

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Simulación de Comunicación Vehículo a Vehículo (V2V) en Escenarios

Urbanos basado en Protocolo OLSR

PROYECTO PRACTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO

Previo la obtención del Título de:

MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES

Presentado por:

Shirley Karina Torres Reyes

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2025

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres quienes me han inculcado valores invaluable a lo largo de mi vida. En especial a Emilia Reyes mi amada y extrañable madre.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento sincero a los docentes de la MET ESPOL, quienes han sido pilar fundamental en mi formación académica. En especial al PhD. Francisco Novillo por su persuasión para esforzarme a culminar esta etapa.

A mi hermano Jean Torres por su confianza y colaboración en cada proyecto que emprendo.

Declaración Expresa

Yo Shirley Karina Torres Reyes acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 13 de febrero del 2025.

Ing. Shirley Torres

EVALUADORES

~~PhD Francisco Novillo Parales~~

PROFESOR EVALUADOR

~~PhD Washington Medina Moreira~~

PROFESOR EVALUADOR

RESUMEN

El proyecto "Simulación de Comunicación Vehículo a Vehículo (V2V) en Escenarios Urbanos Basado en Protocolo OLSR" tiene como objetivo principal evaluar el rendimiento del protocolo de enrutamiento Optimized Link State Routing (OLSR) en redes de comunicación vehicular en entornos urbanos. Los sistemas de comunicación V2V son cruciales para garantizar la seguridad de los peatones en la vía y el óptimo uso de los recursos energéticos de los vehículos en el tráfico, permitiendo a los vehículos intercambiar información en tiempo real. Sin embargo, la implementación de estas redes en escenarios urbanos presenta desafíos debido a la alta densidad de vehículos, obstáculos físicos y peatones.

Se utilizaron la plataforma de simulación OMNeT++ junto con el módulo ARTERY, que permite modelar redes vehiculares VANETs y simular las interacciones entre vehículos en un entorno urbano, aplicando el protocolo OLSR para gestionar el enrutamiento de la comunicación V2V entre vehículos. El proyecto se centra en medir métricas clave del desempeño de la red, como la tasa de paquetes recibidos, throughput y tasa de paquetes corrompidos, en condiciones de tráfico dinámicas.

El análisis de estas métricas permite identificar posibles limitaciones en el desempeño del protocolo OLSR en entornos urbanos. La experimentación nos proporciona datos importantes para mejorar la implementación de sistemas V2V y contribuir al desarrollo de soluciones más efectivas para el tráfico urbano inteligente.

Palabras Clave: Vanet, OLSR, simulación, urbano, SUMO

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	III
RESUMEN.....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
1. INTRODUCCION.....	- 1 -
1.1. Descripción del problema.....	- 1 -
1.2. Justificación del problema.....	- 2 -
1.3. Objetivos.....	- 3 -
1.3.1 Objetivo General.....	- 3 -
1.3.2 Objetivos Específicos.....	- 3 -
1.4 Marco Teórico.....	- 3 -
1.4.1 Sumo.....	- 3 -
1.4.2 OMNeT++.....	- 4 -
1.4.3 VEINS.....	- 4 -
1.4.4 ARTERY.....	- 5 -
1.4.5 VANET.....	- 6 -
1.4.6 OLSR (Optimized Link State Routing).....	- 7 -
1.4.7 Protocolos de enrutamiento proactivos.....	- 11 -
2. METODOLOGIA.....	- 14 -
3. ANALISIS DE RESULTADOS.....	- 17 -
3.1 Análisis PDR.....	- 17 -
3.2 Análisis de Tasa de Entrega.....	- 17 -
3.3 Análisis de Throughput.....	- 18 -
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	- 20 -
CONCLUSIONES.....	- 20 -
RECOMENDACIONES.....	- 20 -

ABREVIATURAS

OLSR	Optimized Link State Routing
VANET	Vehicular Ad-Hoc Network
SUMO	Simulation of Urban MObility
MANET	Redes ad hoc móviles
OMNET++	Objective Modular Network Testbed in C++
VEINS	Vehicles in Network Simulation
ITS	Intelligent Transport System
MPR	Multipoints Relays
V2V	Multipoints Relays
V2I	Vehicles a Vehicles
RSU	Road Side Unit
WAVE	Wireless Access in Vehicular Environments
OBU	On Board Unit

SIMBOLOGÍA

ms	Milisegundo
mW	Miliwatio
m	Metro

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Red ad-hoc utilizando vehículos [7].	- 6 -
Figura 1.2 Arquitectura de red VANET [8].	- 7 -
Figura 1.3 Protocolos IEEE y OLSR	- 10 -
Figura 2.4 Paquetes enviados por nodos	- 16 -
Figura 2.5 minSnir simulación con obstáculos	- 16 -

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCION

La comunicación entre vehículos V2V, Vehicle-to-Vehicle, es una tecnología emergente que promete mejorar la seguridad, la eficiencia y la fluidez del tráfico en entornos urbanos. Esta comunicación permite que los vehículos intercambien información en tiempo real sobre su posición, velocidad y otras condiciones críticas, lo que provee de data en tiempo real para la resolución de conflictos de manera inteligentes y la prevención de accidentes. En este contexto, los protocolos de enrutamiento juegan un papel esencial, ya que determinan cómo los datos se transmiten de manera eficiente entre los vehículos en una red.

Este trabajo se centra en la simulación de una red V2V en un escenario urbano, utilizando el protocolo de enrutamiento OLSR (Optimized Link State Routing). OLSR es un protocolo que actúa cuando ocurre un evento, que se adapta bien a las redes vehiculares Ad Hoc, como las que se encuentran en los vehículos, ya que mantiene rutas preestablecidas y actualizadas de manera continua. La simulación se lleva a cabo en un entorno virtual con 38 nodos, representando vehículos y elementos de infraestructura en una ciudad, lo que permite estudiar el desempeño del protocolo OLSR en una red donde la topología cambia frecuentemente y los tiempos de convergencia tienen que ser menores.

1.1. Descripción del problema

La En los últimos años, la tecnología de comunicación vehículo a vehículo (V2V) ha emergido como una de las soluciones más prometedoras para mejorar la seguridad y eficiencia del tráfico en las ciudades. Los vehículos equipados con sistemas V2V pueden intercambiar información relevante sobre su posición, velocidad, condiciones del tráfico y otros datos vitales, lo

que permite a los conductores y sistemas automáticos tomar decisiones informadas y evitar posibles colisiones o congestionamientos.

