseñan la red. Por ejemplo, al seleccionar la escala de red del campus, se debe seleccionar tres áreas de red diferentes, que son las siguientes; 1 km*1 km, 3 km*3 km y 10 km*10 km.

En una red inalámbrica no existe una ruta dedicada entre los nodos de origen y destino similares a las redes cableadas, en cambio existen múltiples rutas entre los nodos en la red inalámbrica. En tales situaciones, encontrar un camino óptimo es un tema importante y justamente los protocolos de red ayudan a encontrar las rutas óptimas. En este trabajo de titulación se evalúan tres protocolos de enrutamiento que son; OLSR, TORA y AODV.

Existen diferentes aplicaciones de tráfico de red, como bases de datos, correo electrónico, protocolo de transferencia de archivos (*File Transfer Protocol, FTP*), protocolo de control de transmisión (*Transmission Control Protocol, TCP*), protocolo de transferencia de hipertexto (*Hyper Text Transfer Protocol, HTTP*), voz, impresión, videoconferencia. Todas estas aplicaciones de tráfico de red se pueden utilizar para comprobar el rendimiento de redes diseñadas sobre el software de simulación OPNET Modeler. El tráfico HTTP son datos enviados y recibidos a través del protocolo entre un dispositivo final y el servidor web.

El analizador de tráfico HTTP captura todo el tráfico HTTP entre un dispositivo final e Internet; también proporciona información variada sobre este tráfico en tiempo real. Y ahora, la comunicación de un día es ampliamente un medio de comunicación de voz. Por lo tanto, en el presente trabajo de titulación para completar el estudio empírico, se van a considerar dos tráficos importantes, HTTP y voz.

Hay dos tipos de nodos, como nodos fijos y nodos móviles. En este estudio, se diseña una IMANET que consta de una MANET (sin infraestructura) y una red troncal. Para implementar los escenarios MANET se seleccionan para los primeros tres escenarios 10, 25 y 100 nodos móviles y el último escenario 3 nodos de puerta de enlace fijos.

Existen varios tipos de red disponibles para redes inalámbricas, tales como Wi-Fi (IEEE 802.11), Bluetooth, ZigBee, Microondas, etc. Como la plataforma de simulación OPNET Modeler 14.5 admite Wi-Fi (IEEE 802.11), en este trabajo de titulación, los escenarios de red diseñados sigan el estándar IEEE-802.11b Wi-Fi (secuencia directa) con una velocidad de datos máxima de 11 Mbps y un tamaño de paquete de 512 bytes. La velocidad de datos es una característica física y depende del tipo de red. Por lo general, la velocidad de datos depende de la tecnología o el tipo de red.

En una MANET, existen múltiples rutas entre los nodos de origen y destino con la movilidad aleatoria de los nodos. El período de tiempo se calcula cuando el nodo se detiene por un tiempo antes de tomar un destino aleatorio, se conoce como tiempo de pausa. La estabilidad de las redes depende del valor de estas. Un tiempo de pausa más alto significa una red estable y viceversa.

En la red diseñada, cuestiones como: cómo se mueven los nodos, cómo se calcula la ruta de enrutamiento de un nodo a otro nodo, cómo se calcula el desplazamiento; todo esto depende del modelo de propagación. Hay una serie de modelos de propagación probados en diferentes simuladores como el modelo de trayectoria, el modelo de punto de ruta aleatorio, el modelo

Okumura, los modelos Hata para áreas urbanas, suburbanas y abiertas, el Modelo COST-Hata, entre otros. En este trabajo, estos escenarios de IMANET están diseñados para proporcionar diferentes servicios para las personas afectadas en un área de desastre.

Dentro del área afectada, las personas pueden moverse con velocidades y direcciones aleatorias. Las características del modelo de punto de ruta aleatorio son similares al comportamiento de estos escenarios, donde los dispositivos móviles pueden moverse en movimiento aleatorio y con direcciones aleatorias. Por lo tanto, se utiliza el modelo de propagación de punto de ruta aleatorio predeterminado en los escenarios de red diseñados.

Esta es la velocidad de los nodos dentro del terreno de la red. Este parámetro varía según los escenarios de red. Normalmente dentro del área afectada, las personas pueden moverse de diferentes maneras, como desplazarse caminando, autobús, tren, automóvil, etc. Para diseñar un escenario de tipo real al considerar a todas las personas en movimiento se considera una velocidad uniforme de 0 – 20 m/s para los nodos móviles en los escenarios IMANET diseñados.

Las métricas de la red son los parámetros utilizados para observar el rendimiento de las redes diseñadas. Hay una serie de métricas de redes consideradas según el tráfico de red o las aplicaciones. Para los tráficos HTTP y de voz, se consideran tanto el rendimiento, como la carga de la red, el retardo del acceso a los medios, el puntaje de opinión promedio (MOS) y la respuesta de descarga de la página.

Aquí, al observar el rendimiento y la carga de la red, se puede obtener el rendimiento general de los escenarios de red diseñados. La respuesta de la página de descarga es una preocupación clave del tráfico HTTP y, por un valor numérico, con MOS se puede tener la idea de la calidad de la voz en los escenarios diseñados. La salida o la tasa promedio de entrega exitosa de mensajes se conoce como rendimiento (Throughput) y se mide en [bps].

La carga de la red (network load) es la capacidad máxima de manejo de los nodos móviles, es decir, la cantidad de datos (tráfico) que transporta la red. El tiempo de latencia (latency) o retardo, es decir, el tiempo necesario para transportar el paquete de datos entre dos nodos en algún lugar a lo largo de la ruta.

La calidad de la voz para un sistema de comunicación se mide en función de un valor numérico, llamada MOS. Se da como un número del 1 al 5. Los diferentes valores representan una calidad de voz específica, 5 representa la calidad de voz perfecta, 4 es justa, 3 es de calidad molesta, 2 es muy molesto y 1 es imposible comunicar.

El tiempo de simulación (simulation time) es el tiempo empleado durante el proceso de simulación. Observar que, si se ejecuta la simulación durante mucho tiempo, millones de simulaciones deben considerarse para medir los parámetros de QoS promedio de HTTP y los tráfico de voz, ya que los nodos se consideran movimientos aleatorios con direcciones aleatorias. Por lo tanto, para obtener resultados de simulación correctos de los escenarios IMANET diseñados, se ejecutarán los escenarios solo por 300 segundos.

3.5. Diseño de los escenarios IMANET utilizando software OPNET Modeler.

En el diseño del modelo propuesto, primero se tiene que ejecutar el software OPNET Modeler 14.5 y seleccionar un escenario en blanco del asistente de inicio, allí aparece el espacio de trabajo. En el espacio de trabajo, se puede diseñar la red troncal IMANET seleccionando un escenario global, tal como se muestra en la figura 3.2. La red troncal está conectada con un escenario MANET a través de las diferentes puertas de enlace de MANET.

Para configurar los escenarios de MANET, se requiere configurar diferentes parámetros como la configuración de la aplicación, la configuración del perfil, la configuración de movilidad, puertas de enlace (Gateway) MANET y, los nodos móviles.

