

IEEE 802.22, SUPER WI-FI.

Ing. José Antonio Castro del Portillo¹, Ing. Loraine Perdomo Gutiérrez², MSc. Ismary Lavandera Hernández³, MSc. J. Justo Morales⁴

¹e-mail: jose.cd870821@gmail.com, ²e-mail: loraine.pg@nauta.cu, ³e-mail: ilavandera@electrica.cujae.edu.cu⁴

e-mail: jjusto@electrica.cujae.edu.cu

¹²MINCOM, Ave. Independencia y 19 de Mayo, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba

³⁴CUJAE, Ave 114 #11901 e/ 119 y 127, Marianao, Ciudad Habana, Cuba.

RESUMEN

Este artículo presenta una visión general del estándar IEEE 802.22 WRAN o comúnmente llamado Súper Wi-Fi o White-Fi, el cual es un estándar basado en la tecnología de Radio Cognitivo y tiene como finalidad brindar servicios de banda ancha en zonas donde la densidad de población es relativamente baja, de manera económica y alcanzando grandes distancias. El IEEE 802.22 usa para sus transmisiones los canales disponibles de la televisión o espacios en blancos (White Space) en el rango de operación de 54 – 862 MHz correspondientes a las bandas UHF/VHF, bajo la premisa de no causar interferencia a otros servicios autorizados, lo que trae consigo un mejor uso del espectro radioeléctrico. Para su correcta operación se apoya de las técnicas de Radio Cognitivo, que se ocupa de escanear y detectar en todo momento los canales disponibles del espectro en el intervalo de operación del estándar.

PALABRAS CLAVE: WRAN, Espacios Blancos, Redes Inalámbricas, Radio Cognitivo.

ABSTRACT

The current article introduces a general vision of standard IEEE 802.22 WRAN or commonly called Super Wi-Fi or White-Fi, which is an standard based on Cognitive Radio technology and it have as purpose to offer broadband services in areas where population's density is relatively low in an economic way, reaching long distances. IEEE 802.22 uses for their transmissions available channels of TV or White spaces in the 54 - 862 MHz ranges corresponding to UHF / VHF bands, under the premise of not causing interference to other authorized services, which in turn brings a better use of the radioelectric spectrum. For proper operation, this standard is based on the Cognitive Radio techniques. This solution allows to scan and to detect available channels of the spectrum in the frequency interval of the standard.

KEYWORDS: WRAN, White Spaces, Wireless Network, Cognitive Radio.

INTRODUCCIÓN

Las redes inalámbricas han tenido un gran auge debido a sus ventajas en las comunicaciones. El hecho de que un usuario no tenga la necesidad de estar anclado a un lugar fijo, ha sido un paso decisivo en el desarrollo de las telecomunicaciones destacándose así las redes móviles y las redes Wi-Fi (Wireless Fidelity, Fidelidad Inalámbrica). Estas últimas, debido a sus bajos costos y fácil instalación se han convertido en una tecnología capaz de llevar servicios a sectores de la sociedad, pero en ocasiones su alcance es frenado por las restricciones del espectro radioeléctrico disponible en los diferentes países. Esto ha dado lugar a que sitios escasamente poblados en diferentes partes del mundo no puedan disponer de esta tecnología. Existen muchas vías para llevar conexión de banda ancha a estos sitios, como fibra óptica, enlaces XDSL (digital Subscriber Line, Línea Suscriptor Digital), entre otras tecnologías, pero no resulta rentable para ninguna empresa dada la baja densidad poblacional de estos lugares.

En julio del 2011 surge un nuevo estándar inalámbrico que proporciona un mayor alcance y a su vez un mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico. Este es el estándar 802.22 WRAN (Wireless Regional Area Network, Redes Inalámbricas de Área Regional), también conocido como *Súper Wifi* del IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos). Dada la reciente migración a la TV digital, este aprovecha los canales de televisión en desuso, llamados **Espacios Blancos (White Spaces)**, para realizar sus transmisiones sin que estas interfieran, consiguiendo así una señal más fuerte ante interferencias y un mejor uso del espectro radioeléctrico.

