

Utilización de los Espacios Blancos: Una solución al problema de la saturación del espectro de frecuencias

Antonio Castro Lechtaler^{1,2}, Antonio Foti^{3,4}, Alejandro Arroyo Arzubi¹, Jorge García Guibout⁵, Fernanda Carmona⁶, Rubén Fusario^{1,2}, Alejandro Oliveros³.

¹EST - Facultad de Ingeniería del Ejército, C1426 Ciudad de Buenos Aires; ²CISTIC/FCE - Universidad de Buenos Aires, C1120 Ciudad de Buenos Aires; ³Universidad Nacional de Tres de Febrero, B1674 Sáenz Peña, Provincia de Buenos Aires; ⁴Universidad Nacional del Oeste, B1718, San Antonio de Padua, Provincia de Buenos Aires; ⁵Instituto Tecnológico Universitario - Universidad Nacional de Cuyo, M5500 Mendoza, Provincia de Mendoza; ⁶Universidad Nacional de Chilecito, F5360 Chilecito, Provincia de la Rioja} {Argentina}

[antonio.castrolechtaler,antonio.foti,aarroyoarzubi,fbcarmona64,rfusario}@gmail.com](mailto:antonio.castrolechtaler,antonio.foti,aarroyoarzubi,fbcarmona64,rfusario@gmail.com);
aoliveros@untref.edu.ar; jgarcia@itu.uncu.edu.ar

Abstract. La necesidad de proveer el Servicio Universal de Comunicaciones en áreas rurales como en zonas de baja densidad poblacional que no cuentan ningún servicio de comunicaciones ha ido llevando a buscar, dentro de las nuevas tecnologías, aquellas que usando los espacios blancos evitan aumentar la congestión del espectro de frecuencias. Esas están basadas en dos técnicas conocidas como *Cognitive Radio* y *Software Defined Radio*. Las frecuencias utilizadas por los Sistemas Digitales de Televisión por Radiodifusión aparecen como una oportunidad para desplegar este tipo de equipos, que combinan técnicas de telecomunicaciones con aplicaciones informáticas a través del uso de software específico. Estos equipos de la Recomendación 802.22, además, toman elementos para la Capa de Enlace de la norma 802.3, de amplia difusión y conocimiento.

Palabras Claves: Espacios Blancos, 802.22, Espectro de Frecuencias, Comunicaciones Rurales, *Whitespace Alliance*.

1 Introducción

El Proyecto Redes Privadas Comunitarias [1] financiado por el FONCyT - ANPCyT apuntó a investigar, testear y comentar diferentes tecnologías para proveer enlaces de comunicaciones a comunidades aisladas con baja densidad poblacional, y por lo tanto sin interés comercial para las empresas que prestan este servicio.

A través de ese trabajo realizado [2], [3], [4], [5], [6], se encontró que en la Argentina hay localidades de baja densidad poblacional (100 habitantes o aún menos en algunos casos) que sufren la falta del servicio de energía eléctrica durante las 24 horas y no son alcanzadas por la red telefónica tanto fija, como la de equipos celulares, con la consecuente falta de acceso a redes de datos e Internet.

Muchos de estos parajes están ubicados en las cercanías de la red ferroviaria, hoy fuera de servicio. Estas circunstancias dificultan que proveedores de servicios inviertan en enlaces de comunicaciones que solucionen estos problemas. La idea es estudiar enfoques alternativos que representen una solución a este tipo de problemas, a costos razonables.

Por consideraciones prácticas y económicas se ha pensado y experimentado en soluciones digitales inalámbricas. Las razones que llevaron a su consideración están relacionadas con la rapidez y facilidad con que se pueden instalar estos enlaces, y en que, al utilizar frecuencias que no requieren de una autorización previa de la autoridad de aplicación, es mucho más simple su uso. Adicionalmente, se busca evitar la dependencia de un operador de telecomunicaciones local.

El trabajo realizado presentó las experiencias realizadas en las que se analizaron casos para distancias de cobertura importantes.

En este último caso, las mismas difieren de las utilizadas en las soluciones requeridas en las grandes ciudades, por estar éstas pensadas para cortas distancias, como fue el caso originalmente de la tecnología 802.11, [7].

Paralelamente, y dado el alto grado de saturación que presenta el espectro de frecuencias se está actualmente analizando a nivel nacional e internacional, la forma de reutilizarlo de una mejor manera, para lo cual 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 [8].