Sin embargo, uno de los grandes desafíos en la implementación de estas tecnologías es asegurar una comunicación robusta y eficiente en entornos urbanos, que presentan una serie de complejidades. Las ciudades son espacios densamente poblados, con numerosos vehículos, infraestructuras y obstáculos que pueden interferir con las señales de comunicación. Además, las condiciones del tráfico son dinámicas y cambian constantemente, lo que hace que el enrutamiento de datos en redes móviles vehiculares sea particularmente desafiante.

El protocolo de enrutamiento Optimized Link State Routing (OLSR) ha demostrado ser efectivo en redes ad hoc móviles, como las utilizadas en comunicaciones V2V, debido a su eficiencia en la gestión de rutas y el ahorro de recursos en redes de gran escala.

La simulación en OMNeT++ con el módulo ARTERY es una herramienta adecuada para modelar y evaluar el comportamiento de redes V2V en escenarios urbanos, permitiendo analizar en detalle cómo el protocolo OLSR maneja la transmisión de datos en entornos con alta densidad vehicular y obstáculos. En este contexto, la simulación permitirá identificar posibles limitaciones del protocolo en situaciones de tráfico denso, evaluar su desempeño en términos de latencia, fiabilidad y eficiencia del enrutamiento, y explorar posibles soluciones para mejorar la calidad de la comunicación entre vehículos.

1.2. Justificación del problema

El protocolo de enrutamiento OLSR se considera proactivo porque los nodos que conforman la red se desplazan libremente sin una infraestructura central de comunicación. OLSR es eficiente porque reduce el tamaño de la información que se intercambia para actualizar las tablas de enrutamiento, optimizando la forma en que se maneja el estado de los enlaces entre los nodos.

OMNeT++ es una herramienta de simulación para redes vehiculares, ampliamente utilizada para emular diferentes tipos de redes de

telecomunicaciones y protocolos de enrutamiento. Es muy utilizada en investigación para simular redes de comunicaciones y probar cómo funcionan los protocolos bajo diversas condiciones. OMNeT++ permite crear redes y simular el comportamiento de protocolos como OLSR, utilizando ARTERY como framework.

Por lo tanto, el problema central que aborda este proyecto es cómo simular eficazmente la comunicación V2V en escenarios urbanos utilizando el protocolo OLSR y, dada los resultados en la simulación se podrá evaluar posibles limitaciones para la implementación de OLSR en redes vehiculares en entornos urbanos reales.

Al ser ejecutado dentro de un simulador, las restricciones son la obtención de información directa, las cuales no se pueden configurar desde el archivo artery .ini, tampoco se conoce la ubicación exacta de los automóviles al ser creados dentro de sumo y no generados desde artery.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un modelo de simulación para la comunicación V2V en un entorno urbano con alta densidad de vehículos, evaluando la efectividad del protocolo OLSR

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Modelar módulos para vehículos, canales de comunicación y el entorno, utilizando herramientas como ARTERY y SUMO para simular el tráfico denso y movilidad realista.
2. Evaluar métricas claves como la tasa de entrega, throughput y tasa de error de paquetes.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Sumo

SUMO está concebido para simular una red vial de tráfico del tamaño de una ciudad. Como la simulación es multimodal, lo que significa que no solo se modelan los

movimientos de automóviles dentro de la ciudad, sino también en los sistemas de transporte público en la red de calles, Simulation of Urban MObility (SUMO) es un software de simulación de tráfico en flujo continuo, a nivel microscópico, ligero y de acceso abierto, creado para gestionar redes de gran escala. Facilita la simulación intermodal, abarcando peatones, y ofrece un variado conjunto de herramientas para crear diversos escenarios.[1].

1.4.2 OMNeT++

OMNeT++ es un simulador de código abierto, disponible para uso académico y privado. Posee una biblioteca de simulación en C++, es popular para el desarrollo de simuladores de redes. Es escalable, es por ello que se puede generar módulos individuales desarrollados en C++ y posteriormente se ensamblan en unidades más complejas utilizando el lenguaje de alto nivel NED (Network Description). Esta propiedad modular permite la reutilización de modelos. Junto con el amplio soporte de GUI, la incorporación de los núcleos de simulación en las aplicaciones es una de sus características útiles. OMNeT++ puede ser utilizado en diversas áreas, como redes cableadas e inalámbricas, sistemas de colas, multiprocesadores y otros sistemas distribuidos o paralelos. Aunque está basado en C++, permite la creación de módulos en otros lenguajes como Java, los cuales pueden integrarse y probarse en simulaciones junto con módulos existentes para verificar su funcionalidad. Existen varios marcos y modelos, como INET, que se desarrollan y mantienen de forma independiente, brindando soporte para aplicaciones específicas [2].

El uso de los modelos es libre de costo, y gracias a su diseño modular, tanto el núcleo de simulación como los modelos pueden incorporarse sin dificultad en implementaciones a medida.

1.4.3 VEINS

Veins es un marco de simulación de redes vehiculares de código abierto que se ofrece como un conjunto de modelos para redes vehiculares. Estos modelos se ejecutan a través de un simulador de redes basado en eventos OMNET++ y colaboran con un simulador de tráfico vial SUMO. Otros elementos de Veins se encargan de la configuración, ejecución y monitoreo de la simulación[3].

Proporciona un conjunto completo de modelos para simular redes vehiculares. Veins ha sido desarrollado para garantizar simulaciones realistas sin afectar el rendimiento. Además, la interfaz gráfica y el entorno de desarrollo integrado de OMNET++ y SUMO permiten configurar y ejecutar simulaciones de manera interactiva y ágil. [4].

1.4.4 ARTERY

Este framework facilita las simulaciones de vehículos como V2V, V2I, basadas en los protocolos ETSI ITS-G5, como GeoNetworking y BTP., a través de su middleware, los vehículos pueden incorporar una variedad de servicios ITS-G5, además de proporcionar funciones compartidas para dichos servicios.. Algunos servicios fundamentales, como Cooperative Awareness CAM y Decentralized Notification DENMs, ya están integrados.[5].

Artery surgió como una extensión de Veins, cuyo nombre proviene de "Vehicles in Network Simulation". Veins se centró en WAVE, la versión estadounidense de ITS-G5, al menos hasta 2014, cuando comenzó a desarrollarse Artery [5].

Artery nació de la necesidad de contar con un entorno de simulación para comunicación vehicular que cumpliera con las especificaciones europeas. Veins era el framework mayormente utilizado para simular la comunicación de redes Vehiculares Ad Hoc (VANET) utilizando OMNET ++. Sin embargo, Veins se centra en IEEE, acceso inalámbrico en entornos vehiculares (WAVE) y compatible con una sola aplicación.