Este estándar posee algunos aspectos que influyen en el desarrollo tecnológico alcanzado hasta hoy, ya que al ser un nuevo estándar inalámbrico, con diferentes características de la Wifi actual supone la creación de nuevos equipos con la capacidad de conectarse a este tipo de redes, o la recurrencia a dispositivos intermedios capaces de establecer puentes entre redes WRAN y WiFi.

El estándar posee una arquitectura basada en la configuración punto – multipunto, donde cada estación base está provista de un GPS para informar de su posición. También se utilizarán técnicas de escaneo y detección de espectro para evitar provocar interferencias a los canales de TV tanto analógicos como del sistema TDT (Televisión Digital Terrestre).

ESTÁNDAR IEEE STD. 802.22-2011 WRAN (WIRELESS REGIONAL AREA NETWORK, REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA REGIONAL)

El estándar IEEE 802.22 conocido como WRAN, está destinado a lograr conexiones de banda ancha inalámbrica de larga distancia. Es una nueva tecnología revolucionaria encaminada a proveer acceso de banda ancha a sitios rurales principalmente donde el despliegue de otra tecnología sería muy costoso. Este revolucionario estándar es el primero en usar el paradigma de Radio Cognitivo (CR, *Cognitive Radio*) como técnica de acceso al medio, haciendo un uso eficiente del espectro radioeléctrico. Para su funcionamiento la nueva tecnología se basa en la utilización de los canales de televisión que están en desuso en las porciones de las bandas de VHF (*Very High Frequency*) y UHF (*Ultra High Frequency*). Súper Wifi, mediante avanzadas técnicas de detección y administración de espectro, conocida como Radio Cognitivo, explorará los rangos de frecuencia situados entre los 54 MHz y los 862 MHz buscando canales de televisión, tanto analógicos como digitales, utilizando los canales que no estén en uso.

Hay muchos métodos que pueden ser usados por una red de radio cognitivo para estar consciente de su entorno espectral. Los métodos usados en IEEE 802.22 para el conocimiento espectral son geo-localización y detección del espectro. En el primer método, el conocimiento de la localización de los dispositivos de radio cognitivo combinados con una base de datos de transmisores autorizados pueden

ser usados para determinar cuál canal está disponible localmente para reuso por las redes de radio cognitivo. La detección del espectro consiste en observar el espectro e identificar qué canal está ocupado por la transmisión autorizada. Así las redes 802.22 pueden identificar los canales permitidos para sus transmisiones y moverse a un nuevo canal en desuso si este se ocupa por una transmisión autorizada.

La arquitectura de red es punto a multipunto. La Estación Base, determina quién accede al medio en cada momento. Cada una va provista de un GPS para informar de su posición a los CPEs (*Customer-Premises Equipment*, Equipos locales de atención al cliente) y otras BS (Base Station, Estación Base). Estos datos se envían a una base de datos central que tiene información de todos los canales de TV activos en la zona tanto analógicos como digitales en UHF y VHF- pudiendo utilizar de este modo canales de TV que no estén actualmente en uso[1]. Proporciona además la posibilidad de operar sin línea de visibilidad directa (*NLOS*, *Non line of Sight*) por lo que permite, en teoría usando un sólo canal de TV, llegar a tasas de transferencia de 22 Mbps en un amplio alcance de 30 hasta 100 Km, sin que sea necesario antenas con visión directa. Si es necesario mayor velocidad de transferencia se pueden usar más canales vacíos, usando una técnica llamada "unión de canales" (*Channel Bonding*).

Con niveles relativamente bajos de ruido industrial y reflexiones ionosféricas, antenas de tamaño razonables y características de propagación, NLOS aceptables, las bandas de transmisión de televisión en UHF/ VHF son ideales para cubrir grandes áreas en ambientes rurales escasamente poblados. La figura 1 muestra como el estándar 802.22 agrupa las familias de los estándares de comunicación de datos inalámbricos desarrollados por la IEEE.

