

Localización de señales inalámbricas y su impacto en los datos radar del RMA-1

Ing. Giovanardi, Gabriel Walter Ezequiel

Depto. de Electrónica y Telecomunicaciones
Facultad de Ingeniería – Instituto Universitario Aeronáutico
Córdoba, Argentina
ggiovanardi@iua.edu.ar

Ing. Busnardo, Marcela Beatriz

mbusnardo@iua.edu.ar
Mg. Ing. Sonna, Pablo Andrés
psonna@iua.edu.ar
Depto. de Electrónica y Telecomunicaciones
Facultad de Ingeniería – Instituto Universitario Aeronáutico
Córdoba, Argentina

Resumen—Las antenas de redes inalámbricas que trabajan en la banda de frecuencia de 5.4 Ghz, banda C, pueden interferir en las señales de un radar meteorológico, que trabajan en la misma frecuencia, y dar ecos no deseados en los productos radar, si no son filtrados de forma oportuna.

Dichas antenas y sus frecuencias de trabajo son legales pero su impacto en algunos radares son significativos.

Esta problemática ha sido resuelta con filtros oportunos, pero la proliferación de antenas y redes inalámbricas de 5.4 Ghz o frecuencias similares se ha incrementado. Los radares situados en poblaciones muy cercanas con este tipo de redes se ven perjudicados, si no se toman las medidas necesarias.

El objetivo de este trabajo es la identificación de las señales inalámbricas en la banda de frecuencias de 5600 a 5650 Mhz y su estudio interferente en el radar meteorológico RMA-1 ubicado en predios de la Universidad Nacional de Córdoba.

Palabras claves—señales; interferencias; radar meteorológico; sensor; tráfico 802.11; transmisor, receptor; potencia.

I. INTRODUCCIÓN

En el marco del apoyo del desarrollo científico-tecnológico nacional, el ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios asigna a la subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación la coordinación y supervisión de este ambicioso proyecto, íntegramente desarrollado en Argentina que involucra a diversas instituciones nacionales y provinciales. De esta forma, el desarrollo, la fabricación y puesta en funcionamiento del SINARAME, operado por el Servicio Meteorológico Nacional, es encomendado a INVAP, con el objetivo de desplegar una red nacional de radares meteorológicos con un sistema de centralización de la información en tiempo real. La primera etapa del Proyecto SINARAME consistió en el desarrollo y la fabricación del prototipo del primer Radar Meteorológico Argentino (RMA) de última generación, RMA-0 y del primer radar operativo de serie, RMA-1. Asimismo, se realizó, el diseño, la implementación y la instalación de un centro de operaciones (COP) con capacidad de recepción y procesamiento en tiempo real de datos de la actual y futura red nacional de radares

meteorológicos. Esta primera etapa del proyecto concluye a fines del año 2014 con la instalación del RMA-1 en predios de la Universidad Nacional de Córdoba.

Los radares meteorológicos cumplen un papel fundamental en el control del tráfico aéreo, en que los controladores evalúan constantemente la posibilidad de que haya tormentas, heladas y demás. Para dirigir los aviones con la máxima seguridad, estas imágenes de radar meteorológico deben ser tan claras y precisas como sea posible.

Las variables medioambientales deben ser monitoreadas en forma permanente, tanto para el normal desarrollo de las actividades cotidianas como para la planificación a largo plazo. Este planteamiento involucra la identificación, análisis, monitoreo, pronóstico y evaluación de los fenómenos hidrometeorológicos y de los procesos físicos que estos involucran, considerando también el análisis de los riesgos que pueden ocasionar los eventos severos.

El radar meteorológico y sus sistemas asociados son las herramientas adecuadas para cumplir con estos objetivos, potenciando la utilidad de los datos, relacionando su utilización y optimizando costos.

Cuando un sistema radar es emplazado en zonas pobladas donde la proliferación de señales inalámbricas y el uso del espectro en la banda C es sumamente aprovechado para la instalación de Access points (AP) con diversos servicios, las lecturas de los datos radar pueden ser inexactas y poco confiables debido a las interferencias que pueden producirse por el funcionamiento de los dispositivos Wireless.