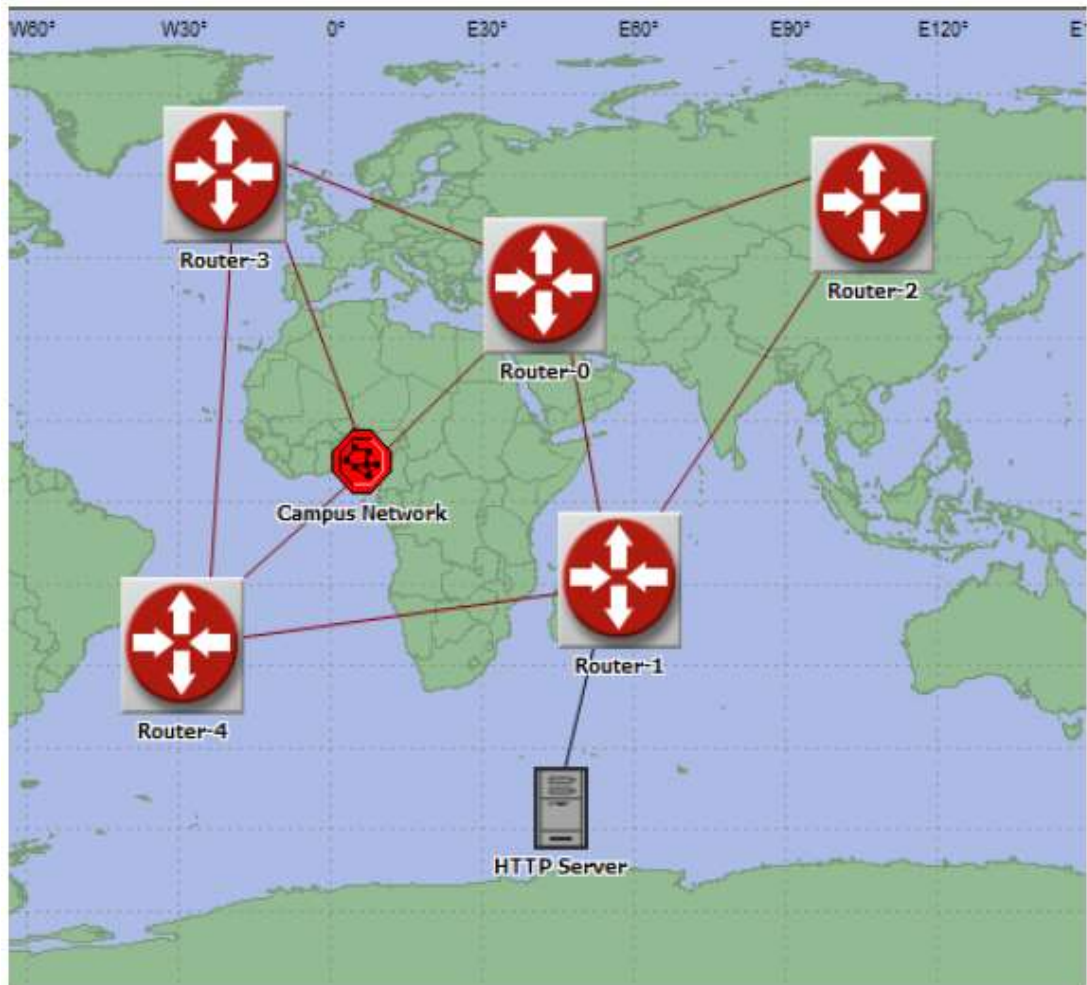


Figura 3. 2: Una red troncal de un IMANET
Elaborado por: Autor.

Por ejemplo, en la figura 3.3 se muestra un escenario de una MANET con 25 nodos. Para este escenario, se genera tráfico HTTP desde el servidor HTTP que está conectado con un enrutador de la red troncal para un escenario IMANET.

Para configurar una puerta de enlace MANET en OPNET 14.5, se necesita conectarla con una MANET y una red LAN cableada. Por lo tanto, se conecta una puerta de enlace MANET con una MANET a través de Wi-Fi (IEEE-802.11b) y con una LAN cableada conectando un enrutador Ascend a través de un enlace físico 10baseT. En la figura 3.2, el enrutador 0, el enrutador 3 y el enrutador 4 están directamente conectados con MANET Gateway, MANET Gateway1 y MANET Gateway2, respectivamente (véase la figura 3.3).

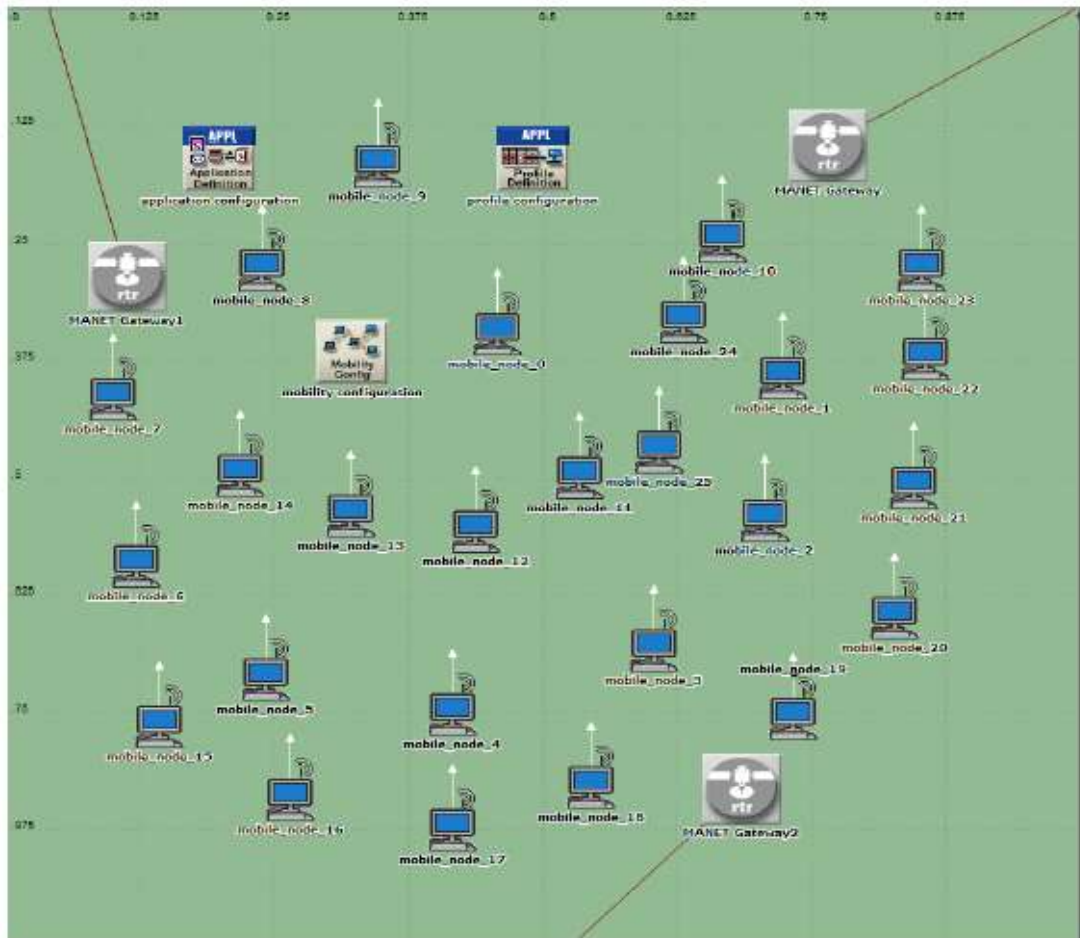


Figura 3. 3: Un escenario de IMANET con puertas de enlaces MANET.
Elaborado por: Autor.

En la figura 3.3, todos los nodos móviles pueden comunicarse entre sí (si están dentro del alcance de cada uno). Se pueden comunicar con una puerta de enlace MANET directamente si los nodos se acercan lo suficiente o a través de diferentes nodos móviles vecinos. Para seleccionar la ruta óptima, estos nodos móviles utilizan algunos protocolos de enrutamiento MANET.

Los nodos móviles pueden recibir los tráficos HTTP y de voz que se generan desde el servidor y el servidor está conectado con un escenario MANET a través del enrutador y las puertas de enlace MANET. Para analizar el rendimiento de los protocolos de última generación con respecto a las diferentes métricas de red, se aplican los tráficos HTTP y de voz y se recopilan los resultados experimentales. A continuación, se explica la configuración paso a paso del escenario IMANET:

1. MANET es una red sin topología fija ya que los nodos se consideran móviles. En la red, se consideran 10, 25 y 100 nodos móviles para formar una MANET en diferentes áreas 1kmx1km, 3kmx3km y 10kmx10km.
2. Para formar un escenario IMANET, se forma una red troncal con diferentes enrutadores. Las puertas de enlace MANET se utilizan como dispositivos intermedios para vincular MANET y la red troncal.
3. Todos los nodos móviles en MANET pueden comunicarse con las puertas de enlace de MANET para conectarse con un servidor que está conectado en la red troncal.
4. Los nodos móviles pueden comunicarse directamente con las puertas de enlace MANET si se acerca lo suficiente o mediante los nodos vecinos. Los protocolos de enrutamiento de MANET encuentran una ruta óptima para comunicarse con las puertas de enlace de MANET y conectarse con un servidor.
5. Empleando HTTP y tráfico de voz para diferentes protocolos de enrutamiento, recolectando los resultados de la simulación variando el número de nodos y áreas para medir el rendimiento de los protocolos de enrutamiento para los escenarios IMANET diseñados.

3.6. Entidades de datos.

Los elementos de datos se utilizan para diseñar los escenarios de red en el espacio de trabajo. Las diferentes entidades están disponibles en la paleta de objetos. Para diseñar los escenarios de red, se utilizan aplicaciones, perfiles, configuraciones de movilidad, nodos y servidores como entidades de datos.

3.6.1. Configuración de la aplicación.

La configuración de la aplicación en el software OPNET Modeler admite una variedad de tráfico/aplicaciones de red como FTP, HTTP, TCP, voz, transmisión de video, etc. De acuerdo con los requisitos, se puede elegir o configurar tráfico para cada nuevo proyecto. En los escenarios de red para 10, 25 y 100 nodos respectivamente, se definen dos aplicaciones en la configuración de la aplicación, a saber, HTTP con alta carga y voz con calidad de voz (Quality Speech) PCM.

Al hacer clic derecho en la configuración de la aplicación en el espacio de trabajo, se puede crear una nueva aplicación con un nuevo nombre y también se puede configurar los diferentes parámetros para cada aplicación individual.

3.6.2. Configuración de perfil.

Para el tráfico de aplicaciones individuales, se necesita configurar el perfil. Para los escenarios de red diseñado, se han generado dos perfiles; HTTP con alta carga y voz con calidad de voz PCM en la configuración de la aplicación. Para configurar la configuración del perfil, se ha seleccionado el atributo de edición y se establece el nombre del perfil, también se ajusta el número de filas, también se puede establecer otros parámetros como el modo de operación: para ejecutar la aplicación de forma aleatoria o secuencial una tras otra; hora de inicio: el tiempo de inicio del perfil; la duración: el valor predeterminado establecido al final de la simulación y la repetibilidad; es decir, con qué frecuencia nos gusta ejecutar el perfil durante el tiempo establecido.

