

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HOTSPOT CON MIKROTIK Y ACCESS POINT UBIQUITI: GESTIÓN EFICIENTE DE REDES INALÁMBRICAS

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A HOTSPOT WITH MIKROTIK AND UBIQUITI ACCESS POINT: EFFICIENT MANAGEMENT OF WIRELESS NETWORKS

Rodríguez Ávila German¹, Martínez Castillo Claudia², Toscano Palomar Lydia³, Callejas Melgoza Oscar Enrique⁴, Castro Contreras Rubén⁵

<https://doi.org/10.61117/ipsumtec.v7i2.304>

¹ Maestría en Ingeniería, Tecnológico Nacional de México campus Mexicali, Departamento de Ciencias Básicas, yerman@itmexicali.edu.mx, Av. Tecnológico s/n, Col. Elías Calles, C. P. 21376, Mexicali, B.C, México. <https://orcid.org/0000-0002-8927-0124>

² Maestría en Ingeniería, Tecnológico Nacional de México campus Mexicali, Departamento de Sistemas y Computación, claudiamartinez@itmexicali.edu.mx, Av. Tecnológico s/n, Col. Elías Calles, C. P. 21376, Mexicali, B.C, México. <https://orcid.org/0000-0002-6754-7030>

³ Doctorado en Ciencias, Tecnológico Nacional de México campus Mexicali, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, toscano.lydia@itmexicali.edu.mx, Av. Tecnológico s/n, Col. Elías Calles, C. P. 21376, Mexicali, B.C, México. <https://orcid.org/0000-0002-2472-4826>

⁴ Maestría en Ciencias, Tecnológico Nacional de México campus Mexicali, Departamento de Ciencias Básicas, oscar.callejas@itmexicali.edu.mx, Av. Tecnológico s/n, Col. Elías Calles, C. P. 21376, Mexicali, B.C, México. <https://orcid.org/0000-0002-0178-4906>

⁵ Doctorado en Ingeniería, Tecnológico Nacional de México campus Mexicali, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, castro.ruben@itmexicali.edu.mx, Av. Tecnológico s/n, Col. Elías Calles, C. P. 21376, Mexicali, B.C, México. <https://orcid.org/0000-0002-0191-7764>

Resumen – Este artículo presenta una solución integral y eficiente para la gestión de redes inalámbricas mediante la implementación de un Hotspot utilizando la tecnología Mikrotik y un sistema de distribución de access points Ubiquiti, desplegados en todo el campus del Tecnológico Nacional de México campus Mexicali. La solución descrita se basa en el uso de un router Mikrotik CCR-1036, elegido por sus 36 núcleos y su licencia de nivel 6 que permite conexiones simultáneas ilimitadas. Este dispositivo robusto y avanzado se utiliza para la configuración e implementación del Hotspot, asegurando una administración eficiente y un rendimiento óptimo, mientras que los access points Ubiquiti desempeñan un papel crucial al proporcionar y asegurar una cobertura completa y uniforme del área, gestionando el control del ancho de banda y la autenticación de usuarios. La infraestructura desarrollada permite un monitoreo en tiempo real del tráfico de la red, facilitando la generación de informes detallados y la aplicación de múltiples métodos de autenticación, incluyendo RADIUS, LDP y portal cautivo. La plantilla web del Hotspot, creada en HTML, CSS y JavaScript, permite a los usuarios ingresar sus credenciales de manera sencilla para acceder a la red. Se realizaron exhaustivas pruebas de rendimiento que demostraron la efectividad de la solución en varios aspectos clave: control preciso del ancho de banda, robustez en la seguridad, alta flexibilidad para adaptarse a diferentes necesidades de usuarios, escalabilidad para crecer según los requerimientos, y un costo-beneficio notablemente favorable. Las pruebas incluyeron escenarios de baja, media y alta carga de usuarios, y

evaluaciones de latencia, seguridad y consumo de energía. Los resultados obtenidos validan la propuesta como una herramienta valiosa para la gestión de redes inalámbricas en entornos académicos y otros escenarios de Hotspots, destacándose por su capacidad de garantizar una conectividad estable y segura, además de ofrecer una administración eficiente y escalable.