La interferencia es un efecto de una energía no deseada debido a una o varias emisiones, radiaciones o inducciones sobre la recepción de un sistema de radiofrecuencia que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información.

La reglamentación y el control de la interferencia son indispensables para el funcionamiento seguro y eficiente de los servicios de radiofrecuencia.

Cabe destacar que la interferencia se define del modo en que el funcionamiento del sistema interferido queda afectado.

Así pues toda degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información, que no pudiera ocurrir en ausencia de ella, constituye interferencia.

Existen interferencias que suponen un riesgo para el funcionamiento de algún servicio que usa el espectro radioeléctrico. En la práctica significa que se degrada u obstruya gravemente o interrumpa de forma repetida un servicio de radiofrecuencia que funcione de conformidad con la reglamentación comunitaria o nacional aplicable. Éstas se denominan interferencias perjudiciales [2].

La interferencia perjudicial a un servicio de seguridad exige la más urgente atención en todo momento y está reconocido así por todas las administraciones de la ITU. Los servicios de seguridad comprenden no solo los servicios aeronáuticos, sino también los marítimos y los servicios móviles terrestres cuando los mensajes tratan de la seguridad de la vida.

II. DESARROLLO

A. Mediciones en el laboratorio de RF del Instituto Universitario Aeronáutico (IUA)

Lo que se pretende con esta práctica de laboratorio es medir niveles de señal de RF en un ambiente predeterminado. Para este caso, el escenario de medición será indoor perteneciente a la Facultad de Ingeniería del IUA. El objetivo esencial de este experimento es medir y comparar valores de potencia de señal en varios canales de la banda de 5 GHz cuando se transmiten datos en un enlace punto a punto y visualizar en un analizador de redes Wireless el tráfico 802.11 y las señales interferentes si es que existen.

Para el armado de los Setups se necesitarán los siguientes equipos: Analizador de redes Wireless (AirCheck™ Comprobador WiFi), Radioenlace Ubiquiti air™Grid M5, Analizador de espectro (Anritsu™ Spectrum Analyzer) y Antena tipo bocina de 18 dBi de ganancia para la banda de frecuencia de 5 GHz (ver Fig. 1 y 3).

Con respecto a la calibración de los instrumentos, para estos ensayos, las mediciones se realizarán utilizando equipos que disponen de la calibración de fábrica.



Fig. 1. Primer setup de configuración.

Para este ensayo se procedió a configurar el Transmisor como Nodo y el modo inalámbrico como punto de acceso [6] [7]. La frecuencia de trabajo es 5660 Mhz (canal 132) cercana a la frecuencia de operación del radar RMA-1, potencia de transmisión de 17 dBm (50.1 miliwatts) y ancho de banda de

40 Mhz. Luego se configura el Receptor como Estación, es decir, el que va a recibir el servicio del TX. Para poder gestionar la red del enlace se utilizó la dirección IP 192.168.1.151 y máscara de subred 255.255.255.0. Finalizada la configuración y las computadoras en red simulando una pequeña LAN como grupo de trabajo con el sistema operativo Windows, se procede a transferir un archivo de tamaño considerable (4.44 Gb) a máxima potencia en el transmisor y ganancias de antenas consideradas en ambos nodos.

Una vez que se establece la transmisión se observó que en el WiFi tester los canales presentan actividad de tráfico 802.11 en las bandas cercanas al funcionamiento Radar, es decir, usando el canal 132, los adyacentes desde el 112 al 157 (5560 a 5785 Mhz) presentaban tráfico 802.11 y un ruido o interferencia adicional de manera intermitente a capacidad máxima análoga a una transmisión TDMA estándar [1], pero en lugar de ocupar slots de tiempo distintos en un solo canal, se divide la potencia en varios canales como se muestra en la Fig. 2.



Fig. 2. Actividad de los canales al momento de la transmisión.

Para comprobar el correcto funcionamiento del radioenlace se procedió a reemplazar el WiFi tester por un Analizador de Espectro conectado a una antena bocina para barrer en frecuencia en plena transmisión de archivo.

