



Evaluación de pérdida de paquetes en redes Manet utilizando protocolos AODV y DSDV

Evaluation of packet loss in Manet networks using AODV and DSDV protocols

Avaliação da perda de pacotes em redes Manet usando os protocolos AODV e DSDV

Yohanna Daniela Daza-Alava ^I

yohanna_daza@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2768-9920>

Dannyll Michelle Zambrano-Zambrano ^{II}

mdzambrano@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-4413-4425>

Jimmy Manuel Zambrano-Acosta ^{III}

jzambrano@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-9620-1963>

Correspondencia: yohanna_daza@hotmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de investigación

***Recibido:** 20 de mayo de 2020 ***Aceptado:** 27 de junio de 2020 * **Publicado:** 22 de julio de 2020

- I. Estudiante de la Maestría de Investigación en Tecnologías de la Información Mención Seguridad en Redes y Comunicaciones, Instituto de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
- II. Magíster en Redes de Comunicaciones, Profesor de la Facultad de Ciencias Informáticas de la Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
- III. PhD en Ciencias de la Educación, Magíster en Investigación y Gestión de Proyectos, Profesor Investigador del Instituto de Postgrado de la Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

Resumen

Las redes Manet debido a su autonomía y flexibilidad presentan soluciones a las conexiones inalámbricas sin la necesidad de emplear una infraestructura de red para su implementación. El objetivo de este trabajo fue implementar una red Manet en un ambiente de zonas de desastres y analizar los protocolos de enrutamiento, en este estudio se comparó un protocolo pro-activo versus un protocolo reactivo. La metodología se basó en un análisis descriptivo de los protocolos AODV y DSDV, donde se evaluó un streaming de paquetes UDP en tiempo real utilizando la métrica "Pérdida de paquetes" referida a Calidad de Servicios (QoS) en un ambiente de simulación implementado en Omnet++, se ejecutaron simulaciones con 30, 40 y 50 nodos (cambio de densidad de nodos en la red). Estas simulaciones se ejecutan sobre un patrón de tráfico generado aleatoriamente y un patrón de movilidad de nodos con velocidades de transmisión de 12, 24 y 36Mbps. Como resultado se determinó que el Protocolo Reactivo presenta menor porcentaje de pérdida de paquetes durante la transmisión del streaming en tiempo real, por lo cual bajo las condiciones del escenario planteado es más efectivo utilizar el protocolo de enrutamiento AODV.

Palabras claves: Manet; AODV; DSDV; pérdida de paquetes; zonas de desastres.

Abstract

Manet networks, due to their autonomy and flexibility, present solutions to wireless connections without the need to use a network infrastructure for their implementation. The objective of this work was to implement a Manet network in a disaster area environment and analyze routing protocols. In this study, a pro-active protocol was compared to a reactive protocol. The methodology was based on a descriptive analysis of the AODV and DSDV protocols, where streaming of UDP packets in real time was evaluated using the "Packet Loss" metric referring to Quality of Services (QoS) in a simulation environment implemented in Omnet ++ , simulations were run with 30, 40 and 50 nodes (change of density of nodes in the network). These simulations run on a randomly generated traffic pattern and a node mobility pattern with transmission rates of 12, 24, and 36Mbps. As a result, it was determined that the Reactive Protocol presents a lower percentage of packet loss during the transmission of streaming in real time, therefore, under the conditions of the proposed scenario, it is more effective to use the AODV routing protocol.

Keywords: Manet; AODV; DSDV; packet loss; disaster areas.

Resumo

As redes Manet, devido à sua autonomia e flexibilidade, apresentam soluções para conexões sem fio, sem a necessidade de usar uma infraestrutura de rede para sua implementação. O objetivo deste trabalho foi implementar uma rede Manet em um ambiente de área de desastre e analisar protocolos de roteamento. Neste estudo, um protocolo pró-ativo foi comparado a um protocolo reativo. A metodologia foi baseada em uma análise descritiva dos protocolos AODV e DSDV, na qual o fluxo de pacotes UDP em tempo real foi avaliado usando a métrica "Perda de pacotes" referente à qualidade de serviços (QoS) em um ambiente de simulação implementado no Omnet ++ , simulações foram executadas com 30, 40 e 50 nós (alteração da densidade dos nós na rede). Essas simulações são executadas em um padrão de tráfego gerado aleatoriamente e em um padrão de mobilidade de nós com taxas de transmissão de 12, 24 e 36Mbps. Como resultado, foi determinado que o Protocolo Reativo apresenta uma porcentagem menor de perda de pacotes durante a transmissão do streaming em tempo real; portanto, nas condições do cenário proposto, é mais eficaz usar o protocolo de roteamento AODV.