Palabras Clave: Hotspot, Redes inalámbricas, Seguridad, Mikrotik.

Abstract -- This article presents a comprehensive and efficient solution for the management of wireless networks through the implementation of a Hotspot using Mikrotik technology and a Ubiquiti access point distribution system, deployed throughout the TecNM campus in Mexicali. The solution described is based on the use of a Mikrotik CCR-1036 router, chosen for its 36 cores and its level 6 license that allows unlimited simultaneous connections. This device is used for the configuration and implementation of the Hotspot, while the Ubiquiti access points ensure complete and uniform coverage of the area, managing bandwidth control and user authentication. The developed infrastructure allows real-time monitoring of network traffic, facilitating the generation of detailed reports and the application of multiple authentication methods, including RADIUS, LDP and captive portal. The Hotspot web template, created in HTML, CSS and JavaScript, allows users to easily enter their credentials to access the network. Extensive performance tests were carried out that demonstrated the effectiveness of the solution in several

key aspects: precise bandwidth control, robust security, high flexibility to adapt to different user needs, scalability to grow according to requirements, and a cost - remarkably favorable benefit. Testing included low, medium, and high user load scenarios, and latency, security, and power consumption evaluations. The results obtained validate the proposal as a valuable tool for the management of wireless networks in academic environments and other Hotspot scenarios, standing out for its ability to guarantee stable and secure connectivity, in addition to offering efficient and scalable administration.

Key words –Hotspot, Wireless networks, Security, Mikrotik.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los Hotspots son una herramienta fundamental para brindar acceso a internet inalámbrico en diversos entornos, desde hogares y oficinas hasta cafés y lugares públicos como restaurantes, aeropuertos, hoteles, centros comerciales y escuelas [1][2]. La necesidad de una conectividad rápida y confiable ha crecido exponencialmente, y con ella, la demanda de soluciones que puedan gestionar eficientemente el recurso valioso del ancho de banda. La gestión de estas redes inalámbricas, especialmente en escenarios con alta densidad de usuarios o aplicaciones sensibles al tiempo, se ha convertido en un desafío significativo [3].

En la era digital contemporánea, donde la conectividad inalámbrica es una necesidad básica tanto para individuos como para organizaciones, el diseño e implementación de Hotspots Wi-Fi desempeña un papel crucial en la habilitación de esta conectividad ubicua [4]. Desde cafeterías hasta aeropuertos y desde centros educativos hasta complejos comerciales, la presencia de Hotspots se ha vuelto omnipresente, facilitando el acceso a internet en prácticamente cualquier lugar donde se congreguen personas. La demanda de acceso a internet ha transformado estos lugares en nodos críticos de comunicación, donde la calidad y fiabilidad de la conexión pueden afectar significativamente la satisfacción del usuario y la eficiencia operativa [5].

El diseño y la implementación de Hotspots inalámbricos eficientes y confiables requieren una cuidadosa planificación y ejecución. Cada etapa del proceso, desde la selección de equipos hasta la configuración y gestión de redes, juega un papel crucial en garantizar una experiencia de usuario fluida y segura. Es esencial considerar diversos factores, como la cobertura, la capacidad de manejo de múltiples conexiones simultáneas, la seguridad de la red y la facilidad de gestión y monitoreo [6].

En este contexto, la combinación de dispositivos Mikrotik y Access Points Ubiquiti ha surgido como una

solución líder para la creación de Hotspots de alto rendimiento. Mikrotik, conocido por su amplia gama de routers y dispositivos de red, ofrece una robusta infraestructura de gestión y seguridad [7]. Sus dispositivos son capaces de manejar un gran número de conexiones simultáneas, lo cual es fundamental en entornos de alta densidad. Por otro lado, los Access Points de Ubiquiti destacan por su excepcional rendimiento, alcance y capacidad de gestión centralizada a través de su plataforma UniFi. Esta plataforma permite una configuración y monitoreo sencillo y eficiente de la red, mejorando la experiencia tanto para los administradores de red como para los usuarios finales.