Artery permite la ejecución de múltiples aplicaciones por vehículo y facilita la comunicación basada en el sistema estándar europeo.[6].

La comunicación inalámbrica entre vehículos puede llevarse a cabo mediante diversas tecnologías autorizadas en Europa. Este tipo de comunicación es supervisado por la ETSI, a través de su Comité Técnico de Sistemas de Transporte Inteligente (ITS). Como resultado, se ha reservado un espectro de frecuencias específico en Europa, con miras a lograr que la seguridad vial y la eficiencia energética de los vehículos que circulan sea sustentables acorde a los ODS. La banda de frecuencia utilizada para la comunicación ITS-G5 se sitúa en los 5,9 GHz y sigue los estándares establecidos por la ETSI.

1.4.5 VANET

La tecnología de redes vehiculares ad-hoc VANET ha emergido como un campo de investigación clave en los últimos años. Las VANET, debido a su naturaleza ad-hoc, son redes creadas con el propósito de establecer una conexión entre vehículos para atender situaciones, escenarios o requerimientos específicos. Hoy en día, estas redes se han consolidado como una solución confiable para la comunicación entre vehículos en entornos urbanos [7].

Las redes vehiculares ad-hoc permiten la comunicación entre vehículos en movimiento dentro de un entorno determinado. En este contexto, la comunicación directa entre un vehículo a otro se conoce como V2V, cuando el vehículo se conecta a un RSU, que es una infraestructura de carretera la comunicación se denomina V2I [7].

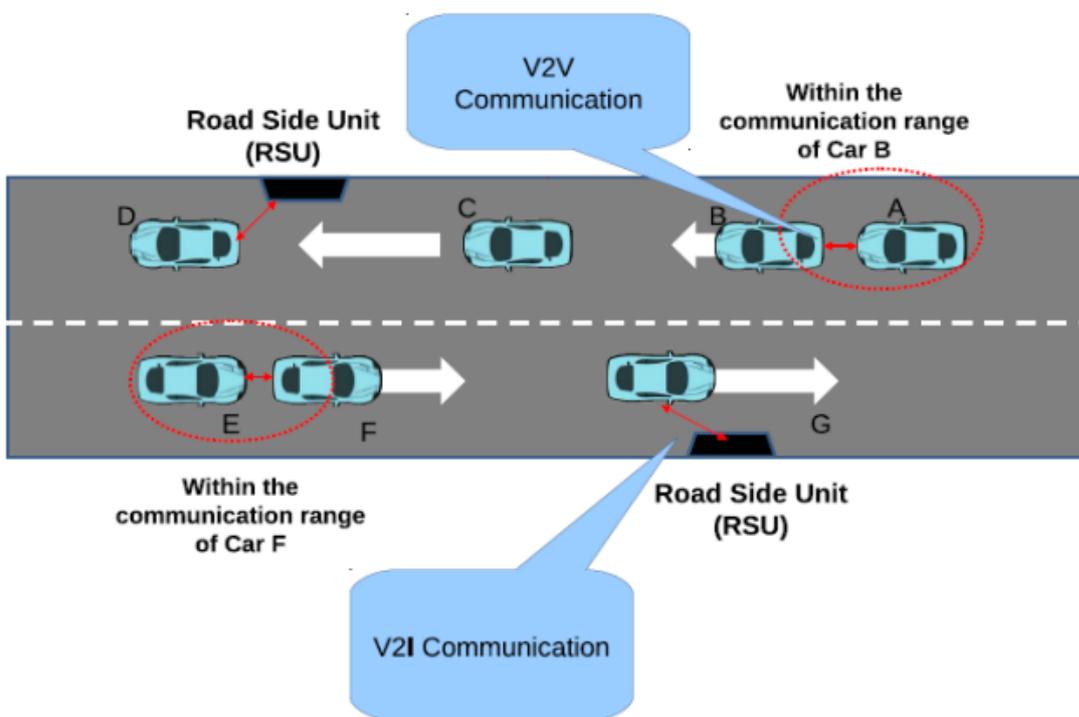


Figura 1.1.3.1 Red ad-hoc utilizando vehículos [7].

Para que los vehículos logren comunicación entre ellos, deben hacer uso de una Unidad de Carretera RSU, se puede considerar que la arquitectura de redes VANET se compara o asemeja a las WLAN). Una segunda opción es que los vehículos se

comuniquen directamente entre sí, sin necesidad de una RSU, lo cual se clasificaría como una arquitectura Ad-hoc. Otra opción es, comunicación directa entre algunos vehículos de la red y que otros vehículos necesite de una infraestructura de carretera para su comunicación. Esto puede denominarse escenario híbrido [8]

La figura 1.2 muestra estas tres posibilidades

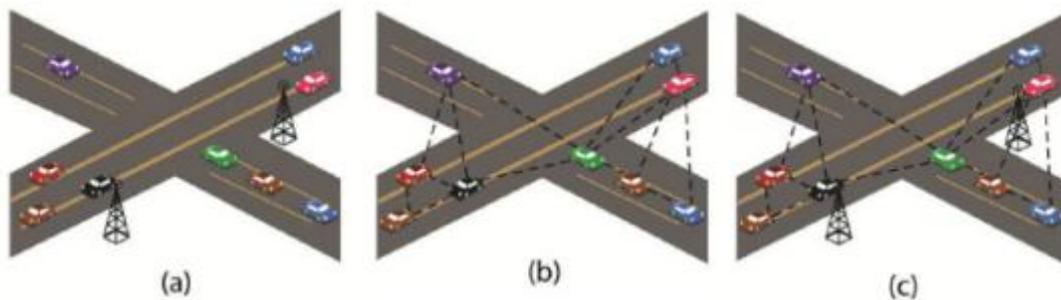


Figura 1.1.3.2 Arquitectura de red VANET [8].