Palavras-chave: Manet; AODV; DSDV; perda de pacotes; áreas de desastre.

Introducción

Hoy en día con los nuevos avances en el desempeño de las tecnologías de comunicación, se espera que la tecnología inalámbrica móvil avanzada tenga una aplicación y un uso cada vez generalizado.

Las redes móviles MANET son redes que presentan soluciones a las conexiones inalámbricas sin la necesidad de emplear una infraestructura de red para su implementación; ellas crean dinámicamente una red en cualquier momento y lugar, es así que proveen de movilidad a los nodos para que los paquetes lleguen a su destino, por lo que es necesario que todos los nodos puedan cumplir la función de emisor, receptor o routers; además permite agregar y quitar fácilmente dispositivos a la red. (Goyal et al., 2011)

Tomando en cuenta que el ancho de banda es limitado en un canal inalámbrico, los nodos buscan la asistencia de nodos vecinos para el reenvío de paquetes y por lo tanto se puede afirmar que, en este tipo de redes, los nodos pueden actuar como enrutadores y hosts a la vez. (Saudi et al., 2019).

Estas redes son muy prometedoras y populares en telecomunicaciones especialmente son muy utilizadas en aplicaciones militares, zonas de desastres y operaciones de emergencia como la búsqueda y el rescate. (Raffelsberger & Hellwagner, 2012)

Los protocolos de enrutamiento (Priya Sethuraman & Kannan, 2017) que ofrece este tipo de redes se clasifican en Pro-activos (DSDV, CGSR, OLSR, BATMAN, etc.), Reactivos (AODV, DSR, TORA, etc.) y los Híbridos (ZRP, SHARP, ZHLS, etc.), para este estudio se utilizarán los Protocolos AODV y DSDV.

El protocolo Ad hoc On Demand Distance Vector (AODV) es un protocolo reactivo que busca una ruta solo cuando un nodo de la red la requiere, es un protocolo que necesita poco ancho de banda porque envía paquetes solo cuando es necesario, aunque provoca una gran latencia al conectarse a la red. Este protocolo de encaminamiento IP permite a los nodos emisores encontrar y mantener rutas hacia los nodos receptores; aquí el protocolo busca las posibles rutas solo cuando existe una solicitud y escoge la ruta más corta es decir la que responda primero manteniendo las rutas activas hasta que no se necesiten. (Sarmiento et al., 2014; Sing-Borrajo, 2014)

El protocolo Destination Sequence Distance Vector (DSDV), está basado en el algoritmo de distribución de Bellman-Ford (BDF), que comparado con el método de actualización del estado de enlace es computacionalmente más eficiente y requiere mucho menos espacio de almacenamiento. En este algoritmo, los nodos vecinos intercambian periódicamente (protocolo pro-activo) sus tablas de enrutamiento completas con los vecinos para estimar la distancia a la que se encuentran los demás nodos no vecinos. Aunque DSDV sólo proporciona un camino para cada destino (no permite almacenar rutas secundarias o de soporte), siempre elige el camino más corto basándose en el número de saltos hacia este destino. (Chaw & Gisella, 2019; Roshan et al., 2019; Sarmiento et al., 2014)

La ubicación del Ecuador en el Cinturón De Fuego Del Pacifico lo vuelve muy propenso a la ocurrencia de desastres naturales relacionado con el movimiento de las placas tectónicas, catástrofes como terremotos muestran alta probabilidad de ocurrencia, además de ser muy susceptible a la presencia de fuertes inviernos, causando grandes emergencias por inundaciones especialmente en las provincias de la costa.