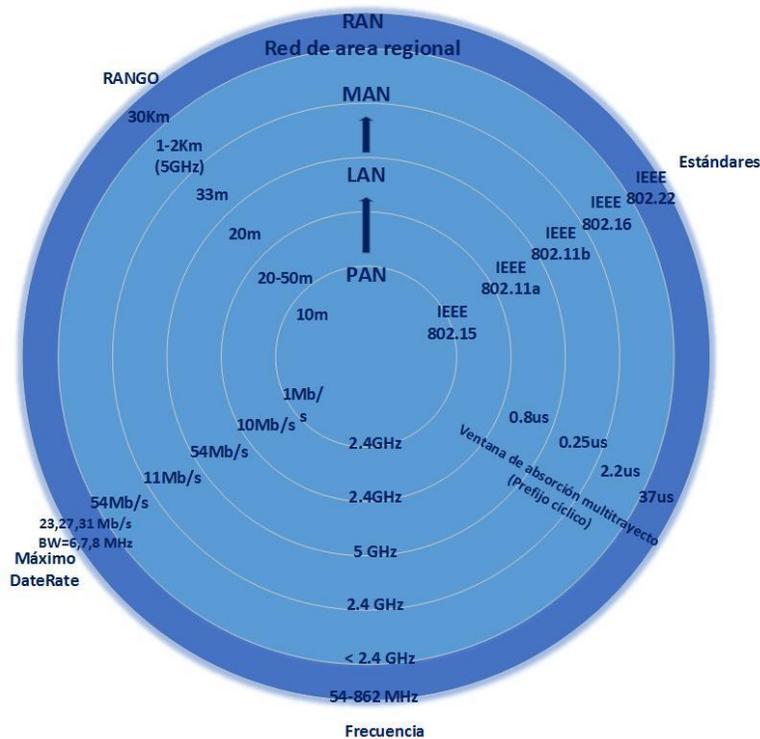


Figura 1: Estándares de la IEEE 802[2]

CAPACIDAD DEL SISTEMA

El sistema ha sido definido para permitir a los usuarios alcanzar un nivel de rendimiento similar al de los servicios DSL. Esto equivale a una velocidad descendente o descarga de alrededor 1,5 Mbps en la periferia y un enlace ascendente de 384 Kbps. Estas cifras suponen 12 usuarios simultáneos. Para lograr esto el sistema en general debe tener una capacidad de 18 Mbps en dirección descendente. En la tabla 1 se resumen los parámetros básicos de este estándar.

Tabla 1 Parámetros Básicos del Estándar IEEE 802.22.

Parámetros básicos	IEEE 802.22
Radio de cobertura	30-100 Km
Capacidad del canal	18 Mb/s
Capacidad de usuario	Descendente: 1.5 Mb/s Ascendente: 384 Kb/s
Modulación	OFDMA
Ancho de Banda del canal	6, 7, 8 MHz

CARACTERÍSTICAS DE LA MODULACIÓN Y CODIFICACIÓN

Según lo especificado en el estándar, el esquema de modulación que utiliza una red WRAN es OFDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal, Orthogonal Frequency-Division Multiple Access). Al usar esta técnica de compartición del espectro se puede hacer un uso más eficiente del limitado ancho de banda en el que un sistema de radiocomunicaciones opera. Para que las componentes con mayor densidad espectral de potencia de cada una de las subportadoras optimicen el uso de la porción del espectro radioeléctrico utilizado, se ubican las portadoras del canal de comunicaciones separadas 90° entre sí.

Como parte de las características de la capa física de esta tecnología, el estándar IEEE 802.22 especifica que la WRAN utiliza esquemas de modulación adaptativa. Este sistema ajusta dinámicamente el ancho de banda, la modulación y el esquema de codificación según la relación señal/ruido percibida, de esta manera la red proporcionará velocidades de transferencia de datos mayores cuando la relación señal/ruido proporcione las condiciones óptimas para que el esquema de modulación utilizado sea el más eficiente [3]. Según se aprecia en la Figura 2, el uso de modulación adaptativa permite que un sistema inalámbrico pueda escoger el orden de modulación en función de las condiciones del canal.