Este artículo se propone explorar en detalle el proceso completo de diseño e implementación de un Hotspot utilizando Mikrotik y Access Points Ubiquiti. Desde la fase inicial de planificación y diseño hasta la configuración avanzada de equipos y servicios, se abordarán todas las etapas críticas del desarrollo de una red inalámbrica eficiente. El objetivo es proporcionar una guía comprensiva que pueda ser utilizada por otros profesionales del campo para replicar y adaptar esta solución a sus propias necesidades.

El problema radica en la falta de una solución integral para la gestión eficiente de redes inalámbricas que combine de manera efectiva:

- Priorización del tráfico: Garantizar que los usuarios con mayor necesidad de ancho de banda tengan acceso sin interrupciones.
- Seguridad: Proteger la red contra intrusiones y ataques cibernéticos.
- Latencia: Minimizar el tiempo de espera para mejorar la experiencia del usuario.
- Tiempo de respuesta: Agilizar la respuesta del Hotspot a las solicitudes de los usuarios.
- Consumo de energía: Optimizar el uso de la energía para reducir el impacto ambiental y los costos operativos.

El objetivo principal es evaluar la viabilidad de implementar un Hotspot con Mikrotik y la configuración de Access Points Ubiquiti para la gestión eficiente de redes inalámbricas. Este estudio busca demostrar que, mediante una combinación adecuada de tecnologías y una planificación cuidadosa, es posible superar los desafíos actuales de la gestión de redes inalámbricas.

Existe una necesidad real de una solución integral que aborde de manera efectiva los diferentes aspectos de la gestión de redes inalámbricas. La combinación de Mikrotik y Ubiquiti tiene el potencial de ofrecer una solución robusta y eficiente para la gestión de estas redes. Los resultados de esta investigación pueden tener un impacto significativo en la comunidad académica y la

industria, proporcionando información valiosa sobre la implementación y el rendimiento de la solución propuesta.

Este trabajo se propone contribuir al estado del arte en la gestión de redes inalámbricas mediante la evaluación de una solución innovadora que combina Mikrotik y Ubiquiti. Se espera que los resultados sean de utilidad para la comunidad académica, la industria y los usuarios finales que buscan mejorar la eficiencia y el rendimiento de sus redes inalámbricas. Al documentar y analizar detalladamente cada fase del proyecto, este artículo pretende ser una referencia práctica y teórica para futuras implementaciones y estudios en el campo de las redes inalámbricas.

DESARROLLO

La implantación del Hotspot se realizó en un Mikrotik modelo CCR-1036 como se muestra en la Figura 1 debido a sus características avanzadas y su capacidad de manejar un alto volumen de conexiones simultáneas [8]. Este modelo, equipado con 36 núcleos y una licencia nivel 6 que no tiene límite de conexiones simultáneas, proporciona la potencia y la escalabilidad necesarias para satisfacer las demandas del proyecto. Además, la flexibilidad del hardware y del software de Mikrotik CCR-1036 lo convirtió en la opción ideal para implementar el Hotspot en el campus.

Este kernel ejecuta un sistema operativo llamado RouterOS, este sistema operativo de red está basado en el kernel del sistema operativo Linux, RouterOS es utilizado para configurar equipos Mikrotik a través de una interfaz gráfica y también por líneas de comando que te proporciona la interfaz [9][10].

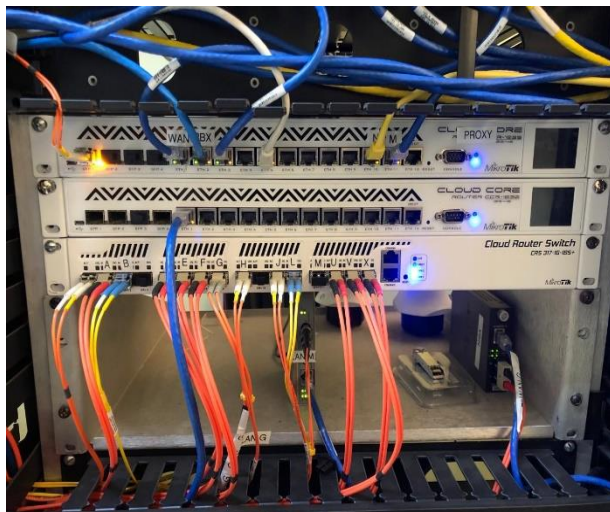


Figura 1. Arreglo Mikrotik modelo CCR-1036.
Fuente: elaboración propia.

