

El problema de las comunicaciones rurales: estudio y selección de las mejores soluciones

Antonio Castro Lechtaler^{1,2,3 y 4}; Alejandro Arroyo Arzubi¹; Fernanda Carmona³;
Antonio Foti⁴; Rubén Fusario¹; Anibal Intini¹; Alejandro Oliveros⁴;
Alejandro Echazú¹; Germán Kurt Grin².

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; aintini@est.iue.edu.ar; rfusario@gmail.com; aoliveros@untref.edu.ar;
alejandroechazu@yahoo.com; german.grin@gmail.com;

RESUMEN

En muchas regiones del mundo la llegada de servicios de comunicaciones a comunidades pequeñas, con baja densidad poblacional, ha sido un problema que en muy pocos casos ha sido resuelto, y en muchos de ellos a costos elevados.

Las razones son obvias. Éstas carecen de interés comercial para que las empresas que brindan los servicios públicos de comunicaciones quieran brindar estas prestaciones. 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 [1].

En muchas regiones y países, las actividades rurales tienen una importancia significativa en la economía. Además, la falta de estos servicios impide a estos grupos poblacionales acceder a una educación acorde con sus necesidades, impide en muchos casos contar con una adecuada atención de la salud en casos de urgencia y resiente la actividad económica al impedirle conocer el valor de sus productos en tiempo y forma.

Es por ello, que en muchos países se va produciendo una despoblación de las zonas

rurales y un desplazamiento de ellas a las grandes urbes provocando todo tipo de problemas sociales.

En busca de soluciones económicamente factibles, utilizando nuevas tecnologías ya que existen en el mercado se ha formado un *Grupo de Investigación organizado en Red de Universidades Nacionales*, que tiene por objetivo buscar una solución a este problema de la falta de conectividad en dichas zonas, con el objeto de que se puedan brindar servicios isócronos y de datos de banda ancha con acceso a la Red Internet.

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.

Es por ello que se orientó el estudio hacia las técnicas digitales inalámbricas *wireless technologies* -en especial aquellas de largo alcance tales como: microondas, 802.11, WiMax, CDMA450, 802.22 y otras similares- podrían dar solución al problema planteado.

Palabras Clave:

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.

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

CONTEXTO

Este Grupo de Investigación trabaja, 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 u otras de tamaño algo mayor 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.

Estas áreas son claramente no rentables para las empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones y consecuentemente no son de interés comercial para esas empresas, las cuales no invierten en el desarrollo de la infraestructura adecuada.

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

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

Los trabajos realizados hasta el presente 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 100.000,00 \$ para continuar con su ejecución durante el año 2018.

En este proyecto, se continúan realizando variadas pruebas efectuadas, utilizando diversas tecnologías existentes en el mercado.

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 en 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.

Por otra parte, cabe manifestar, que han manifestado por escrito su interés en estas investigaciones en carácter de Entidades Adoptantes, el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa - CITEDEF, y el Consejo Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones, Electrónica y Computación - COPITEC, que de esta manera han dado su aval para este proyecto, dado su interés en ser aplicado en beneficio de los productores rurales y de sus propios sistemas y redes.

1. INTRODUCCIÓN.

El problema de las comunicaciones rurales ha movilizado a distintos grupos de investigación y empresas de telecomunicaciones a buscar soluciones a este tipo de problemas, por cuanto estas zonas geográficas proporcionan cantidades significativas de productos alimenticios en sus diferentes etapas de fabricación y constituyen una trascendente fuente de productos básicos de exportación e ingresos de divisas.

En muchos países participan generando un porcentaje significativo del producto bruto interno de ellos.

La serie de Recomendaciones 802.XX incluye un conjunto de normas que regulan el funcionamiento de las comunicaciones inalámbricas.

Luego de evaluar con resultados poco satisfactorios los equipos que utilizaban la norma 802.11 fueron apareciendo distintas

tecnologías que permitieron ampliar esta Serie merced al trabajo de distintos grupos de investigación [4-8].

Estos trabajos culminaron el 1 de julio de 2011 cuando finalizó el proceso de aprobación, del estándar “IEEE 802.22 - “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 Band²”.

La misma fue aprobada con el apoyo del Comité LAN/MAN³ de la IEEE [9].

Este nuevo estándar proporciona una opción que permite establecer enlaces inalámbricos full dúplex a distancias de entre 30 a 70 km entre antenas, utilizando frecuencias no restringidas por las regulaciones gubernamentales.