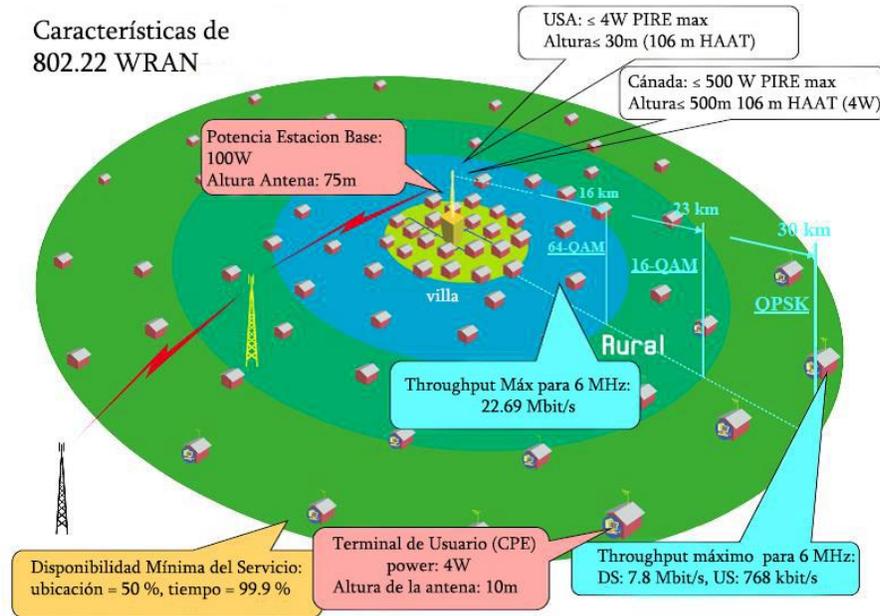


Figura 2 Características de la WRAN 802.22[4]

IEEE 802.22 define 12 combinaciones de 3 modulaciones (QPSK (Quaternary Phase Shift Keying, Codificación de Fase en Cuadratura), 16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation, Modulación de amplitud en cuadratura), 64-QAM) para usarse dentro de la señal OFDM y 4 tasas de codificación convolucional (1/2, 2/3, 3/4, 5/6) para la comunicación de datos, que pueden ser escogidas flexiblemente entre varias para lograr diferentes intercambios de velocidad de datos (data rate) y robustez, dependiendo de las condiciones del canal y las interferencias.

CARACTERÍSTICAS DE LA CAPA FÍSICA (PHY)

La capa PHY como se muestra en la tabla 2, definirá una interfaz inalámbrica simple basada en 2048 portadoras con OFDMA para proveer un enlace de punto a punto seguro apropiado para la operación sin línea de visibilidad directa[2]. Para soportar los anchos de banda de los distintos canales de TV comúnmente empleados (canales 6, 7, 8 MHz), se adapta por el ancho de banda del canal la frecuencia de muestreo, espacio entre las portadoras, duración de símbolo, ancho de banda de la señal y velocidades de datos, para la operación mundial.

Tabla 2: Características del IEEE 802.22

Parámetros generales	IEEE 802.22
Interfaz Inalámbrica	OFDMA
Transformada Rápida de Fourier	Single mode (2048)
Perfil de Canal OFDMA (MHz)	6, 7, o 8 (acorde al dominio regulatorio)
Asignación de la ráfaga	Lineal
Cambio de subportadora	Distribuido con intercalado mejorado
Técnicas Múltiples-Antenas	No Soportado
Estructura de Trama/SuperTrama	Soporta una estructura de supertrama basada en grupos de 16 tramas. Duración de trama: 10ms
Coexistencia con servicios autorizados	Administración de detección del espectro, administración de geolocalización, búsqueda de bases de datos de servicios autorizados y administración del canal
Auto-Coexistencia	Distribución Dinámica del Espectro
Comunicación Inter-redes	Aviso de coexistencia sobre interfaz inalámbrica o sobre redes IP

CAPA DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO (MAC)

La capa MAC provee las herramientas necesarias para la protección de los servicios autorizados que trabajan en las bandas de TV y para la coexistencia entre ellos, además garantiza una transmisión de datos flexible y eficiente. Esta capa es aplicable para cualquier región en el mundo, pues no requiere el establecimiento de parámetros específicos para cada país.