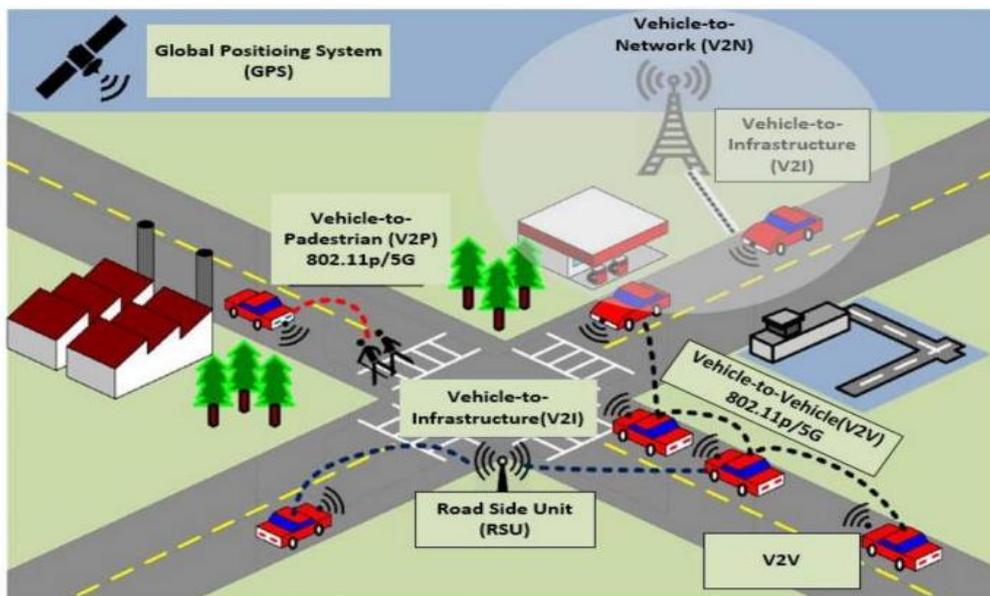


Figura 1.3 Escenarios de comunicación vehicular en un ITS [9].

1.4.6 OLSR (Optimized Link State Routing)

Es un protocolo de enrutamiento creado específicamente para redes ad hoc móviles, como las redes vehiculares (VANETs), en las que los nodos (vehículos, en este caso)

se mueven de manera dinámica y cambian constantemente sus conexiones y rutas. OLSR se cataloga como un protocolo de enrutamiento de estado de enlace, es decir que periódicamente está evaluando el estado de red y la ajusta para tener el mejor rendimiento acorde a las métricas planteadas, y es una mejora del protocolo clásico de estado de enlace (LS).

1.4.6.1 Características principales de OLSR

1. **Enrutamiento basado en estado de enlace:** Los nodos mantienen información sobre el estado de sus enlaces (es decir, si hay una conexión activa con otros nodos). OLSR usa esta información de tal manera que puede determinar cuáles son las posibles mejores rutas hacia otros nodos de la red.
2. **Optimización de tráfico de control:** Una de las características clave de OLSR es que optimiza el uso de las señales de control de enrutamiento para reducir el overhead de la red. Esto lo hace utilizando un concepto llamado "**Multipoint Relays**" (MPR). Los MPR son nodos seleccionados de forma estratégica que se encargan de retransmitir los paquetes de enrutamiento a otros nodos, lo que ayuda a reducir la cantidad de tráfico de control necesario para mantener la red actualizada.
3. **Enrutamiento eficiente en redes móviles:** OLSR es particularmente eficiente en entornos donde los nodos (vehículos) están en movimiento constante. El protocolo puede adaptarse rápidamente a las actualizaciones en la topología de la red dada las características de alta velocidad de los vehículos, como cuando los vehículos se mueven o cuando la señal se interrumpe debido a obstáculos físicos (por ejemplo, edificios en una ciudad).
4. **Protocolo proactivo:** A diferencia de los protocolos reactivos (que descubren las rutas cuando se necesitan), OLSR es un protocolo **proactivo**, lo que significa que constantemente soporta los caminos hacia todos los nodos en la red, enviando actualizaciones periódicas de la topología. Esto permite que los vehículos conozcan de antemano las rutas a los destinos sin necesidad de esperar a que se produzca una solicitud de enrutamiento.

1.4.6.2 Aplicaciones de OLSR en redes vehiculares (VANET)

En el contexto de las redes vehiculares (V2V), OLSR es utilizado para garantizar una comunicación eficiente entre vehículos, especialmente en áreas urbanas de alta densidad, donde las condiciones de tráfico pueden cambiar rápidamente. La capacidad de OLSR para adaptarse a una topología de red dinámica es crucial para mantener una comunicación fiable entre los vehículos, lo cual es esencial para aplicaciones como:

- Sistemas de prevención de accidentes.
- Gestión del tráfico en tiempo real.
- Navegación y asistencia al conductor.
- Conectividad entre vehículos y la infraestructura vial (V2I).

OLSR (Optimized Link State Routing) es un protocolo de enrutamiento creado específicamente para redes móviles ad hoc, como las redes vehiculares (VANETs), donde los nodos (vehículos, en este caso) se desplazan de forma dinámica y modifican continuamente sus enlaces y trayectorias. OLSR se considera un protocolo de estado de enlace optimizado y representa una evolución del protocolo tradicional de estado de enlace (LS).

Como protocolo proactivo diseñado para redes móviles ad hoc, OLSR adopta la robustez de la metodología basada en el estado de enlace y, al ser proactivo, ofrece rutas de manera instantánea cuando se necesitan. Representa la versión mejorada del protocolo de estado de enlace.

El protocolo OLSR opera de forma distribuida, lo que significa que no requiere una unidad central. Los nodos de la red transmiten mensajes de control de manera periódica, por lo que este protocolo no demanda alta confiabilidad en la entrega de dichos mensajes. Como resultado, puede soportar la pérdida de algunos sin impactar significativamente su desempeño. En redes inalámbricas, la pérdida de mensajes por colisiones o fallos en la transmisión es común. [9].

1.4.6.3 Comparación de del Protocolo IEEE 802.11 con el Protocolo OLSR.

Modo infraestructura: Esta Configuración se denomina Conjunto de Servicios Básicos. La red está compuesta de un punto de acceso (AP), que debe estar conectado a la red alámbrica, los otros componentes son nodos Wireless (WN).. Cuando se tienen dos o más BSS, se forma un Conjunto de Servicios Extendidos (ESS), lo que implica la existencia de múltiples celdas.

Modo ad hoc: También conocido como "modo IEEE ad hoc" o "modo peer-to-peer", este tipo de configuración se denomina Conjunto de Servicios Básicos Independientes (IBSS). Es útil cuando no se cuenta con infraestructura Wireless, o contar con servicios adicionales no sea requerido [9] .