Uno de los últimos desastres naturales, que más daños y pérdidas ha causado en el Ecuador es el terremoto del 16 de abril de 2016, este terremoto con una duración de 75 segundos y una

magnitud de 7,8 en la escala de Richter fue una de las tragedias más grandes que ha sufrido el país.

En este suceso las comunicaciones fallaron dejando a gran parte de los ciudadanos sin comunicación, e imposibilitando la llegada de ayuda de rescate y socorro. En las provincias afectadas por la catástrofe, el acceso a la telefonía móvil e internet tardaron días en restablecerse, ya que restaurar una infraestructura física es costoso y lleva mucho tiempo, en estos casos de desastres una red Manet es una opción eficiente, ya que al no requerir una infraestructura fija es de rápida implementación y muy útil para restablecer las comunicaciones y realizar labores de evacuación y rescate en las zonas afectadas.

Al ser las redes Manet un tipo de red inalámbrica multisalto constituida por un grupo de dispositivos denominados nodos móviles que se encuentran inter-conectados de forma dinámica y relacionada entre sí para mantener la conectividad de la red. Se las puede implementar rápidamente en condiciones inesperadas como respuesta a recuperación de desastres, cuando es difícil o imposible construir inmediatamente una nueva infraestructura fija, de ahí que se adaptan bien a las operaciones de búsqueda, permitiendo a los equipos de rescate tomar medidas rápidas como respuesta a llamadas de ayuda de víctimas.

En acontecimientos como el terremoto ocurrido en la Provincia de Manabí miles de personas sufrieron debido a la falta de coordinación entre las organizaciones de socorro y una de las principales razones de ello sigue siendo la destrucción de los canales de comunicación en esa zona. En cuanto a la seguridad de la zona afectada por el desastre, es muy importante procesar las consultas de personas externas para dar una imagen general del proceso de evacuación, lesiones, necesidades de emergencia, etc.(Miranda et al., 2016, p.; Uddin et al., 2009). Además, para gestionar y distribuir rápidamente los alimentos y los suministros vitales a los residentes evacuados, así como para registrar y asignar voluntarios, la necesidad de un sistema de información y comunicación fiable y de gran ancho de banda es muy importante durante este estado de emergencia. Las propiedades de la red inalámbrica, como la facilidad de despliegue, la libertad de conexión y la comunicación a través de ondas de radio en lugar de cables de datos, garantizan que la tecnología de redes inalámbricas sea un candidato perfecto para la comunicación en zonas de desastre. (Guo & Huang, 2008)

Este tipo de arquitectura de red se llama Disaster Area Wireless Network (DAWN). Una red móvil ad hoc (MANET) es una red temporal formada por un conjunto de nodos móviles sin

soporte de infraestructura. Este tipo de red es auto-configurable, auto-organizada y auto-mantenida con una topología dinámica. Las MANETS pueden permitir la comunicación entre terminales de usuario ensamblados temporalmente sin depender de la infraestructura de comunicación convencional y, por lo tanto, puede utilizarse como una solución práctica para un escenario de zona de desastre. La mayoría de los protocolos de enrutamiento para DANs en la literatura utilizan MANET o una combinación de MANET y otras redes para establecer comunicación entre los usuarios finales. (Guo & Huang, 2008; Mukherjee et al., 2009; Uddin et al., 2009)

En este trabajo se examina una de las variables de la calidad de servicio como es la pérdida de paquetes en las redes Manet que utilizan los protocolos de enrutamiento AODV y DSDV, analizando las ventajas y desventajas de la utilización de estos protocolos en escenarios de desastres mediante un ambiente simulado, para determinar cuál es el más apropiados y que permita tener una comunicación estable y rápida.

Metodología

El presente estudio emplea streaming de paquetes UDP para la transmisión en tiempo real en redes MANET mediante los protocolos AODV y DSDV en ambientes simulados en el software Omnet++.

Se ha propuesto diferentes ambientes de simulación en un área de 160000m², a sabiendas que en una zona de desastre se tiene un aumento del número de nodos en la red por lo cual se ejecutan simulaciones con 30, 40 y 50 nodos (cambio de densidad de nodos en la red). Estas simulaciones se ejecutan sobre un patrón de tráfico generado aleatoriamente y un patrón de movilidad de nodos con velocidades de transmisión de 12, 24 y 36Mbps, el valor de cada resultado es el valor medio de estas simulaciones ejecutadas 10 veces.

