

Tecnologías de Comunicaciones para Zonas con poca Densidad Poblacional

Antonio Castro Lechtaler^{1,2,3y4}; Alejandro Arroyo Arzubi¹; Fernanda Carmona³;
Antonio Foti⁴; Alberto Riba³, Rafael Mario Olivieri¹; Germán Kurt Grin², Fernando Vera Batista¹.

¹ Universidad de la Defensa, Facultad del Ejército, Escuela Superior Técnica, Laboratorio de Redes (RedLab); Buenos Aires, C1426; ² Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de Investigaciones en Administración, Contabilidad y Métodos Cuantitativos para la Gestión – (IADCOM/CISTIC), Buenos Aires, C1120; ³ Universidad Nacional de Chilecito, Chilecito, Provincia de La Rioja, F5360; ⁴ Universidad Nacional de 3 de Febrero, Sáenz Peña, Provincia de Buenos Aires, B1674.

antonio.castrolechtaler@gmail.com; aarroyo_arzubi@hotmail.com; fbcarmona69@gmail.com;
foti.antonio@gmail.com; albertoriba@gmail.com; rmolivieri@gmail.com; german.grin@gmail.com;
verabatista@est.iue.edu.ar.

RESUMEN

En la Argentina, como en otros países en vías de desarrollo, muchas regiones rurales con baja densidad poblacional carecen de servicios de comunicaciones por falta de interés comercial de las empresas públicas de telecomunicaciones en brindar estas prestaciones.

Esta situación dificulta a la población rural acceder a una adecuada educación, a la actividad económica, la atención de la salud en casos de urgencia, y provoca todo tipo de problemas a las comunidades que tienen estas carencias. El reciente crecimiento de la teledensidad¹ en las zonas urbanas, impulsado por la tecnología móvil, ha hecho que la brecha digital entre las zonas rurales y urbanas se haya ampliado notablemente [1].

Este Grupo de Investigación trabaja estudiando los problemas de conectividad que se presentan en las comunidades rurales, con el apoyo de Entes Nacionales que están vinculados con esta problemática, en particular, en comunidades muy pequeñas que carecen de comunicaciones de banda ancha o en otras de mayor tamaño que cuentan con

facilidades, pero que hasta el momento son claramente insuficientes para el desarrollo de actividades rentables o para participar adecuadamente en Redes Sociales.

La idea central de la investigación es buscar distintas alternativas, que seguramente diferirán de las utilizadas en los países centrales, pero que pueden constituir una solución a este problema. En el caso particular de Argentina las distancias son condicionantes por su importancia, y la densidad poblacional es sustancialmente muy inferior a la que se puede encontrar en otros países, especialmente los desarrollados.

Los trabajos que se realizan con el grupo de investigadores tienen como objetivo principal hallar soluciones técnicas, a costos razonables², para los problemas de conectividad descriptos.

Palabras Clave:

CSMA/CA, WLAN, 802.11, 802.22, TVWS.

CONTEXTO

El Grupo tiene su sede en el Laboratorio de Redes – *RedLab*, de la Escuela Superior Técnica “Gral. Div. Manuel N. Savio” (EST)

¹ Se entiende por teledensidad a “*la cantidad de teléfonos fijos más los móviles en uso por cada 100 personas que viven dentro de un área*”. Una teledensidad superior a 100 significa que hay más teléfonos que personas. Los países en vías de desarrollo pueden tener una teledensidad de menos de 10.

² Pues si bien las soluciones técnicas existen, en la mayoría de los casos sus costos de operación hacen muy difícil su sostenimiento por parte de los usuarios.

de la Universidad de la Defensa (UNDEF) y simultáneamente, en las Universidades de Buenos Aires (UBA) y las Nacionales de Chilecito (UNdeC) y Tres de Febrero (UNTREF), mediante un trabajo en Red de Universidades nacionales.

Hasta el momento los trabajos realizados han incluido pruebas de campo, en base a subsidios obtenidos por parte de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica [2] y fondos aportados por las universidades participantes.

Recientemente, y mediante un concurso público con jurados externos, la Universidad de la Defensa Nacional otorgó a este proyecto un Subsidio Especial [3] de 120.000,00 \$ para continuar con su ejecución durante el año 2019. Y el resto de las Universidades participantes están también analizando los montos que asignarán a este proyecto.

