

Multiconectividad en la ESIME Zacatenco empleando 5G y el estandar 802.11

A. R. Barocio Azpeitia, H. Oviedo Galdeano, J. A. López Toledo.

Maestría en Ciencias en Ingeniería de Telecomunicaciones
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica unidad Zacatenco
abarocioa1400@alumno.ipn.mx

Resumen— Este artículo de investigación se presenta la implementación de multiconectividad entre el estándar 802.11 (Wi-Fi) y 5G en una red CAN dentro de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, unidad Zacatenco. El objetivo de la implementación es incrementar la capacidad de red y garantizar conectividad en momentos de congestión, para ello los parámetros que se consideran son: ancho de banda, tasa de transferencia, y disponibilidad de canales. Se propone un algoritmo basado en funciones de utilidad para determinar el momento óptimo en que el usuario debe cambiar de red o se detecta cuando es un candidato a posible cambio, así mismo se hace uso de la distribución de probabilidad beta para modelar la congestión. Todo el análisis se lleva a cabo mediante simulaciones en MATLAB.

Palabras Clave — CAN, Función de utilidad, multiconectividad, Wi-Fi, 5G.

Abstract- This research article presents the implementation of multi-connectivity between Wi-Fi and 5G in a CAN network within the Higher School of Mechanical and Electrical Engineering, Zacatenco unit. The objective of the implementation is to increase the network capacity and guarantee connectivity in times of congestion, for this the parameters that are considered are: bandwidth, transfer rate, and channel availability. An algorithm based on utility functions is proposed to determine the optimal moment in which the user should change networks or detect when he or she is a candidate for a possible change, likewise, the beta probability distribution is used to model the congestion. All the analysis is carried out through simulations in MATLAB.

Key words – CAN, Utility Functions, multi-connectivity, Wi-Fi, 5G.

I. INTRODUCCIÓN

Conforme la tecnología se desarrolla con el paso del tiempo, trae como consecuencia el surgimiento de nuevos servicios y aplicaciones de telecomunicaciones, por ejemplo: la realidad virtual, comunicaciones entre vehículo a vehículo, aplicaciones de internet de cualquier cosa (IoE), ciudades gemelas, entre otras[1][2], además la proliferación de dispositivos conectados aumenta de un tanto lineal como es el caso de las redes móviles que se esperan que sean aproximadamente 17 billones de usuarios conectados y cada uno de ellos consumiendo alrededor

de 250 GB por mes, esto para 2030 [3][4]. Con el contexto antes mencionado se requiere alcanzar requisitos y gestionar recursos en las redes como son: el ancho de banda, la disponibilidad de canales, menores latencias, mayores tasas de transferencias, entre otros. [5][6]

En el caso particular de las redes tipo CAN (Campus Area Network), se observa una necesidad análoga de cumplir con estos requerimientos y lo que se espera en un futuro cercano, donde la gestión eficaz del tráfico y la conectividad de un gran número de usuarios son cruciales. En entornos de campus, ya sean académicos, corporativos, o de investigación, la densidad de dispositivos interconectados y la demanda por servicios en tiempo real impulsan la adopción de soluciones avanzadas de red, como la multiconectividad. Mediante este enfoque, un equipo de usuario (UE) puede mantener comunicaciones simultáneas con distintos nodos de red o acceder a través de múltiples tecnologías de acceso por radio (RAT), como 5G, Li-Fi, Wi-Fi u otra tecnología. Esto permite mejorar la distribución del tráfico, hacer un uso más eficiente del espectro radioeléctrico, así como una conectividad continua y estable, aspectos esenciales para la infraestructura de red en un campus. [7][8]

A continuación, se describen ventajas y desventajas al utilizar la multiconectividad como solución a deficiencias en redes existentes.

