

Análisis de Alternativas de Comunicación para las Zonas Rurales de la Costa Ecuatoriana: Parte I

Hernán Córdova

Departamento de Investigación de Telecomunicaciones, Proyecto VLIR-ESPOL C8-TELECOM
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Km. 30, 5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación,
Guayaquil, Ecuador
hcordova@fiec.espol.edu.ec

Resumen

El trabajo actual presenta un análisis de las diferentes posibilidades de conexión para la comunicación de voz y datos que se puede implementar en las zonas rurales de la costa ecuatoriana. Se ha dividido el trabajo en 2 partes. En esta primera parte se ha evaluado las posibles soluciones de Sistemas de Comunicaciones Inalámbricas (SCI) realizando un concienzudo análisis sobre las tecnologías de vanguardia tales como Wireless Fidelity (WiFi), Spread Spectrum (SS) y Worldwide for Microwave Interoperability Access (WiMAX). Además, se ha propuesto una arquitectura analizando los requerimientos de la misma y posibles variantes a la misma, analizando sus ventajas y desventajas. En la segunda parte (no adherido en este artículo), se analizarán tecnologías alambradas tales como DSL y Cable Módem. Se revisará la integración de sistemas alambrados y no alambrados, proponiendo una arquitectura combinada y analizando las ventajas y desventajas de la misma.

Palabras Claves: WiMAX, WiFi, Redes de Banda Ancha, Spread Spectrum, Zonas Rurales

Abstract

This current paper presents an analysis of the different alternatives that might be used in rural areas of the Ecuadorian coast for the deployment of voice and data communication services. The paper has been divided in two parts, being the first part fully covered in this current work. The first part deals with the analysis and assessment of different wireless communications systems such as Wireless Fidelity (WiFi), Spread Spectrum and Worldwide for Microwave Interoperability Access (WiMAX). In addition, architecture has been proposed for this purpose and its variants have been discussed. The advantages and drawbacks are also presented. During the second part, the wire technologies will be discussed and a following analysis will be also presented, dealing with technologies like DSL and Cable Modem. The integration of wire and wireless systems will be mentioned and a mixed architecture will be proposed. The advantages and drawbacks of the latter architecture will be also delivered.

Key Words: WiMAX, WiFi, Broadband Networks, Rural Areas

1. Introducción

En los últimos años, la demanda de ancho de banda y de conectividad ha crecido considerablemente. Sin embargo, los desarrollos tecnológicos no han crecido con la demanda actual y siempre hay una brecha existente entre lo que el usuario necesita y lo que la tecnología está en capacidad de ofrecer.

En nuestro país, las deficiencias tecnológicas son aún más evidentes y el costo para poder acceder a las mismas es más elevado. Sin embargo, trataremos de brindar una explicación más no una justificación, que será analizada en detalle durante el transcurso de este artículo.

Los sistemas de comunicación inalámbricos (SCI) han sido utilizados por muchos años para la comunicación de voz y también para la comunicación de datos. Sin embargo, debido al advenimiento de nuevas tecnologías, conocidas comúnmente como banda ancha, tales como xDSL y Cable MODEM, desplazaron en un momento la acogida inicial que tuvieron los enlaces inalámbricos.

Dentro de los SCI, hubieron cambios en el servicio proporcionado por los operadores a lo largo de la última década. Al inicio, los SCI de frecuencia fija y licenciada eran los que permitían asegurar una

relativa alta calidad de servicio. Sin embargo, al superior a los 10 GHz (15, 23 y 38 GHz), el costo al usuario (típicamente empresas consideradas medianas-grandes) era muy alto. Una alternativa que surgió en el mismo campo de los SCI fue la tecnología Spread Spectrum (SS), trabajando en bandas de frecuencia no licenciadas, lo cual permitió bajar los costos a valores muy competitivos, y también afectando a los SCI de banda licenciada a los cuales les quitó mercado. Sin embargo, estos sistemas SS al trabajar en bandas no licenciadas, saturaron el espectro, especialmente dentro de las ciudades principales, dando lugar a problemas en la calidad de servicio brindada. Con esto plenamente conocido y como argumento de los operadores de SCI de banda licenciada, quedó a criterio de las empresas la solución a escoger, de acuerdo a sus necesidades tecnológicas y a sus posibilidades económicas.