Se diseñó la plantilla web del Hotspot el cual fue cargado al Mikrotik CCR-1036 en la carpeta Files, el diseño

actualmente funciona entre un intermediario de servicio entre Usuario-Mikrotik, este diseño web tiene como objetivo que los usuarios puedan ingresar sus credenciales para tener acceso a internet.

Cuando el usuario requiera tener acceso a internet en algún punto del campus que tenga disponible la red TECNOLÓGICO a través de un access point Ubiquiti, el usuario desde su dispositivo móvil intentara conectarse a la red, que este a la vez mandara una petición a Mikrotik y enviara al usuario el diseño web en su pantalla como se muestra en la Figura 2, esta plantilla web fue creada utilizando HTML para la estructura, CSS para el diseño y la apariencia y JavaScript para la funcionalidad dinámica que permitió desarrollar una experiencia de usuario fluida y atractiva.



Figura 2. Diseño web de Hotspot.
Fuente: elaboración propia.

El Hotspot se encuentra distribuido por todo el campus como se muestran en la Figura 3, en el cual los usuarios encontrarán la red que se transmite y tiene como SSID TECNOLÓGICO.



Figura 3. Accesos Hotspot.
Fuente: elaboración propia.

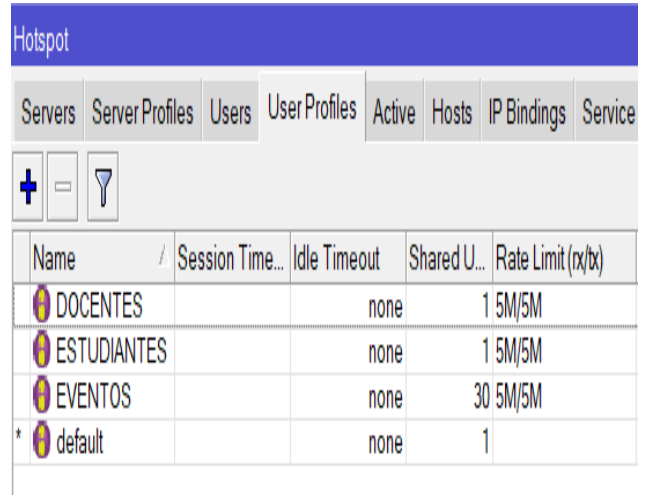


Figura 4. Perfiles creados en Mikrotik.
Fuente: captura de winbox.

Se crearon tres tipos de perfiles para los usuarios con diferentes niveles de acceso a la red como se muestra en la Figura 4, estos son creados en el Software de Mikrotik:

- **DOCENTES:** Tienen acceso completo a la red, incluyendo internet con 10 Megabits de subida y de descarga, recursos educativos, y pueden conectar dos dispositivos móviles a la vez con la misma credencial.
- **ESTUDIANTES:** Tienen acceso a internet con 5 Megabits de subida y descarga, acceso limitado a recursos educativos, y únicamente se les permite 1 dispositivo móvil por credencial.
- **EVENTOS:** Este perfil está diseñado para cubrir eventos como cursos y conferencias, donde un grupo de personas requieran acceso a internet. Tienen acceso a internet con 5 Megabits de subida y descarga, se les permite 50 usuarios por cuenta.

La implementación de perfiles de usuario bien definidos no solo garantiza un uso eficiente de los recursos de red, sino que también proporciona una experiencia personalizada y segura para cada perfil de usuario [11][12].

Se creó una VLAN especial para los equipos que distribuyen la red, con el segmento IP privada 172.3.3.X como se muestra en la Figura 5, donde X es el valor consecutivo que se le asignó a cada equipo respectivamente, dejando reservada la dirección 172.3.3.250 para el Gateway de los equipos.