Las sociedades modernas están confiando y utilizando cada vez más el espectro radioeléctrico. La omnipresencia de los servicios inalámbricos y dispositivos de comunicación, tales como teléfonos móviles, comunicaciones de la policía, Wi-Fi y recientemente los de radiodifusión de Televisión Digital Abierta de Alta Definición (entre otros) son ejemplos de esta dependencia. El espectro de frecuencias se ha convertido en uno de los recursos más necesarios y escasos de los tiempos modernos.

El crecimiento de la demanda mundial para el tráfico de datos móviles se ha incrementado en los últimos cuatro años a tasas que en muchos casos superan el 100%; y la tasa de crecimiento esperado es aún mayor [9]. Actualmente se estima en el orden de 134 Exabyte¹ anuales, lo que supone un incremento interanual del 66 por ciento para el periodo (2012-2017) [10].

El intenso 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 causa del congestionamiento en esas frecuencias, se ha intensificado el estudio de los llamados Espacios Blancos - White Space.

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”*[11].

En la actualidad, son intensos los esfuerzos de investigación realizados a nivel de organizaciones no gubernamentales, países y empresas de Telecomunicaciones para darle utilidad a esta parte del espectro que es desaprovechado. La importancia del tema, ha dado lugar a la creación de la *“Whitespace Alliance”*² cuya misión es *“Promover el desarrollo, despliegue y uso de estándares basados en productos y*

¹ EB (Exabyte) = 1.000 PB (Petabyte) = 1.000.000 TB (Terabyte).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 espectro de espacios en blanco.

²<https://www.whitespacealliance.org/>

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 República Argentina ha efectuado al crear e instalar el sistema de Televisión Digital Abierta - TDA, el mismo (infraestructura existente que) 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 Estado de la situación actual

A nivel mundial dos de cada tres personas no tienen acceso a la Red Internet y más de la mitad de la población del mundo vive en zonas rurales sin acceso a banda ancha³ o con muchas dificultades para obtener este tipo de servicios. Las razones son variadas. Por un lado es costoso cablear con cobre o fibra zonas rurales, aisladas o remotas, especialmente con baja densidad de poblacional. Las soluciones satelitales si bien son posibles, los costos de instalación, servicio y mantenimiento no son aun razonables para los posibles usuarios de estos servicios. Luego, las soluciones radioeléctricas terrestres aparecen como las más viables.

En muchos países, los proveedores de servicios inalámbricos tradicionales se han centrado en las zonas urbanas con alta densidad de población que proporcionan un rápido retorno de las inversiones necesarias para prestar el servicio. Pero aun en casos en que se realicen las mismas a pérdida, aparece un problema adicional que es determinar y asignar una porción del espectro de frecuencias para su explotación [12]; y ese no es un problema menor, dado que el espectro siempre se presenta como un bien escaso.

Por otra parte, las tecnologías existentes hasta hace muy poco tiempo, no han podido proporcionar una cobertura usando medios radioeléctricos que tengan un alcance importante, y máxime, cuando no existe una línea de visión directa. La experiencia de Corral de Lorca [5] [6] utilizando la Recomendación 802.11, si bien resultó interesante, demostró que la existencia de barreras verdes formadas por montes de cierta altura y las distancias requeridas conspiraba con la posibilidad de obtener niveles de señales interesantes para prestar un servicio continuo.

Una de las razones por la que se ha formado la WhiteSpace Alliance ha sido precisamente promover y buscar soluciones para convertir esta brecha digital en una oportunidad mediante el aprovechamiento no utilizado o subutilizado del espectro de frecuencias mediante nuevas normas de tecnologías de banda ancha que permitan proporcionar conectividad a un costo razonable, facilitando el uso de los espacios blancos y ayudando a poner en marcha la interoperabilidad de los sistemas.

Por otra parte, en muchos países como la Argentina, la transición de la televisión analógica a la digital puede proporcionar la oportunidad para salvar la brecha señalada. Al digitalizar cada canal de televisión analógica a digital se pueden obtener, según la norma utilizada, hasta 5 señales de definición estándar de televisión digital.

El exceso de espectro es a menudo llamado el "*dividendo digital*" y puede ser utilizado para proporcionar acceso de banda ancha, en tanto y en cuanto, no se

³<http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

produzcan interferencias a los usuarios con bandas asignadas por la autoridad regulatoria.

