

Análisis del Estándar IEEE 802.20 para sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha móvil y su comparación con tecnologías de acceso inalámbricas de Tercera Generación implementadas en el Ecuador

Francisco Flores, Paúl Bernal, Freddy Acosta

Resumen—

El gran crecimiento en la demanda de servicios de banda ancha móvil ha originado la necesidad de desarrollar e implementar nuevas tecnologías inalámbricas que permitan satisfacer las necesidades de los usuarios y del mercado. En esta búsqueda de desarrollar tecnologías de acceso inalámbricas eficientes, el IEEE crea el Estándar 802.20, el mismo que define la interfaz de aire de un sistema de acceso inalámbrico de banda ancha móvil que proporciona ubicuidad, conectividad permanente, y altos niveles de confiabilidad y disponibilidad; y que ha sido optimizado para la transmisión de paquetes y la prestación de servicios de banda ancha basados en IP en ambientes con una alta movilidad. El presente artículo realiza una descripción de las principales características técnicas de los sistemas MBWA y adicionalmente presenta un breve estudio comparativo de esta tecnología con respecto a UMTS como principal representante de las tecnologías de Tercera Generación implementadas en el país, para finalmente proponer un análisis que permita determinar la aplicabilidad que podría tener *Mobile Fi* en el Ecuador.

Palabras Clave—

IEEE, 802.20, MBWA, *Mobile-Fi*, UMTS

I. ESTÁNDAR IEEE 802.20

A. Alcance

El Estándar IEEE 802.20, que define la tecnología *Mobile Fi* o MBWA está orientado a definir las especificaciones de la Capa Física y de la Capa MAC de la interfaz de aire de sistemas de banda ancha interoperables que operen en bandas de frecuencia licenciadas por debajo de los 3.5 GHz, optimizada para el transporte de datos IP, con picos en las tasas de transmisión por encima de 1 Mbps para cada usuario y con la capacidad de soportar varias clases de movilidad peatonal y vehicular de hasta 250 Km/h[1].

B. Características Básicas

- Movilidad soportada hasta los 250 Km/h
- Bandas de frecuencia licenciadas inferiores a 3.5 GHz
- Baja latencia
- Co-implementación con sistemas existentes e interoperabilidad con otras tecnologías de radio existentes
- Soporte transparente de aplicaciones en tiempo real y no real
- Conectividad ininterrumpida *always on*
- Interfaz de aire basada en paquetes y optimizada para el transporte de datos IP con velocidades de transmisión por encima de 1 Mbps por usuario[2].

La Figura 1 muestra el panorama de características de MBWA.



Fig. 1. Características de MBWA

C. Características de Capa PHY

La Capa Física de los sistemas MBWA soporta dos tipos de funcionamiento, uno que emplea una duplexación por división de frecuencia (MBFDD) y otro que utiliza una duplexación por división de tiempo (MBTDD). Una de las principales características de

la Capa Física es su posibilidad de ofrecer una alta eficiencia espectral basada en la implementación de un esquema de reutilización fraccional de frecuencias no tradicional (FFR) y en la utilización de antenas adaptativas inteligentes y de técnicas de transmisión avanzadas como MIMO, *beamforming*, y SDMA.

Adicionalmente la Capa Física está en capacidad de manejar una sectorización típica de 6 sectores/celda para mejorar la utilización de recursos e incorpora esquemas de modulación de orden superior y procesos de codificación eficientes para incrementar las tasas de transmisión y mejorar aún más la eficiencia espectral del sistema.

La Capa Física de los sistemas MBWA se encuentra formada por una sola subcapa, la cual a su vez contiene solamente un protocolo que es el encargado de controlar toda la funcionalidad de la Capa y es el protocolo de Capa Física[3].

D. Características de Capa MAC

En términos generales, la Capa MAC es la encargada de controlar y gestionar el acceso al medio físico de las entidades de la red cuando estas realizan alguna transmisión. La Capa MAC se encuentra formada por varias subcapas y estas a su vez por varios protocolos que en conjunto son los encargados de interactuar para cumplir todas las funciones que lleva a cabo la capa de acceso al medio.

Entre las principales funciones de la Capa MAC se encuentran el soporte de un *soft handoff* tanto entre sectores como entre frecuencias y tecnologías de acceso de radio, el soporte de una gestión de QoS extremo a extremo que puede implementarse tanto para IPv4 como para IPv6, y el manejo de una asignación rápida de recursos tanto en el enlace de subida como en el enlace de bajada, el mismo que es posible gracias a la utilización de un procedimiento de paginación rápido y eficiente.

Una característica muy importante de la Capa MAC es su capacidad para manejar más de 100 sesiones activas de usuarios por sector en cada celda y un número ilimitado de usuarios inactivos o en estado suspendido, es decir que no se encuentran estableciendo ningún tipo de comunicación con la red. Esta característica junto con las que implementa la Capa Física hacen de MBWA un sistema completamente eficiente en lo que se refiere al aprovechamiento y utilización de recursos[3].