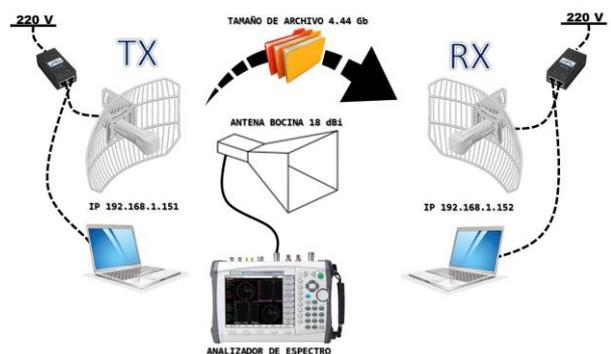


Fig. 3. Segundo setup de configuración.

Los parámetros que se configuraron en el Analizador de Espectro son los siguientes:

- Frecuencia central 5670 Mhz.
- Frecuencia de inicio y final: 5650 a 5690 Mhz.
- Span: 40 Mhz.

A continuación se muestra que el access point está funcionando correctamente, ocupando solamente un ancho de banda de 40 Mhz para transmitir el archivo de un nodo a otro.

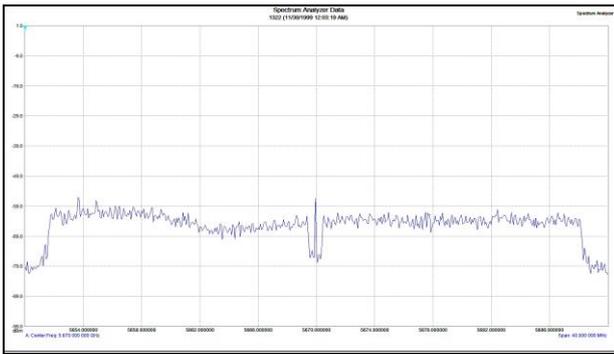


Fig. 4. Representación de la transmisión del radioenlace.

Debido a que el AP funciona perfectamente, se puede utilizar la característica del WiFi tester mostrada en la Fig. 2 para realizar una campaña de medición en sitios cercanos a al Radar, ya que se sabe previamente que existen estos tipos de radioenlaces, utilizándola como una forma de detectar señales inalámbricas que pueden interferir al sensor meteorológico.

B. Mediciones en un punto cercano al sitio Radar (Edificio SECyT de la UNC)

Con esta práctica se pretende interferir de manera intencional los canales cercanos a la frecuencia de trabajo Radar (5625 Mhz) como se mencionó anteriormente, para verificar si estas señales generan productos de intermodulación, espurias o si algunas de estas armónicas pueden actuar en la banda de recepción del radar.

El siguiente paso es seleccionar un punto próximo al sitio Radar, para este caso se eligió el techo del edificio SECyT, ya que se tienen en cuenta que en ese lugar opera el depto. SINARAME, donde se controla remotamente el radar y se puede visualizar en la pantalla la consola del mismo para observar el impacto de las señales interferentes.



Fig. 5. Vista de los equipos en funcionamiento.

En la imagen anterior se muestra el despliegue tecnológico en el punto seleccionado para comenzar con las mediciones. El enlace está configurado para trabajar con una potencia de transmisión de 17 dBm y 25 dBm en el receptor, la distancia es de 3 metros aprox. con un ancho de banda de 20 Mhz a una frecuencia de trabajo de 5660 Mhz. Se conectaron dos notebooks para gestionar los parámetros de configuración, tal cual como se realizó en el laboratorio del IUA. Cabe destacar

que para estas mediciones, el transmisor del Radar está encendido y la antena parabólica se encuentra en movimiento.

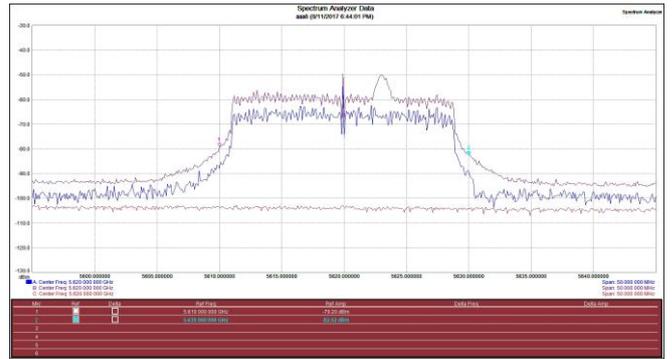


Fig. 6. Transmisión en el canal 124 con BW 20 Mhz.