A su vez, los canales utilizados por las estaciones de televisión en las bandas de VHF / UHF tienen características de propagación altamente favorables para el alcance de larga distancia.

Las autoridades regulatorias de los países están actualmente estableciendo normas que permiten el uso sin licencia del espectro generado por los espacios blancos, en tanto y cuanto, su uso no interfiera con los receptores de televisión.

Los equipamientos que pueden cumplir con tales requerimientos utilizan técnicas de radio cognitiva, y al utilizar los espacios en blanco que permiten los canales de televisión obtienen del orden de diez veces mayor alcance, que las soluciones de acceso inalámbrico en bandas que están por encima de 1 GHz.

3 Nuevas tecnologías para el uso de los espacios blancos

3.1 Introducción

El problema de contar con equipamientos que puedan ser utilizados en los espacios blancos ha movilizó a distintas empresas de telecomunicaciones y a grupos de investigación a buscar soluciones que den respuesta a estos desafíos.

El uso de este tipo de equipamientos permitirá dar comunicaciones a zonas muy especiales como por ejemplo las rurales. Éstas en muchos países revisten significación por cuanto 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. Para 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. Algunas de ellas fueron estudiadas y evaluadas en la experiencia de Corral de Lorca ya señalada.

Posteriormente a la norma 802.11 fueron apareciendo distintas tecnologías que permitieron ampliar esta Serie merced al trabajo de distintos grupos de investigación.

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 Band⁴”. La misma fue aprobada con el apoyo del Comité LAN/MAN⁵ de la IEEE [8].

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.

⁴“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”.

⁵ LAN: Local Area Network; MAN: Metropolitan Area Network.

La norma que pertenece a la serie 802.XX⁷⁸ 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 bandas de radiodifusión.

La misma es conocida actualmente como Red Inalámbrica de Área Regional (WRAN) 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.

3.2 Características Generales de la Norma 802.22

La recomendación, además de proporcionar una solución al problema que nos ocupa, permite resolver dos problemas que afectan seriamente el uso del espectro de frecuencias. Uno es el problema de los llamados Espacios Blancos, y otro, el de las interferencias entre canales contiguos, ambos cada día más frecuentes debido al uso intensivo de las comunicaciones inalámbricas para todo tipo de servicios de comunicaciones.

Dichas características son desde el punto de vista de los sistemas de información muy interesantes, pues combinan un problema de comunicaciones, como es el uso adecuado del espectro, con el desarrollo de software especial que permite emplear las técnicas denominadas radio cognitiva

Las mismas moderan la interferencia que pueden ocasionar otros operadores existentes que trabajan en las mismas frecuencias y otorgan capacidad de geolocalización. Esto se ejecuta a través del acceso a una base de datos de los servicios establecidos, y así para detectar la presencia de otros servicios a través de la tecnología de espectro de detección. Para ello la norma señalada, se utiliza en combinación con otra conocida como WRAN o por su denominación IEEE 802.22.1.

Los sistemas WRAN se sirven de canales que van desde 54 a 862 MHz en las bandas de VHF y UHF. El uso de las tecnologías de radio cognitiva permite utilizar los espacios ubicados entre dos canales de TV abierta evitando la interferencia de estos servicios con las estaciones de televisión. Ambos operan en las mismas bandas.

La idea es utilizar las frecuencias que se han asignado para la transmisión del Sistema Nacional de Televisión Abierta integrándolo a un sistema basado en estas normas. Esto permitiría su uso en las comunicaciones rurales y en otros casos similares.

Estos esfuerzos de investigación realizados a nivel de distintas organizaciones para darle utilidad a esta parte del espectro están permitiendo posibles soluciones para el creciente tráfico.

Sin duda, requerirán la revisión y rediseño del marco regulatorio vinculado con la radiodifusión y del servicio celular, la mejora de los estándares de compresión, la sustitución de varios servicios inalámbricos -para que sus señales se transporten por satélite o por cable-, la solución a este problema será sin duda el acceso dinámico

⁷ Redes Inalámbricas.

utilizando las tecnología conocida como radio cognitiva, tecnología ésta que utiliza la norma 802.22.

La Tecnología de Radio Cognitiva (CRT) se considera actualmente una de las mayores posibilidades existentes para hacer frente a la creciente escasez de espectro y está orientada a aprovechar las frecuencias subutilizadas, es decir los huecos temporales de las señales primarias, y los diferentes tipos de espacios en blanco.