En particular, se está trabajando sobre la base de analizar y probar las posibilidades que brindan los equipos que responden a la Recomendación 802.22 de la IEEE; y desde el punto de vista de su posible implementación, las instalaciones existentes que posee el Sistema Argentino de Televisión Digital de la Empresa ARSAT.

Actualmente, se habla también de las tecnologías denominadas *TV White Spaces – TVWS* que utilizan las frecuencias de televisión que se encuentran libres, para llevar Internet de banda ancha a zonas apartadas, funcionando armónicamente con los canales de televisión adyacentes sin generar ningún tipo de interferencias.

Pensamos que estas nuevas tecnologías podrían ser la base para posibilitar obtener la conectividad a estas zonas apartadas, funcionando armónicamente con los canales de televisión, dándole a éstos además, valor agregado a este servicio que ya está instalado y funcionando.

1. INTRODUCCIÓN.

A causa del alto grado de saturación que presenta el espectro de frecuencias, se está trabajando en nuevas tecnologías que permitan su reutilización. Para ello, se han ido

desarrollando nuevas tecnologías más acordes al estado actual del arte, como es el caso de los equipos ya existentes en el mercado que cumplen con la Recomendación 802.22, de la IEEE [4].

Las sociedades modernas están confiando y utilizando cada vez más el espectro radioeléctrico hasta el límite. Ello ha provocado que en el caso de la telefonía se esté produciendo una constante disminución de la cantidad de líneas por habitantes en todos los países del mundo.

En su reemplazo aparecen masivamente las tecnologías inalámbricas que dan lugar a distintos servicios de comunicaciones, a través de nuevos dispositivos, tales como telefonía móvil, transmisión de audio y video en tiempo real (streaming), audio y video conferencias, Wi-Fi, radiodifusión de Televisión Digital Abierta de Alta Definición, uso de la nube (entre otros). Así, el espectro de frecuencias se ha convertido en uno de los recursos más necesarios y escasos de los tiempos modernos.

Por otra parte, el crecimiento de la demanda mundial para el tráfico de datos móviles se ha incrementado en los últimos años a tasas de crecimiento anual cercanas al 70 %, y en muchos casos aún mayores.

De acuerdo con el Índice de Red Visual de Cisco (VNI) de Pronóstico del Tráfico de Datos Móviles Globales en el periodo 2011 al 2016, el tráfico de datos móviles se estimaba que iba a aumentar 18 veces en los próximos cinco años, alcanzando los 10.8 Exabytes por mes, a una tasa anual de 130 Exabytes para el año 2016.

El fuerte aumento esperado en el tráfico móvil se debía, en parte, al incremento proyectado del número de dispositivos conectados con Internet Móvil, que iba a exceder el número de personas que habitan sobre la tierra (ya se estimaba que la población mundial para el año 2016 iba a ser de 7.3 mil millones)³; y para el periodo 2011–2016, se pronosticaba que el tráfico de datos móviles globales crecería tres veces más que el tráfico de datos fijos globales.

³ Fuente: Naciones Unidas.

La realidad resultó otra cosa. El tráfico móvil a nivel global y en América Latina en particular, creció en el periodo 2010 - 2018 de manera mucho mayor a los valores esperados. Alcanzó durante 2018, un valor 57 veces mayor, que la cantidad total del tráfico de datos móviles del año 2010, dato éste que resultó mucho mayor al esperado.

El crecimiento es no solo un indicativo de que la movilidad se está convirtiendo en una característica crítica de casi toda experiencia de red, sino también del valor que los consumidores y negocios le otorgan, lo que representa enormes oportunidades por delante para los proveedores de servicio que estén en el centro de la Red Internet. El video y la nube, son los grandes protagonistas” [5].

Resumiendo: En el año 2018 [6] solamente en América Latina, el crecimiento de datos móviles creció, generando casi 1,2 Exabytes por mes, y a nivel global, aumentó casi 11 veces, alcanzando una tasa anual de 190 Exabytes; lo que es el equivalente a tener 42 billones (42 x 10¹²) imágenes. Esto significa en términos prácticos, unas 15 imágenes diarias por cada persona que vive en el planeta durante un año (tenga o no servicios móviles).