En la Tabla 1 se muestran los parámetros para los ambientes simulados:

<i>Número de Nodos</i>	30/40/50
<i>Tiempo de Simulación (s)</i>	180
<i>Tamaño del Paquete (bytes)</i>	512
<i>Tamaño del Ambiente (m x m)</i>	400 x 400
<i>Tipo de tráfico / Tasa</i>	Constant Bit Rate (CBR) / 4 packets/s
<i>Porcentaje / Velocidad Humana (m/s)</i>	1.4 m/s
<i>Tasa de transmisión (Mbps)</i>	12/24/36
<i>Simulación / Sistema operativo</i>	OMNET++ 5.4.1 / Windows 10 Pro 64 bits

Tabla 1. Parámetros de Entorno de Simulación

El escoger un protocolo de enrutamiento en MANET se decide en función de los parámetros de rendimiento que definirán la Calidad de Servicio - QoS (Cruz Felipe Marely et al., 2020). En este trabajo, se evalúa el rendimiento del protocolo de enrutamiento MANET, específicamente en la variable de la pérdida de paquetes.

La pérdida de paquetes representa la relación entre el total de paquetes recibidos en el destino y el total de paquetes enviados desde el nodo de origen, esto representa tanto la integridad como la corrección del protocolo de enrutamiento.

Resultados y Discusión

Realizando la Simulación en el OMNET++ se observa en la Figura 1 el porcentaje de la pérdida de paquetes que se da en los Protocolos AODV y DSDV con tres diferentes números de Nodos (30,40 y 50) y con una Velocidad de Transmisión de 12Mbps:

- Al emplear 30 nodos en el protocolo AODV se pierde el 0,2% de los paquetes que se transmiten y el 9,8% en el protocolo DSDV.
- Si se aumenta la cantidad de nodos a 40 se obtiene el 0,7% de pérdida en AODV y el 3,8% en DSDV.
- Y al utilizar 50 nodos se pierde el 0,3% en AODV y el 14,7% e DSDV.

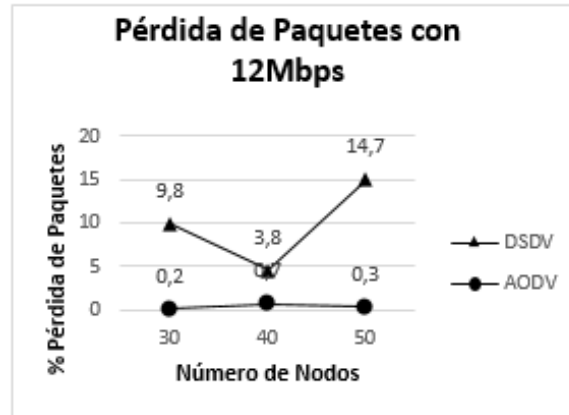


Figura 1. Resultados con Velocidad de Transmisión 12 Mbps

En la Figura 2 se muestra el porcentaje de la pérdida de paquetes que se da en los Protocolos AODV y DSDV con tres diferentes números de Nodos (30,40 y 50) y con una Velocidad de Transmisión de 24Mbps:

- Usando 30 nodos en el protocolo AODV no hay pérdida de paquetes y en DSDV hay un 4,9%.
- Con 40 nodos tampoco hay pérdida de paquetes y en el protocolo DSDV hay una pérdida del 4,9%.
- Y al utilizar 50 nodos no se pierde nada en AODV y en DSDV se pierde el 7,4%.