E. Modos de Operación de la Tecnología

Los sistemas MBWA 802.20 pueden operar en dos modos diferentes: el modo *Wideband* y el modo 625k-MC o *Best-Wine*. El modo *Wideband* utiliza una técnica de acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales (OFDMA) para controlar el acceso al medio y permite el despliegue del sistema en anchos de banda flexibles comprendidos entre 5 y 20 MHz; mientras que el modo 625k-MC utiliza una agregación de múltiples portadoras con un ancho de banda único de 625 KHz para conformar el canal físico al cual accede por medio de una técnica de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) para realizar sus transmisiones.

Para realizar el envío a nivel de Capa Física, ambos modos de operación manejan una estructura de tramas, la misma que se encuentra especificada para introducir latencias inferiores a los 5.5 ms, latencia que hace posible que los sistemas MBWA puedan soportar aplicaciones sensibles a los retardos[3][4].

F. Arquitectura de Red

La Figura 2 muestra el modelo referencial de la arquitectura de red de los sistemas MBWA 802.20.

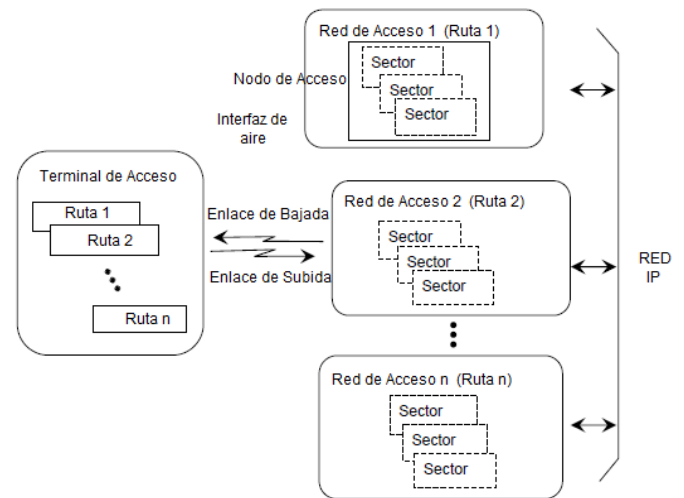


Fig. 2. Arquitectura de Red de MBWA

La arquitectura de red de *Mobile Fi* se encuentra dividida en tres bloques funcionales que son la Red de Acceso (AN), el Terminal de Acceso (AT) y el sector. La AN es todo el equipamiento de red que hace posible que el AT tenga conectividad con una red IP que puede ser por ejemplo el internet, el AT no es otra cosa que el equipo de usuario que le proporciona al mismo conectividad de datos con la AN, y finalmente el sector no es otra cosa que un conjunto de canales asignados sobre una banda de frecuencias dada y que

se transmiten en la AN y el AT tanto en el enlace de bajada como de subida.

En la AN existe un dispositivo físico denominado Nodo de Acceso que es el encargado de implementar todos los protocolos de las Capas PHY y MAC, y cada uno de esos nodos de acceso puede manejar uno o varios sectores pertenecientes a una AN. Para la comunicación entre el AT y la AN, el AT establece múltiples instancias de pilas de protocolos y transportes denominadas rutas, cada una de ellas asociada con cada una de las AN con las cuales el AT se encuentra comunicado[5].

G. Arquitectura de Protocolos

Los sistemas MBWA se especifican utilizando una arquitectura de protocolos por capas similar a la que se utiliza en otros estándares de la familia 802 de IEEE. Este tipo de arquitectura con que el estándar 802.20 ha sido diseñado hace posible que se realicen modificaciones en una sola capa o protocolo de manera individual y aislada y sin afectar al resto de la arquitectura. La Figura 3 muestra la arquitectura de protocolos de MBWA y cada una de las capas y subcapas que la conforman.

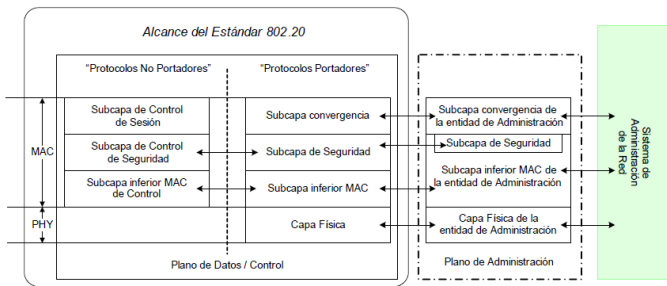


Fig. 3. Arquitectura de Protocolos de MBWA

Dentro de la arquitectura se define la existencia de protocolos portadores y no portadores. Tal como puede observarse en la Figura 3, la Capa Física solamente incorpora una capa con un protocolo portador que es el encargado de realizar la transmisión de la información y de los datos de usuario a través del medio físico; en contraste, la Capa MAC está conformada por seis subcapas distintas, tres de las cuales implementan protocolos portadores y tres protocolos no portadores, los mismos que generalmente están destinados para funciones de control y por ende no transportan datos de usuario de una capa a otra o de un protocolo a otro[5].