3.6.3. Configuración de movilidad.

La configuración de movilidad especifica el tipo de modelo de movilidad establecido para los nodos en la red. En los escenarios de red, se ha seleccionado un punto de ruta aleatorio para estos nodos móviles. Los nodos móviles siguen la ruta de este modelo para transmitir el paquete de datos desde el origen hasta el destino. Se configura el tipo de movilidad seleccionando la opción editar atributos donde son establecidos los siguientes atributos: tiempo de inicio, velocidad, tiempo de parada, tiempo de pausa, etc. La movilidad de los nodos está controlada por estos atributos.

3.6.4. Configuración del servidor.

El servidor WLAN normalmente proporciona los diferentes servicios, como FTP, HTTP, voz, video, etc. para los usuarios finales. En el presente estudio experimental, el servidor genera el tráfico HTTP y de voz y se encuentra fuera de la MANET diseñada. Está conectado con un enrutador fijo, Router-1 tal como se ilustra en la figura 3.2. Para hacerlo, se configuran los

tráficos HTTP y de voz en el servidor, ya que los nodos del cliente dependen de los perfiles HTTP y de voz.

3.6.5. Configuración de nodos.

Para diseñar los escenarios IMANET, se configuran los escenarios en diferentes áreas para 10, 25 y 100 nodos. Estos nodos móviles admiten una velocidad de datos máxima de 11 Mbps. Se van a configurar los nodos móviles con los siguientes atributos: velocidad, tiempo de inicio, tiempo de finalización y tiempo de pausa, etc. En esta red, se estableció el modelo de movilidad de punto de camino aleatorio para los nodos móviles.

También, se han empleado tres protocolos de enrutamiento, a saber, OLSR, TORA y AODV para configurar los escenarios con un número diferente de nodos móviles. En el espacio de trabajo, haciendo clic derecho en la configuración de movilidad, se establecen los diferentes parámetros de configuración de movilidad. También, se puede seleccionar los protocolos de enrutamiento MANET configurando a todos los nodos móviles.

3.7. Análisis de los resultados obtenidos.

En esta sección, se recopilaron los resultados de la simulación de los escenarios de red diseñados para así poder analizar el rendimiento de los protocolos de enrutamiento OLSR, AODV y TORA variando los diferentes parámetros de red MANET.

3.8. Impacto del número de nodos en los parámetros de QoS del tráfico HTTP para diferentes protocolos.

En esta sección, los resultados experimentales demuestran la comparación entre los protocolos OLSR, AODV y TORA al variar el número de nodos para diferentes áreas de red. Por ejemplo, los resultados de la simulación en la sección 3.8.1, 3.8.2 y 3.8.3 exhiben los diferentes parámetros de QoS del tráfico HTTP para diferentes números de nodos, como 10, 25 y 100 en diferentes tamaños de red: 1 km * 1 km, 3 km * 3 km y 10 km * 10 km, respectivamente.

3.8.1. Escenario 1: Análisis de QoS del tráfico HTTP.

En el escenario 1, gráfica de retardo de acceso a los medios ilustra que TORA muestra valores comparativamente más altos con el incremento del número de nodos, y OLSR muestra una curva característica casi constante para la cantidad diferente de nodos, tal como se muestra en la Figura 3.4. Por ejemplo, en el escenario de 10 nodos, el retardo promedio de acceso a medios de OLSR, AODV y TORA es de aproximadamente 0.001 segundos y 0.003 segundos, respectivamente. Sin embargo, para 100 nodos, el valor promedio de OLSR, AODV y TORA experimentó 0.001 segundos, 0.009 segundos y 0.0108 segundos, respectivamente.

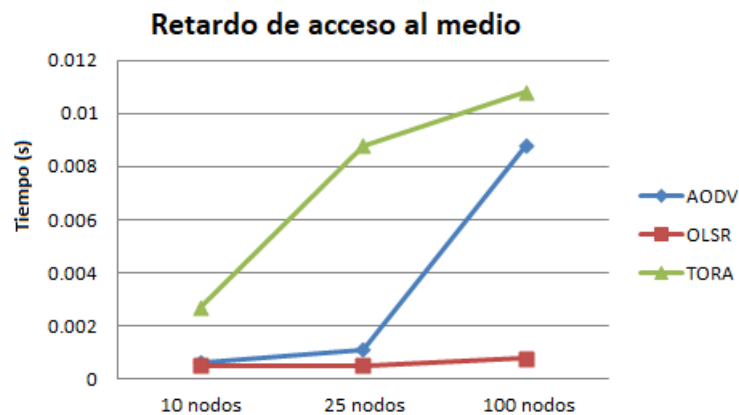


Figura 3. 4: Parámetro de QoS de retardo de acceso al medio del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 1 km * 1 km).

Elaborado por: Autor.

En la figura 3.5, el gráfico de carga de la red ilustra que en 10 y 25 nodos los tres protocolos muestran una cantidad de carga de red casi igual, que es comparativamente muy inferior al valor promedio de una mayor cantidad de nodos. Sin embargo, en el escenario de 100 nodos, AODV muestra una carga de red ligeramente mayor que otros dos protocolos. Por lo general, se produce un corte de ruta debido a la forma de movimiento del nodo de origen.

Para restablecer las rutas rotas, utiliza mensajes de consulta al nodo ascendente. Pero en escenarios de múltiples saltos con nodos móviles altos, los enlaces ascendentes también pueden desglosarse, en este caso, el nodo retrocede un mensaje de error a la fuente y nuevamente reinicia la nueva ruta que causa una carga de red adicional en el escenario.

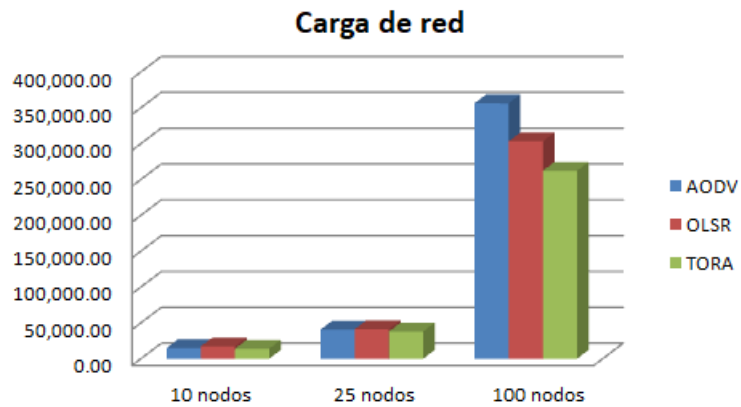


Figura 3. 5: Parámetro de QoS de carga de red del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 1 km * 1 km).
Elaborado por: Autor.

El gráfico de tiempo de respuesta de la página muestra que la variación de la cantidad de nodos no influye mucho en la curva característica de TORA y OLSR, tal como se muestra en la figura 3.6. Pero el valor promedio de AODV aumenta con el incremento de nodos. Similar al gráfico de carga de la red, los diferentes protocolos muestran una cantidad casi igual de rendimiento promedio para una cantidad menor de nodos, tal como se muestra en la figura 3.7. Pero para el escenario de 100 nodos, OLSR muestra un rendimiento significativamente mayor que otros dos protocolos.

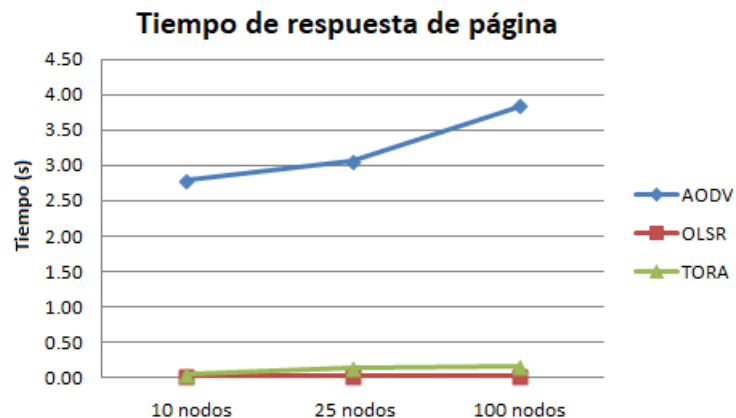


Figura 3. 6: Parámetro de QoS de tiempo de respuesta de página del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 1 km * 1 km).
Elaborado por: Autor.

Utilizando tablas de enrutamiento para establecer una nueva ruta que es más rápida en el establecimiento de la ruta y causar menor congestión de red en un escenario de área pequeña.