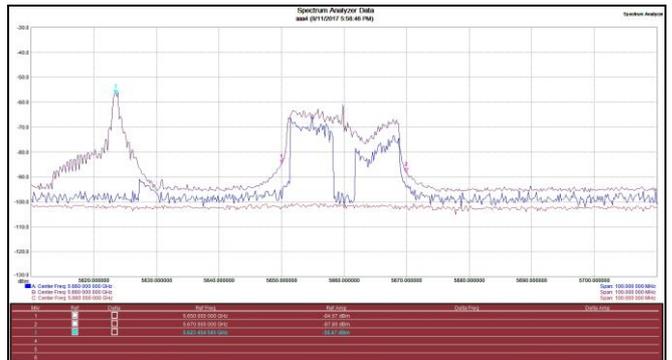


Fig. 7. Transmisión en el canal 132 con BW 20 Mhz.

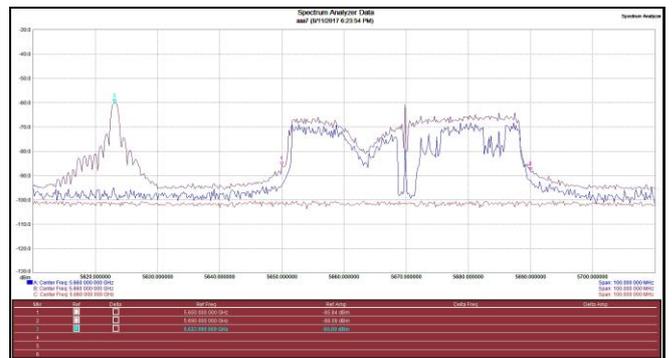


Fig. 8. Transmisión en el canal 132 con BW 40 Mhz.

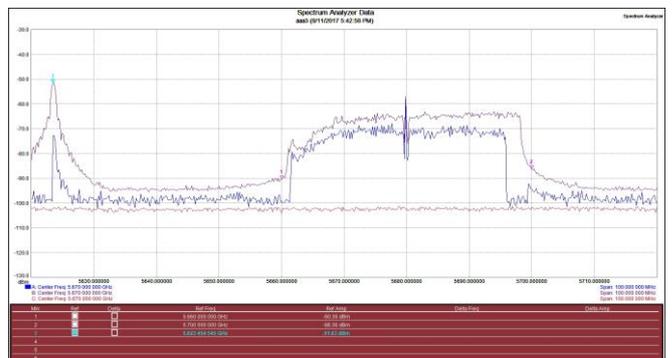


Fig. 9. Transmisión canal 134 con BW 40 Mhz.

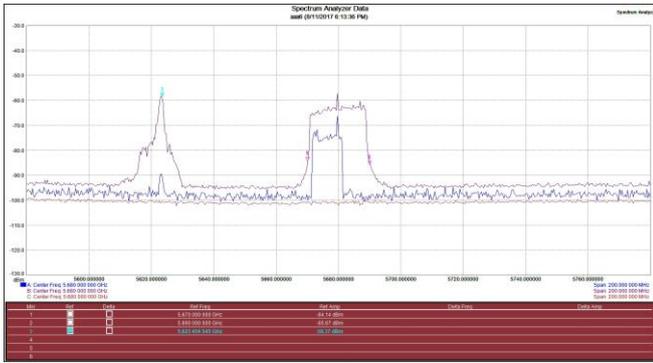


Fig. 10. Transmisión canal 136 con BW 20 Mhz.