Tabla 1.- Ventajas y desventajas de la multiconectividad.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Tasa de datos: Se incrementa debido a las múltiples trayectorias.• Confiabilidad: Mecanismos de conmutación, direccionamiento y reenvío para garantizar la entrega de la información.• Ahorro en costos: No se requiere adquirir nuevos hardware y cumple con ser escalable.• Robustez en movilidad: Mejora el tiempo de conexión sin pasar por el núcleo de red.• Segregar servicio: Divide los requerimientos, por ejemplo: mayor tasa de transferencia en un nodo y en otro mayor capacidad.	<ul style="list-style-type: none">• Tasa de datos: Si alguna ruta no está disponible la tasa de transferencia disminuye.• Confiabilidad: Necesita gestión de recursos de radio.• Ahorro en costos: Aumenta el tráfico, se necesita, se necesita actualizar el software.• Robustez en movilidad: Necesita adaptarse rápidamente a las condiciones dinámicas del enlace de radio.• Segregar servicio: Implementación de nuevas capacidades para dividir y agregar tráfico del usuario.

La tecnología 5G es particularmente relevante en este trabajo, ya que ofrece capacidades avanzadas que abordan directamente los desafíos de las redes CAN como son el uso de

En este servicio se incrementa o disminuye la tasa de transferencia dependiendo de la necesidad como puede verse en la recepción de video. La función que la describe es:

$$FU_{vbr} = \frac{1}{1 + e^{-w(T_{vbr} - T_{vbr})}} \quad (3)$$

donde:

FU_{ds} = Funcion de utilidad de tasa de bit variable
 T_{ds} = Tasa de descarga de bit variable
 U_{ds} = Umbral de la tasa de bit variable
 w = Constante para la orientación de la función

Para simular la congestión de los canales y ancho de banda se utilizó la función de densidad de probabilidad beta, la cual es:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{B(a, b)} x^{a-1} (1-x)^{b-1} & \text{si } 0 \leq x \leq 1 \\ 0 & \text{En otro caso} \end{cases} \quad (4)$$

donde:

$$B(a, b) = \int_0^1 x^{a-1} (1-x)^{b-1} dx; \quad a > 0, b > 0 \quad (5)$$

$B(a, b)$ = Es la distribución beta

x = variable aleatoria

a = primer parametro de forma

b = segundo parametro de forma

El diagrama de flujo general que se propone para implementar la multiconectividad es el mostrado en la figura 2. Comienza con el arribo de un nuevo usuario (UE) identificando su cobertura, si se encuentra dentro de las dos coberturas se procede a preguntar acerca de la intensidad de señal recibida en 5G, si no tiene problemas se coloca el UE como "candidato 5G" (UE color azul), si los tiene no es candidato.

Posteriormente se pregunta si hay congestión en el número de canales en el AP, si no tiene problemas continua con la pregunta si existe congestión en el ancho de banda, en caso de que tenga problemas sea en los canales o ancho de banda se pregunta si existen candidatos 5G, si es el caso se trasfiere un usuario a 5G y se libera el canal y ancho de banda.

Por el contrario si no hay candidatos se pregunta si se puede atender directamente por 5G, por lo que puede conectarse o no dependiendo de la capacidad de esta. Finalmente si el usuario no tiene problemas con los anteriores parámetros mencionados se conecta directamente a la red Wi-Fi y llega otro usuario con necesidades diferentes, haciendo de esta simulación aleatoria.

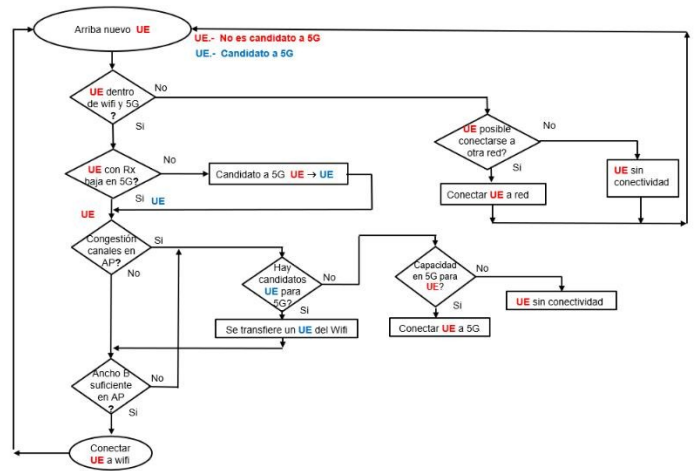


Figura 2.- Diagrama de flujo para implementar la multiconectividad en la red CAN de ESIME unidad Zacatenco utilizando Wifi y 5G.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la simulación de Matlab se obtienen iteraciones de diferentes eventos estocásticos, es decir, cambian el número de usuarios y su tipo de tráfico que requieren, donde se muestra principalmente la congestión en la cantidad de canales disponibles de los Access Points y ancho de banda que requieren en conjunto. En la figura 3 se observa una iteración donde el AP numero dos es el más saturado con 171 usuarios y requiere brindar 2439 Mbps, esto en comparación con el AP 1 y 3.