La MAC es orientada a la conexión, por lo que sus conexiones son una componente clave que requiere el mantenimiento activo y por lo tanto pueden ser dinámicamente creadas, borradas y cambiadas si es necesario. Una conexión define los mapeos entre los procesos de convergencia en los CPEs y la BS.

Self-coexistence (Auto-coexistencia)

Múltiples sistemas WRAN podrían operar en la misma vecindad, como se describe en la Figura 3, donde las interferencias provocadas en las operaciones co-canal degradarían significativamente el rendimiento del sistema. Para evitar esto la MAC del 802.22 utiliza mecanismos de coexistencia basados en el protocolo CBP y en esquemas de compartición del espectro[5]. Estos mecanismos permiten que la capa MAC sea muy flexible, adaptable al medio y que además pueda reaccionar ante cambios repentinos.

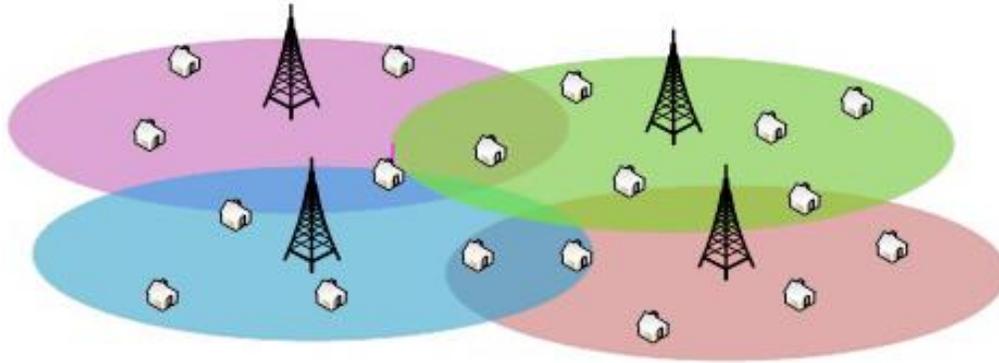


Figura 3: Escenario para auto-coexistencia.

CAPACIDADES DE RADIO COGNITIVO

Con la finalidad de que el estándar 802.22 pueda operar en las bandas de transmisión de la TV sin causar interferencias en la TV digital, TV analógica u otros servicios autorizados, el sistema WRAN debe ser “consciente” de todas las operaciones autorizadas en su medio. Para el cumplimiento de estas capacidades cognitivas el sistema realiza varios procedimientos necesarios, los cuales son la geolocalización, acceso a la base de datos de canales disponibles, y detección del espectro.

❖ Detección del espectro (Spectrum Sensing)

La detección del espectro es el proceso de observar el espectro de RF de un canal de TV para determinar si está ocupado (por servicios autorizados o por otras WRAN)[6]. La BS y todos los CPE presentan la Función de Detección del Espectro (Spectrum Sensing Function, SSF). La SSF será manejada por el SSA, observará el espectro de RF de un canal de TV y reportará los resultados de la observación al SM (Spectrum Manager), en la BS, a través su SSA asociado.

❖ Geolocalización

El estándar IEEE 802.22 puede usar dos modos de geolocalización, una es la basada en satélite que es obligatoria y la otra es la terrestre que es opcional. La tecnología de geolocalización detectará si un dispositivo se mueve en la red a una distancia mayor que el valor especificado, si esto ocurre la BS y el CPE seguirán las regulaciones locales y obtendrán una nueva lista de canales disponibles desde el servicio de base de datos basada en la nueva localización del dispositivo[6].

➤ Geolocalización basada en satélite

La capacidad de geolocalización basada en satélite será usada por la BS y el CPE para determinar la latitud y longitud de su antena transmisora dentro de un radio de 50 metros, además pueden usar la información de altitud obtenida. Cada CPE proveerá sus coordenadas de geolocalización usando las cadenas NMEA (National Marine Electronics Association, Asociación Electrónica de la Marina Nacional) para la BS durante el proceso de registro, figura 4. El sistema WRAN usará la cadena NMEA proveniente del subsistema de geolocalización basada en satélite de cada CPE para determinar la localización de los CPEs. Las antenas de geolocalización deben ser colocadas con el transmisor y el detector de antenas (≤ 1 m de separación)[6].