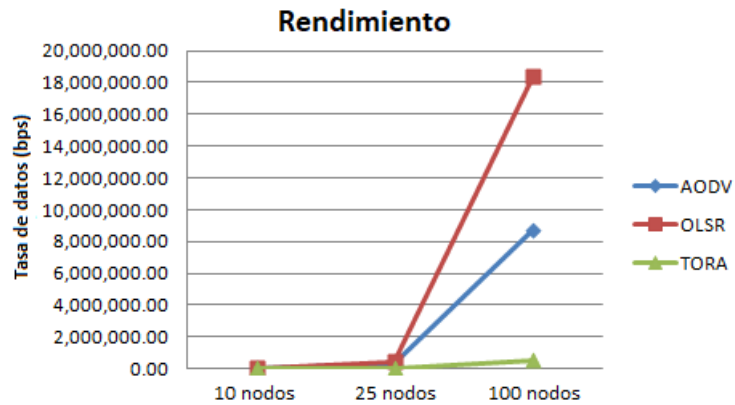


Figura 3. 7: Parámetro de QoS de rendimiento del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 1 km * 1 km).

Elaborado por: Autor.

3.8.2. Escenario 2: Análisis de QoS del tráfico HTTP.

El escenario 2 ofrece una comparación detallada de los parámetros de QoS de diferentes protocolos para varias cantidades de nodo dentro de un área fija de 3 km * 3 km. En la figura 3.8, el gráfico de retardo de acceso a los medios ilustra que el valor promedio del escenario de 25 nodos es comparativamente más alto que los valores de los escenarios de 10 y 100 nodos para diferentes protocolos. Y OLSR muestra un retardo de acceso a los medios comparativamente menor para una cantidad diferente de nodos en comparación con otros protocolos de última generación.

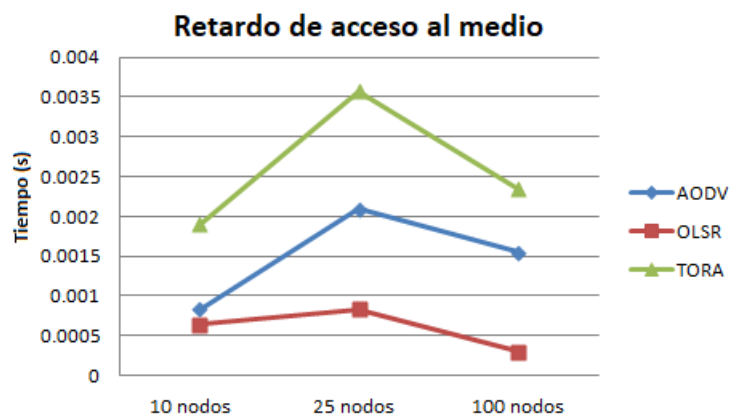


Figura 3. 8: Parámetro de QoS de retardo de acceso al medio del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).

Elaborado por: Autor.

El tiempo de respuesta de la página también muestra una curva de características casi similar al retardo de acceso a los medios, tal como se

muestra en la figura 3.10. El gráfico de carga de red (véase la figura 3.9) muestra que los tres protocolos tienen una cantidad igual promedio de carga de red en escenarios de 10 y 25 nodos.

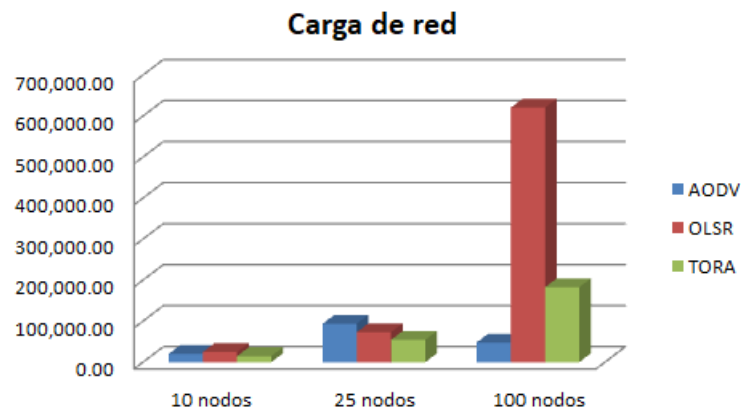


Figura 3. 9: Parámetro de QoS de carga de red del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).

Elaborado por: Autor.

Sin embargo, el protocolo OLSR muestra una carga de red comparativamente mayor que otros dos protocolos en un escenario de 100 nodos. En la figura 3.11 se muestra el gráfico característico de rendimiento muy similar de la carga de la red. Pero, OLSR muestra un rendimiento comparativamente más alto en escenarios de 25 y 100 nodos.

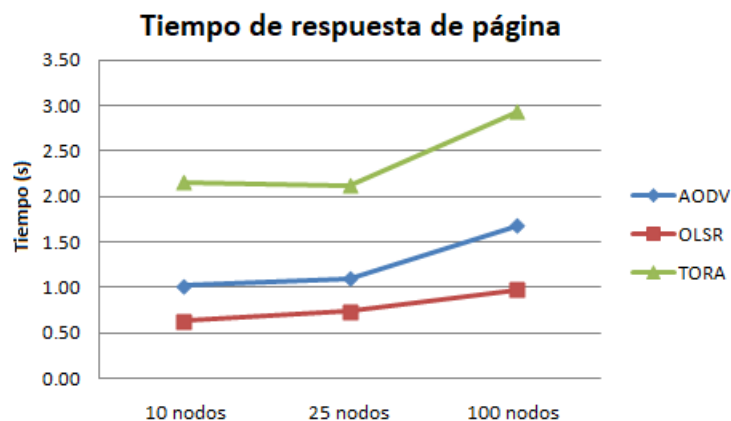


Figura 3. 10: Parámetro de QoS de tiempo de respuesta de página del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).

Elaborado por: Autor.

Se puede observar las siguientes diferencias en las figuras 3.4 a 3.7 y figuras 3.8 a 3.11. En la figura 3.5 para el escenario de 100 nodos, la carga de red del protocolo AODV es más alta que en las otras. Sin embargo, en las

figuras 3.9 se muestra una carga de red muy baja en comparación con las otras. Sin embargo, el protocolo OLSR muestra un valor comparativamente más alto. Aunque, el protocolo AODV ilustra un valor de tiempo de respuesta de página promedio comparativamente más alto en la figura 3.6. Pero en la figura 3.10, el protocolo TORA muestra un valor promedio más alto. Sin embargo, revisando en ambas figuras 3.6 y 3.10, el protocolo OLSR muestra un tiempo de respuesta de página más bajo.

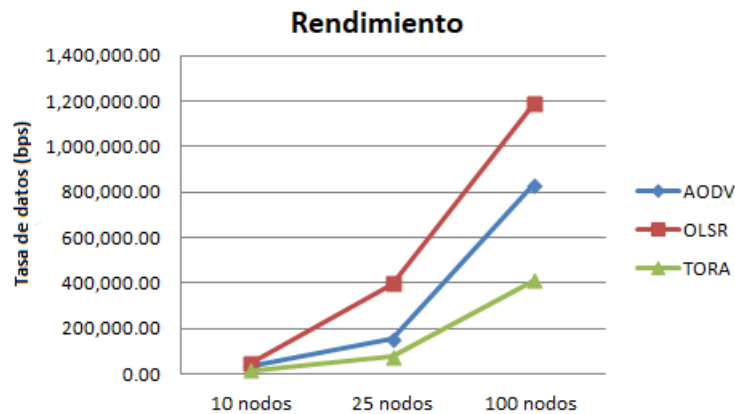


Figura 3. 11: Parámetro de QoS de rendimiento del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).

Elaborado por: Autor.

La figura 3.11 muestra el rendimiento promedio de los diferentes protocolos y que caen en comparación con la figura 3.7. Pero en ambas figuras, el protocolo OLSR siempre muestra un mayor rendimiento que otros.

3.8.3. Escenario 3: Análisis de QoS del tráfico HTTP.

Esta sección se analizan los resultados obtenidos del tercer escenario para diferentes parámetros de QoS del tráfico HTTP para tres diferentes cantidades de nodos dentro de un área fija de 10 km * 10 km. En la figura 3.12 se observa que el protocolo OLSR muestra muy pocos retardos en el acceso a los medios para los escenarios con diferentes cantidades de nodos. Sin embargo, el protocolo TORA muestra un retardo de acceso a medios muy superior en una mayor cantidad de número de nodos. En la figura 3.13 los diferentes protocolos muestran una cantidad casi igual de carga de red en los escenarios de 10 y 25 nodos. Pero, el protocolo OLSR muestra una carga de red promedio significativamente más alta en comparación con otros dos protocolos.

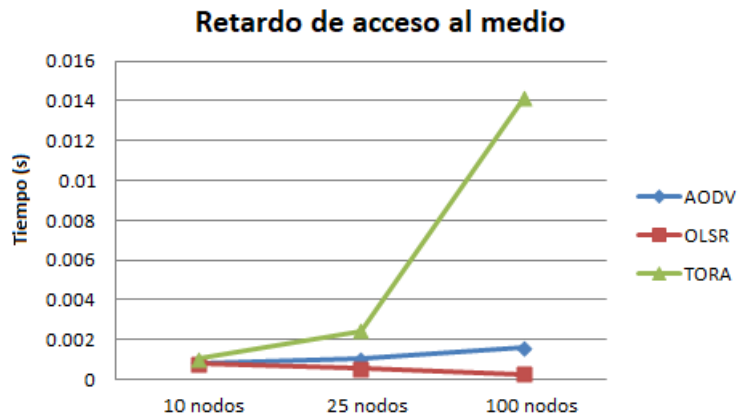


Figura 3. 12: Parámetro de QoS de retardo de acceso al medio del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 10 km * 10 km).
Elaborado por: Autor.