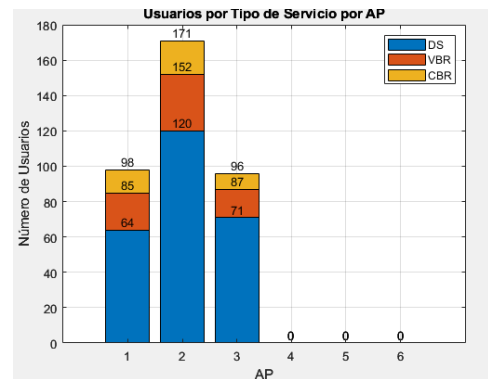


Figura 3.- Usuarios por su tipo de trafico o servicio en cada AP

Implementando una estación base 5G en la simulación se obtiene que 147 usuarios logran ser atendidos, así como el ancho de banda en conjunto de 2144Mbps. (Figura 4)

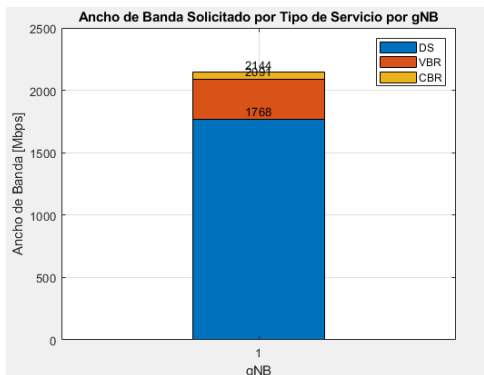


Figura 4.- Ancho de Banda solicitado en la estación base de 5G por usuarios fuera del alcance de la cobertura Wi-Fi

Finalmente, en la figura 5 se observan las conexiones pertinentes a cada red sea está a 5G (conexiones de color verde) o Wi-Fi (conexiones de colores), donde se aprecia que se atienden a los usuarios dentro del salón de clases.

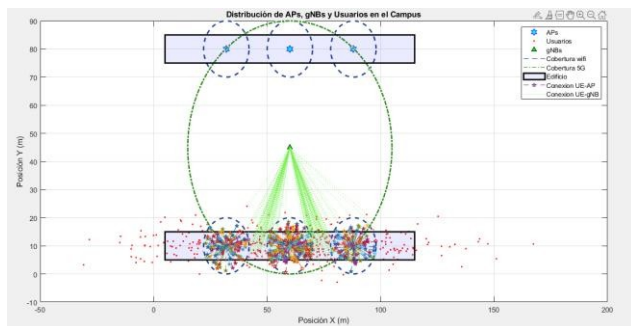


Figura 5.- Representación grafica de la programación del entorno universitario mediante la cobertura Wi-Fi y 5G

IV. CONCLUSIONES

Los requerimientos y la gestión de recursos en las redes de telecomunicaciones evolucionan con el desarrollo de nuevas aplicaciones y tecnologías. En este trabajo, se buscó optimizar la disponibilidad de conectividad al aumentar el número de canales, ampliar el ancho de banda y mitigar la congestión de la red primaria. Para ello, se implementó la técnica de multiconectividad utilizando Wi-Fi y 5G.

La simulación muestra un evento estocástico en el que, durante una iteración aleatoria, se conectan 147 usuarios con una demanda conjunta de 2144 Mbps, situación en la que la red Wi-Fi resulta insuficiente debido a limitaciones de cobertura y congestión.