La norma que pertenece a la serie 802.XX⁴ tiene por objeto establecer los criterios para el despliegue de múltiples productos interoperables de la misma, ofreciendo acceso a la banda ancha fija en diversas áreas geográficas, incluyendo especialmente los de baja densidad de población en las zonas rurales, y evitar la interferencia a los servicios que trabajan en la televisión de radiodifusión. La misma es conocida actualmente como Red Inalámbrica de Área Regional y está pensada para operar principalmente como una forma de poder acceder a servicios de banda ancha a redes privadas de datos ubicadas en Zonas Rurales.

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.

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 para el funcionamiento de los equipos necesarios para brindar comunicaciones rurales.

2.5. Estudio práctico y teórico [10, 11], de las interferencias entre canales debido al uso intensivo de las comunicaciones inalámbricas para todo tipo de servicios de comunicaciones.

2.6. Determinación de la posible utilización de las frecuencias asignado para la transmisión del Sistema Nacional de Televisión Abierta para combinarlo con un sistema basado en estas normas, para la utilización 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. 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 [12, 13] 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

² “IEEE 802.22 - Red de Área Regional Cognitiva Inalámbrica de Control de Acceso al Medio MAC) y la Capa Física (PHY). Especificaciones, Políticas y Procedimientos para la Operación en las Bandas de Televisión”.

³ LAN: Local Area Network; MAN: Metropolitan Area Network.

⁴ Redes Inalámbricas.

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 [14].

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 ellos podría 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 [15] 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 (31 trabajos) [16], 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.

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 2015 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 2017 y en este año 2018, se han sumado al proyecto nuevos investigadores en formación 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 incluso algunos de ellos, realicen su Trabajo Final de Carrera en algún tema de los que aborda la presente línea de investigación.

Los integrantes son docentes y alumnos de las asignaturas las siguientes asignaturas en las distintas Universidades participantes: 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° 282/2017 de fecha 27 de octubre de 2017. Expediente N° 606/2016.
- [4] García Guibout, J., García Garino C., Castro Lechtaler, A. R., Fusario R., y Sevilla, G., (2007) Physical and Link Layer in Power Line Communications Technologies. *Proceedings of 13th of Argentine Congress on Computer Science*. ISBN 978 - 950 - 656 - 109 - 3. Pág. 56 a 67.
- [5] García Guibout, G., García Garino, C., Castro Lechtaler, A. R., Fusario R. y Sevilla, G. (2007) Power Line Communications in the Electric Network. *Proceedings of 13th of Argentine Congress on Computer Science*. ISBN 978 - 950 - 656 - 109 - 3. Pág. 68 a 79.
- [6] García Guibout, J., García Garino. C., Castro Lechtaler, A. y Fusario, R., (2008). Transmission voice over 802.11. *Proceedings of 14th of Argentine Congress on Computer Science*. ISBN 978 - 987 - 24611 - 0 - 2. Pág. 307 a 318.
- [7] Castro Lechtaler, A., Foti, A., Fusario, R., García Garino, C., y García Guibout, J., (2009) 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. Pag. 1.117 a 1.126.
- [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: CISCI 2010 - Volume III - ISBN - 13: 978 - 1 - 934272 - 96 - 1. pp. 121 a 127. Orlando, USA. June 2010.*
- [9] IEEE 802.22 - Cognitive Wireless RAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) *Specifications Policies and Procedures for Operation in the TV Bands*.
- [10] Gómez, C., (2013). Spectrum Regulation and Policy Officer Radiocommunication ITU. Apia, Samoa. www.itu.int/ITU-D/asp/CMS/Events/.../ITU-APT-S3_Cristian_Gomez.pdf
- [11] 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.
- [12] Mitola, J. and Maguire, G., (1999) Cognitive radio: making software radios more personal. *IEEE Personal Communications Magazine*, Volume 6 Issue 4. pp. 13 to 18.
- [13] Mitola, J. (2000) Cognitive Radio: An Integrated Agent Architecture for Software Defined Radio. Dissertation submitted in partial fulfillment of the degree of Doctor of Technology. Royal Institute of Technology (KTH) - Sweden. Teleinformatics. ISSN 1403 - 5286.
- [14] Cordeiro, C., Kiran Challapali, and Dagnachew Birru, Sai Shankar (2006) N. IEEE 802.22: An Introduction to the First Wireless Standard based on Cognitive Radios *Journal of Communications*, Vol. 1, N° 1.
- [15] 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.
- [16] 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.