En las imágenes anteriores se observa el punto a punto en transmisión a máxima potencia y con la transmisión del Radar en simultáneo. Para el caso de la Fig. 6 se seleccionó el canal 124 con un ancho de banda de 20 Mhz para la transmisión del AP, es decir dentro del ancho de banda del Radar para interferirlo directamente. En la Fig. 7 se cambió al canal 132 con ancho de banda de 20 Mhz, es decir, en un canal adyacente ya que el producto $2f_1 - f_2$ da como resultado 5630 Mhz, dentro de la banda radar. El mismo análisis para la Fig. 9 con el canal 134 en transmisión con un ancho de banda de 40 Mhz tenemos un producto de intermodulación de 5610 Mhz y por último para la Fig. 10 en el canal 136 con BW de 20 Mhz, el producto $3f_1 - 2f_2$ es 5630 Mhz, dentro de los 50 Mhz del ancho de banda de recepción del radar. De esta forma podemos presenciar cómo reacciona el sensor frente a las interferencias directas o por canales adyacentes.

Luego, se utilizó el WiFi tester para realizar mediciones en distintos puntos cercanos al sitio radar. Este analizador tiene una característica muy importante que al estar configurado en modo escucha, captando señales omnidireccionalmente en la banda de los 5 Ghz, se pueden identificar otras interferencias o ruido proveniente de otros Access points que están funcionando en las cercanías del radar, como así también los radioenlaces de microondas y demás servicios de radiofrecuencias presentes en el entorno, de forma que se puede observar la utilización de los canales en un determinado tiempo. El umbral de recepción del dispositivo esta seteado en -100 dBm y se habilitó solamente la banda de 5 Ghz. Para diagnosticar el estado de la red se utiliza la función AutoTest, que verifica automáticamente el estado revisando la calidad de aire, calidad de red y los riesgos potenciales de puntos de acceso piratas.

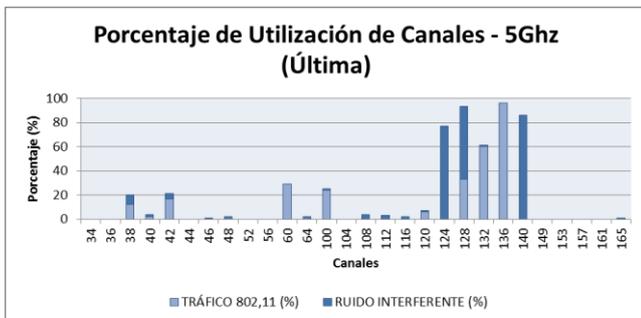


Fig. 11. Utilización de lo canales en plena transmisión.

El gráfico anterior presenta el porcentaje de ocupación de la capacidad del canal, tanto por dispositivos 802.11, como por el ruido interferente cuando se registró la medición.

Se observa que el canal 132 está totalmente ocupado, debido a que el punto de acceso transfiere el archivo al otro nodo a máxima potencia en una distancia muy corta. El ruido que presenta es propio del radioenlace. El ruido interferente puede provenir de los radioenlaces de microondas, teléfonos inalámbricos, dispositivos bluetooth, sensores de movimiento, cámaras inalámbricas y otros dispositivos inalámbricos. Este ruido interfiere en las conexiones WLAN o en el rendimiento de la red.

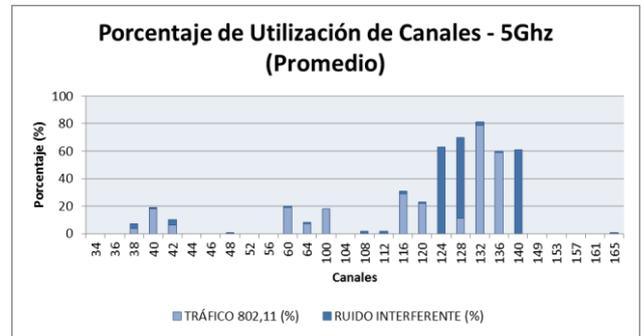


Fig. 12. Utilización promedio de los canales.

En la Fig. 12 se muestra el promedio de la ocupación del canal tanto por dispositivos 802.11 como por el ruido interferente durante la medición.

De los gráficos anteriores se observa que los canales 124 y 128 (5620 y 5640 Mhz respectivamente) cercanos a la frecuencia del RMA-1 presentan tráfico 802.11, esto quiere decir que existen AP de características similares o routers que ofrecen servicios de internet que funcionan en la banda de 5 Ghz y que interfieren al sensor meteorológico.