Para Cisco, el enorme incremento durante el año pasado estuvo impulsado por una serie de factores, tales como:

- El continuo crecimiento del número de conexiones de Internet móvil, especialmente desde dispositivos personales.
- Las conexiones de máquina a máquina (M2M), los cuales excedieron los 10 mil millones.
- El aumento en las velocidades móviles promedio, que han pasado de 1.4 Mbps en 2013 a 2.5 Mbps en 2018,
- Y a un mayor consumo de video móvil en dispositivos inteligentes, que llegó a representar el 69% del tráfico de datos móvil global.

A nivel de la región, se proyecta que el aumento del tráfico de datos móviles alcance durante el corriente año 2019, 1.500

Exabytes⁴, distribuidos de la siguiente manera:

- Argentina: 110 Petabytes.
- Brasil: 490 Petabytes.
- Chile: 70 Petabytes.
- México: 290 Petabytes.
- Resto de América Latina: 390 Petabytes.

Por otra parte, el uso del espectro de hasta 10 GHz y a futuro a frecuencias aún más altas, ha dado lugar a una revisión de las políticas de regulación del mismo, a nivel de la Unión Internacional de Telecomunicaciones - ITU.

A causa del congestionamiento en esas frecuencias, se ha intensificado el estudio y las aplicaciones que permitan utilizar adecuadamente, los llamados Espacios Blancos - White Space, que se consideran muy importantes en la ejecución de este trabajo.

La Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones - CEPT, ha definido a un Espacio Blanco como: *“Una porción del espectro que está disponible para ser utilizado por una aplicación de radiocomunicaciones en un momento dado, para una zona geográfica determinada, en forma simultánea con otra, pero con la característica de que la misma no produzca interferencias con respecto a los servicios que poseen una prioridad más alta a nivel nacional en esas mismas frecuencias”*[7].

En la actualidad, son intensos los esfuerzos de investigación realizados a nivel de organizaciones no gubernamentales, países y empresas para darle utilidad a esta parte del espectro que es desaprovechado.

La importancia del tema, ha dado lugar a la creación de la “WhiteSpace Alliance⁵” cuya misión es “Promover el desarrollo, despliegue y uso de estándares basados en productos y servicios como un medio para proporcionar capacidades de banda ancha a través de los espacios blancos existentes en el espectro de frecuencias”.

Dada la inversión y el fuerte despliegue que la Republica Argentina ha efectuado al crear e instalar el sistema de Televisión Digital

⁴ 1 Exabyte = 10¹⁸ Bytes

⁵ <https://www.whitespacealliance.org/>

Abierta - TDA, el mismo (infraestructura ya existente) ofrece una inmejorable oportunidad para solucionar el problema de las comunicaciones rurales o de poblaciones aisladas o con baja densidad poblacional utilizando los espacios blancos que ese sistema permite reutilizar

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN y DESARROLLO.

Las líneas de Investigación y desarrollo son las siguientes:

2.1. Estudio de todas las Recomendación de la Serie 802.X para determinar la viabilidad de su uso en las comunicaciones rurales. También, sus resultados pueden ser útiles para las comunicaciones militares en ambientes en los que los sistemas fijos son inexistentes o precarios. Este proyecto puede ser considerado dual: civil y militar.

2.2. Estudio de casos concretos de uso actual de equipamientos que utilicen la Norma 802.22 para comunicaciones en distancias de hasta 100 km.

2.3. Ventajas y posibilidades del uso de los Espacios Blancos que existen en el ancho de banda que se utiliza para los Sistemas de Televisión Digital Terrestre.

2.4. Posibilidad de aprovechamiento de las instalaciones de las estaciones de Televisión Digital Terrestre, instaladas a lo largo del país, para la instalación del equipamiento necesario que permitiría el funcionamiento de los equipos que brindan servicios de comunicaciones rurales.

2.5. Estudio práctico y teórico, de las interferencias entre canales debido al uso intensivo de las comunicaciones inalámbricas para todo tipo de servicios de comunicaciones [8].

2.6. Determinación de la posible utilización de las frecuencias asignadas para la transmisión del Sistema Nacional de Televisión Abierta, para combinarlo con un sistema basado en estas normas y así emplearlo en las comunicaciones rurales utilizando los espacios blancos.

