

Medición y Análisis de Densidad de Potencia Radiada Wi-Fi en centro comercial “Mall Marina Arauco”

Enzo Rivera Benois – Giovanni Rodríguez González

Resumen—Debido a la creciente preocupación de la sociedad por los niveles de radiación electromagnética (REM) y sus efectos en salud, se registra la contribución de la tecnología Wi-Fi en el patio de comida de un centro comercial, utilizando analizadores de espectro de bajo costo. En la banda de 2,4 [GHz] se registra el valor máximo de REM de $1,59E-03$ [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$] mientras que el valor total medido, considerando ambas bandas (2,4 y 5 [GHz]), es de $3,90E-03$ [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$]. Este último corresponde a un 0,390% del límite máximo de REM que establece la norma chilena en espacios públicos.

Palabras-Clave—Wi-Fi, Radiación Electromagnética.

Abstract—Due to the society’s increasing concern about the electromagnetic radiation (EMR) levels and its effects on health, the contribution of Wi-Fi technology using low cost spectrum analyzers is recorded at the food court of a shopping center. The 2.4 [GHz] band contributes with a peak value of $1.59E-03$ [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$] to the total value of $3.90E-03$ [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$], considering both bands (2.4 and 5 [GHz]). The latter is 0.39% of the EMR limit established for public spaces by the Chilean law.

Keywords—Wi-Fi, Electromagnetic Radiation.

I. INTRODUCCIÓN

La creciente demanda por el acceso a Internet ha creado la necesidad de desplegar redes inalámbricas en distintos lugares, que faciliten la conectividad entre y para sus usuarios, como: industrias, oficinas, hogares, centros comerciales, centros de asistencia médica, centros educacionales, etc. El uso de la tecnología 4G se ha traducido en un gran aumento de usuarios que han adquirido teléfonos inteligentes en Chile recientemente. Sin embargo, el elevado costo de los planes de datos ha hecho que los usuarios usen Wi-Fi para conectarse a Internet en espacios públicos. Cabe preguntarse, entonces, cuan expuestos a la REM; potencialmente dañina para la salud de las personas, producto de Wi-Fi, estarían ellas en dichos lugares. Es por esto que es conveniente realizar un monitoreo de la REM en espacios públicos, usando un procedimiento de medición que permita desplegar información de los resultados obtenidos de las mediciones, en distintos lugares y horarios.

En [1], con el fin de proporcionar al usuario la mejor conexión Wi-Fi posible en espacios públicos, se utiliza un Tablet Google Nexus 7 con dos aplicaciones para Android: “Wi-Fi Analyzer”, que permite seleccionar el canal con menor congestión; escaneando puntos de acceso cercanos y mostrando lugares con la mejor señal y menor tráfico. Y “Speedtest.net”, permite medir la velocidad de subida y bajada de una red. En la publicación [2], en cambio, utiliza un medidor de radiación selectiva Narda SRM3006 y 2 antenas triaxiales para medir

campo eléctrico: Narda 3501/03 para la banda 2,4 [GHz] y Narda 3502/01 para la banda 5 [GHz]. Ambas publicaciones son relativas al tema, pero en [1] se realiza un monitoreo con el fin de que el usuario de un Tablet pueda obtener la mejor conexión posible en un espacio público. Es decir, no está orientada a monitorear la REM en espacios públicos con fines de establecer si están en riesgo la salud de las personas. En cambio, en [2] se realiza un monitoreo con estos fines, pero con equipamiento de elevado costo, como ocurre con otras publicaciones afines.

Se descubre, entonces, la oportunidad de realizar un sistema de monitoreo de REM de forma más permanente en espacios públicos, con equipamiento de menor costo, que permita establecer la contribución específica de conexiones Wi-Fi.

II. DENSIDAD DE POTENCIA DE WI-FI EN ESPACIOS PÚBLICOS

La Figura 1 presenta una sección de la planta del tercer piso del centro comercial “Mall Marina Arauco”, de la ciudad de Viña del Mar, Chile, donde se realizan las mediciones de REM presentadas en este trabajo.



Fig. 1. Sección del 3er piso del centro comercial "Mall Marina Arauco".

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) ha definido su estándar 802.11 para implementar y administrar redes de telecomunicaciones IEEE 802.11a, b, g, n y ac, [3]. En la Figura 1 se puede observar el lugar de interés para la medición: Patio de Comidas – provista de servicio Wi-Fi gratuito (utilizando el estándar IEEE 802.11 g) – y el punto de medición donde se instala el sistema de monitoreo de bajo costo. Se elige el punto de medición señalado, por contar con conectividad a la red eléctrica y para no cortar el flujo de circulación de las personas. Para efectuar las mediciones, fueron utilizados los analizadores de espectro (AE) RF Explorer 3G Combo y 6G Combo para las bandas Wi-Fi 2,4 y

5 [GHz], respectivamente, ubicados a 1,5 metros por sobre el nivel del suelo. Ambos equipos juntos cuestan no más de \$700 USD, HW y SW de aplicación incluidos; representa aproximadamente, en promedio, un 6% del valor de los instrumentos usualmente utilizados con este propósito. Como es de esperar, instrumentos de menor costo no tienen respuestas certificables, por lo que los instrumentos de medición han pasado por un proceso de validación con respecto al AE Anritsu MS2711, por lo que sus valores han sido corregidos. Sin embargo, los valores reportados podrían presentar ciertas variaciones alrededor de 3 [dB]. La Figura 2 muestra el sistema de monitoreo utilizado para realizar las mediciones en el punto de medición.



Fig. 2. Sistema de monitoreo ubicado en el Punto de Medición.