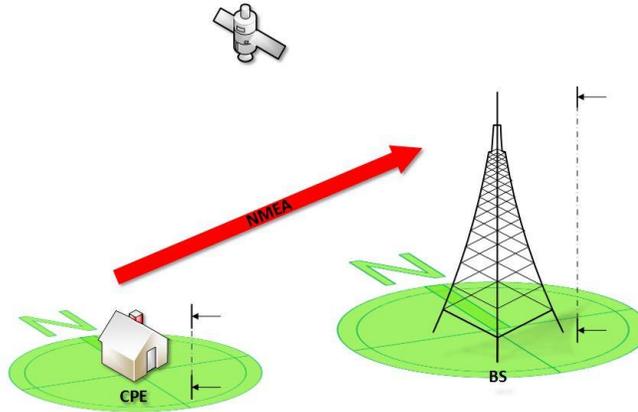


Figura 4: Geolocalización basada en satélite

➤ Geolocalización terrestre

El estándar 802.22 puede usar de forma opcional la geolocalización terrestre, la cual le provee las herramientas necesarias a las capas MAC y PHY. La geolocalización terrestre determina con gran exactitud el rango entre la BS y un determinado grupo de CPE. Posteriormente utilizando técnicas de triangulación establece la geolocalización de un CPE determinando las distancias precisas entre el CPE a ser geocalizado y un número de CPE referenciados pertenecientes a la misma celda, figura 5.

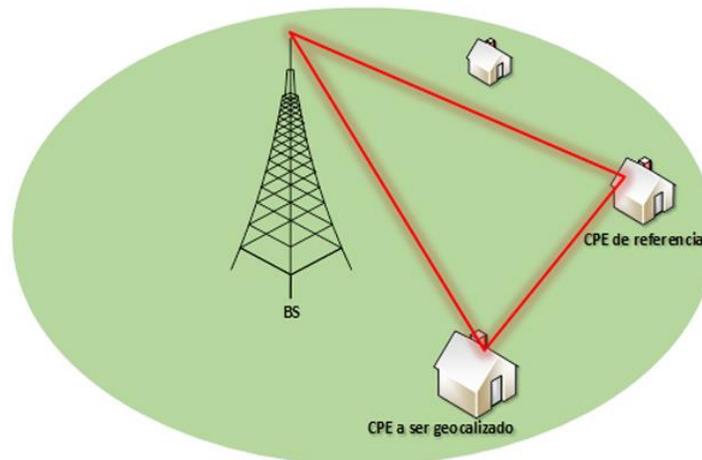


Figura 5: Método de triangulación usado en la geolocalización terrestre.

El objetivo de este proceso es permitir que una entidad llamada geolocalizador construya una representación gráfica precisa de la localización geográfica de los CPEs que forman una celda, bajo el control de la BS. Esto es logrado usando la capacidad de la modulación de multiportadora coherente, inherente a las técnicas de OFDM/OFDMA usadas en el estándar 802.22[6].

➤ **Servicio de base de datos**

El sistema 802.22 WRAN presenta una arquitectura punto-multipunto como se ha explicado anteriormente. La BS es quien tiene el control de todos los parámetros de RF del CPE, como son la frecuencia, la PIRE (Effective Isotropic Radiated Power, Potencia Isotrópica Radiada Equivalente), la modulación, etc., manteniendo una relación master-esclavo. Para acceder al servicio de base de datos existe una interfaz entre la BS y la base de datos que establece la comunicación entre ellos. La arquitectura del sistema junto con la interfaz de la base de datos se muestra en la figura 6.