Para continuar con el trabajo de campo, se procedió a recorrer el predio y registrar mediciones en distintos puntos como en la base y a tope de la torre donde se encuentra el radar, la playa de estacionamiento de SECyT, en la rotonda cercana al FAMAF, en la zona posterior a la entrada de la Universidad Tecnológica Nacional y finalmente en las escuelas cercanas sobre la calle Maestro Marcelo López.

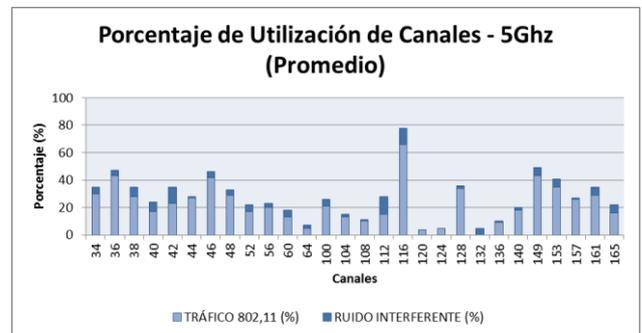


Fig. 13. Utilización promedio de los canales a tope de torre.

De todas las mediciones realizadas, se presenta el análisis a tope de torre (aproximadamente a 30 metros de altura) como el más sobresaliente porque se observa (Fig. 13) que todos los

canales están en uso en la banda de 5 Ghz. Esto quiere decir que existen numerosos AP ocupando gran parte del espectro y que pueden ser posibles interferencias en la lectura de los datos radar.

Además el WiFi tester genera una lista de las redes inalámbricas identificando los SSID y su correspondiente dirección MAC. A continuación se tabulan los AP más significativos, cada uno con su canal de transmisión, dirección MAC, SSID, marca del dispositivos, tipo de norma y nivel de señal en el momento que se registró la medición.

SSID	Dirección MAC	Marca	Canal	Norma 802.11	Nivel de señal (dBm)
Q2DU	44:D9:E7:56:35:A3	-	120	a.n	-86
Calasanz	00:15:6D:6A:C3:AA	Ubiquiti	34	a	-88
Oculto	00:15:6D:5E:7A:45	Ubiquiti	52	a.n	-87
HT_AP0	00:11:3B:25:3B:7E	Micronet	36	a.n	-85
Secyt-WL	A0:F3:C1:F8:68:24	TPLink	36	a.n	-85
Oculto	80:2A:A8:A4:D0:2C	-	149	a.n	-85
FAMAFSG	DE:9F:DB:1B:BD:06	Ubiquiti	36	a.n	-88
FAMAF-PRIV	EE:9F:DB:1B:BD:06	Ubiquiti	36	a.n	-89
ACNET2	DE:9F:DB:B1:0E:5D	Ubiquiti	140	a.n	-86
eduroam	DC:9F:DB:B1:0E:5D	Ubiquiti	140	a.n	-86
Oculto	00:0C:42:D3:ED:2D	RouterBoard	36	a.n	-89
PANEL SURESTE	44:D9:E7:2E:E3:25	-	128	a.n	-92
Oculto	00:10:E7:54:A1:E6	Avaya	100	a.n	-85
PaEdDp	00:27:22:C2:AC:E3	Ubiquiti	161	a.n	-80
Imx22E	24:A4:3C:40:26:6E	Ubiquiti	112	a.n	-86
pLomas	D4:CA:6D:C0:77:47	RouterBoard	60	a.n	-87
DPYM_22	D4:CA:6D:9D:42:BD	RouterBoard	157	a.n	-83
MetroWL_E	44:D9:E7:6E:1A:26	-	60	a.n	-74
ASAT-TORRE-CASMAN	00:04:56:CB:54:A2	Cambium	136	a.n	-87
Oculto	5C:0E:8B:51:95:80	Motorola	165	a	-89
AP-Claret	00:15:6D:69:2F:B1	Ubiquiti	100	a	-87
API	00:27:22:5A:44:5D	Ubiquiti	161	a.n	-83
pikachu_air	24:A4:3C:08:36:CF	Ubiquiti	104	a.n	-88
TINT-PUE149	24:A4:3C:0E:B9:0F	Ubiquiti	165	a.n	-94
M5BRIGE	24:A4:3C:3E:9C:C0	Ubiquiti	161	a.n	-88
EPEC-NBM5-DF	DC:9F:DB:2E:B7:DD	Ubiquiti	56	a.n	-81
UTN-EPEC	00:27:22:30:0D:CC	Ubiquiti	149	a.n	-77
WM-AL-INSAs	04:18:D6:E6:C5:46	Ubiquiti	116	a.n	-87
prucasisa	00:27:22:28:81:25	Ubiquiti	116	a.n	-76

Tabla 1. Identificación de los AP más significativos.