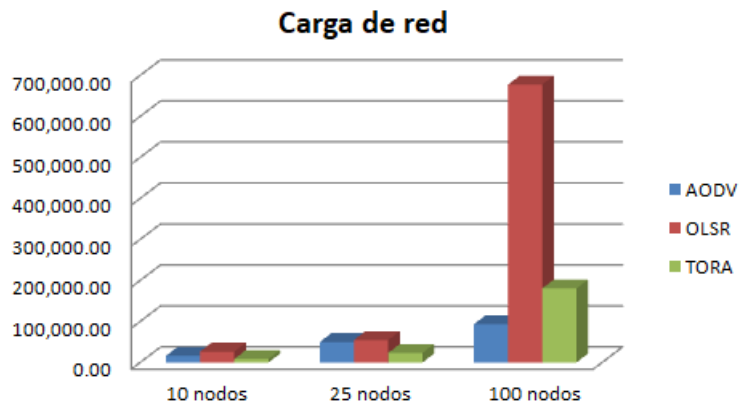


Figura 3. 13: Parámetro de QoS de carga de red del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 10 km * 10 km).
Elaborado por: Autor.

La figura 3.14 muestra que el tiempo de respuesta de página del protocolo TORA se experimenta muy poco en los escenarios con una cantidad diversa de nodos. Por otro lado, el protocolo AODV muestra un tiempo de respuesta de página muy alto y constante en los escenarios observados. En escenarios de 10 y 25 nodos, de forma similar al gráfico de carga de la red, se observa una cantidad casi igual del promedio para diferentes protocolos.

Sin embargo, para el escenario de 100 nodos, el rendimiento del protocolo OLSR es significativamente mayor que otros dos protocolos, tal como se muestra en la figura 3.15.

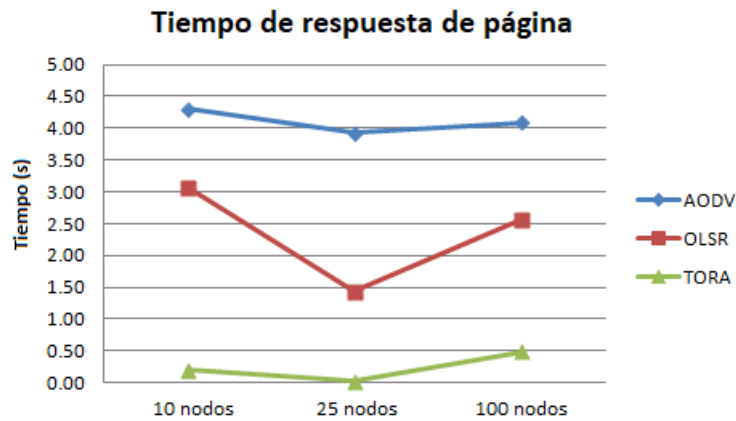


Figura 3. 14: Parámetro de QoS de tiempo de respuesta de página del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 10 km * 10 km).
Elaborado por: Autor.

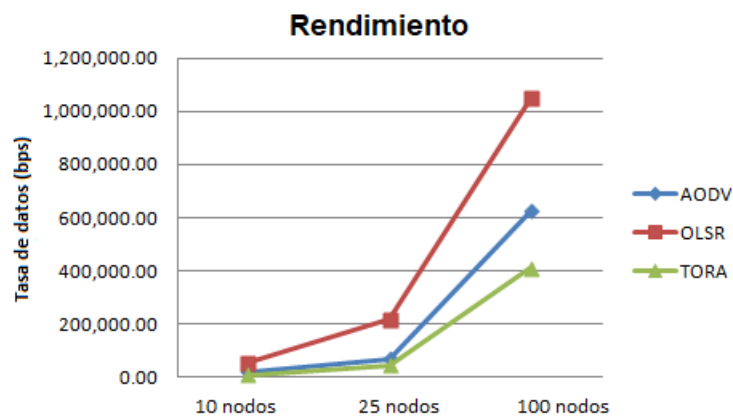


Figura 3. 15: Parámetro de QoS de rendimiento del tráfico HTTP para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 10 km * 10 km).
Elaborado por: Autor.

3.9. Impacto del número de nodos en los parámetros de QoS del tráfico de voz para diferentes protocolos.

Los resultados experimentales ilustran la comparación de los parámetros de calidad de servicio (QoS) del tráfico de voz entre los protocolos OLSR, AODV y TORA al variar el número de nodos para diferentes áreas de red.

Los resultados de la simulación se presentan en las secciones 3.9.1, 3.9.2 y 3.9.3. Aquí se muestran los diferentes parámetros de QoS del tráfico de voz para diferentes números de nodos, como 10, 25 y 100 en diferentes tamaños de red: 1 km * 1 km, 3 km * 3 km y 10 km * 10 km, respectivamente.

3.9.1. Escenario 4: Análisis del tráfico de voz.

Este escenario presenta los parámetros de QoS del tráfico de voz en diferentes escenarios de nodos dentro de un área fija de 1 km * 1 km. La figura 3.16 ilustra que diferentes protocolos (AODV, TORA y OLSR) exhiben una cantidad casi igual de retardo de acceso a medios en escenarios de 10 y 25 nodos. Sin embargo, en el escenario de 100 nodos, los protocolos AODV y TORA muestran valores promedio más altos en comparación con el valor promedio del protocolo OLSR.

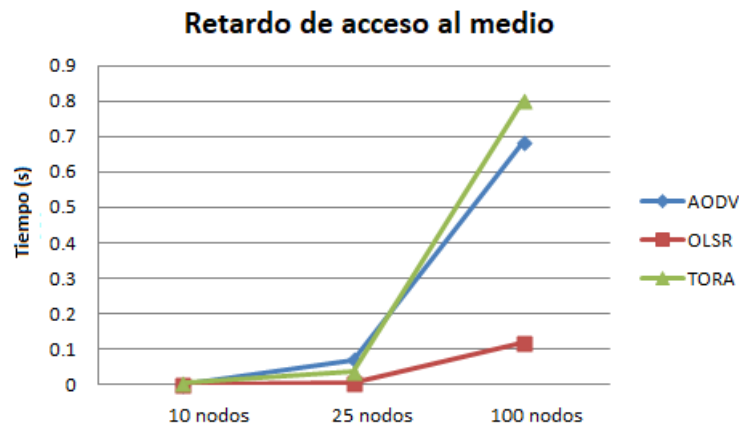


Figura 3. 16: Parámetro de QoS de retardo de acceso al medio del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 1 km * 1 km).
Elaborado por: Autor.

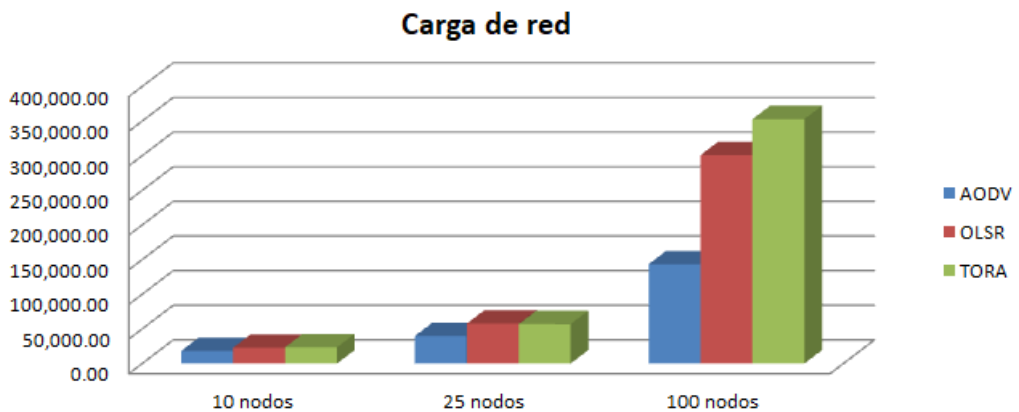


Figura 3. 17: Parámetro de QoS de carga de red del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 1 km * 1 km).
Elaborado por: Autor.

En la figura 3.17, el gráfico de carga de red muestra un gráfico característico casi similar del gráfico de retardo de acceso a medios. Por ejemplo, se muestran muy pocas y casi iguales cantidades de cargas de red promedio en escenarios de 10 y 25 nodos. Pero en el escenario de 100 nodos,

los protocolos TORA y OLSR muestran valores mucho más altos en comparación con el valor promedio del protocolo AODV. El gráfico del valor medio del puntaje de opinión (MOS) presenta que diferentes protocolos muestran una cantidad casi igual de valor promedio de MOS en escenarios de 10 y 25 nodos, que es ligeramente más alto que el valor promedio de este en el escenario de 100 nodos, tal como se muestra en la figura 3.18.