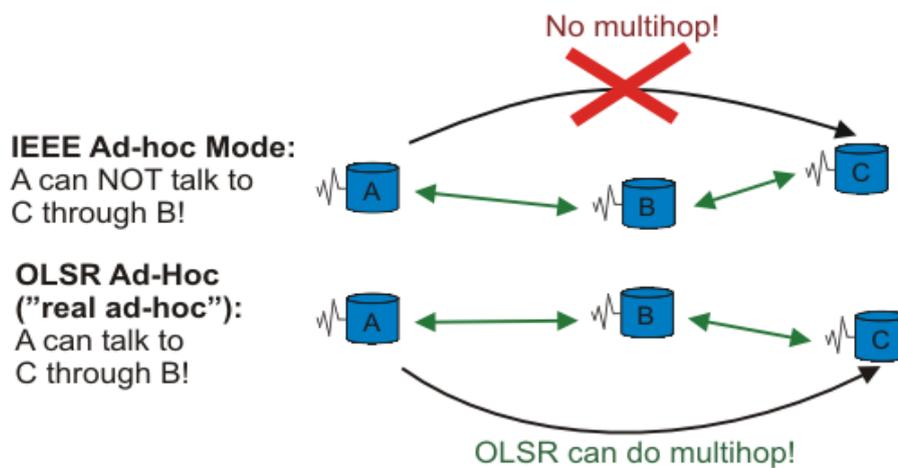


Figura 1.1.3.3 Protocolos IEEE y OLSR

El modo "IEEE 8102.11 Ad hoc" no admite multisalto, algo que sí tiene OLSR.

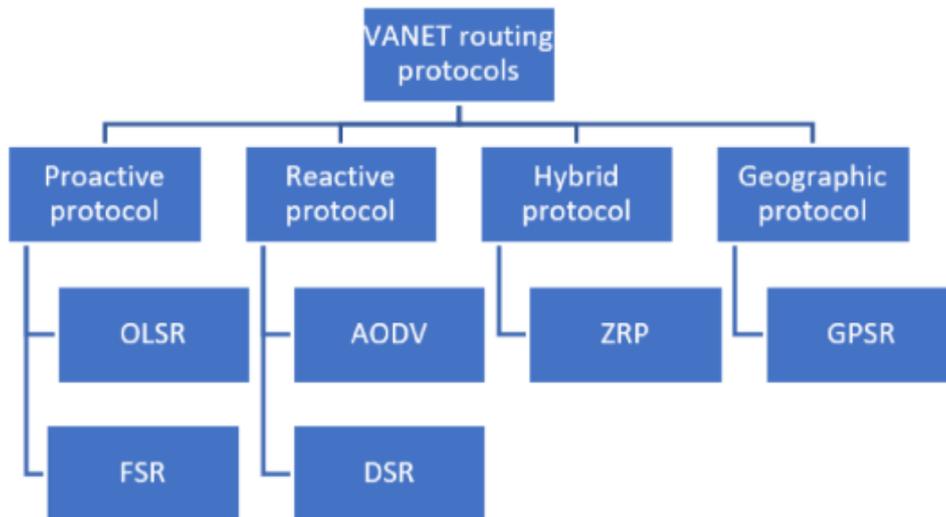


Figura 1.5 Protocolos de enrutamiento en entorno VANET [10]

1.4.7 Protocolos de enrutamiento proactivos

Los protocolos de enrutamiento proactivos se caracterizan por mantener la información de enrutamiento de manera anticipada, antes que se necesite. En este tipo de red, cada nodo conserva datos de los caminos hacia todos los elementos presentes en la red. Normalmente, esta información se almacena en tablas de enrutamiento y se actualiza de forma inmediatamente cuando la topología de la red cambia. La mayoría de estos protocolos se derivan del enrutamiento basado en el estado de enlace. El empleo de tablas de enrutamiento es una característica de los protocolos proactivo. Con este método, cada nodo conserva información actualizada sobre el enrutamiento de todos los demás nodos de la red. Esta información se actualiza de manera periódica y se difunde por toda la red para asegurar que las tablas de enrutamiento se mantengan consistentes. Para mantener la información de las rutas confiables y actualizadas los protocolos proactivos hacen uso de una cantidad de recursos significativos [10].

Protocolo de enrutamiento inalámbrico (WRP), Protocolo de enrutamiento del conmutador de puerta de enlace principal del clúster (CGSR), Protocolo de enrutamiento de estado de enlace optimizado (OLSR), Protocolo de enrutamiento estatal jerárquico (HSR), Protocolo de enrutamiento adaptativo de árbol de origen (STAR), Protocolo de enrutamiento de vector de distancia secuencial de destino (DSDV), Global enrutamiento estatal (GSR), Protocolo FSR, enrutamiento de estado de ojo de pez son protocolos proactivos [11] .

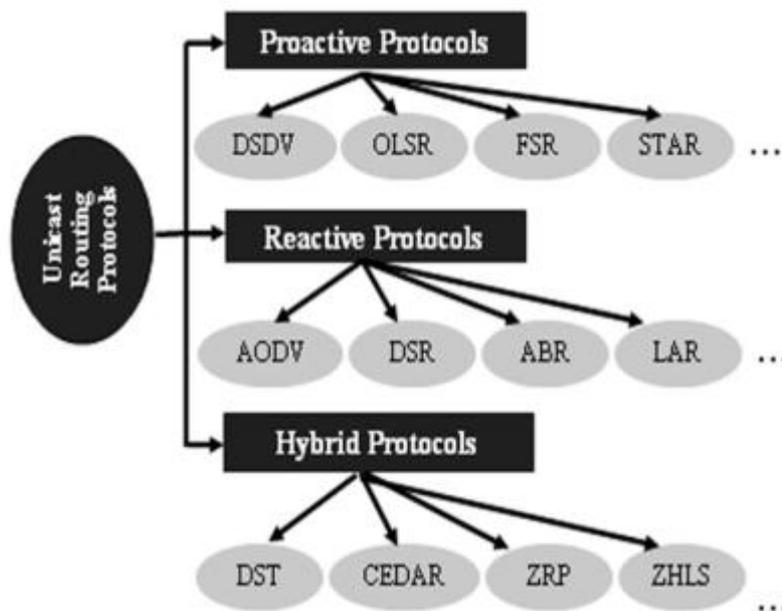


Figura 1.6 Protocolos de enrutamiento unicast [12].

1.4.7.1 Control de tráfico

La forma en que OLSR puede controlar el tráfico, es intercambiando información con dos tipos de mensajes: mensajes Hello y mensajes de control de topología TC. Cada nodo que integra la red OLSR envía de forma periódica mensajes Hello como se muestra en la Figura 1.7, los intercambia con los nodos vecinos para detectar el enlace.