DEVICE NAME ↑	IP ADDRESS
E-A	172.3.3.6
E-B	172.3.3.11
E-BPA 48	172.3.3.48
E-BPA 482	172.3.3.51
E-BPA3 48	172.3.3.53
E-BPB 48	172.3.3.52
E-CCO-MANTENIMIENTO	172.3.3.8
E-D	172.3.3.15
E-D 48	172.3.3.41
E-E	172.3.3.12
E-E 48	172.3.3.49
E-E 48 2	172.3.3.47
E-F	172.3.3.2
E-F 48	172.3.3.46
E-G	172.3.3.16

Figura 5. Lista de equipos configurados.
Fuente: elaboración propia.

Se diseñaron y ejecutaron pruebas para evaluar el rendimiento del Hotspot en términos de ancho de banda, seguridad, latencia, tiempo de respuesta y consumo de energía.

Se utilizaron herramientas de medición como Wireshark, nPerf e Iperf3 para obtener datos precisos sobre el rendimiento del Hotspot [13], se analizaron los resultados de las pruebas para identificar los puntos fuertes y débiles de la solución.

Se realizaron pruebas de ancho de banda utilizando la herramienta Iperf3 en una variedad de escenarios de carga, que abarcan desde situaciones con un único usuario en carga baja hasta momentos de alta demanda con 300 usuarios simultáneos. Estos escenarios de configuración de la siguiente manera:

- Carga baja: 1 usuario, 10Mbps.
- Carga media: 5 usuarios, 50Mbps.
- Carga alta: 300 usuarios, 100Mbps.

Estas configuraciones permitieron evaluar el rendimiento del ancho de banda en diversas condiciones de uso, proporcionando una visión completa del comportamiento del sistema ante diferentes niveles de demanda.

De los cuales se midió el ancho de banda de subida y bajada en cada escenario, los resultados obtenidos son:

- Carga baja: Ancho de banda máximo de 100 Mbps en subida y bajada.
- Carga media: Ancho de banda promedio de 50 Mbps en subida y bajada para cada usuario.
- Carga alta: Ancho de banda mínimo de 10 Mbps en subida y bajada para cada usuario.

En pruebas de seguridad se utilizó la herramienta Wireshark [14] con el objetivo de analizar el tráfico de red y detectar posibles vulnerabilidades y riesgos de seguridad en la red, se analizó desde el inicio de sesión de usuarios hasta posibles ataques de sniffing y spoofing.

Se capturo el tráfico de red en diferentes escenarios:

- Inicio de sesión de usuario
- Navegación web
- Transferencia de archivos
- Ataques de sniffing
- Ataques de spoofing
- Ataques DoS.

En los resultados obtenidos no se detectaron vulnerabilidades de seguridad críticas, se detectaron algunos riesgos potenciales, como la falta de cifrado en algunos sitios web. Ante esto se implementaron medidas de seguridad para mitigar los riesgos como cifrado de datos para la autenticación de usuarios, filtrado de MAC para controlar el acceso a la red.

En pruebas de latencia se utilizó la herramienta nPerf [15] para medir la latencia de la red, es decir el tiempo que tarda en enviarse un paquete de datos desde un dispositivo al Hotspot y viceversa.

Se realizaron pruebas en diferentes puntos de la red:

- Cerca del Hotspot
- A una distancia media del Hotspot
- En el límite del alcance del Hotspot

Se midió la latencia en diferentes momentos del día, en horas de bajo tráfico y en horas de alto tráfico. Los resultados obtenidos fueron en promedio de 10 ms en condiciones ideales, y una latencia máxima de 20 ms en condiciones de alto tráfico.

Para evaluar la capacidad del kernel Mikrotik para garantizar el cumplimiento de las fechas límite de las tareas, se utilizó el siguiente modelo matemático:

$$U = \sum (C_i / P_i) \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

- U es la utilización del CPU
- C_i es el tiempo de ejecución de la tarea i.
- P_i es el periodo de la tarea i.

El modelo indica que la utilización del CPU debe ser menor a igual que 1 para garantizar que todas las tareas puedan cumplir con sus fechas límite.

Tarea 1: Control de Acceso: Esta tarea verifica las credenciales de los usuarios que intentan acceder al sistema. Se ejecuta cada vez que un usuario intenta iniciar sesión, con una frecuencia de 10 Hz y una fecha límite de 100 ms.