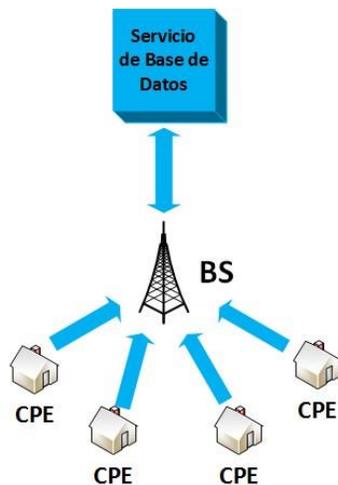


Figura 6: Estructura del acceso a la base de datos en IEEE 802.22

La BS inicialmente se registrará con el servicio de base de datos como un dispositivo fijo. Además registrará a los CPE que estén asociados a ella con sus respectivas localizaciones geográficas, identificación de dispositivos, etc. La BS consultará la base de datos, al menos una vez cada 24 horas, mediante el mensaje M-DB-AVAILABLE-CHANNELREQUEST (Solicitud de Canal Disponible), con el cual puede obtener la información del canal. Además el servicio de base de datos puede ofrecer una actualización a la BS mediante la tecnología de Internet “push” una vez obtenida la dirección de la red de la BS. Con esta tecnología se logra un mejor tiempo de reacción que con el acceso mínimo de 24 horas, manteniendo así un tráfico mínimo hacia la base de datos.

Además de las capacidades cognitivas que permite este estándar, explicadas anteriormente, se puede agregar que los CPEs pueden alertar a la BS del solapamiento de celdas y de las interferencias. La BS puede pedir a un CPE en particular que se mueva a otro canal y además coordinar con otra BS para compartir el canal o trasladarse a otro.

BENEFICIOS DE SÚPER WIFI

Este estándar al usar las bandas de televisión UHF/VHF, para realizar las transmisiones, presenta un gran número de ventajas:

❖ Mayor rango de cobertura

La señal de la WRAN viaja mayores distancias que la señal de la Wifi típica, con un radio de cobertura teórica de 17 a 30 km, pudiendo alcanzar una distancia de 100 km, en dependencia de la PIRE y la altura de la antena. Esta distancia representa 170 veces la distancia de la Wifi convencional y 28 900 veces su área de cobertura, tomando como referencia la distancia mínima teórica, figura 7. La red de área regional tiene menor consumo de potencia, de costo y brinda mayores anchos de banda.

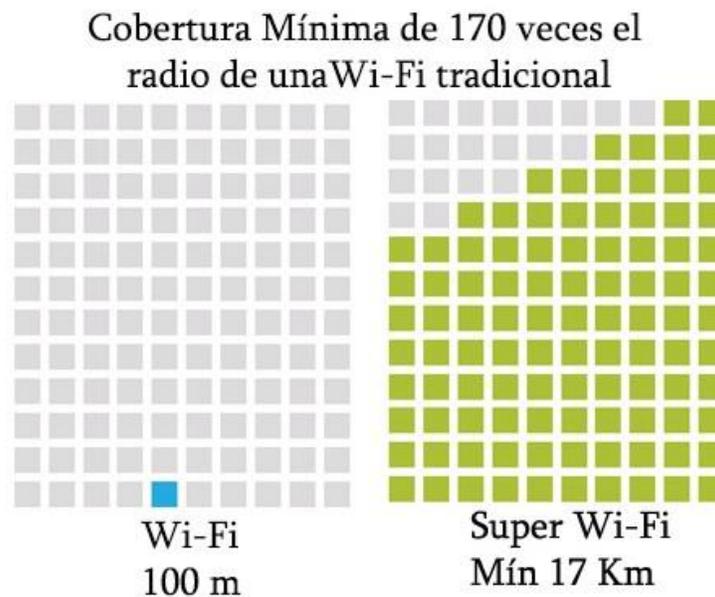


Figura 7: Comparación entre los rangos de cobertura de Wi-Fi y WRAN

❖ Penetra los obstáculos

Wifi es relativamente débil frente a obstáculos. La mayoría de los centros poblacionales presentan muchos impedimentos con Wifi, además de que casi cualquier instalación en un edificio con más de algunas habitaciones, eventualmente presentará limitantes. De esta manera, muchas áreas rurales presentan dificultades para usar esta tecnología debido al denso follaje o desafíos topográficos. WRAN realiza sus transmisiones en las bandas UHF/VHF lo que la hace más fuerte ante interferencias y le permite a la señal alcanzar sitios de difícil acceso, donde no es rentable la instalación de otro tipo de tecnología capaz de llevar el acceso de ancho de banda.