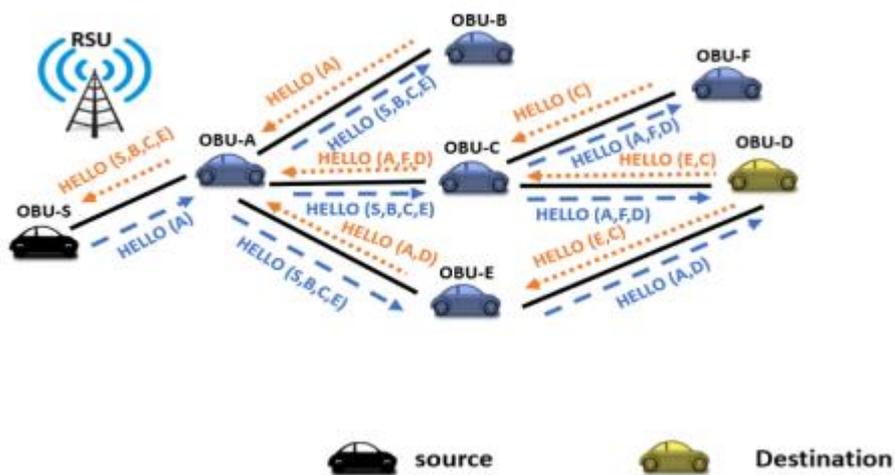


Figura 1.7 Comunicación Mensajes HELLO OLSR [12]

Hasta identificar la señal que reenvía los MPR como se observa en la figura 1.8. Para calcular la ruta se utilizan los mensajes TC que son los enviados por los MPR seleccionados, entonces los nodos de la red establecen una ruta y aprenden la topología de la red.[10].

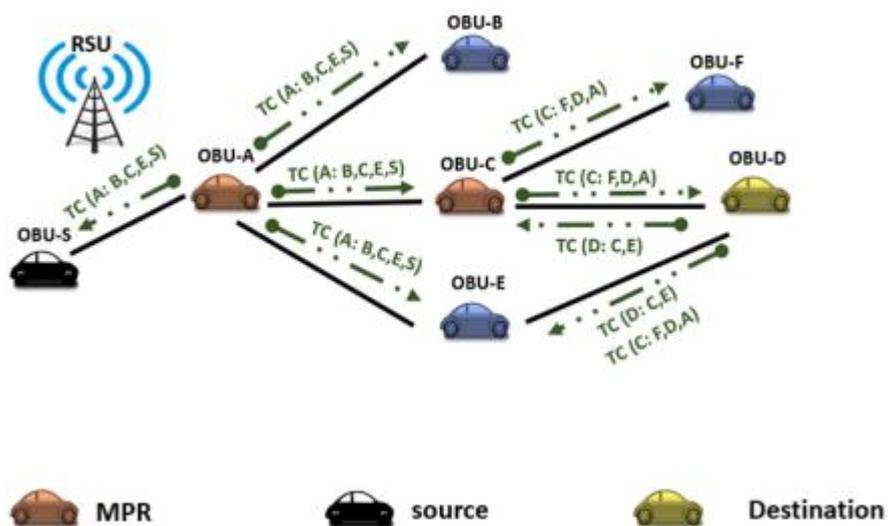


Figura 1.8 Comunicación mensajes TC red OLSR

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGIA

Como parte fundamental para la simulación se realiza una red de tráfico urbano vehicular en SUMO con 38 autos (nodos), mostrados en la figura

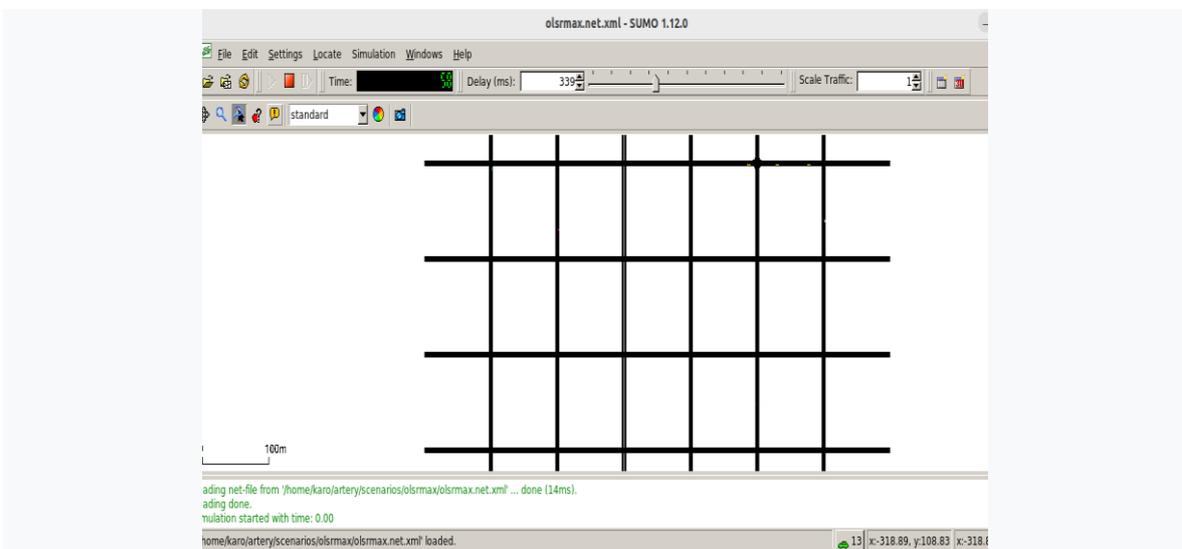


Figura 2.1 Red de Tráfico en Sumo

En el framework Artery, escenarios se guardan los archivos creados en sumo. Se configura en omnet++ los parámetros necesarios para que la red vehicular creada, se comuniquen usando el protocolo OLSR de enrutamiento. Para hacer la red de tráfico realista, se configura shadowing de área urbana con edificios y otros vehículos, se elige el modelo de propagación Nakagami. Desde el framework Artery usando Omnet++ versión 5.6.2 se simula la red VANET

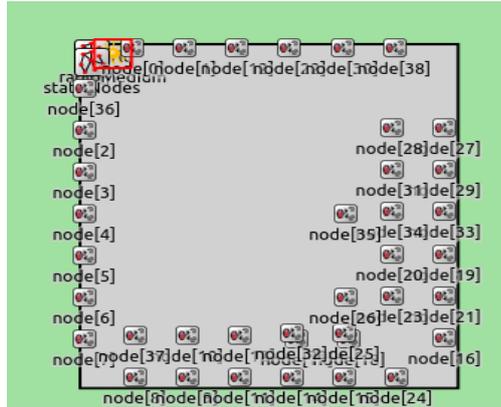


Figura 2.2 Red sumo vinculada mediante Artery



Figura 1.3 Comunicación entre nodos

Se configura el envío de paquetes en la red OLSR.