Si bien se encuentra ya desarrollada para variadas aplicaciones, a medida que el mismo avance cada vez más en su desarrollo podrá proporcionar tecnologías para una variedad de aplicaciones tales como: banda ancha rural, de seguridad pública y de respuesta de emergencia, uso de frecuencias urbanas, etc.

Esta tecnología también tendrá consecuencias significativas para la detección dinámica y gestión del espectro.

3.3 Software Definido por Radio

El crecimiento exponencial de las formas y los medios por los que la gente necesita comunicarse utilizando dispositivos inalámbricos ha llevado a que estos sean diseñados teniendo en cuenta dos aspectos centrales: *facilidad de operación*⁹ y una relación costo/prestaciones conveniente. Ambos, se han transformado en factores críticos para el éxito de un producto.

Una nueva tecnología conocida como “*Software Definido para Radio - SDR*”¹⁰ proporciona flexibilidad y rentabilidad tanto a usuarios finales, como beneficios a los proveedores de servicios y a los desarrolladores de productos [14]. Un foro especial que se ha formado, denominado “Wireless Innovation Forum”¹¹, integrado por investigadores, fabricantes de equipos de telecomunicaciones y operadores de distintos servicios, se ocupa de impulsar estas nuevas tecnologías.

Este foro ha definido el concepto de Software Defined Radio como “*equipos de radiocomunicaciones en los que una parte o la totalidad de las funciones de la capa física son ejecutadas por programas de software*”.

La radio es un dispositivo que transmite o recibe señales inalámbricas utilizando una porción del espectro de radio. Dispositivos de radio tradicionales basados exclusivamente en hardware (por ejemplo: mezcladores, filtros, amplificadores, moduladores/demoduladores y detectores) poseen la limitación de que, debido a que sus características, se pueden modificar solamente por intervención física.

Por el contrario, un equipo que utilice la tecnología Radio Definida por Software - SDR podrá ejecutar muchas de sus funciones por medio de un software específico ya sea sobre un computador o a través de un sistema embebido.

El concepto no es nuevo, pero las capacidades generadas a causa de la rápida evolución que ha tenido electrónica digital ha permitido que muchos procesos que antes eran sólo teóricamente factible hoy día sean ejecutados en forma práctica utilizando estos recursos [15].

Bajo esta tecnología, el software ha demostrado ser eficiente, y a un costo relativamente barato. Por otra parte, se pueden realizar mejoras continuas en los

⁹También describirse como “*manejo intuitivo*”.

¹⁰Software Defined Radio.

¹¹<http://www.wirelessinnovation.org/>

equipos a través de actualizaciones del software. En muchos casos, el software ya gestiona todas o la mayoría de las funciones que se requieren para operar el equipo (incluyendo, como se expresó) el procesamiento de la capa física.

3.4 Radio Cognitiva¹².

A finales de la década de los años 90, Joseph Mitola¹³ y Gerald Maguire, investigadores del Instituto Real de Tecnología de Estocolmo desarrollaron una tecnología que llamaron *Cognitive Radio*. La misma es una mejora de un trabajo anterior que habían presentado sobre trabajos relacionados con *Software Defined Radio* [15] [16].

Si bien Radio Definida por Software ofrece un gran potencial, es cierto que también se necesita una importante capacidad de procesamiento que puede limitar su flexibilidad, además de requerir una adecuada respuesta de la red.

La tecnología de Radio Cognitiva consiste en la introducción en el funcionamiento de los equipos de software de comunicaciones embebido utilizando el lenguaje “*Radio Knowledge Representation Language – RKRL*”.

Este puede considerarse un sistema inteligente y eficaz para las comunicaciones de radio y el funcionamiento de los protocolos. Consiste en proporcionar mecanismos basados en el uso de tecnología inteligente que permiten optimizar el espectro de frecuencias.

Como se mencionó, el uso y la asignación de frecuencias en un espectro saturado no es óptimo, originándose espacios blancos, en especial en las bandas que utilizan los operadores de la TV Digital Abierta.

Entre otras, esas fueron las razones que llevaron a desarrollar la tecnología cognitiva de radio para las comunicaciones inalámbricas, la que busca detectar -y luego utilizar- las partes del espectro de radiofrecuencia empleados ineficientemente, permitiendo su reutilización sin causar interferencias con los servicios que se les asignen.