En el sector rural, región desatendida por todos los operadores porque no genera los réditos necesarios que justifiquen su inversión, también se instalaron SCI de banda no licenciada. Por supuesto que esta instalación pertenecía a los hacendados que podían pagarla y para uso exclusivamente de sus haciendas. Es decir, enlaces privados. Un ejemplo de esta aplicación corresponden a las diferentes bananeras que yacen en el sector de la costa ecuatoriana. Estos enlaces trabajaban y algunos todavía trabajan en bajas y medianas frecuencias (450MHZ, 900MHZ, 2.4GHZ).

El presente documento pretende ofrecer alternativas de comunicación para el sector rural en la costa ecuatoriana, que bajo un estudio topográfico, se podrían también aplicar a la serranía y amazonía del Ecuador.

En la primera sección se revisará las diferentes tecnologías actuales de los SCI. En la segunda sección se propondrá diferentes alternativas de conexión analizando sus ventajas y desventajas. Finalmente, se realizarán las conclusiones del trabajo presentado y se discutirá brevemente el trabajo futuro.

SECCIÓN I

2. Tecnologías de Vanguardia de los SCI

La tecnología inalámbrica ha experimentado un tremendo crecimiento. Cientos de millones de personas gozan de la flexibilidad que proveen tecnologías como la telefonía celular y otros tipos de aplicaciones inalámbricas. Por otra parte, debido a que no es necesario implementar una infraestructura física entre el proveedor y el subscriptor, se ha

trabajar en bandas de frecuencia s convertido en una de las soluciones de más acogida dentro del mercado.

En esta sección revisaremos los conceptos de Spread Spectrum (SS), Wireless Fidelity (WiFi,) y Worldwide for Microwave Interoperability Access (WiMAX) seguido de una breve comparación entre WiFi y WiMAX.

2.1 Spread Spectrum

La tecnología de Espectro Ensanchado (SS) es una técnica cada vez más popular, que maximiza el uso del ancho de banda del canal, que permite a múltiples señales utilizar el mismo canal sin colisiones, y es altamente resistente a la interferencia y el bloqueo. [1], [2], [3].

Cuando esta tecnología se combina con encriptación compleja y transmisión inalámbrica, puede ser utilizada para elaborar redes inalámbricas de área local (WLAN) relativamente seguras y robustas. [1], [4].

Un código pseudo-aleatorio, denominado secuencia de pseudo-ruido (PN) puesto que aparenta ser ruido, es generado independientemente de la señal y se emplea para modular los datos entrantes. Este código tiene una frecuencia superior a la de la señal de datos, por lo cual esta modulación expande la información sobre un ancho de banda mayor de tal forma que se minimizan

las interferencias y se dificulta la interceptación de la señal. [1], [3], [4].

En el receptor se demodula la señal de espectro ensanchado empleando la misma secuencia PN generada en el emisor, pero debidamente sincronizada. [2], [3], [4].

SS fue utilizado en implementaciones de Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN). Es así, como se pudo bajar los costos significativamente en el mercado de SCI, puesto que SS hace un uso eficiente del espectro a pesar de ensancharlo, precisamente por la posibilidad de poder incluir más usuarios, además de ser robusto a señales interferentes.