La selección de los AP más relevantes se debe a que trabajan en canales cercanos a la frecuencia del Radar, teniendo

en cuenta que son bastantes y ocupan casi todo el espectro en la banda libre de los 5 Ghz. También se detallan los AP de la marca Ubiquiti que funcionan en canales lejanos pero que deben ser tenidos en cuenta debido a su potencia de transmisión.

III. RESULTADOS

Para demostrar los resultados de los experimentos y de las mediciones realizadas, en primer lugar y a modo de comparación se analiza una captura de la consola del Radar a mediados del año pasado, cuando se comenzó con la iniciativa de este trabajo, para luego comprobar como es la situación actual del sensor radar y de qué manera afectaron estos resultados en el mismo.

En la siguiente imagen (Fig. 14) se aprecian las interferencias como estructuras radiales concéntricas en el radar y que divergen a medida que nos alejamos de él solapando las lecturas meteorológicas.

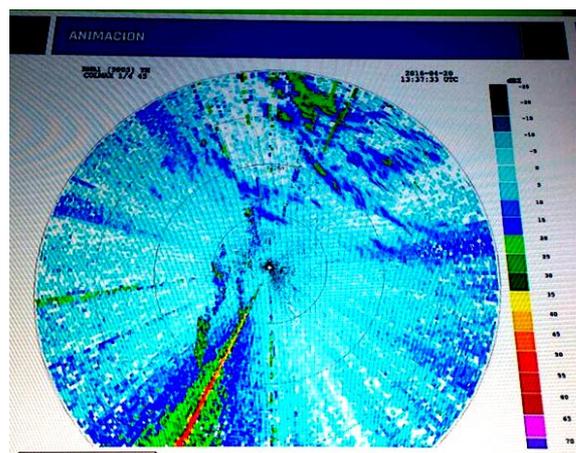


Fig. 14. Captura de la consola radar mostrando las interferencias.

Con esto en mente, se comenzó a examinar y delimitar las características del entorno radar y determinar potenciales alternativas para la reducción de las señales interferentes.

Como primer recurso, personal de INVAP a cargo del control remoto del radar ha implementado filtros especiales de imágenes para generar una lectura más limpia y que verdaderamente se puedan identificar la mayoría de los fenómenos climáticos. Además se prueban constantemente distintas estrategias de configuración para la reducción de estas señales y ecos indeseados.

En el transcurso de las campañas de mediciones, se informaba al personal capacitado a cargo del sitio radar (oficina de SINARAME), las apariciones de nuevas señales interferentes y otros dispositivos inalámbricos para que se seleccione la vía de presentación más directa ante el organismo encargado de regular las consideraciones radioeléctricas de manera oportuna. Como resultado se logró limpiar aún más el espectro de frecuencia que utiliza el radar.

Con el trabajo de campo finalizado, se utilizaron estas mediciones para identificar las señales inalámbricas o dispositivos similares a los AP Ubiquiti para regular su

potencia de transmisión y evitar las interferencias por productos de intermodulación.

En cuanto al caso de las mediciones registradas a tope de torre se observa que el tráfico 802.11 generado por los AP existentes cubren los canales 124 y 128 que son los cercanos a la frecuencia radar, esto se debe a que los enlaces Ubiquiti generan un ruido adicional en canales adyacentes a su frecuencia de funcionamiento y que la sensibilidad del WiFi tester es tal que recibe la señal del pulso del transmisor en cada vuelta de la antena radar.

Analizando las otras mediciones realizadas en distintos puntos cercanos al sitio radar, se observa que no hay tráfico 802.11 ni otras fuentes de ruido en los canales de interés.