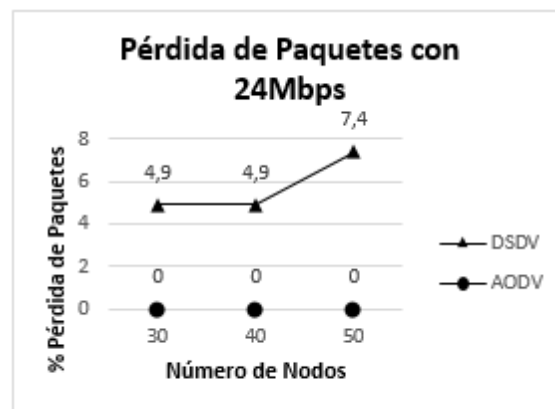


Figura 2. Resultado con velocidad de transmisión de 24 Mbps

Ahora en la Figura 3 se realiza el análisis de pérdida de paquetes usando una Velocidad de Transmisión de 36Mbps:

- Empleando 30 nodos en el protocolo AODV la pérdida de paquetes es del 0,2% y en DSDV hay un 2,1% de pérdida.
- Con 40 nodos no hay pérdida de paquetes y en el protocolo DSDV hay una pérdida del 0,5%.
- Al usar 50 la pérdida en AODV es del 0,8% y en DSDV se pierde el mismo porcentaje.

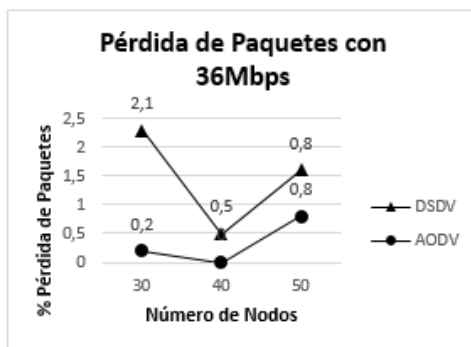


Figura 3. Resultados con velocidad de transmisión de 36 Mbps

Conclusiones

Tomando como referencia tres diferentes valores de velocidad de Transmisión 12, 24 y 36Mbps, y evaluando los protocolos AODV y DSDV se analiza con claridad los ambientes que se han simulado en el OMNET++ con los tres entornos en función a lo números de nodos, dando como resultado que el Protocolo AODV presenta menor porcentaje de pérdida de paquetes durante la transmisión de paquetes, debido a que este protocolo no mantiene las rutas para cada nodo sino que a la medida que se transmiten dichos datos este va descubriendo la ruta que debe seguir asegurando la comunicación; mientras que el Protocolo DSDV tiene mayor porcentaje en la pérdida de paquetes, debido a que este protocolo mantiene Tablas de Enrutamiento por cada nodo de la Red y al estar en movimiento estos nodos se generan muchos cambios en las rutas lo que genera mucha pérdida de datos.

Referencias

1. Chaw, E., & Gisella, E. (2019). Análisis de los protocolos de enrutamiento para las redes móviles Ad-Hoc con el simulador NS-3. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12730>
2. Cruz Felipe Marely, Pinargote Ortega Maricela, & Zambrano Zambrano Dannyll. (2020). Evaluación de soluciones de QoS para una Red de Área Local. E20, 27-40.
3. Goyal, P., Parmar, V., & Rishi, R. (2011). MANET: Vulnerabilities, Challenges, Attacks, Application.
4. Guo, W., & Huang, X. (2008). Mobility Model and Relay Management for Disaster Area Wireless Networks (p. 285). https://doi.org/10.1007/978-3-540-88582-5_27
5. Miranda, K., Molinaro, A., & Razafindralambo, T. (2016). A survey on rapidly deployable solutions for post-disaster networks. IEEE Communications Magazine, 54(4), 117-123. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2016.7452275>
6. Mukherjee, T., Varsamopoulos, G., & Gupta, S. (2009). Self-managing energy-efficient multicast support in MANETs under end-to-end reliability constraints. Computer Networks, 53, 1603-1627. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2008.11.013>
7. Priya Sethuraman, & Kannan, N. (2017). Refined trust energy-ad hoc on demand distance vector (ReTE-AODV) routing algorithm for secured routing in MANET. Wireless Networks, 23(7), 2227-2237. <https://doi.org/10.1007/s11276-016-1284-1>
8. Raffelsberger, C., & Hellwagner, H. (2012). Evaluation of MANET routing protocols in a realistic emergency response scenario. Proceedings of the 10th International Workshop on Intelligent Solutions in Embedded Systems, 88-92.
9. Roshan, R., Mishra, S., & Meher, C. P. (2019). A Comparison between the AODV and DSDV Routing Protocols for Mobile Ad-Hoc Network Using NS2. 2019 6th International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), 286-289.
10. Sarmiento, D. A. L., Parra, O. J. S., & Trujillo, E. R. (2014). DESEMPEÑO DE LOS PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO MESH. Redes de Ingeniería, 5(1), 40-46. <https://doi.org/10.14483/2248762X.5930>
11. Saudi, N. A. M., Arshad, M. A., Buja, A. G., Fadzil, A. F. A., & Saidi, R. M. (2019). Mobile Ad-Hoc Network (MANET) Routing Protocols: A Performance Assessment. En L.-K. Kor, A.-R. Ahmad, Z. Idrus, & K. A. Mansor (Eds.), Proceedings of the Third International