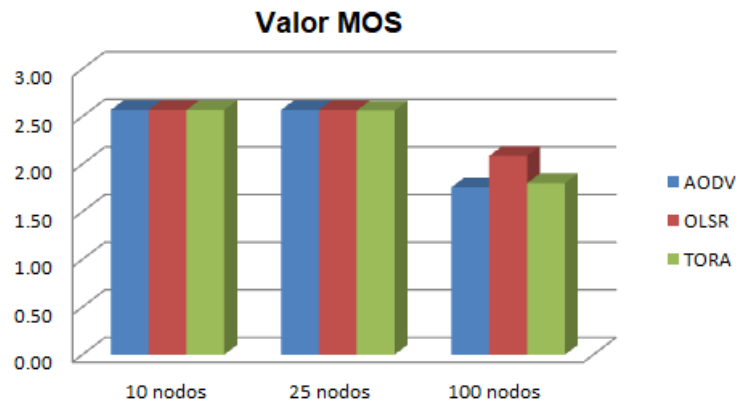


Figura 3. 18: Parámetro de QoS de tiempo de MOS del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 1 km * 1 km).
Elaborado por: Autor.

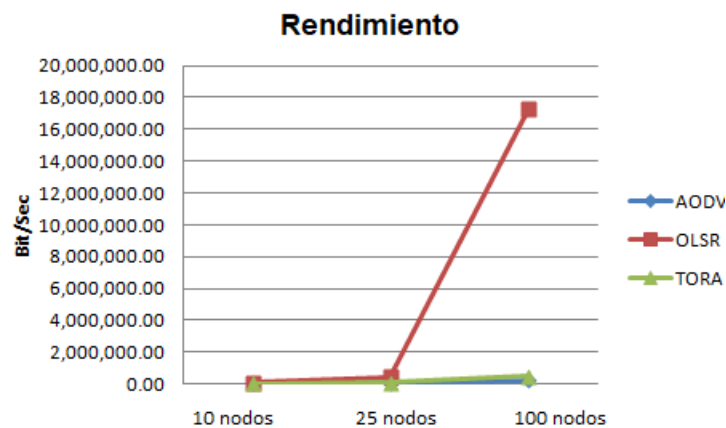


Figura 3. 19: Parámetro de QoS de rendimiento del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 1 km * 1 km).
Elaborado por: Autor.

La figura 3.19 demuestra que la variación del número de nodos no influye mucho en el promedio de TORA y AODV al mantener una curva característica constante. Sin embargo, en el escenario de 100 nodos, OLSR muestra un rendimiento significativamente mayor que los otros dos protocolos AODV y TORA.

3.9.2. Escenario 5: Análisis del tráfico de voz.

Este escenario muestra los diferentes gráficos de los parámetros de QoS del tráfico de voz para cantidades de nodos dentro de un área fija de 3 km * 3 km. La figura 3.20 ilustra que diferentes protocolos muestran casi igual cantidad de retardo de acceso a los medios. Pero, con el incremento del número de nodos, el retardo de acceso a los medios también se incrementa.

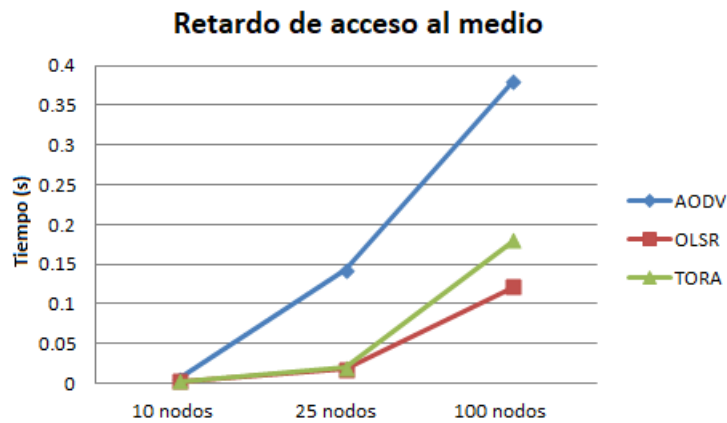


Figura 3. 20: Parámetro de QoS de retardo de acceso al medio del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).
Elaborado por: Autor.

Entre los tres protocolos, AODV exhibe un mayor retardo de acceso a medios en escenarios de 25 y 100 nodos. Por otro lado, en la menor cantidad de nodos, por ejemplo, en escenarios de 10 y 25 nodos, los diferentes protocolos muestran una cantidad de carga de red casi igual y en el escenario de 100 nodos, el protocolo TORA muestra un valor promedio ligeramente mayor que OLSR, tal como se muestra en la figura 3.21.

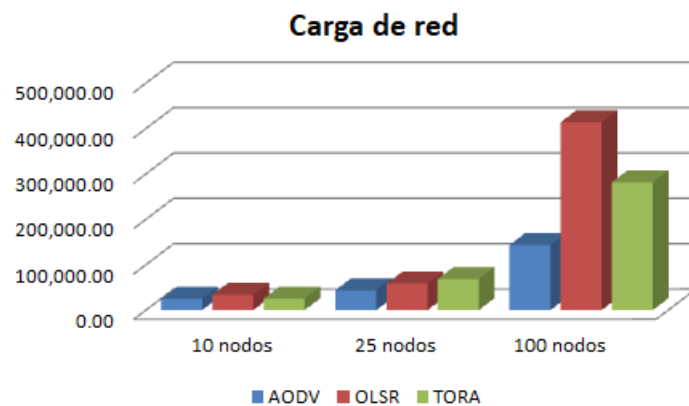


Figura 3. 21: Parámetro de QoS de carga de red del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).
Elaborado por: Autor.

Con una cantidad menor de nodos, los diferentes protocolos ilustran una cantidad casi igual del valor promedio de MOS, tal como se muestra en la figura 3.22. Pero en el escenario de 100 nodos, el protocolo TORA muestra un valor MOS muy bajo en comparación con otros dos protocolos.

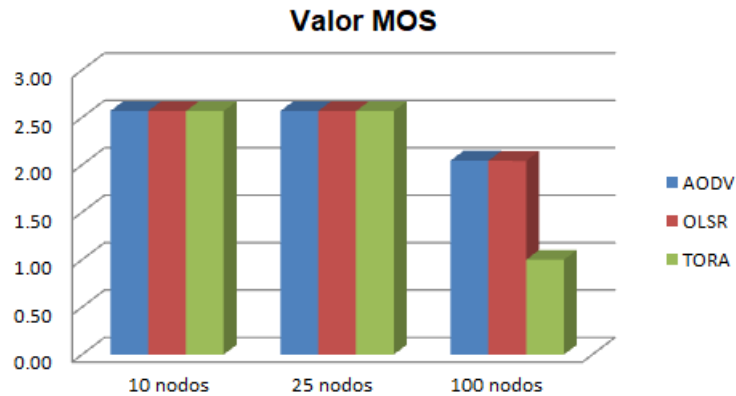


Figura 3. 22: Parámetro de QoS de tiempo de MOS del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).
Elaborado por: Autor.

El gráfico de rendimiento muestra que la variación del número de nodos no influye mucho en el valor promedio del mismo en escenarios de 10 y 25 nodos de diferentes protocolos, tal como se muestra en la figura 3.23. Pero en el escenario de 100 nodos, el protocolo OLSR muestra un rendimiento muy superior al de los protocolos AODV y TORA.

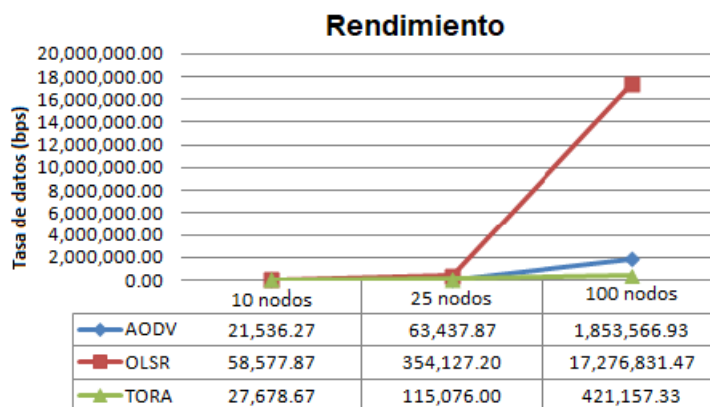


Figura 3. 23: Parámetro de QoS de rendimiento de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).
Elaborado por: Autor.

3.9.3. Escenario 6: Análisis del tráfico de voz.

Los diferentes parámetros de QoS del tráfico de voz para diferentes protocolos se presentan en este escenario, variando el número de nodo dentro

de un área fija de 10 km * 10 km. En la figura 3.24, aunque los tres protocolos muestran aproximadamente la misma cantidad de retardo de acceso a medios en el escenario de 10 nodos, el protocolo AODV muestra un valor promedio comparativamente más alto en escenarios de 25 y 100 nodos.