Además, se ha modelado la congestión de red en función del número de canales disponibles. Como se observa en la Figura 3, el Access Point 2 registró la mayor carga, con 171 usuarios y un consumo de aproximadamente 2439 Mbps, superando a los APs 1 y 3. El siguiente paso consiste en analizar los registros de usuarios que utilizaron ambas redes y realizar un mayor número de iteraciones para evaluar los distintos escenarios estocásticos que pueden presentarse a lo largo del día.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Conahcyt por el apoyo brindado, y al programa BEIFI en el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS

- [1] D. Chandramouli, P. Andres-Maldonado and T. Kolding, "Evolution of Timing Services From 5G-A Toward 6G," in IEEE Access, vol. 11, pp. 35150-35157, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3265213. Ericsson, (2023) "Ericsson Mobility Report", Recuperado de: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility->
- [2] Annu and P. Rajalakshmi, "Towards 6G V2X Sidelink: Survey of Resource Allocation—Mathematical Formulations, Challenges, and Proposed Solutions," in IEEE Open Journal of Vehicular Technology, vol. 5, pp. 344-383, 2024, doi: 10.1109/OJVT.2024.3368240.
- [3] W. Jiang, B. Han, M. A. Habibi and H. D. Schotten, "The Road Towards 6G: A Comprehensive Survey," in IEEE Open Journal of the Communications Society, vol. 2, pp. 334-366, 2021, doi: 10.1109/OJCOMS.2021.3057679.
- [4] Ericsson, (2023) "Ericsson Mobility Report", Recuperado de: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility->
- [5] S. K. A. Yaklaf, K. S. Tarmissi and N. A. A. Shashoa, "6G Mobile Communications Systems: Requirements, Specifications, Challenges, Applications, and Technologies," 2021 IEEE 1st International Maghreb Meeting of the Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering MI-STA, Tripoli, Libya, 2021, pp. 679-683, doi: 10.1109/MI-STA52233.2021.9464470..
- [6] Instituto Federal de Telecomunicaciones, (2020) Acuerdo mediante el cual el pleno Instituto Federal de Telecomunicaciones emite los lineamientos que fijan los índices y parámetros de calidad a que deberán sujetarse los prestadores del servicio fijo. Diario Oficial.
- [7] T. Cogalan et al., "5G-CLARITY: 5G-Advanced Private Networks Integrating 5G NR, WiFi, and LiFi," in IEEE Communications Magazine, vol. 60, no. 2, pp. 73-79, February 2022, doi: 10.1109/MCOM.001.2100615.
- [8] P. Mishra, S. Kar, V. Bollapragada and K. -C. Wang, "Multi-Connectivity using NR-DC for High Throughput and Ultra-reliable Low Latency Communication in 5G Networks," 2021 IEEE 4th 5G World Forum (5GWF), Montreal, QC, Canada, 2021, pp. 36-40, doi: 10.1109/5GWF52925.2021.00014.
- [9] R. D. Mardian, M. Suryanegara and K. Ramli, "Measuring Quality of Service (QoS) and Quality of Experience (QoE) on 5G Technology: A Review," 2019 IEEE International Conference on Innovative Research and Development (ICIRD), Jakarta, Indonesia, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICIRD47319.2019.9074681
- [10] W. Chen et al., "5G-Advanced Toward 6G: Past, Present, and Future," in IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 41, no. 6, pp. 1592-1619, June 2023, doi: 10.1109/JSAC.2023.3274037.
- [11] A. Osseiran, J. Monserrat, P. Marsch, 5G Mobile and Wireless Communications Technology, Cambridge University Press, ISBN 978-1-107-13009-8 Hardback
- [12] N. Gunantara, K. Sudiarta, I. Prasetya, A. Dharma, I. Antara, (2018) "Measurements of the received Signal Level and Service Coverage Area at the IEEE 802.11 Access Point in the Building" doi :10.1088/1742-6596/989/1/012014
- [13] R. Rudd, S. Kirtay, (2021), "Coverage thresholds for 5G services", Plum, plumconsulting.co.uk
- [14] X. Ba, L. Jin, Z. Li, C. Liu and S. Li, "Performance Evaluation of Multi-Access Based on ATSSS Rules," 2022 International Conference on Culture-Oriented Science and Technology (CoST), Lanzhou, China, 2022, pp. 390-394, doi: 10.1109/CoST57098.2022.00086.