H. Estructura de Tramas y Supertramas

Las transmisiones sobre la Capa Física se dividen en unidades fundamentales de símbolos OFDM, los mismos que son obtenidos por medio de una transformada rápida de Fourier (FFT) que puede ser de 512, 1024 ó 2048 muestras dependiendo de la tasa de chip que se quiera alcanzar. La FFT permite transformar el contenido de las señales del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia para determinar su contenido espectral, y tiene como finalidad principal asegurar la ortogonalidad entre todas las subportadoras con el objetivo de evitar interferencias intersímbolo e interfrecuencia

Para la formación de las tramas de Capa PHY se agrupan 8 símbolos OFDM, y a su vez estas tramas se agrupan también para formar las supertramas, cada una con una duración de 24 tramas PHY. En la Figura 4 se muestra la estructura de una supertrama correspondiente al modo FDD en el cual se utilizan canales diferentes para los enlaces de subida y de bajada, cada uno con una estructura diferente de supertrama[6].

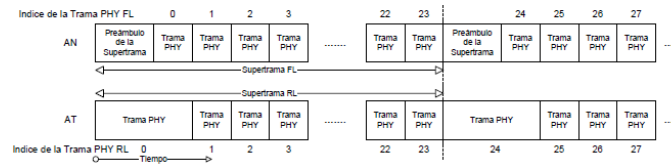


Fig. 4. Estructura de la Supertrama FDD

La Figura 5 por su parte muestra la estructura de una supertrama del modo TDD en el cual se utiliza un solo canal para el enlace de subida y de bajada alternando las transmisiones de cada enlace en diferentes intervalos de tiempo. Al igual que la supertrama del modo FDD, esta supertrama se encuentra conformada por 24 tramas PHY, la diferencia radica en que la supertrama TDD se conforma de un número M de tramas PHY del enlace de bajada y un número N de tramas PHY del enlace de subida, tomando en consideración que la suma de M y N debe ser igual a 24 y que la relación de M:N representa la relación de particionamiento[6].

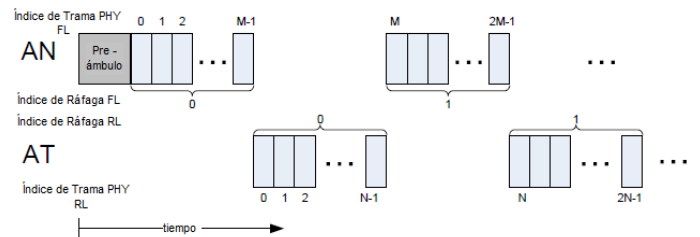


Fig. 5. Estructura de la Supertrama TDD

I. Codificación y Modulación

En los sistemas MBWA 802.20 se utilizan esquemas de modulación de orden superior QPSK, 8PSK, 16QAM y 64QAM en los modos de operación, pero adicionalmente en el modo 625k-MC se permite una variedad mayor de esquemas de modulación que incluye además de los mencionados a los siguientes: BPSK, 12, 24 y 32 QAM.

Para la codificación se emplean dos tipos de codificadores diferentes. Por un lado se encuentran los codificadores convolucionales que son utilizados para codificar paquetes pequeños con una longitud de hasta 128 bits, que generalmente corresponden a paquetes de control pero que también pueden incluir paquetes de datos; y por otro lado se encuentran los codificadores turbo que son los encargados de codificar los paquetes de datos cuyo tamaño excede los 128 bits.

Las tasas de codificación que se utilizan normalmente en estos sistemas son de $1/3$ para los códigos convolucionales y de $1/2$ ó $1/5$ para los códigos turbo, aunque en el proceso de codificación puede implementarse un procedimiento de *puncturing* para modificar el número de bits a la salida del codificador y cambiar por consiguiente la tasa de codificación resultante.

Todo este amplio rango de posibles combinaciones entre los diversos esquemas de modulación y codificación con diferentes tasas hace posible que se maneje también un amplio rango de tasas de transmisión con valores que pueden alcanzar hasta los 260 Mbps en canales de 20 MHz con una modulación 64QAM[6].

J. Eficiencia Espectral

Para mejorar la eficiencia espectral en el sistema, se implementan tres mecanismos avanzados de transmisión que son:

- **MIMO:** La técnica de transmisión de múltiples entradas y múltiples salidas, es decir la utilización de múltiples antenas en el transmisor y en el receptor, permite mejorar la eficiencia espectral por medio de la multiplexación espacial.
- **Beamforming:** Consiste en la formación de una onda de señal reforzada mediante el desfase de distintas antenas para formar un patrón bien definido y direccional que presente una mayor ganancia y una menor atenuación con la distancia.
- **SDMA:** El acceso múltiple por división de espacio

hace posible asignar múltiples usuarios en los mismos recursos tiempo-frecuencia por medio de su separación espacial, la misma que es lograda utilizando haces direccional y bien definidos para cada usuario.