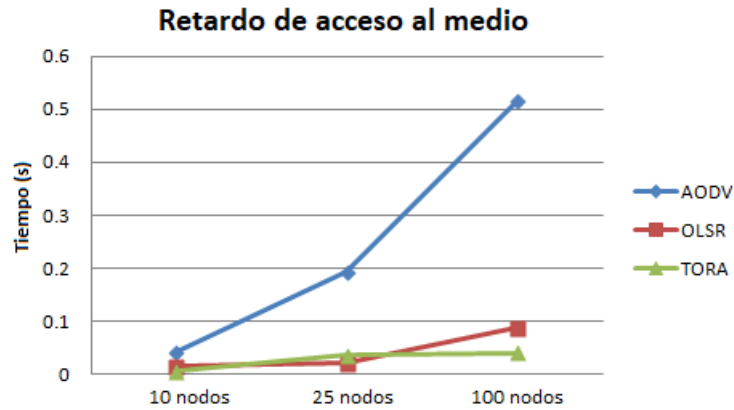


Figura 3. 24: Parámetro de QoS de retardo de acceso al medio del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).
Elaborado por: Autor.

La figura 3.25 ilustra que, en los escenarios de baja cantidad de nodos, por ejemplo 10 y 25 nodos, los diferentes protocolos demuestran una cantidad casi igual de carga de red. Pero en el escenario de 100 nodos, OLSR exhibe una gran cantidad de carga de red en comparación con otros dos protocolos.

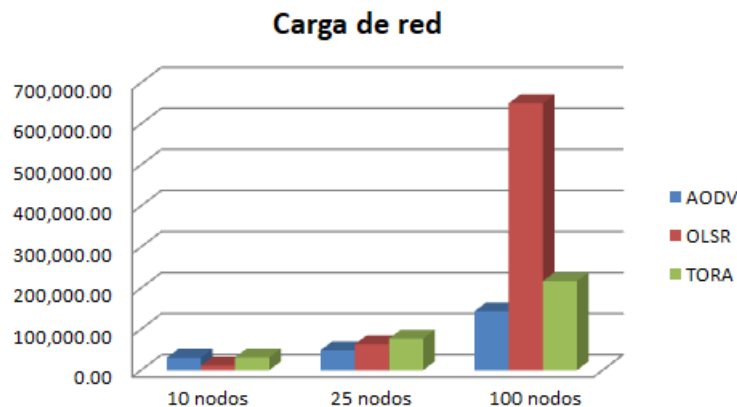


Figura 3. 25: Parámetro de QoS de carga de red del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).
Elaborado por: Autor.

La variación del número de nodos no influye mucho en el valor MOS de los protocolos AODV y TORA. Pero afecta el valor MOS de TORA (véase la figura 3.26). Similar al gráfico de MOS, el rendimiento también demuestra que

la variación del número de nodos no afecta el rendimiento promedio de los protocolos AODV y TORA.

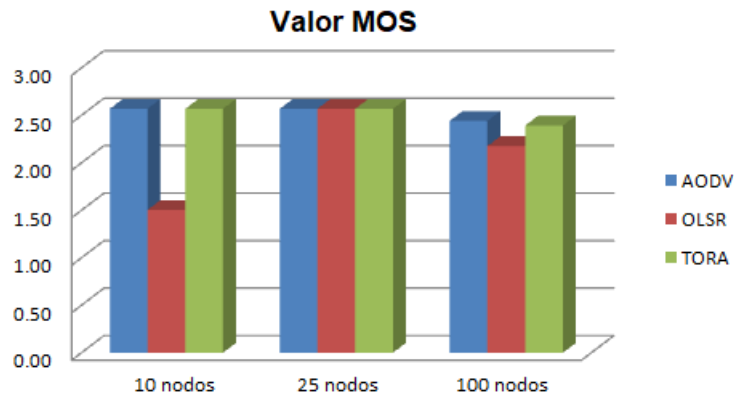


Figura 3. 26: Parámetro de QoS de tiempo de MOS del tráfico de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).
Elaborado por: Autor.

Sin embargo, influye en el rendimiento del protocolo OLSR (véase la figura 3.27). Por ejemplo, en los escenarios de 10 y 25 nodos, OLSR muestra una cantidad casi igual de rendimiento de AODV y TORA, pero en el escenario de 100 nodos, el protocolo OLSR demuestra un rendimiento mucho mayor que otros dos protocolos.

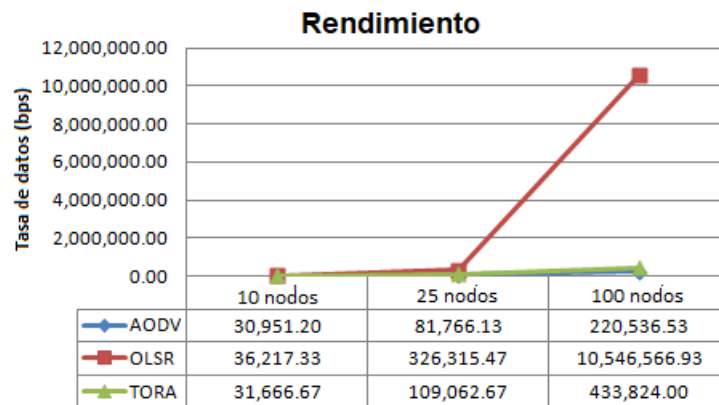


Figura 3. 27: Parámetro de QoS de rendimiento de voz para diferentes protocolos (10, 25 y 100 nodos en un área de 3 km * 3 km).
Elaborado por: Autor.

Analizando las gráficas de las figuras 3.16 a 3.27. Al igual que el tráfico HTTP, el protocolo OLSR muestra un menor retardo en el acceso a los medios y también demuestra un mayor rendimiento en todos los escenarios en comparación con los protocolos AODV y TORA. Como el tráfico de voz es más pesado que HTTP, causa una gran congestión en la red. Por lo tanto, se

observa el rendimiento promedio más bajo para diferentes protocolos en estas cifras en comparación con los escenarios de tráfico HTTP.

3.10. Impacto del área de red en los parámetros de QoS del tráfico HTTP para diferentes protocolos.

En el presente estudio experimental, también se analiza el impacto de la variación del área de la red en diferentes protocolos de enrutamiento para un número fijo de nodos. En las pruebas experimentales a nivel de simulación se pudo constatar la QoS de los parámetros del tráfico HTTP en diversas áreas de la red, como 1 km * 1 km, 3 km * 3 km y 10 km * 10 km para 10, 25 y 100 nodos fijos, respectivamente.

Similar a la variación del número de nodos, las variaciones de los tamaños de red también causan el impacto en los parámetros de QoS del tráfico HTTP para diferentes protocolos de enrutamiento. También se pudo constatar que los parámetros de QoS, el retardo del acceso a los medios y el rendimiento disminuyen con el aumento del nodo en TORA. Y, la variación del área de la red influye mucho en la QoS de los parámetros de HTTP para TORA.

Sin embargo, para varios tamaños de red, el protocolo OLSR muestra un mejor rendimiento al demostrar un menor retardo de acceso a los medios y un mayor rendimiento que otros protocolos. Por ejemplo, para escenarios de 25 nodos, los parámetros de QoS del tráfico HTTP se degradan para diferentes protocolos con el aumento de los tamaños de red.

Para una gran cantidad de nodos (100 nodos), la variación del tamaño de la red influye fuertemente en los parámetros de QoS de los diferentes protocolos de enrutamiento. La calidad del servicio de los parámetros se reduce drásticamente con el aumento del área de red. Aunque, OLSR se muestra mejor en un área de 1 km * 1 km que otras, pero para áreas de 3 km * 3 km y 10 km * 10 km el rendimiento de todos los protocolos es muy pobre y todos los protocolos muestran un rendimiento mucho menor que otros escenarios.

3.11. Impacto del área de red en los parámetros de QoS del tráfico de voz para diferentes protocolos.

También se analiza el impacto de la variación del área de red en los parámetros de QoS del tráfico de voz para un nodo de cantidad fija. Las simulaciones demuestran que la variación de los tamaños de red también influye en los parámetros de QoS del tráfico de voz para diferentes protocolos de enrutamiento. Por ejemplo, para el escenario de 10 nodos, los resultados de la simulación ilustran que el rendimiento de OLSR cae bruscamente con el incremento del área de red. Los retardos en el acceso a los medios de todos los protocolos también aumentan con el incremento del área de red.

Sin embargo, no se observa influencia significativa en diferentes protocolos para la variación del tamaño de la red. El retardo en el acceso a los medios del protocolo AODV está muy influenciado por la variación del tamaño de la red y muestra una tendencia creciente con el incremento del tamaño de la red. Los gráficos de carga de red de varios protocolos también están aumentando con el incremento de los tamaños de red. Sin embargo, el rendimiento y el valor MOS no influyen mucho en la variación del tamaño de la red.

El gráfico de retardo de acceso a medios muestra que en un área grande el protocolo AODV muestra un retardo menor que otros y los otros dos protocolos mantienen valores de retardo casi similares para varias áreas.