De esta manera, se hizo muy popular la venta de productos punto-punto y punto-multipunto en los cuales la conexión final era con el protocolo de Internet (IP), a diferencia de lo que normalmente se ofrecía con los SCI en banda licenciada a frecuencias medianas-altas, cuyas interfaces mas comunes son RS232, V.35, G.703. Este tipo de implementación tenía las siguientes características:

- 1) Fácil Instalación: Ya no era necesario un estudio detallado. Además, la instalación ahora era más sencilla, lo que implicaba también menores costos al usuario
- 2) Ancho de Banda: Los sistemas de frecuencia fija eran muy costosos y ofrecían bajos anchos de banda ($n \times 64\text{Kbit/s} - 2\text{Mbit/s}$). En cambio, los sistemas SS ofrecían una tasa de datos similar a lo que podría brindar una conexión Ethernet (aprox. 10Mbit/s , medio compartido).
- 3) Equipos: Con los sistemas de frecuencia licenciada, el usuario (empresas) pagaban el alquiler del servicio, mas no eran los propietarios del equipamiento. Este no era el caso para los sistemas SS puesto que los equipos eran vendidos a los usuarios (todo tipo de usuarios, SOHO y medianas empresas también, inclusive grandes empresas en determinados sectores) y éstas tenían la opción de pagar un valor muy bajo por mantenimiento a las empresas vendedoras del producto, lo cual era muy aconsejable por la saturación que se dio en el mercado rápidamente por la amplia instalación de este servicio.
- 4) Costos: Por supuesto, el servicio brindado por equipos SS era mucho más bajo respecto a los de frecuencia licenciada.
- 5) Calidad: Sin embargo, los sistemas instalados SS no podían asegurar una calidad de servicio (ni en función del BER ni en función del Eb/No). Por otro lado, los sistemas de frecuencia licenciada si lo podían hacer pero a un costo más elevado.

2.2 Wireless Fidelity (WiFi)

WiFi, o "Wireless Fidelity", es una asociación internacional sin ánimo de lucro formada en 1999 para asegurar la compatibilidad de los distintos productos de redes de área local inalámbrica basadas en la especificación IEEE 802.11.

La alianza WiFi se estableció originalmente como WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) en agosto de 1999, por varias compañías líderes en tecnología en redes inalámbricas. Desde 1999, el número de miembros de la alianza WiFi se ha incrementado dado que cada vez más compañías de productos electrónicos de consumo, proveedores de servicios de red y fabricantes de ordenadores se han dado cuenta de la necesidad de ofrecer a sus clientes compatibilidad inalámbrica entre sus productos.

Existen diferentes versiones de WiFi, así:

- o 802.11b- 2.4GHz @11 Mbps
- o 802.11a- 5GHz @54 Mbps
- o 802.11g- 2.4GHz @54 Mbps
- o 802.11c- Trasladado a 802.1D
- o 802.11d- Extensiones en otros dominios regulatorios.
- o 802.11e -MAC Seguridad Mejorada/QoS
- o 802.11f- Protocolo entre Puntos de Acceso
- o 802.11h- Espectro Manejado @ 5GHz
- o 802.11i- Seguridad Mejorada (TKIP y 802.1x)

Las versiones conocidas comercialmente están indicadas en la tabla 1.

Tabla 1. 802.11 b, a, y g

Descripción	802.11b	802.11a	802.11g
Banda de Frecuencia	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz
Máxima tasa de información	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps
Disponibilidad	En todo el mundo	Principalmente Estados Unidos	En todo el mundo
Fuentes de Interferencia	Teléfonos Inalámbrico, Bluetooth, etc	Dispositivos HiperLan.	Teléfonos Inalámbrico, Bluetooth, etc

Connotaciones importantes en los SCI que trabajan con WiFi son:

- Altas tasas de datos implican cortos rangos de transmisión
- Mayor potencia de salida incrementa el rango de cobertura (rango de transmisión) pero también incrementa la potencia consumida, lo que implica menor tiempo de vida de la batería y también mayores costos.
- Mientras más alta es la frecuencia de operación, mayor es la tasa de datos pero menor el rango de cobertura (pérdidas de propagación varían entre un exponente de 2 o 4 la distancia de transmisión –dependiendo del modelo utilizado- y al cuadrado de la frecuencia de operación)

A nivel de capa física, WiFi utiliza diferentes esquemas de transmisión, uno de ellos SS y otro mutliplexación por división ortogonal de frecuencia (por sus siglas en inglés Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM). Sin embargo, la robustez de OFDM para enlaces multicamino, en los que el desvanecimiento del canal toma un rol importante, lo ha llevado el ser el más utilizado para poder alcanzar mayores tasa de datos.