Todos estos mecanismos hacen posible que *Mobile Fi* presente un valor de eficiencia espectral mucho mayor que las tecnologías de acceso inalámbricas similares, entendiéndose como eficiencia espectral la cantidad de información por segundo que puede transmitirse utilizando un herzio del espectro disponible en una celda[6].

K. Calidad de Servicio

Mobile Fi incorpora un soporte de calidades de servicio entre el terminal de acceso y la red de acceso para los paquetes de datos, el mismo que se encuentra basado en mecanismos de saltos de Capa IP y extremo a extremo tales como *Diffser* y RSVP.

- *Diffserv* es una arquitectura de QoS que permite llevar a cabo la diferenciación, clasificación y manejo del tráfico de red para establecer diferentes prioridades en el tráfico que se transmite, dependiendo del servicio o la aplicación con la que dicho tráfico se encuentre asociado.
- RSVP o protocolo de señalización de reserva es un protocolo para la configuración de reserva de recursos diseñado para la implementación de niveles específicos de QoS.

Dentro de la gestión de calidades de servicio en los sistemas MBWA se establecen tres prioridades diferentes de tráfico, y todo el tráfico de la red debe encajarse en una de esas prioridades dependiendo de sus características. La prioridad 1 asegura un reenvío acelerado de los datos, la prioridad 2 proporciona un reenvío asegurado pero no necesariamente inmediato, y finalmente la prioridad 3 prácticamente no establece ningún parámetro de QoS y basa sus transmisiones en un método de mejor esfuerzo sin control de tráfico ni reenvío de datos[6].

L. Seguridad

Para garantizar la total seguridad e invulnerabilidad de los sistemas MBWA se implementan básicamente cuatro procedimientos que son generación del *cryptosync*, autenticación, encriptación, e intercambio de claves.

El *cryptosync* es una cadena compartida de bits conocida tanto por el transmisor como por el receptor que se utiliza para la encriptación de datos. Al

ser un conjunto de bits encriptadores, esta cadena no puede duplicarse o reutilizarse en diferentes paquetes, sino que cada una de las transmisiones que se realizan debe generar su propio *cryptosync*. Para garantizar que esta cadena de bits sea única en cada transmisión se la deriva de cuatro parámetros del sistema que son también únicos y son el tiempo del sistema, el contador de conexión, el identificador de canal y el piloto PN.

El intercambio de claves es un saludo de 4 vías que se utiliza para derivar una clave de sesión a partir de una clave maestra pareada PMK conocida en ambos lados de la comunicación. Una vez que se ha derivado la clave de sesión se procede a generar dos claves adicionales de 128 bits cada una, las mismas que serán utilizadas en los procedimientos de autenticación y encriptación.

La encriptación se genera a partir de dos claves que son el *cryptosync* y la clave de sesión y se encuentra basada en el estándar AES-128, mientras que la autenticación solamente se produce a partir de la clave de sesión y se basa en la especificación SHA256 que se encarga de agregar firmas digitales a las cabeceras de los paquetes[6].

M. Handoff

La tecnología *Mobile Fi* está diseñada para el soporte de un *handoff* rápido que resulta esencial en un sistema que fue pensado para la prestación de servicios de banda ancha con altas tasas de transmisión en ambientes de gran movilidad. Para que la movilidad a altas velocidades pueda ser soportada se requiere necesariamente de un procedimiento de *handoff* rápido y eficiente que genere una carga mínima en el sistema por medio de la incorporación de un *overhead* bastante reducido.

Con el objetivo de minimizar al máximo y en lo posible de eliminar por completo la pérdida de paquetes y de conectividad durante un procedimiento de *handoff*, MBWA introduce el concepto de *make before break* que se traduce en el hecho de que la conexión existente entre un AT y la AN no será liberada hasta que la conexión con el nuevo sector de servicio sea completamente establecida, de esta manera habrá un instante en el que se mantengan dos conexiones simultáneas y todo con el objetivo de evitar que las transmisiones se interrumpan o que se experimente una degradación en la calidad del servicio que percibe el usuario. La Figura 7 muestra un esquema

que ilustra el concepto del *handoff make before break* de los sistemas 802.20[6].



Fig. 6. Handoff en MBWA

II. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE MBWA Y UMTS

Una de las principales diferencias existentes entre estas dos tecnologías radica en las tasas de transmisión que pueden alcanzarse, siendo evidentemente mucho mayores las que se alcanzan con *Mobile Fi*. Por ejemplo con un canal de 5 MHz es posible alcanzar velocidades de hasta 4 Mbps en el enlace de bajada y 1.2 Mbps en el enlace de subida para varios usuarios concurrentes tal como lo muestra la Figura 7, mientras que con un sistema de tercera generación como UMTS las tasas pico alcanzan un máximo de 1 Mbps, siendo comparables las tasas de transmisión de MBWA con las que pueden obtenerse en las evoluciones posteriores a UMTS como HSDPA, HSUPA y HSPA+, catalogadas como tecnologías de 3.5, 3.75 y 4G respectivamente.