2.7. Estudio de la posibilidad de utilizar TVWS como tecnología emergente. Ésta ya tiene numerosos productos desarrollados en el mercado con precios muy competitivos.

3. RESULTADOS OBTENIDOS / ESPERADOS.

3.1. Hasta el momento se han obtenido los siguientes resultados:

3.1.1. Del estudio del estándar IEEE 802.22 y del equipamiento analizado se ha determinado que tanto por el alcance como por las prestaciones puede resultar una solución a las comunicaciones rurales, en las condiciones descriptas.

3.1.2. El mismo está teóricamente dentro de las distancias requeridas para satisfacer los objetivos del proyecto.

3.1.3. Las frecuencias asignadas al espectro de la Televisión Digital Abierta en la modalidad de radio cognitiva [9, 10] son adecuadas a las características de este proyecto.

3.1.4. Se ha considerado que el Sistema de TDA puesto en marcha puede ser una oportunidad para que esta norma sea considerada en la reasignación del espectro, actualmente en estudio, por parte de la Comisión Nacional de Comunicaciones.

3.1.5. Al trabajar en las mismas frecuencias que otros servicios, pero protegiendo las transmisiones de los operadores principales habilitados en las mismas, el estándar posee un conjunto de capacidades que incluyen:

- Detección del espectro.
- Servicios de geolocalización.
- Acceso a base de datos con información sobre el estado del espectro.
- Registro y seguimiento de la gestión del conjunto de los canales que están operando en un determinado momento en una zona geográfica determinada.

Estas capacidades lo hacen también que pueda ser una solución al problema planteado.

3.2. En lo que respecta a los resultados esperados, se estima que ellos podrían sintetizarse en los siguientes:

3.2.1. La 802.22 podría estar capacitada para:

- Explotar y detectar canales operativos que podrían producir interferencias tales como transmisiones de televisión.
- La emisión de micrófonos inalámbricos.
- Las transmisiones de dispositivos de protección como podrían ser faros inalámbricos u otras transmisiones como por ejemplo la telemetría médica (que requiere ser protegida por la autoridad regulatoria local).

3.2.2. La capa de enlace toma elementos de la norma 802.3, de amplia difusión y probada eficiencia. Estas características deben ser verificadas mediante trabajos de campo.

3.2.3. Se estima que la existencia de un sistema de televisión por radiodifusión ya instalado en un gran porcentaje evitaría tener que usar una porción adicional del espectro de frecuencias, cada vez más escaso y congestionado.

3.2.4. Se analizará y se buscarán resultados sobre la utilización de los espacios Blancos con el objeto de buscar reducir el uso del Espectro de Frecuencias.

Como resultado de estas actividades se presentó un trabajo [11] en el XXII Congreso Argentino de Computación - CACIC 2016, el que **fue seleccionado para ser publicado en el libro de los mejores artículos** que se publica anualmente, en este caso del CACIC 2016 (solamente 31 trabajos sobre el total presentado con referato) [12], en base a los resultados realizados por los evaluadores sobre el total de artículos presentados.

Se estima que se deberá continuar con el estudio de esta recomendación en sus aspectos técnicos, para determinar fundamentalmente sus limitaciones, si ellas existieran, todo ello sin perjuicio de buscar otras opciones.

3.2.5. Se efectuará un relevamiento del equipamiento que el mercado está ofreciendo sobre esta norma y un análisis de las capacidades del mismo; buscando obtener una idea de las capacidades y costos de este tipo de equipamientos para cubrir distintas zonas del territorio nacional.

3.2.6. Se continuarán las actividades de campo para verificar el verdadero rendimiento del equipamiento y la dificultad que requerirá

su despliegue, tal como el equipo de investigación efectuó sobre el terreno el Proyecto Corral de Lorca [13].

Las instalaciones de las estaciones base del sistema de televisión digital terrestre, instaladas sobre *shelters*, sin duda pueden ser útiles para el despliegue de parte de los equipos requeridos por la 802.22.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS.

Desde el año 2017 en este grupo trabajan Investigadores en Formación y alumnos de las carreras de grado y posgrado vinculadas con los temas que hacen tanto a las comunicaciones, como a la seguridad de los sistemas que podrían ser utilizados.