A nivel de capad de enlace (MAC), WiFi presenta muchas desventajas. Es una tecnología que no fue preparada para poder implementar calidad de servicio (QoS). Esto lleva a inseguridades en la red

de información, lo cual hoy en día, constituye un factor importante dentro del mercado.

Revisando el estándar WiFi, podemos encontrar que el mismo fue diseñado para redes LAN, de ahí su nombre WLAN. Sin embargo, debido a los bajos costos de estos productos, se ha tratado de extender este servicio a redes MAN, lo que implica ser más eficiente en la seguridad de la red y otros factores que se clarificaran en el estudio de WiMAX. Sin embargo, precisamente WiMAX es el estándar aprobado por la IEEE para garantizar una alta calidad de servicio en regiones MAN y WAN.

2.3 Worldwide for Microwave Interoperability Access (WiMAX)

Existen, así mismo, diferentes versiones de WiMAX. La tabla 2 presenta un resumen.

La capa física fue revisada en el anexo IEEE 802.16d, en el cual se incluía 3 nuevas especificaciones: Portadora Simple, OFDM 256-puntos y OFDMA-2048 puntos. El forum de WiMAX ha recomendado utilizar la segunda, OFDM 256-puntos, Córdoba et al [5], [6].

Las principales características de la capa física están incluidas en la tabla 3, [5], [6].

OFDM se ha convertido en el factor determinante para tecnologías de banda ancha, especialmente en casos sin línea de vista (NLOS) [5], [7], [8]. Sin embargo, los SCI no son la única aplicación donde OFDM puede ser utilizado.

OFDM también ha sido utilizado en aplicaciones de sistemas alámbrados como xDSL y en cable módems. Inclusive, dentro de la industria de video digital, especialmente en Europa, [5], [9].

Sin embargo, OFDM es un concepto antiguo que recién puede ser implementado prácticamente debido al desarrollo del procesamiento digital de señales mediante el uso de la transformada rápida de Fourier, FFT.

Tabla 2. Versiones de WiMAX [5]

Comentarios:	Motivación	Cobertura Máxima	Rango de Frecuencia	Aprobado/Publicado	Versiones de WiMAX
Prin. portadoras simples (Single Carrier)	Primera Versión.	5 Km	10-66 GHz	2001/2002	802.16
Incluye 3 nuevas interfaces aire: Portadora Simple, OFDM-256 y OFDMA-2048	Incluye a los enlaces sin línea de Vista-NLOS.	50 Km	2-11 GHz	2003	802.16a
Se concierne en QoS para aplicaciones de tiempo real. Se lo también WirelessHUMAN.	Permite trabajar con aplicaciones en bandas de frecuencia no licenciadas.	No definido	5-6 GHz	2001-2002	802.16b
Esta versión fue creada para actualizar y expandir el estándar IEEE 802.16-2001 (Versión 1.1).	Con perfil de sistemas con línea de vista-LoS en el rango de 10-66 GHz.	50 Km	10-66 GHz	Final del 2002	802.16c
Reemplazó a todos los estándares anteriores.	Mejoras varias al IEEE 802.16a	50 Km	2-11 GHz	Jun-04	802.16d
Máxima velocidad móvil de hasta 250 Km/h.	Incluye movilidad dentro del estándar.	5 Km	2-6 GHz (bandas licenciadas)	Sep-2004	802.16e
Permite la creación de redes Ad-Hoc. Define la base de datos para la administración de la capa MAC y física. Layer	Incluye funcionalidades de multihop-Multihop	50 Km		Ago-2004	802.16f
Mejoramiento del QoS.	Incluye un manejo eficiente del handover.	50 Km		Ago-2004	802.16g