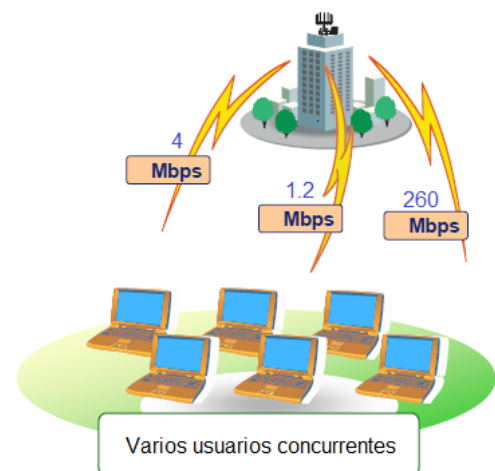


Fig. 7. Velocidades de Transmisión en MBWA

A. Arquitecturas de Red

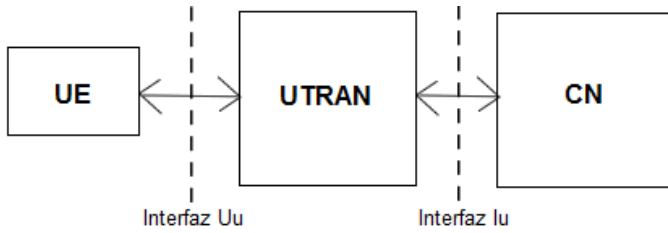


Fig. 8. Arquitectura de Red de UMTS

Tal como puede observarse en la Figura 2 y en la Figura 8, ambas tecnologías tienen un modelo referencial de la arquitectura de red que se encuentra conformado por 3 unidades funcionales. La diferencia radica en que la red de acceso de MBWA cumple al mismo tiempo las funciones de la red de acceso (UTRAN) y de la red central de UMTS. Mientras que la red UTRAN en UMTS constituye solamente un nexo entre el equipo de usuario y la red central que es la encargada de proporcionar conectividad con otras redes y de proporcionar la inteligencia del sistema, en MBWA la propia red de acceso es la encargada de estas funciones. La concentración en una sola entidad de las funciones que en UMTS son llevadas a cabo por dos entidades distintas en la red hace que la arquitectura de red de *Mobile Fi* sea más eficiente que la de UMTS en cuando a su funcionamiento.

B. Capa Física

Las funciones que desempeña esta capa, tanto en UMTS como en MBWA, son las mismas, pero para llevarlas a cabo, cada uno de estos sistemas incorpora características significativamente diferentes que en conjunto le otorgan toda su funcionalidad a la Capa Física. La Figura 9 presentada anteriormente muestra un gráfico comparativo de los aspectos más relevantes relacionados con las características de las capas físicas de ambos sistemas.

C. Capa MAC

En los sistemas MBWA 802.20 la capa de acceso al medio o Capa MAC es la única que se encuentra conformando la Capa 2, mientras que en UMTS la Capa 2 también se encuentra formada por otras dos subcapas adicionales. A pesar de esta notable diferencia en estructura, en funcionalidad casi se podría decir que no existe una diferencia tan marcada ya que todas las subcapas que conforman la Capa 2 de UMTS desempeñan las funciones que la Capa MAC de MBWA; haciendo por consiguiente que la Capa

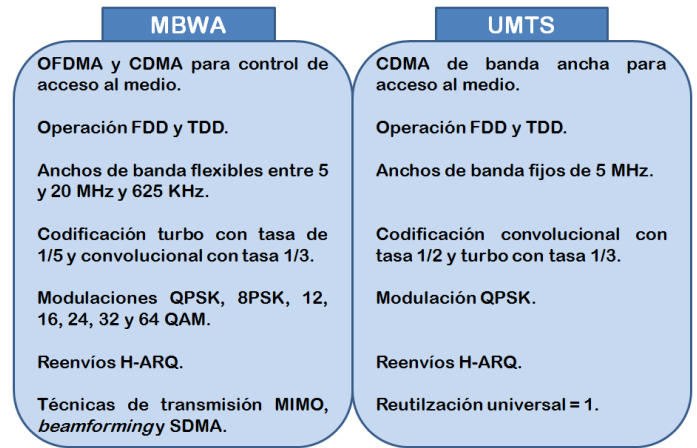


Fig. 9. Comparación de las Especificaciones de Capa Física

de Enlace de UMTS y la Capa MAC de MBWA sean equivalentes.

Quizá la diferencia más notable es el hecho de que algunos procedimientos que resultan ser fundamentales para el funcionamiento del sistema y que se llevan a cabo en la Capa MAC de MBWA, son llevados a cabo en UMTS no por la Capa MAC ni la Capa de Enlace sino por la Capa 3.