❖ Mayor eficiencia

Cubriendo un rango más largo y más amplio con aproximadamente la misma potencia resulta un sistema que repartirá más ancho de banda y brindará más beneficios, en cuanto a menor costo de la red y menor consumo de potencia. Además, los consumidores podrán satisfacer sus necesidades de ancho de banda cada vez mayores y proveer más through put (Ancho de Banda Efectivo) en más lugares y más consumidores.

El uso de los espacios en blancos (White Space) (WS) de la televisión para la transmisión proporciona una mayor eficiencia y rendimiento del espectro radioeléctrico. Permite muchas aplicaciones además de llevar el acceso de ancho de banda a zonas rurales, como son servicio médico remoto, gestionar tráfico inteligente de una ciudad. Ej. Semáforos. Monitorización de fábricas, etcétera.

CONCLUSIONES

Las soluciones de redes de datos, fijas e inalámbricas, de la familia de estándares de la 802.11 se han concentrado en las zonas urbanas de alta densidad, dejando de lado las extensas áreas rurales. A causa de esto, el desarrollo de la red Súper WiFi es de vital importancia, debido a que podría ser la base del despliegue de redes de acceso de banda ancha y romper con la brecha digital en zonas en las que los operadores no realizan inversiones porque no las consideran rentables o porque es muy costoso el despliegue.

El estándar Súper WiFi presenta grandes ventajas pues al utilizar bajas frecuencias en sus transmisiones, disminuye la atenuación de la señal y, por tanto, es más inmune a obstáculos y puede cubrir un mayor rango de cobertura, además al utilizar las frecuencias que se encuentran en desuso por parte de las transmisiones de televisión se realiza un aprovechamiento del espectro radioeléctrico, el cual es cada día más escaso. Sin dudas, **Súper Wi-Fi** va a ser toda una revolución en lo que se refiere a las conexiones a internet.

Este estándar es el que más beneficios puede brindar a países que contienen grandes zonas rurales. Cuba es sin dudas uno de ellos, donde las zonas rurales ocupan el 24 % del territorio nacional[7], siendo esto un gran inconveniente para el despliegue de las telecomunicaciones en el país.

Con el despliegue del estándar 802.22, se puede dar cobertura a todo el país reduciendo considerablemente el número de antenas necesarias, siempre y cuando cumplan las condiciones necesarias para la comunicación. Con esta nueva red, se logra que todos los usuarios se conecten entre sí, disminuyendo las interferencias causadas por paredes u otros obstáculos, lo cual no permite a otras tecnologías inalámbricas competir con este estándar. Súper Wi-Fi puede ofrecer una conexión a internet de mejor calidad y más económica.

REFERENCIAS

- [1] P. C. Jain, «Rural Wireless Broadband Internet Access in Wireless Regional Area network using Cognitive radio», 2013.
- [2] C. R. Stevenson, G. Chouinard, Z. Lei, W. Hu, S. J. Shellhammer, y W. Caldwel, «The First Cognitive Radio Wireless Regional Area Network Standard», IEEE Commun. Mag., vol. 47, n.o 1, pp. 130-138, 2009.
- [3] M. Silva y W. Octavio, «Análisis de factibilidad técnica en la implementación de una red WRAN (IEEE 802.22) en escuelas y colegios fiscales de sectores rurales y urbanos marginales de la provincia del Guayas», Maestría en Telecomunicaciones, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador, 2014.
- [4] A. N. Mody y G. Chouinard, «The IEEE 802.22 WRAN Standard and its interface to the White Space Database REQUIREMENTS FOR PAWS», 2012.
- [5] S. Huaizhou, R. Venkatesha Prasad, I. G. M. M. Niemegeers, X. Ming, y A. Rahim, «Self-coexistence and spectrum sharing in device-to-device WRANs», presentado en IEEE ICC 2014 - Cognitive Radio and Networks Symposium, Sydney, Australia, 2014.
- [6] WG802.22 - Wireless Regional Area Networks Working Group, IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- Specific requirements-- Part 22: Cognitive Wireless RAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Policies and procedures for operation in the TV Bands. 2011.
- [7] ONEI, «Censo de población y viviendas 2012 Informe Nacional.» 2012.