El estudio de esta simulación en OMNET++ se centra en el análisis del enrutamiento OLSR en redes VANET.

Se realiza una simulación con escenario de edificios de concreto. En este escenario catorce de los 38 nodos se enviaron paquetes de datos

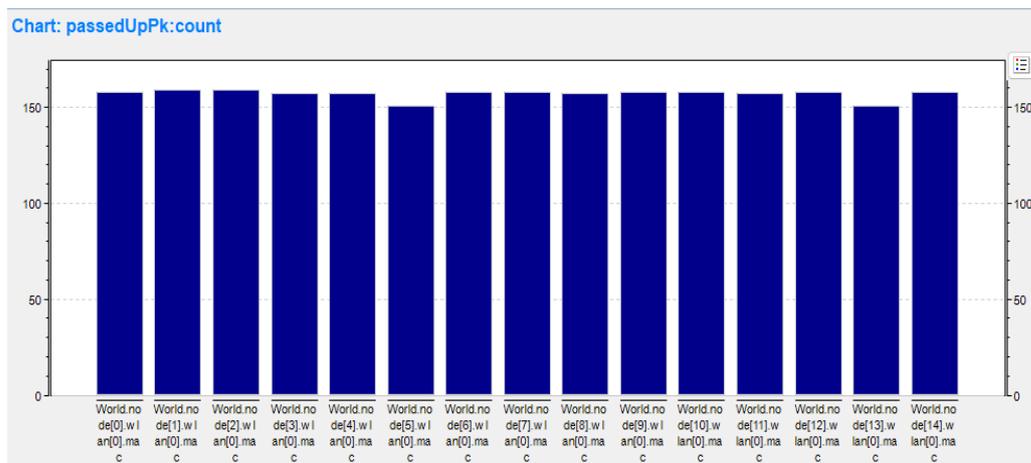


Figura 2.1.3.4 Paquetes enviados por nodos

La relación señal ruido se muestra en la figura 2.5

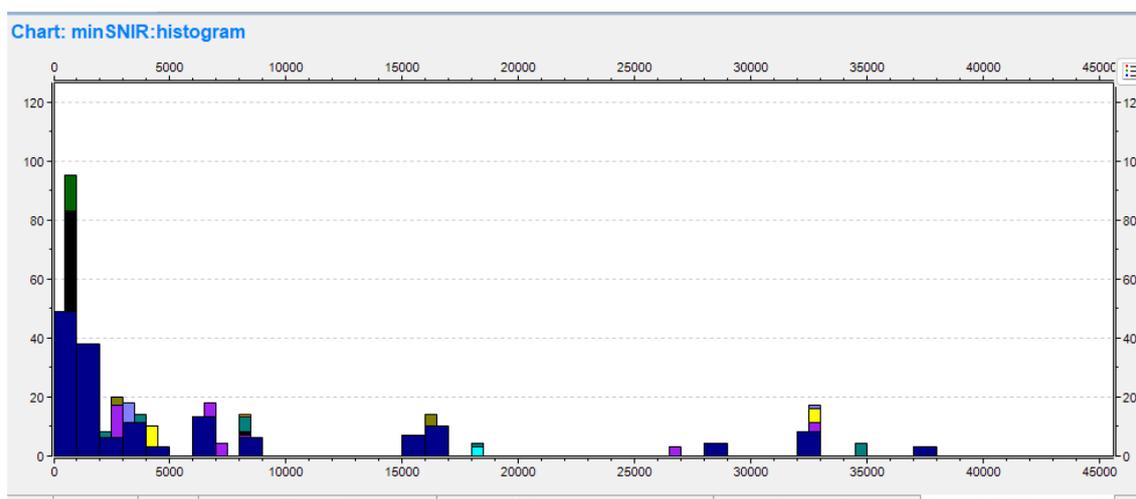


Figura 1.3.5 minSnr simulación con obstáculos

En esta simulación se configuro presencia de objetos, vehículos y edificios para hacer la red lo más realista posible.

En la figura se muestra Packet Error Rate de la red.

La latencia que se presenta en la red puede ser producido por los escenarios de shadowing, configurados en la red, la demora o no entrega de paquetes en varios nodos se dan cuando se configura shadowing como edificios de concreto

CAPITULO 3

3. ANALISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de resultado considero la red sin configuración del obstáculo dinámico de edificio de 10 metros de concreto.

2.1 Análisis PDR

Para la red VANET de 38 nodos simulada, en los archivos de salida obtenemos la cantidad de paquetes enviados y recibidos por cada nodo, sumamos el total de paquetes recibidos y total de paquetes enviados, aplicamos la fórmula 3.1:

$$PDR = \frac{2384}{2434} \times 100 = 97\% \quad (3.1)$$

2.2 Análisis de Tasa de Entrega

En la figura 11 se observa los paquetes recibidos y enviados por cada modulo

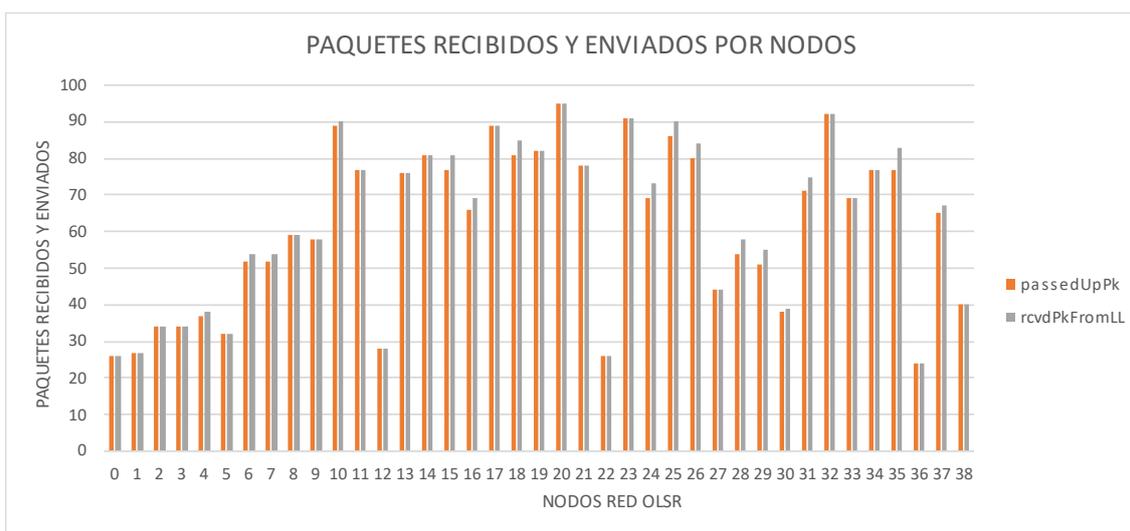


Ilustración 1: Packet Recibidos y enviados en cada nodo

Algunos nodos pueden no recibir mensajes debido a problemas como movilidad de los nodos, interferencia, falta de actualización de rutas en OLSR y colisiones de paquetes.