D. Eficiencia Espectral

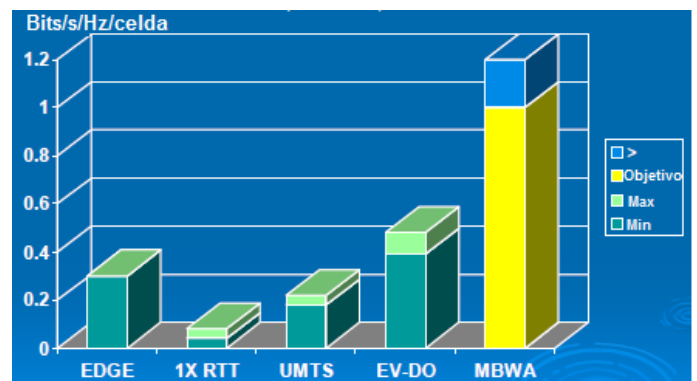


Fig. 10. Comparación en la Eficiencia Espectral

Se ha mencionado que la eficiencia espectral que proporciona MBWA es muy alta y se mide por medio de un índice de eficiencia que prácticamente triplica a los índices alcanzados por UMTS. Mientras que la eficiencia espectral de UMTS alcanza valores de aproximadamente 0.3 bits/s/Hz/celda, la eficiencia de *Mobile Fi* puede alcanzar valores de 1.2 bits/s/Hz/celda e incluso puede llegar a superar ese índice de eficiencia dependiendo de las condiciones del canal y del sistema. De manera general la Figura 10 muestra un cuadro comparativo que ilustra la eficiencia espectral alcanzada por MBWA en comparación con otras tecnologías de acceso de radio in-

cluyendo UMTS obviamente.

E. Seguridad



Fig. 11. Comparación en Seguridad

En ambos sistemas se encuentra garantizada la seguridad en contra de interceptaciones y accesos no autorizados a la red, así como la confidencialidad de la identidad del usuario y de los datos que transmite. Tal como puede observarse en la Figura 11, tanto MBWA como UMTS incorporan de manera general mecanismos de autenticación y encriptación para establecer su seguridad, pero a diferencia de MBWA que utiliza estándares y normas de autenticación muy seguros como AES-128 y SHA256, UMTS basa su seguridad en EAP y *Radius* que si bien es cierto ofrecen un nivel de seguridad bueno, no es tan invulnerable como el proporcionado por *Mobile Fi*.

Algo interesante de destacar es que UMTS incorpora un mecanismo de seguridad adicional en el lado del equipo de usuario por medio de la tarjeta SIM, mecanismo que no es utilizado por MBWA.

F. Handoff

Como se había mencionado anteriormente, todos los procedimientos de *handoff* que se llevan a cabo en los sistemas MBWA 802.20 son de tipo *soft* o *softer*, incluyendo no solamente a los que se manejan para cambiar entre sectores o celdas, sino también a los que se producen para cambiar de una frecuencia a otra o de MBWA a otra tecnología de acceso de radio.

Por su parte los sistemas UMTS manejan un *hard handoff* por defecto cuando conmutan de una frecuencia de operación a otra y no permiten el soporte para la interoperación con otras tecnologías de radio, excepto GSM de la cual evolucionaron, por lo que el *handoff* inter tecnologías de acceso de radio no se encuentra definido.

El soporte de un *soft handoff* en todos los casos que se define en *Mobile Fi* permite que el proceso sea mucho más eficiente y garantice que aunque el cambio se produzca cuando el usuario se encuentra movi-

lizándose a altas velocidades no se producirá ninguna interrupción en el servicio ni ninguna degradación en la calidad del mismo.

G. Velocidad y Movilidad

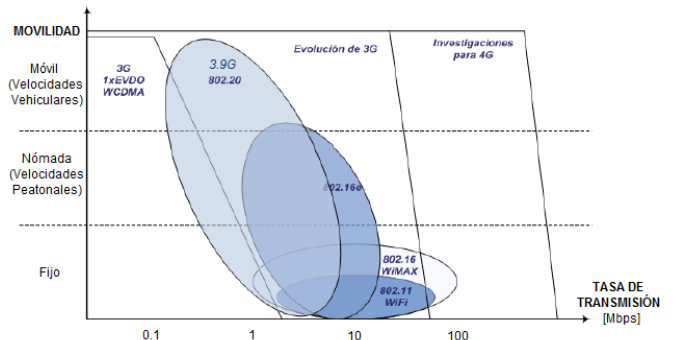


Fig. 12. Consideraciones de Velocidad vs. Movilidad

La Figura 12 muestra la relación existente entre las tasas de transmisión que se pueden obtener a medida que la velocidad de movilización del terminal de acceso aumenta. Queda totalmente claro que la tecnología definida en el Estándar IEEE 802.20, y considerada como una tecnología de 3.9G, tiene un mejor desempeño en este sentido y permite alcanzar tasas de transmisión más elevadas tanto cuando el terminal se encuentra fijo como cuando se encuentra en movimiento con velocidades medias o altas.