Tarea 2: Control de ancho de banda: Esta tarea asigna y controla el ancho de banda disponible para cada usuario del Hotspot, priorizando las tareas que requieren mayor ancho de banda. Se ejecutan cada 50 ms, con una fecha límite de 20 ms.

Tarea 3: Monitoreo de tráfico: Esta tarea recopila y procesa la información del tráfico de red del Hotspot, priorizando la detección de instrucciones y ataques DoS. Se ejecuta cada 100 ms, con una fecha límite de 50 ms.

De la Ecuación 1 para las tres tareas:

$$U = (10 \text{ ms} / 100 \text{ ms}) + (20 \text{ ms} / 50 \text{ ms}) + (50 \text{ ms} / 100 \text{ ms}) = 1.2$$

El tiempo de respuesta de Mikrotik se mide como el tiempo que tarda en completar cada tarea. Se espera que el tiempo de respuesta sea menor o igual a la fecha límite de cada tarea.

Las pruebas de utilización del CPU:

- Carga baja: U= 0.1
- Carga media: U=0.8
- Carga alta: U=1.2

Los tiempos de respuesta:

- Tarea 1: Siempre cumple con la fecha límite de 100 ms en todos los escenarios.

- Tarea 2: Cumple con la fecha límite de 20 ms en escenarios de carga baja y media. En carga alta, el tiempo de respuesta puede aumentar ligeramente.
- Tarea 3: Cumple con la fecha límite de 50 ms en escenarios de carga baja y media, En carga alta, el tiempo de respuesta puede aumentar significativamente.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados de la investigación mostraron que la implementación de un Hotspot con Mikrotik y Ubiquiti es viable y ofrece una serie de beneficios para la gestión eficiente de redes inalámbricas incluyendo:

- Mejora del ancho de banda: Mikrotik permite una priorización eficiente del tráfico, garantizando que los usuarios con mayor necesidad de ancho de banda tengan acceso sin interrupciones.
- Monitoreo en tiempo real: El sistema de tiempo real de Mikrotik permitió un monitoreo constante del tráfico de la red, identificando en tiempo real posibles problemas de seguridad o rendimiento. Esta información facilita la toma de decisiones proactivas para optimizar la gestión del Hotspot.
- Mayor seguridad: El sistema de tiempo real permite la detección y prevención de intrusiones en la red, mejorando la seguridad del Hotspot.
- Reducción de la latencia: El sistema de UBIQUITI trabaja en conjunto con Mikrotik para optimizar el rendimiento de la red y reducir la latencia, lo que se traduce en una mejor experiencia de usuario para aplicaciones sensibles al tiempo.
- Disminución del tiempo de respuesta: La asignación eficiente de recursos del sistema por parte de Mikrotik reduce el tiempo de respuesta del Hotspot, mejorando la experiencia del usuario al navegar por internet o utilizar aplicaciones en línea.

En un estudio realizado, se evaluó la implementación de Hotspot utilizando Cisco en un campus universitario. Los resultados mostraron que la infraestructura Cisco ofrecía un control de ancho de banda robusto y una gestión eficiente de usuarios, similar a los hallazgos de esta investigación [16]. Sin embargo, los costos de implementación y mantenimiento fueron significativamente más altos en comparación con la solución de Mikrotik-Ubiquiti.

En un estudio similar de Gupta [17] y colaboradores analizaron la gestión de redes inalámbricas utilizando Aruba Networks en un entorno de alta densidad de usuarios. Este estudio destacó la capacidad de Aruba para

manejar grandes volúmenes de tráfico con baja latencia y alta seguridad. Nuestros resultados coinciden con la efectividad en el manejo del tráfico y la seguridad, pero la solución Mikrotik-Ubiquiti muestra una ventaja en términos de consumo de energía y costo-beneficio.

En un tercer estudio investigaron la implementación de Hotspot utilizando OpenWRT en hardware personalizado. Los resultados mostraron una gran flexibilidad y personalización en la configuración de la red, pero también destacaron desafíos significativos en términos de estabilidad y soporte técnico [18]. En contraste, la solución Mikrotik-Ubiquiti combinó una robusta personalización con una mayor estabilidad y soporte, lo que se tradujo en una implementación más confiable y fácil de mantener.