Conference on Computing, Mathematics and Statistics (iCMS2017) (pp. 53-59). Springer.

https://doi.org/10.1007/978-981-13-7279-7_7

12. Sing-Borrajo, P. (2014). Evaluación de desempeño de VoIP en redes MANET. ITECKNE: Innovación e Investigación en Ingeniería, 11(1), 7-16.
13. Uddin, M. Y. S., Ahmadi, H., Abdelzaher, T., & Kravets, R. (2009). A Low-energy, Multi-copy Inter-contact Routing Protocol for Disaster Response Networks. 2009 6th Annual IEEE Communications Society Conference on Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks, 1-9. <https://doi.org/10.1109/SAHCN.2009.5168904>

References

1. Chaw, E., & Gisella, E. (2019). Analysis of routing protocols for Ad-Hoc mobile networks with the NS-3 simulator. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12730>
2. Cruz Felipe Marely, Pinargote Ortega Maricela, & Zambrano Zambrano Dannyll. (2020). Evaluation of QoS solutions for a Local Area Network. E20, 27-40.
3. Goyal, P., Parmar, V., & Rishi, R. (2011). MANET: Vulnerabilities, Challenges, Attacks, Application.
4. Guo, W., & Huang, X. (2008). Mobility Model and Relay Management for Disaster Area Wireless Networks (p. 285). https://doi.org/10.1007/978-3-540-88582-5_27
5. Miranda, K., Molinaro, A., & Razafindralambo, T. (2016). A survey on rapidly deployable solutions for post-disaster networks. IEEE Communications Magazine, 54 (4), 117-123. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2016.7452275>
6. Mukherjee, T., Varsamopoulos, G., & Gupta, S. (2009). Self-managing energy-efficient multicast support in MANETs under end-to-end reliability constraints. Computer Networks, 53, 1603-1627. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2008.11.013>
7. Priya Sethuraman, & Kannan, N. (2017). Refined trust energy-ad hoc on demand distance vector (ReTE-AODV) routing algorithm for secured routing in MANET. Wireless Networks, 23 (7), 2227-2237. <https://doi.org/10.1007/s11276-016-1284-1>
8. Raffelsberger, C., & Hellwagner, H. (2012). Evaluation of MANET routing protocols in a realistic emergency response scenario. Proceedings of the 10th International Workshop on Intelligent Solutions in Embedded Systems, 88-92.

9. Roshan, R., Mishra, S., & Meher, C. P. (2019). A Comparison between the AODV and DSDV Routing Protocols for Mobile Ad-Hoc Network Using NS2. 2019 6th International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), 286-289.
10. Sarmiento, D. A. L., Parra, O. J. S., & Trujillo, E. R. (2014). PERFORMANCE OF THE MESH ROUTING PROTOCOLS. *Engineering Networks*, 5 (1), 40-46. <https://doi.org/10.14483/2248762X.5930>
11. Saudi, N. A. M., Arshad, M. A., Buja, A. G., Fadzil, A. F. A., & Saidi, R. M. (2019). Mobile Ad-Hoc Network (MANET) Routing Protocols: A Performance Assessment. In L.-K. Kor, A.-R. Ahmad, Z. Idrus, & K. A. Mansor (Eds.), *Proceedings of the Third International Conference on Computing, Mathematics and Statistics (iCMS2017)* (pp. 53-59). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7279-7_7
12. Sing-Borrajo, P. (2014). VoIP performance evaluation in MANET networks. *ITECKNE: Innovation and Research in Engineering*, 11 (1), 7-16.
13. Uddin, M. Y. S., Ahmadi, H., Abdelzaher, T., & Kravets, R. (2009). A Low-energy, Multi-copy Inter-contact Routing Protocol for Disaster Response Networks. 2009 6th Annual IEEE Communications Society Conference on Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks, 1-9. <https://doi.org/10.1109/SAHCN.2009.5168904>