H. Servicios y Aplicaciones

El panorama de servicios y aplicaciones que permite implementar MBWA es bastante amplio e incluye servicios de Llamadas de voz, llamadas de video y videoconferencia, transferencia de datos, acceso a internet, servicios multimedia para imágenes audio y video, streaming de audio y video, descarga de aplicaciones y archivos, comercio electrónico, conexión a redes privadas, servicios de entretenimiento, noticias, localización, acceso remoto, correo electrónico, VoIP, telemática, mensajería instantánea, y en general cualquier servicio que pueda ser prestado por medio de un sistema de banda ancha en una integración de tres dominios tal como puede observarse en la Figura 13.

Si bien es cierto que muchos de los mismos servicios y aplicaciones que se ofrecen por medio de los sistemas *Mobile Fi* pueden ser también ofrecidos por UMTS, la gran diferencia radica en las tasas de transmisión que se pueden alcanzar y en la calidad de servicio que experimenta el usuario, siendo indudablemente muy superior en ambos aspectos la tecnología

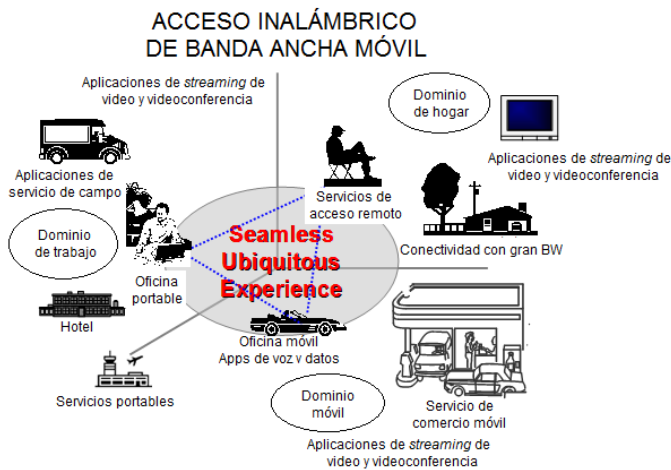


Fig. 13. Servicios y Aplicaciones de MBWA

MBWA.

III. CONSIDERACIONES PARA UNA POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE MBWA EN EL ECUADOR

La necesidad de vivir constantemente conectados en cualquier momento y en cualquier lugar ha originado un vertiginoso crecimiento en los servicios de banda ancha sobre todo móvil, y este incremento en la demanda de servicios genera la necesidad de desarrollar e implementar nuevas tecnologías para satisfacer las necesidades tanto del usuario como del mercado. En ese sentido el desarrollo y futura implementación de *Mobile Fi* podría ser muy importante para el crecimiento del sector de las telecomunicaciones ya que la demanda de servicios móviles es la principal fuente de crecimiento en la actualidad.

Mobile Fi constituye una excelente opción como un sistema capaz de ofrecer acceso inalámbrico de banda ancha móvil con excelentes prestaciones, y además una gran ofrece flexibilidad para proporcionar servicios de datos y voz en área rurales y metropolitanas por lo que podría adaptarse perfectamente a las condiciones geográficas y demográficas del país haciendo que su implementación sea factible y totalmente beneficiosa en la búsqueda de masificar el acceso de la población a servicios de comunicación principalmente en las zonas en donde no existe ningún tipo de infraestructura de telecomunicaciones, ya que por sus características técnicas *Mobile Fi* podría tener una gran aplicabilidad y un despliegue exitoso para proporcionar servicios de banda ancha en regiones que aún no cuentan con un servicio de esta naturaleza.

Sin embargo, desplegar una tecnología nueva desde cero es algo costoso y aunque los fabricantes aseguran que los costos son relativamente bajos y competitivos, el despliegue de una red de este tipo requiere de una gran inversión y ese sería un limitante para su implementación.

Otra limitante significativo sería el hecho de que los sistemas MBWA tendrían que entrar a competir en un mercado de prestación de servicios de banda ancha móvil que se encuentra ya totalmente ocupado por operadores de servicio que cuentan con una infraestructura de red completamente desplegada y que además están ya posicionados en el mercado, por lo que cualquier operador que desee implementar su red MBWA para ingresar a este mercado se encontraría en clara desventaja.

Una alternativa para hacer más viable la implementación de los sistemas MBWA sería introducirlos no como una competencia de los sistemas celulares sino como una alternativa para el acceso a internet por medio de una tecnología inalámbrica en reemplazo de los proveedores de internet fijo, y que por su característica de proporcionar un acceso inalámbrico permita ofrecer el servicio en zonas donde ninguno de los proveedores que actualmente prestan servicio cuenta con cobertura debido a la dificultad de desplegar redes cableadas en ciertos sectores del país.