Tabla 3. *Características de la Capa Física WiMAX

Feature	Benefit
256-FFT OFDM	Soporta direccionamiento multicamino en ambientes con y sin línea de vista (LoS y NLoS)
Modulación Adaptable y corrección codificada de error de variable por ráfaga de radiofrecuencia –RF–.	Asegura un enlace robusto de RF a la vez que maximiza el número de bits/segundo para cada unidad de suscriptor.
Soporta TDD, FDD duplex y también half- duplex FDD, estos, H-FDD.	Se adapta a las diferentes variantes regulatorias a nivel mundial.
Flexible tamaño de los canales. (3.5Mhz, 5Mhz, 10Mhz, etc)	Provee la flexibilidad necesaria para operar en diferentes bandas de frecuencia con diferentes variantes y requerimientos del canal alrededor del mundo..
Diseñado para soportar sistemas de antenas inteligentes.	Las antenas inteligentes se están convirtiendo en soluciones beneficiosas y convenientes inclusive a nivel económico. Su capacidad de suprimir interferencia y de mejorar la ganancia del sistema son características que impactan el desarrollo de los sistemas de acceso inalámbricos.

En la capa de enlace (MAC), WiMAX presenta muchas ventajas sobre previos estándares. En la tabla 4, se presenta las características de la capa MAC [5], [6], [10].

Tabla 4. *Características de la Capa MAC de WiMAX

Feature	Benefit
TDM/TDMA tramas programadas para enlaces de subida y bajada.	Uso eficiente del ancho de banda.
Escalable de uno a cientos de suscriptores.	Permite desarrollos costo-efectivos convenientes.
Orientado a Conexión.	<ul style="list-style-type: none"> • QoS por conexión. • Envío y Ruteo rápido de paquetes.
QoS Soporta tasa de bit variable continua en tiempo real y en tiempo no real de mejor esfuerzo.	<ul style="list-style-type: none"> • Baja latencia para servicios que son sensibles al retardo (TDM Voz, VoIP) • Transporte óptimo para tráfico VBR (como por ejemplo, video) con soporte de prioridad de información.
Solicitud Automática de Transmisión (ARQ)	Rendimiento mejorado de extremo a extremo ocultando errores inducidos en la capa de RF de los protocolos de capas superiores.
Soporte de modulación adaptable	Permite alcanzar altas tasas de información permitidas por las condiciones del canal, mejoran la capacidad del sistema.
Seguridad y Encriptación (Triple DES)	Protege la privacidad del usuario.
Control automático de potencia.	Permite el desarrollo celular minimizando la propia interferencia.

En tabla 5, se presenta una comparación entre WiMAX y WiFi

En la capa física, WiMAX especifica canales entre 1.75MHz y 20 MHz, con varias opciones intermedias, mientras que los productos WiFi requieren al menos de 20MHz por canal (22MHz en la banda de 2.5GHz para 802.11b).

En la capa MAC, Wifi utiliza CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance), lo cual de estudios iniciales (Ethernet usa CSMA/CD – collision detection-) se conoce que no es un protocolo eficiente. Es decir CSMA/CA es la versión inalámbrica de CSMA/CD.

Cabe indicar que en la comparación realizada entre WiFi y WiMAX no se ha tomado en cuenta la versión adaptada de WiFi para enlaces externos mediante amplificadores en la parte de transmisión y receptores de bajo ruido, debido a que la estructura bajo la cual WiFi fue concebido no contempla cobertura de enlaces tipo MAN (Metropolitan Area Networks) o WAN (Wide Area Networks).

Tabla 5. * Comparación entre WiMAX y WiFi

	WiFi	WiMAX
Cobertura Aproximada	Inferior a 100 m	15 – 30 km (LOS), 3-5 km (NLOS)
Optimización	Para cortos rangos de espacios de interiores.	For NLOS environments (2-11 GHz band). Supports advanced antenna techniques, adaptive modulation, error detection techniques
Escalabilidad	Aplicación LAN. El número de usuarios puede variar con un suscriptor por CPE.	Soporte eficiente de cientos de estaciones de suscriptores con un número limitado de usuarios por estación Canales flexibles de ancho de banda, en el rango de 1.5-20 MHz.
Tasa de Bit	Máxima eficiencia espectral de 2,7 b/s/Hz. 54 Mb/s en canales de 20 MHz	Máxima eficiencia espectral de 5 b/s/Hz. 75-100 Mb/s en canales de 20 MHz
QoS	Sin soporte de QoS	Soporte nativo de QoS en la MAC Niveles de diferenciación de servicios

Nota: * Tomado de las referencias de [5] y [6].