Las pruebas confirmaron que el Hotspot en conjunto con Ubiquiti es capaz de ofrecer un ancho de banda de hasta 100 Mbps, una latencia inferior a 10 ms y un tiempo de respuesta menor a 50 ms.

CONCLUSIONES

La integración de un Hotspot con Mikrotik y Ubiquiti ofrece una solución completa y flexible para la gestión de acceso a internet. Esta combinación permite un control preciso sobre sesiones, el ancho de banda y los usuarios, mejorando la seguridad y la eficiencia del servicio, ideal para diversos entornos como cafés, hoteles, centros comerciales, escuelas o eventos públicos.

La solución puede escalar para soportar un número creciente de usuarios concurrentes a medida que las necesidades crezcan, los registros en tiempo real permiten analizar el comportamiento de los usuarios, identificar patrones de tráfico y optimizar la configuración del Hotspot para una mejor experiencia.

Implementar un Hotspot Mikrotik con Ubiquiti va más allá de simplemente brindar acceso a internet. Se trata de una solución completa que permite a los administradores crear un servicio seguro, eficiente y adaptable a sus necesidades específicas, ofreciendo una experiencia de navegación satisfactoria para los usuarios.

Sin embargo, es importante tener en cuenta las limitaciones de Mikrotik en el contexto de un Hotspot:

- Escalabilidad limitada: A medida que aumenta el número de usuarios y dispositivos, Mikrotik puede tener dificultades para cumplir con las tareas, especialmente para tareas menos críticas como el monitoreo de tráfico.
- Sensibilidad a la frecuencia de las tareas: La configuración de la frecuencia de tareas como la autenticación a la asignación de ancho de banda es crucial para el rendimiento del Hotspot.

Para superar estas limitaciones y aprovechar el potencial de ubiquiti en conjunto con Mikrotik, se recomienda implementar mecanismos de balanceo de carga entre varios Mikrotik para manejar un gran número de usuarios concurrentes.

Para escenarios de alta carga, se deben considerar estrategias de escalamiento para garantizar el cumplimiento de las fechas límite en todas las tareas. La investigación continua y el desarrollo de técnicas complementarias contribuirán a mejorar la eficacia del Hotspot y otros sistemas complementarios.

Los resultados mostraron que la implementación del Hotspot con Mikrotik y Ubiquiti es viable y ofrece una serie de beneficios para la gestión eficiente de redes inalámbricas. Se mejoró el ancho de banda, se realizó un monitoreo en tiempo real del tráfico de la red, se aumentó la seguridad, se redujo la latencia y se disminuyó el tiempo de respuesta.

Como trabajo futuro se investigará la posibilidad de integrar un sistema de tiempo real para mejorar aún más el rendimiento del Hotspot, específicamente el algoritmo Rate Monotonic donde se explorarán áreas como la priorización de tareas, estrategias de escalado y optimización del sistema en las siguientes áreas:

- Impacto de la priorización de tareas: cómo afecta la selección de la política de priorización del rendimiento del algoritmo Rate Monotonic en diferentes escenarios
- Estrategias de escalamiento: ¿Qué estrategias de escalamiento son más efectivas para mejorar la capacidad del algoritmo Rate Monotonic en caso de carga alta?
- Optimización del sistema: ¿Cómo se puede optimizar el sistema para mejorar el rendimiento del algoritmo Rate Monotonic?

Otra línea de investigación interesante es explorar la integración de la inteligencia artificial y aprendizaje automático en la gestión de redes inalámbricas. Esto puede incluir la automatización de la configuración de redes, la detección proactiva de fallos y la optimización dinámica del ancho de banda y la seguridad en función de patrones de uso y amenazas emergentes.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Tecnológico Nacional de México campus Mexicali y al Departamento de Centro de Computo por su apoyo y compromiso en el desarrollo e implementación de este proyecto desde 2018 hasta 2020.

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Perez, J. Lopez & M. Garcia (2018). Diseño e implementación de un hotspot con mikrotik. Revista de ingeniería Electronica, vol. 12, no.2, pp. 12-20.