A. Consideraciones Regulatorias

En caso de querer implementar un sistema MBWA para ofrecer servicios de banda móvil similar al que ofrecen hoy por hoy las operadores celulares, se deberían tomar en cuenta los siguientes requerimientos regulatorios:

- Se requeriría un permiso para la prestación de servicio de valor agregado y una concesión para la prestación de servicio móvil avanzado que es considerado un servicio final de telecomunicaciones.
- También podría requerirse una concesión para prestar servicios portadores de ser el caso.
- Además del título habilitante para la prestación de uno o más servicios se requiere la concesión para la utilización de la respectiva banda de frecuencia, asignación que se hace de acuerdo al Plan Nacional de Frecuencias.

La asignación de frecuencias para la implementación de un sistema de este tipo sería algo complicado también debido a que el espectro licenciado por debajo de los 3.5 GHz que es apto para la imple-

mentación de un sistema de banda ancha se encuentra prácticamente ocupado por completo y no existen bandas disponibles.

En ese sentido actualmente el Consejo Nacional de Telecomunicaciones se encuentra analizando la posibilidad de liberar la banda de frecuencias de 700 MHz que actualmente se encuentra utilizada para el servicio de televisión terrestre codificada, con el objetivo de asignar esa banda a la implementación de sistemas de banda ancha móvil tomando en consideración la importancia que esos sistemas están tomando a nivel mundial y los grandes beneficios que podrían traer al país; pero en realidad por ahora no es más que un proyecto que aún no se ha concretado.

IV. CONCLUSIONES

- *Mobile Fi* es una tecnología diseñada específicamente para la prestación de servicios de banda ancha móvil basados en IP optimizada para manejar altas tasas de transmisión y en condiciones de movilidad.
- Todas las características de las capas PHY y MAC hacen que MBWA sea un sistema muy robusto y eficiente con altos niveles de seguridad, confiabilidad y disponibilidad.
- *Mobile Fi* incorpora mecanismos que además de mejorar las tasas de transmisión proporcionan una eficiencia espectral elevada y un uso totalmente eficiente del espectro.
- Las tecnologías 3G marcaron un hito importante en el desarrollo de los sistemas inalámbricos ya que permitieron implementar servicios que antes eran inimaginables en sistemas móviles.
- Los sistemas 3G están enfocados a la prestación de servicios de voz y su arquitectura orientada a la conmutación de circuitos por lo que no están optimizados para la entrega de servicios basados en paquetes a diferencia de MBWA.
- Por sus características y especificaciones técnicas los sistemas 802.20 aventajan significativamente a UMTS en términos de disponibilidad, confiabilidad, eficiencia, velocidades de transmisión y calidades de servicio.
- Los sistemas MBWA 802.20 hacen posible la prestación de servicios de banda ancha móvil basados en IP, servicios que incluyen tanto a algunos que ya se vienen prestando con sistemas 3G como servicios y aplicaciones que eran exclusivos de sistemas cableados de banda ancha.
- Gracias a sus características técnicas, a su flexi-

bilidad de funcionamiento y despliegue, a la amplia variedad de servicios y aplicaciones que ofrecen, y a su capacidad de interoperabilidad los sistemas 802.20 serían aplicables en el país y su implementación sería beneficiosa.

- Las limitaciones para la implementación de MBWA vendrían dadas más bien por el aspecto económico y de mercado que podrían representar un obstáculo para su despliegue comercial en el país.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Institute of Electric and Electronics Engineers IEEE, IEEE 802.20 Mobile Broadband Wireless Access (MBWA) Vision and Scope, <http://www.ieee802.org/20/index.html>, 23 de octubre de 2011
- [2] KLERER, Mark, Introduction To IEEE 802.20 Technical And Procedural Orientation, http://www.ieee802.org/20/P_Docs/IEEE_802.20_PD-04.pdf, 2003, 23 de octubre de 2011
- [3] Association of Radio Industries and Businesses ARIB, Mobile Broadband Wireless Access Systems (IEEE 802.20 TDD Wideband and 625k-MC Modes application in Japan) , <http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/1-STD-T97v1.0.pdf>, 20 de octubre de 2010
- [4] Institute of Electric and Electronic Engineer IEEE, MBFDD and MBTDD Wideband Mode: Technology Overview, <http://www.ieee802.org/20/Contribs/C802.20-05-68r1.pdf>, 23 de octubre de 2011
- [5] Institute of Electric and Electronics Engineers IEEE, Standard IEEE 802.20-2008 Air Interface for Mobile Broadband Wireless Access Systems Supporting Vehicular Mobility - Physical and Media Access Control Layer Specification, Agosto de 2008, 23 de octubre de 2011
- [6] Institute of Electric and Electronic Engineer IEEE, MBFDD and MBTDD Wideband Mode: Technology Overview, <http://www.ieee802.org/20/Contribs/C802.20-05-68r1.pdf>, 23 de octubre de 2011

V. BIOGRAFÍA

Francisco Flores - Recibirá el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica del Ejército en el mes de noviembre de 2011. Sus investigaciones incluyen sistemas de acceso inalámbricos de tercera generación y sistemas de banda ancha móvil, además de tecnologías ópticas aplicadas a la prestación de servicios portadores en redes de área metropolitana.