También se comprobó cómo es el impacto en la consola radar con los enlaces punto a punto de la marca Ubiquiti. Pero teniendo en cuenta las señales de estos AP en función de su frecuencia, se corroboró con el analizador de espectro que transmiten en el ancho de banda que se les especifica en su configuración interna.

La situación actual del radar es distinta, ha sufrido un cambio favorable en cuanto a la contaminación de las señales interferentes como se muestra en la Fig. 15 y todavía se siguen buscando alternativas para reducir al máximo estas señales y disponer de datos meteorológicos más confiables.

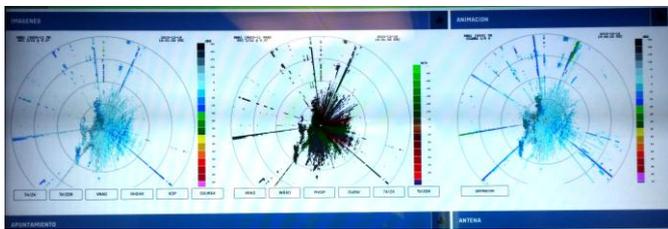


Fig. 15. Captura de la consola del radar RMA-1.

IV. CONCLUSIONES

Del análisis de este trabajo se concluye que el espectro electromagnético está cada vez más contaminado, hay sistemas y servicios que funcionan en frecuencias cercanas al radar y compiten con un número cada vez mayor de dispositivos en las bandas libres.

Cuando se realizó la práctica de interferir de manera intencional en los canales adyacentes, se corroboró que el impacto de estas señales en la frecuencia del radar era menor y se determinó que no existían productos de intermodulación ni espurias que perjudiquen y si las hay son muy mínimas. Por lo tanto teniendo en cuenta la baja sensibilidad del WiFi tester, se concluye que es necesario realizar un análisis de medición de interferencias en los 50 Mhz de ancho de banda del radar.

Cuando se configuran los AP de la marca Ubiquiti para determinar su frecuencia de trabajo en la solapa Wireless, si se setea una frecuencia que está identificada como DFS (Dynamic Frequency Selection) ignora totalmente el mecanismo DFS por más que esté o no activada la opción y el AP comienza a trabajar en esa frecuencia. Por lo tanto se concluye que este tipo de enlaces necesitan para detectar la presencia de un sistema radar un pulso de 1 μ s cada 10 segundos. En el caso de este radar, el pulso de transmisión es más corto.

V. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las mediciones y prácticas realizadas se plantean las siguientes recomendaciones:

- Elaborar mapas de cobertura de señales interferentes indicando niveles de potencia de señal.
- En cuanto a la adquisición de equipamiento, se recomienda un analizador de señales inalámbricas más potente y que pueda barrer en todo el espectro cubriendo más canales.
- Elaborar un protocolo de mediciones de interferencias más actualizado incorporando la utilización de los nuevos equipos.
- Detallar los servicios que se ofrecen en las bandas libres e investigar la disposición de los canales legales e ilegales en Argentina.
- Se recomienda también analizar dispositivos inalámbricos y enlaces punto a punto de distintas marcas. En este trabajo se demuestra el funcionamiento de un enlace de microondas Ubiquiti.

REFERENCIAS

- [1] Ángel Cardama Aznar, Lluís Jofre Rocca, Juan Manuel Rius Casals, "Antenas" Edición UPC, 2da. Edición, Barcelona, Septiembre 2002.
- [2] Reglamento de Radiocomunicaciones de la ITU, <http://www.itu.int/pub/R-REG-RR-2016>
- [3] Wikipedia: IEEE 802.11, http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11
- [4] IEEE 802.11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC and Physical Layer (PHY) Specifications. (2012 revision). IEEE-SA. % April 2012.
- [5] Ester Mengual, Eduard Garcia-Villegas, Rafael Vidal, paper "Uso de canales solapados en una red de área de campus inalámbrica con IEEE 802.11"
- [6] Datasheet airGrid M, https://dl.ubnt.com/datasheets/airgridm/airGrid_HP.pdf
- [7] Configuración de enlaces Ubiquiti. Manual para enlace punto a punto con airGrid M5, <http://red-wisp.com/index.php/enlace-punto-a-punto-con-airgrid-m5-hp>