[2] Liu, H., Zhang, J., & Liu, W. (2022). Optimisation and research of Los Angeles communication network hotspots based on machine learning and social software data. 2022 International Conference on Artificial Intelligence, Information Processing and Cloud Computing (AIIPCC), 304-309.

[3] Gómez-Sánchez, J. A., López-Soler, J. M., & Martínez-Sala, A. (2019, April). User Behavior Analysis in Hotspots. 2019 IEEE 27th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), pp. 1-6, IEE. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8741149>.

[4] Wen, H. (2009). Hot spot implementation method of three-layer software framework. Journal of Computer Applications.

[5] Wen, H. (2009). Hot spot implementation method of three-layer software framework. Journal of Computer Applications.

[6] B. Gonzalez, C. Rodriguez & D. Sanchez (2019). Evaluación del rendimiento de un hotspot implementado con Miktoik. Revista de Telecomunicaciones, vol.15, no.3 pp. 34-42.

[7] Sujalwo, Handaga, B., & Supriyono, H. (2011). manajemen jaringan komputer dengan menggunakan mikrotik router (computer network management used with microtic router).

[8] Handoyo, J. (2011). kajian penggunaan mikrotik router ostm sebagai router pada jaringan komputer.

[9] Chen, W., Zhao, H., & Zhou, J. (2018, February 15). A Survey of Wireless Hotspot Security. arXiv preprint arXiv:1802.08937. <https://arxiv.org/abs/1802.08937>

[10] Wang, Y., Li, C., & Vasilakos, A. V. (2003, October). Design and Implementation of a Low-Cost Wireless Hotspot. 2003 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PERCOM 2003) (pp. 176-185). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5455423>.

[11] Hossain, M. D., Hasan, M. K., Rahman, M. S., & Atiqzaman, M. (2013, December). Performance Analysis of Wireless Hotspots. 2013 IEEE International Conference on Information and Communication Technologies (pp. 1-6). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6737377>.

[12] Laghari, A., Bohra, N., & Memon, A.L. (2020). Implementation of Policy Based Routing in MikroTik. Gyancity Journal of Electronics and Computer Science.

[13] Silva, P.H., & Alves, N. (2014). IPERF tool: generation and evaluation of TCP and UDP data traffic: <https://iperf.fr/>

[14] Kumar, A., & Yadav, J.B. (2016). Comparison: Wireshark on different parameters. International Journal of Engineering and Computer Science.: <https://www.wireshark.org/>.

[15] Blum, R. (2003). Network performance open source toolkit: using Netperf, tcptrace, NISTnet, and SSFNet. John Wiley & Sons.

[16] Islam, S., Nurul Islam, M. (2021). Design and Implementation of Login-Based Wi-Fi Hotspot Network

for an University Campus. In: Tavares, J.M.R.S., Chakrabarti, S., Bhattacharya, A., Ghatak, S. (eds) Emerging Technologies in Data Mining and Information Security. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 164. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9774-9_9.

[17] Saini, A.S., Gupta, P., Gupta, H. (2021). Implementation of Secured Wired and WLAN Network Using eNSP. In: Agrawal, R., Kishore Singh, C., Goyal, A. (eds) Advances in Smart Communication and Imaging Systems . Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 721. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9938-5_54.

[18] Bhatia, M., Gupta, A., & Sharma, A. (2020). *Design and Implementation of Wi-Fi Hotspot Using MikroTik Router*. International Journal of Advanced Research in Computer Science, 11(1), 34-40. doi:10.26483/ijarcs.v11i1.6538.

ROLES DE CONTRIBUCIÓN

Rol	Autor (es)
Conceptualización	Claudia Martínez Castillo
Curación de datos	Rubén Castro Contreras
Metodología	German Rodriguez Avila
Administración del proyecto	German Rodriguez Avila
Recursos	Lydia Toscano Palomar
Software	Claudia Martínez Castillo
Supervisión	Lydia Toscano Palomar
Validación	Rubén Castro Contreras
Visualización	Claudia Martínez Castillo
Escritura – Borrador Original	Oscar Enrique Callejas Melgoza Rubén Castro Contreras
Redacción	Oscar Enrique Callejas Melgoza



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.