Este procedimiento logra, mediante la asignación de frecuencia variable, que otros servicios se aprovechen de las partes no utilizadas del espectro, como trabaja por ejemplo la Recomendación 802.22 para ocupar los espacios blancos.

El uso de software inteligente Cognitive Radio analiza periódicamente el espectro en busca de *espacios blancos*, detecta el uso dado a cada uno de ellos, y luego determina si son reutilizables. Si lo son el sistema funciona cambiando los parámetros del transmisor basados en la interacción con el medio ambiente.

Tiene la capacidad y la tecnología para capturar o detectar la información de otros equipos de radio que están trabajando en la misma frecuencia y mediante sistemas de programación dinámica reconfiguran las frecuencia de transmisión permitiendo que se pueda transmitir y recibir en una variedad de frecuencias y de utilizar diferentes tecnologías de acceso de transmisión soportados por su diseño de hardware.

¹² Mitola define cognitive como “*la combinación de conocimiento declarativo y de procedimiento en un sistema que aprende de su propia experiencia*”.

¹³ Joseph Mitola III recibió su doctorado en dicho Instituto con su tesis: *Cognitive Radio: An Integrated Agent Architecture for Software Defined Radio*.

Desde la primera versión 802.3 hasta el presente, se han abordado diferentes requisitos en las comunicaciones inalámbricas.

Figura 1 ilustra los estándares inalámbricos más significativas, y la posición relativa de estándar 802.22.

Se puede observar que los distintos estándares cubren radios que pueden ser pequeños, entendido por tales los que se extienden hasta 10 m y de mayor tamaño como el que está analizando que llega a cubrir hasta 100 km.

5 Pruebas de Campo

El Ente Nacional de Comunicaciones - ENACOM ha recientemente aprobado el “*Reglamento General del Servicio Universal*” por medio de la Resolución N° 2642/2016 de fecha 17 de mayo de 2016. Dicho Reglamento en su articulado, “*Título III, Artículo 19° Programas, apartado c. Conectividad en zonas Rurales y zonas en geográficas desfavorables para el desarrollo de servicios TIC*” prevé desarrollar aplicaciones, utilizando las modernas tecnologías radioeléctricas disponibles con el fin de permitir la distribución de señales digitales que puedan transportar voz, datos e Internet en zonas rurales, aprovechando parcialmente la infraestructura del Sistema Argentino de Televisión Digital Terrestre (SATVD-T).

Dicho Ente, luego de haber tomado conocimiento del trabajo que viene realizando este Grupo de Trabajo, lo ha convocado a los efectos de realizar pruebas de campo que permitan verificar si estas tecnologías permitirían proveer el Servicio Universal de Comunicaciones previsto en la mencionada disposición tanto para ámbitos rurales como para las zonas de baja densidad poblacional que no cuentan con el servicio universal.

A tal efecto actualmente se está trabajando en analizar los equipamientos disponibles en el mercado, sus costos y disponibilidades para comenzar a realizar las mencionadas pruebas de campo. Esta tarea esta ya avanzada y una vez finalizada se adquirirían los equipos disponibles para realizar las pruebas correspondientes.

Similares pruebas se están en estos momentos realizando con los mismos fines en Canadá, Estados Unidos, Reino Unido, Singapur, Uruguay, Sud África, Kenia, India, Filipinas, entre otros países.

6 Conclusiones

Por sus características y prestaciones parecería que la Norma IEEE 802.22 puede resultar adecuada para organizar un sistema de comunicaciones rurales. Esta norma pensada para distancias de hasta 100 km cumpliría largamente las exigencias que impone la dispersión de la población rural alejada de los centros poblados.

Tiene el respaldo de un conjunto de normas exitosas que la preceden y de la cual ella toma numerosas ideas, sobre todo lo que hace al funcionamiento de la capa de enlace, por cuanto toma elementos de la norma 802.3, de amplia difusión y conocimiento.

En consecuencia la utilización de la Norma IEEE 802.22 posibilitará solucionar el problema de comunicación que presentan las pequeñas y olvidadas localidades pequeñas utilizando la moderna infraestructura brindada por la Televisión Digital Terrestre (TDT).