Durante el año 2018 y en este año 2019, se han sumado al proyecto nuevos investigadores noveles y alumnos de las distintas universidades participantes en especial de las Carreras de Ingeniería en Informática y Electrónica.

Algunos de ellos han recibido las becas *Estímulo a las Vocaciones Científicas*, perteneciente al *Programa Estratégico de Investigación y Desarrollo, Plan de Fortalecimiento (Componente de Formación de Recursos Humanos) del Consejo Interuniversitario Nacional*.

Cabría la posibilidad que algunos de ellos, realicen su Trabajo Final de Carrera en algún tema de los que aborda la presente línea de investigación.

Los integrantes de este Equipo de Investigación multidisciplinario son docentes y alumnos de las siguientes asignaturas en las distintas Universidades participantes. En particular de las asignaturas: Tecnología de las Comunicaciones, Sistemas de Comunicaciones I y II, Comunicaciones Inalámbricas, Redes de Computadoras, entre otras.

5. BIBLIOGRAFÍA.

- [1] <https://www.itu.int/en/ITU-D/Technology/Pages/RuralCommunications.aspx>
- [2] Proyecto FONCyT - ANPCyT. PICTO 11-18621. Redes Privadas Comunitarias. Proyecto finalizado y aprobado. Antonio Castro Lechtaler (Director).
- [3] Resolución Rectoral UNDEF N° 309/2018 de fecha 14 de diciembre de 2018. Expediente N° 163/2018.
- [4] IEEE 802.22 - Cognitive Wireless RAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Policies and Procedures for Operation in the TV Bands.
- [5] <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/cronica/Trafico-de-datos-moviles-en-AL-aumentara-en-casi-13-veces-para-2018>.
- [6] <https://colombiadigital.net/actualidad/noticias/item/9520-el-trafico-mundial-de-datos-aumentara-7-veces-entre-2016-y-2021.html>.
- [7] CEPT Report 24. A preliminary assessment of the feasibility of fitting new/future applications/services into non-harmonized spectrum of the digital dividend (namely the so-called "white spaces" between allotments. Report C from CEPT to the European Commission in response to the Mandate on: Technical considerations regarding harmonization options for the Digital Dividend. 1 July 2008.
- [8] A. Castro Lechtaler, A. Foti, C. García Garino, J. García Guibout, R. Fusario and A. Arroyo Arzubi. Proyecto Corral de Lorca: Una solución de conectividad a grupos poblacionales pequeños, aislados y distantes de centros urbanos. Proceedings de la Novena Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática: CИСCI 2010. - Volume III - ISBN - 13: 978 - 1 - 934272 - 96 - 1. pp. 121 a 127. Orlando, USA. June 2010.
- [9] IEEE 802.22: Cognitive Wireless Regional Area Network - Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY). Specifications: Policies and Procedures for Operation in the TV Band.
- [10] LAN: Local Area Network; MAN: Metropolitan Area Network.
- [11] Castro Lechtaler, A.; Foti, A.; Arroyo Arzubi, A.; García Guibout, J.; Carmona, F.; Fusario, R. y Oliveros, A. Using White Spaces: A solution for frequency spectrum overloading. XI Workshop of Architecture, Networks and Operating Systems (WARSO). Proceedings of the 22th Argentinean Congress on Computer Science. ISBN 978-987-733-072-4. pp. 903 to 913. San Luis. October. 2016.
- [12] Castro Lechtaler, A; Arroyo Arzubi, A; Foti, A.; Fusario, R.; García Guibout, J.; Oliveros, A. y Carmona, F. Using White Spaces: A solution for frequency spectrum overloading. Computer Science & Technology Series. XXII Argentine Congress of Computer Science. Selected Papers. ISBN: 978-987-4127-28-0. Pg. 235 to 246. EDULP. 2017.
- [13] A. Castro Lechtaler, A. Foti, R. Fusario, C. García Garino and J. García Guibout. Communication Access to Small and Remote Communities: The Corral de Lorca Project. Proceedings of 15th of Argentine Congress on Computer Science. ISBN 978 - 897 - 24068 - 4 - 1. pp.1.117 a 1.126. Jujuy. October 2009.