La Tabla I resume numéricamente los resultados de las mediciones que se realizaron por periodos de 30 minutos, separadas en 5 ventanas contiguas de 6 minutos – cada una de ellas de entre 700 y 860 muestras – obteniendo el promedio de las muestras en ellas [4] y, además, la suma de éstas para saber la contribución a la densidad de potencia (DP) electromagnética total medida. Finalmente, las mediciones fueron hechas incluyendo el horario en que el sector presenta el mayor flujo de personas, siendo la duración de éstas cercana a 4 horas (12:30 – 16:40 horas).

TABELA I. RESULTADOS DE CADA BANDA, POR BANDA DE FRECUENCIA [GHz], EN DENSIDAD DE POTENCIA PROMEDIO MÁXIMAS [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$]

f [GHz] / DP [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$]	Ventana 1	Ventana 2	Ventana 3	Ventana 4	Ventana 5
2,437	1,42E-03	1,59E-03	1,27E-03	1,28E-03	1,21E-03
5,200	4,07E-05	4,07E-05	4,11E-05	4,06E-05	4,21E-05
5,300	5,66E-05	5,67E-05	5,69E-05	5,71E-05	5,69E-05
5,775	2,22E-03	2,22E-03	2,22E-03	2,21E-03	2,22E-03
Total	3,74E-03	3,90E-03	3,59E-03	3,59E-03	3,52E-03

Se vislumbran los resultados de cada banda por su frecuencia central: La banda 2,4 [GHz] tiene una extensión de 72 [MHz] y la banda 5 [GHz], separadas en las tres bandas no licenciadas, tienen cada una de ellas una cobertura de 100 [MHz]. Por un lado, se observa que en la primera banda se alcanza el máximo valor en la ventana 2 con 1,59E-03 [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$]. También, en cada una de las bandas de los 5 [GHz] no se registra mayor actividad, como es de esperar, dado que los APs ofrecen servicio IEEE 802.11g. Por último, es importante notar que ninguno de los registros supera el límite que rige la norma chilena [4], siendo el máximo total registrado, en la ventana 2, 3,90E-03 [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$], cercano al

Enzo Rivera Benois, Giovanni Rodríguez González, alumnos memoristas del Departamento de Electrónica, Casa Central, Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), Valparaíso, Chile, E-mail: enzo.rivera@alumnos.usm.cl, giovanni.rodriguez@alumnos.usm.cl. Bajo la supervisión de Ricardo Olivares Véliz.

0,4% del límite permitido.

III. ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

En relación a los resultados de [1], estos son con respecto a la banda 2,4 [GHz] y, si bien no se expresan en DP, si lo hacen en potencia, marcando -30 [dBm] en el peor caso (30 [cm] del router) y -68 [dBm] en el mejor caso (12 [m] del router y con una muralla entre éste y el dispositivo que mide). Estos resultados están dentro de lo esperado, pero la metodología utilizada es vagamente mencionada, se desconocen las características del escenario y también las del enlace, por lo que sus valores son referenciales. Por otra parte, en las mediciones de [2], se detectan resultados de 2,73E-02 y 6,4E-01 [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$], en la banda de 2,4 [GHz] y en la banda que va desde los 2,4 [GHz] hasta la banda de los 5 [GHz], respectivamente. Estos valores son altos debido a la condición de peor caso con la que fue configurado el enlace y el escenario confinado en el que fue realizado. Es preciso acotar que la metodología utilizada es similar a la de este artículo.

IV. CONCLUSIONES

Debido a la inexistencia de sistemas de monitoreo de redes inalámbricas, es que el trabajo actual presenta un avance en este ámbito. Gracias al uso de un equipo de monitoreo portátil y de bajo costo, se ha llevado a cabo de forma remota mediciones en el Patio de Comidas del centro comercial “Mall Marina Arauco”. Los resultados visualizan el comportamiento de la DP promedio Wi-Fi de forma discriminada en sus distintas bandas de frecuencia y su contribución a la DP electromagnética total; todas por debajo del límite estipulado por la ley [4]. Además, en base a los resultados y condiciones, es posible saber con cierto grado de precisión qué estándar/es utiliza la red gratuita que provee el lugar. Finalmente, al no ser un ambiente controlado, hay diferencias sustanciales con [1] y [2], principalmente por enfoque que busca este trabajo. Por una parte, puede haber terminales móviles que utilicen otros tipos de protocolos de comunicación, como Bluetooth [1], que afectan las mediciones por su uso en la misma banda. Por otra parte, se determina que las mediciones tanto en ambiente controlado como no controlado están dentro de los límites de la normativa nacional, incluso muy por debajo de ellos [2], lo que permite aclarar que los niveles de radiación son despreciables.

AGRADECIMIENTOS

A la autoridad que permitió que se efectuaran mediciones en el centro comercial “Mall Marina Arauco” y al proyecto de investigación DGIP-UTFSM N° 116.23.4 ADePoEMa: “Análisis de la Densidad de Potencia Electromagnética radiada por los sistemas móviles y desarrollo de sistemas de monitoreo remoto de bajo costo”, por su apoyo académico y económico.

REFERENCIAS

- [1] I. Soldo, K. Malaric, *Wi-Fi Parameter Measurements and Analysis*. (2013)
- [2] Industry Canada, *Case Study: Measurements of Radio Frequency Exposure from Wi-Fi Devices*. (2012)
- [3] IEEE Std 802.11™-2016. Part 11: *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*.
- [4] Resolución 3103 Exenta: *Norma técnica sobre requisitos de seguridad aplicables a las instalaciones y equipos que indica, de servicios de telecomunicaciones que generan ondas electromagnéticas*. (2012)