Como se mencionó en el presente trabajo entre las técnicas posibles para optimizar el empleo del ancho de banda utilizado en transmisiones de TDT citaremos la directamente vinculadas a los sistemas de información conocidas como Software Defined Radio (SDR). Esta técnica consiste en que una parte o la totalidad de las funciones de los equipos de comunicaciones radioeléctricas son manejadas por programas informáticos. Este tipo de tecnología abre un importante camino a los Especialistas en Sistemas de Información por la trascendencia que tendrá en el desarrollo de equipamientos de comunicaciones.

A finales de la década de los 90, apareció un nuevo sistema denominado Cognitive Radio, que resulta una variante del sistema antes mencionado y que consiste en un verdadero sistema inteligente que posibilita, entre otros aspectos, manejar comunicaciones radioeléctricas logrando optimizar el espectro de frecuencias utilizado en los sistemas de TV Digital de Radiodifusión, entre otras aplicaciones.

Cabe recordar que en la red de Televisión Digital Terrestre existen estaciones que permiten que las antenas digitales envíen la señal digital a los equipos receptores de los usuarios. Estas estaciones convierten la señal digital en imágenes y sonidos que pueden ser mostradas en cualquier tipo de pantalla, este aspecto es de suma importancia para la implementación de un sistema de comunicaciones rurales.

Paralelamente, 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, que como se ha señalado en este trabajo es cada vez más escaso y congestionado

7 Futuros Trabajos

Se estima que se deberá continuar con el estudio de esta recomendación en sus aspectos técnicos, para determinar fundamentalmente sus limitaciones, si ellas existieran.

Se requerirá un relevamiento del equipamiento que el mercado está ofreciendo sobre esta norma y un análisis de las capacidades del mismo. De esa manera se podrá tener una idea de los costos requeridos para cubrir distintas zonas del territorio nacional.

De la misma manera que se hizo con el Proyecto Corral de Lorca se deberá efectuar una prueba de campo para verificar el verdadero rendimiento del equipamiento y la dificultad que requerirá su despliegue.

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.

8 Referencias

1. Antonio Castro Lechtaler (Director). PICTO 11-18621. Redes Privadas Comunitarias. Proyecto FONCyT, ANPCyT. Working Paper.
2. J. García Guibout, C. García Garino, A. Castro Lechtaler, R. Fusario and Guillermo Sevilla. Physical and Link Layer in Power Line Communications Technologies. Proceedings of 13th of Argentine Congress on Computer Science. ISBN 978 - 950 - 656 - 109 - 3. pp. 56 a 67. Corrientes. October 2007.
3. J. García Guibout, C. García Garino, A. Castro Lechtaler, R. Fusario and Guillermo Sevilla. Power Line Communications in the Electric Network. Proceedings of 13th of Argentine Congress on Computer Science ISBN 978 - 950 - 656 - 109 - 3. pp. 68 a 79. Corrientes. October 2007.
4. J. García Guibout, C. García Garino, A. Castro Lechtaler and R. Fusario. Transmission voice over 802.11. Proceedings of 14th of Argentine Congress on Computer Science. ISBN 978 - 987 - 24611 - 0 - 2. pp. 307 a 318. Chilecito. October 2008.
5. 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.
6. 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. 121a 127. Orlando, USA. June 2010.
7. <http://www.cplus.org/rmw/index.html> (Radio mobile software).
8. IEEE 802.22 - Cognitive Wireless RAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Policies and Procedures for Operation in the TV Bands.
9. Carlos Cordeiro, Kiran Challapali, and Dagnachew Birru, Sai Shankar N. IEEE 802.22: An Introduction to the First Wireless Standard based on Cognitive Radios Journal of Communications, Vol. 1, N° 1, april 2006.
10. http://www.cisco.com/c/es_es/about/press-2013/2013-02-05-traffic-global-de-datos-moviles-se-multiplicara-por-trece-en-2017.html.
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. http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse574-14/ftp/j_09wsp.pdf
13. http://www.wirelessinnovation.org/introduction_to_sdr
14. Dillinger, M; Madani, K; Alonistioti, N. Software Defined Radio: Architectures, Systems and Functions. Ed. Wiley & Sons, 2003.
15. J. Mitola, G. Maguire. Cognitive radio: making software radios more personal. IEEE Personal Communications Magazine, vol. 6, Nr. 4, pp. 13–18, Aug. 1999.
16. J. Mitola. 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 Teleinformatics. ISSN 1403 - 5386. Sweden. May 8. 2000.