La carga de red del protocolo OLSR aumenta gradualmente con el incremento de los tamaños de red. Aunque el protocolo AODV mantiene una curva constante de carga de red, mientras que el protocolo TORA muestra una tendencia decreciente con el incremento de los tamaños de red. Y en un área de red grande, todos los protocolos muestran un valor MOS más alto que otros escenarios. El rendimiento de los diferentes protocolos está disminuyendo gradualmente con el incremento de las áreas de red.

3.12. Explicación teórica de los resultados de la simulación.

En esta sección se discuten los resultados de las simulaciones y se compara con el comportamiento esperado de la presentación teórica.

OLSR es un protocolo de enrutamiento proactivo y para realizar sus operaciones de enrutamiento cada nodo utiliza una o más tablas de enrutamiento. El enrutamiento de proactivo es más rápido que el reactivo. Por lo tanto, para una red pequeña y un menor número de nodos, OLSR puede mostrar un mejor rendimiento que otros protocolos. Pero en escenarios MANET altamente móviles, para una gran cantidad de nodos y escenarios de gran tamaño de red, el protocolo OLSR no funcionará bien. En el presente estudio empírico, OLSR muestra un comportamiento similar al descrito en estudio teórico. Aunque, en una red pequeña, OLSR muestra un mayor rendimiento que otras, pero para un tamaño de red grande, el valor de esta se degrada.

TORA es un protocolo reactivo y utiliza diferentes estrategias para garantizar una ruta sin bucles. Utiliza diferentes paquetes de consulta en lugar de la tabla de enrutamiento para realizar sus operaciones de enrutamiento. También considera múltiples rutas en paralelo para encontrar la ruta óptima. Por estudio teórico queda claro que TORA está diseñado para redes escalables. Pero en el presente estudio empírico, para una red más grande, muestra una QoS deficiente en el caso de los tráficos HTTP y de voz y podría deberse a la alta movilidad de los nodos en todos los escenarios.

AODV, el protocolo de enrutamiento reactivo utiliza algunas estrategias únicas como el número de secuencia de destino en lugar de otro protocolo reactivo para realizar su operación de enrutamiento. AODV requiere más tiempo de establecimiento de ruta, ya que no establece múltiples rutas para encontrar la mejor ruta. Si alguna ruta existente falla, inicia nuevamente el proceso completo de consulta de ruta ya que no se mantiene la información de enrutamiento. En estos escenarios experimentales, fueron considerados escenarios altamente móviles y, por lo tanto, los escenarios considerados son

inestables. Por lo tanto, el protocolo AODV no demuestra la alta QoS de HTTP y el tráfico de voz en los escenarios de red.

Posteriormente, se establece que el protocolo de enrutamiento geográfico basado en GPS (GRP) pueda ser incorporado a la simulación. Para averiguar la posición de un nodo dentro del área de la red, se considera diferentes niveles de cuadrantes. GRP utiliza un enfoque basado en tablas y también en paquetes de consulta para encontrar la ruta óptima. Pero en el escenario

Conclusiones

1. Dado que MANET es un sistema de comunicación existente donde todos los dispositivos se consideran móviles y pueden comunicarse sin utilizar la topología de la red de infraestructura. Si los dispositivos electrónicos existentes son configurados tanto en infraestructura como las redes ad-hoc, entonces MANET sería la solución viable para futuras demandas de comunicación, por ejemplo, en áreas donde se provocan desastres naturales.
2. Los diferentes protocolos de enrutamiento demuestran diversos rendimientos al mostrar parámetros de QoS diferentes para varios números de nodos y para diversas áreas de red. Se observa que, en un área de red pequeña y mediana fija para numerosos nodos, aunque el protocolo OLSR muestra una mayor carga de red, muestra un mejor rendimiento que otros dos protocolos al demostrar un menor retardo de acceso a medios, tiempo de respuesta de página y mayor rendimiento.
3. En una red grande, aunque TORA ilustra un tiempo de respuesta de página más bajo, el protocolo OLSR demuestra un rendimiento comparativamente mejor que otros protocolos. Y en todos los escenarios para varios nodos, el protocolo TORA demuestra un bajo rendimiento.

Recomendaciones

1. Implementar protocolos de enrutamiento en redes inteligentes Ad-hoc vehiculares en aplicaciones que mejoren el tránsito.
2. Incentivar a los estudiantes a que propongan más tipos de trabajos de titulación orientadas al modelamiento y simulación en diferentes escenarios.

Bibliografía

- Cantero Mencerreyes, I. (2011). *Estudio de protocolos de enrutamiento en redes Ad-hoc vehiculares* [Trabajo Fin de Carrera, Universidad de Alcalá]. <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/30212>
- Ghori, M. R., Zamli, K. Z., Quosthoni, N., Hisyam, M., & Montaser, M. (2018). Vehicular ad-hoc network (VANET): Review. *2018 IEEE International Conference on Innovative Research and Development (ICIRD)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICIRD.2018.8376311>
- Hu, S., Jia, Y., & She, C. (2017). Performance Analysis of VANET Routing Protocols and Implementation of a VANET Terminal. *2017 International Conference on Computer Technology, Electronics and Communication (ICCTEC)*, 1248–1252. <https://doi.org/10.1109/ICCTEC.2017.00272>
- Lim, S., Lee, W.-C., Cao, G., & Das, C. R. (2006). A novel caching scheme for improving Internet-based mobile ad hoc networks performance. *Ad Hoc Networks*, 4(2), 225–239. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2004.04.013>
- Lim, S., Lee, W.-C., Cao, G., & Das, C. R. (2004). Performance comparison of cache invalidation strategies for Internet-based mobile ad hoc networks. *2004 IEEE International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems (IEEE Cat. No.04EX975)*, 104–113. <https://doi.org/10.1109/MAHSS.2004.1392084>
- Pandey, A. K., & Fujinoki, H. (2005). Study of MANET routing protocols by GloMoSim simulator. *International Journal of Network Management*, 15(6), 393–410. <https://doi.org/10.1002/nem.579>
- Pineda-Briseño, A., Menchaca-Méndez, R., & Guzmán Lugo, G. (2016). Enrutamiento y posicionamiento integrado en redes móviles ad hoc. *Computación y Sistemas*, 20(2), 289–307. <https://doi.org/10.13053/cys-20-2-2258>

- Rocabado Moreno, S. H. (2013). *Caso de estudio de comunicaciones seguras sobre redes móviles ad hoc* [Tesis, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/33571>
- Saravanan, K., Arunkumar, T., & Rameshbabu, K. (2009). A Middleware Architectural framework for Vehicular Safety over VANET (InVANET). *2009 First International Conference on Networks & Communications*, 277–282. <https://doi.org/10.1109/NetCoM.2009.57>
- Vásquez Rivera, M. A. (2017). *Análisis comparativo del rendimiento y retardo entre protocolos de enrutamiento reactivos y proactivos en una MANET*. [Trabajo de Titulación de Maestría, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/8589>
- Verma, N., & Soni, S. (2017). A Review of Different Routing Protocols in MANET. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 8(3), 338–342.



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Godoy Moreno, Nicolas Arturo** con C.C: # 095234621-1 autor del trabajo de titulación: Simulación de protocolos de enrutamiento OLSR, AODV y TORA en redes ad-hoc móviles basadas en internet, previo a la obtención del título de **Ingeniero 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, 2 de marzo del 2020

f. _____

Nombre: **Godoy Moreno, Nicolas Arturo**

C.C: 095234621-1

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN		
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Simulación de protocolos de enrutamiento OLSR, AODV y TORA en redes ad-hoc móviles basadas en internet.	
AUTOR(ES)	Godoy Moreno, Nicolas Arturo	
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. Edwin Fernando Palacios Meléndez	
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo	
PROGRAMA:	Ingeniería en Telecomunicaciones	
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	2 de marzo del 2020	No. DE PÁGINAS: 54
ÁREAS TEMÁTICAS:	Comunicaciones Inalámbricas, Fundamentos de Comunicación	
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	PROTOCOLOS, ENRUTAMIENTO, REDES, MÓVILES, SIMULACIÓN, NODOS.	
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>El presente trabajo de titulación consistió en el diseño de varios escenarios de simulación en redes ad-hoc móviles pero basadas en Internet mediante la aplicación de tres algoritmos de enrutamiento, dos reactivos (Vector de distancia bajo pedido Ad-hoc, AODV y algoritmo de enrutamiento ordenado temporalmente, TORA) y uno proactivo (enrutamiento de estado de enlace optimizado, OLSR) y para cada escenario se modifica el área de cobertura. Aunque inicialmente se tuvo que realizar la búsqueda de herramientas de simulación, tales como las plataformas MatLab/Simulink, NS-2, NS-3, OMNeT++ y OPNET Modeler y la última se escogió como la más apropiada. La parte descriptiva del trabajo de titulación se la dio en el capítulo 1, la parte de los fundamentos teóricos fue de mucha ayuda a la hora de escoger los protocolos de enrutamiento que fue tratado en el capítulo 2. En el capítulo 3 fueron diseñados los escenarios y se discuten los resultados obtenidos.</p>	
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-9-91122913	E-mail: nicolasargodoy@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando	
	Teléfono: +593-9-68366762	
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		