Referências

1. Chaw, E., & Gisella, E. (2019). Análise de protocolos de roteamento para redes móveis Ad-Hoc com o simulador NS-3. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12730>
2. Cruz Felipe Marely, Pinargote Ortega Maricela e Zambrano Zambrano Dannyll. (2020). Avaliação de soluções de QoS para uma rede local. *E20*, 27-40.
3. Goyal, P., Parmar, V., & Rishi, R. (2011). MANET: Vulnerabilidades, Desafios, Ataques, Aplicação.
4. Guo, W. & Huang, X. (2008). Modelo de mobilidade e gerenciamento de retransmissão para redes sem fio na área de desastre (p. 285). https://doi.org/10.1007/978-3-540-88582-5_27
5. Miranda, K., Molinaro, A. e Razafindralambo, T. (2016). Uma pesquisa sobre soluções rapidamente implantáveis para redes pós-desastre. *Revista de Comunicação IEEE*, 54 (4), 117-123. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2016.7452275>

6. Mukherjee, T., Varsamopoulos, G. e Gupta, S. (2009). Suporte multicast autogerenciado com eficiência energética em MANETs sob restrições de confiabilidade de ponta a ponta. *Redes de computadores*, 53, 1603-1627. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2008.11.013>
7. Priya Sethuraman, & Kannan, N. (2017). Algoritmo de roteamento vetor de distância de demanda de energia ad hoc de confiança refinada (ReTE-AODV) para roteamento seguro no MANET. *Redes sem fio*, 23 (7), 2227-2237. <https://doi.org/10.1007/s11276-016-1284-1>
8. Raffelsberger, C. & Hellwagner, H. (2012). Avaliação dos protocolos de roteamento MANET em um cenário realista de resposta a emergências. *Anais do 10º Workshop Internacional sobre Soluções Inteligentes em Sistemas Embarcados*, 88-92.
9. Roshan, R., Mishra, S., & Meher, C.P. (2019). Uma comparação entre os protocolos de roteamento AODV e DSDV para rede ad-hoc móvel usando NS2. *2019 6ª Conferência Internacional sobre Computação para o Desenvolvimento Global Sustentável (INDIACom)*, 286-289.
10. Sarmiento, D. A. L., Parra, O. J. S., & Trujillo, E. R. (2014). DESEMPENHO DOS PROTOCOLOS DE ROTAÇÃO DE MALHA. *Redes de engenharia*, 5 (1), 40-46. <https://doi.org/10.14483/2248762X.5930>
11. Saudi, N. A. M., Arshad, M. A., Buja, A. G., Fadzil, A. F. A., & Saidi, R. M. (2019). Protocolos de roteamento de rede móvel ad-hoc (MANET): uma avaliação de desempenho. Em L.-K. Kor, A.-R. Ahmad, Z. Idrus, e K. A. Mansor (Eds.), *Anais da Terceira Conferência Internacional sobre Computação, Matemática e Estatística (iCMS2017)* (pp. 53-59). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7279-7_7
12. Sing-Borrajo, P. (2014). Avaliação de desempenho de VoIP em redes MANET. *ITECKNE: Inovação e Pesquisa em Engenharia*, 11 (1), 7-16.
13. Uddin, M.Y. S., Ahmadi, H., Abdelzaher, T. e Kravets, R. (2009). Protocolo de roteamento entre contatos de baixa energia e múltiplas cópias para redes de resposta a desastres. *2009 6ª Conferência Anual da IEEE Communications Society sobre Redes, Comunicações e Redes Ad Hoc e Sensor, Mesh*. <https://doi.org/10.1109/SAHCN.2009.5168904>