El Packet Loss Rate que se muestra en la ilustración 12, se calcula mediante la información contenida en los archivos de resultados.sca, utilizando la formula:

$$Packet\ Loss\ Rate = 1 - \frac{Paquetes\ recibidos}{Paquetes\ entregados} \quad (3.2)$$

$$Packet\ Loss\ Rate = 1 - \frac{2434}{2384} = 0.021$$

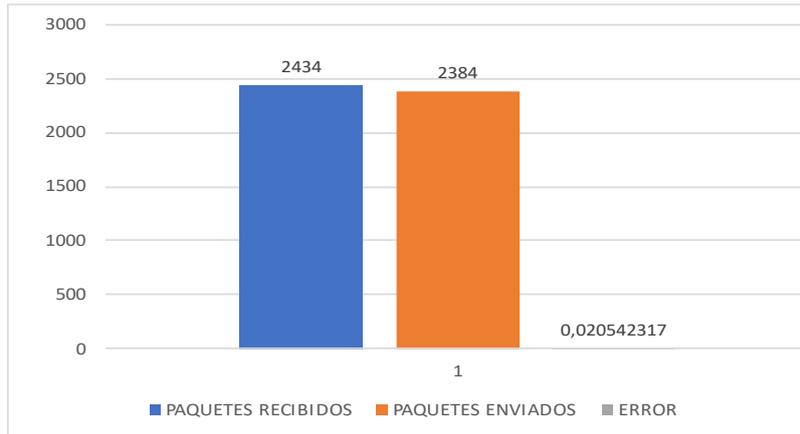


Ilustración 2: Tasa de error promedio en Nodo

Si el nodo está a más de 250 m o si hay obstáculos en el entorno como edificios u otros vehículos la señal puede atenuarse y los paquetes no pueden llegar al nodo vecino.

2.3 Análisis de Throughput

Para el análisis del rendimiento de la red OLSR, revisamos el archivo de salida para recolectar la información de los datos entregados por cada nodo en la red, obtenida la información calculamos con la ecuación 3.3:

$$Throughput = \frac{Datos\ entregados\ totales\ (bits)}{Tiempo\ total\ (segundos)} \quad (3.3)$$

Como los datos obtenidos están en bytes, transformamos a bits

$$Bits = Bytes * 8$$

$$Bits = 485049 * 8$$

$$Datos\ entregados = 3.880.472\ bits$$

Tiempo total = 358s

$$\text{Throughput} = \frac{38472 \text{ (bits)}}{358 \text{ (segundos)}} = 10.8\text{Kbps}$$

El throughput de la red es de 10.8kbps, está dentro del rango de rendimiento de las redes VANET. El rendimiento puede verse afectado por interferencia en el canal, en la configuración se consideró la

CAPÍTULO 4

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

OLSR requiere más potencia de procesamiento que otros protocolos para descubrir una ruta alternativa. También puede romperse una ruta cuando un nodo está fuera del rango de distancia establecido en la red.

En esta simulación cuando aumenta el número de nodos, también aumenta la sobrecarga de los mensajes de control.

La red funciona dentro de los parámetros de rendimiento de redes VANET

OLSR puede sufrir problemas de escalabilidad en redes a gran escala, y el número de nodos de la red se vuelve insostenible, el tamaño de la tabla de enrutamiento aumenta, lo que puede generar un aumento significativo en la proliferación de mensajes de control, lo que puede generar colisiones e interferencia en la red vehicular.

.

RECOMENDACIONES

Para tener una mejor perspectiva del rendimiento de redes que usan OLSR como protocolo de enrutamiento, debería compararse con otros tipos de protocolos de enrutamiento. También para mejorar los valores obtenidos en la simulación con obstáculos se debe evaluar en entornos urbanos con edificios de menor altura a la configurada y con otros tipos de propagación para determinar la afectación en la pérdida de paquetes de datos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] «SUMO de un vistazo - Documentación de SUMO». Accedido: 26 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://sumo.dlr.de/docs/SUMO_at_a_Glance.html
- [2] «What is OMNeT++?» Accedido: 26 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://omnetpp.org/intro/>
- [3] «Documentation - Veins». Accedido: 26 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://veins.car2x.org/documentation/>
- [4] «Veins». Accedido: 26 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://veins.car2x.org/>
- [5] «Marco de simulación Artery V2X». Accedido: 2 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://artery.v2x-research.eu/>
- [6] A. Viridis, «Recent Advances in Network Simulation The OMNeT++ Environment and its Ecosystem EAI/Springer Innovations in Communication and Computing». [En línea]. Disponible en: <http://www.springer.com/series/15427>
- [7] S. Ur Rehman, M. A. Khan, T. A. Zia, y L. Zheng, «Vehicular Ad-Hoc Networks (VANETs) - An Overview and Challenges», *Journal of Wireless Networking and Communications*, vol. 2013, n.º 3, pp. 29-38, 2013, doi: 10.5923/J.JWNC.20130303.02.
- [8] Mohamed. Watfa, «Advances in vehicular ad-hoc networks : developments and challenges», 2010.
- [9] T. Clausen, «Network Working Group», 2003.
- [10] B. Kaur, T. N. Kesho, J. Singh, y T. N. Kesho, «Performance of OLSR in MANET using», vol. 3, n.º 04, pp. 25-28, 2016.
- [11] M. A. Al-Absi *et al.*, «Moving Ad Hoc Networks-A Comparative Study», 2021, doi: 10.3390/su13116187.
- [12] O. Sbayti, S. Ouhmi, B. Es-Sousy, y K. Housni, «Enhancement in Quality of Routing Service in Vehicular ad-hoc Networks Based on the MPR Selection Algorithm of the OLSR Protocol», *Proceedings - 6th International Conference on Advanced Communication Technologies and Networking, CommNet 2023*, n.º December, 2023, doi: 10.1109/CommNet60167.2023.10365310.