SECCIÓN II

3. Alternativas de Comunicación

3.1 Entorno de las Zonas Rurales

Muchas veces, en las zonas rurales no se cuenta con suficiente infraestructura para una debida instalación de los diferentes servicios básicos. Algunos de los problemas típicos encontrados en zonas rurales son [11]:

- Falta de facilidades confiables como alimentación eléctrica, agua, transporte normal, carreteras, entre otras.
- Escasez o ausencia de personal técnico.
- Condiciones topográficas complejas (lagos, ríos, montañas, etc)
- Severas condiciones climáticas.
- Bajo nivel de actividad económica basado principalmente en agricultura, pesca, artesanías, etc.
- Bajo ingreso per capita
- Infraestructura social poco o nada desarrollada (salud, educación, etc.)
- Baja densidad poblacional en el área



Figura 1. Vista de una Zona Rural

3.2 Modelo de Comunicación Propuesto

WiMAX al ser una tecnología inalámbrica basada en estándares para ofrecer a hogares, empresas y redes móviles inalámbricas conectividad de alta velocidad mediante banda ancha de bucle de abonado o “última milla” se presenta como una alternativa importante para las zonas rurales. El silicio de Intel para la tecnología WiMAX ofrece las prestaciones necesarias para proporcionar a hogares y empresas unos módems rentables y de alta velocidad. El despliegue inicial de esta tecnología va a permitir ofrecer acceso a Internet mediante banda ancha en áreas remotas a las que no se puede ofrecer servicio en estos momentos mediante soluciones DSL o cable, además de hacer posible la conexión inalámbrica entre edificios que se encuentran separados a varios kilómetros de distancia. Como la tecnología WiMAX se basa en estándares, se espera que su empleo facilite y haga más rentable el acceso a Internet inalámbrico tanto para los nuevos usuarios de banda ancha como para los ya existentes [12].

La figura 2 muestra el uso integrado de WiMAX con WiFi, mostrando la robustez de WiMAX como el núcleo del sistema de comunicación (backhaul).

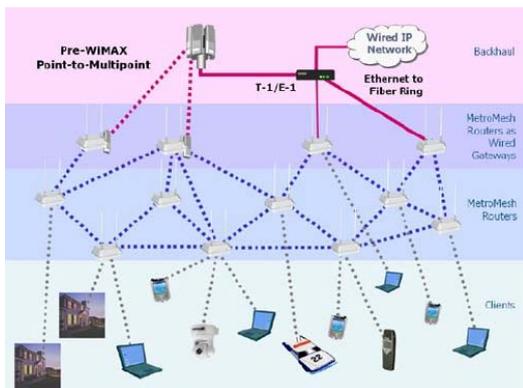


Figure 2: Integración de WiMAX [20]

Para el caso de brindar el servicio para las zonas rurales en la costa ecuatoriana, se tendría que realizar una integración de los servicios existentes con los nuevos servicios emergentes. Con el advenimiento de WiMAX, se podría pensar en realizar un enlace de agregado entre el punto de la zona rural, de aquí para delante denominado *remota* o *punto remoto*, hasta el punto más cercano donde exista algún operador con cualquier tecnología utilizada (fibra óptica, radio SDH/PDH, xDSL, Cable, etc). Este enlace es el crítico por la larga distancia existente entre un punto rural y el lugar de servicio ya existente, denominado de aquí en adelante, *estación base*.

Los resultados de un estudio de cobertura realizado para áreas rurales [13] son mostrados en la figura 3 para corroborar la alternativa de comunicación propuesta.

El rendimiento en diferentes tipos de terreno fue revisado en dicho estudio, llevándonos a los siguientes resultados [13] mostrados en Tabla 6.

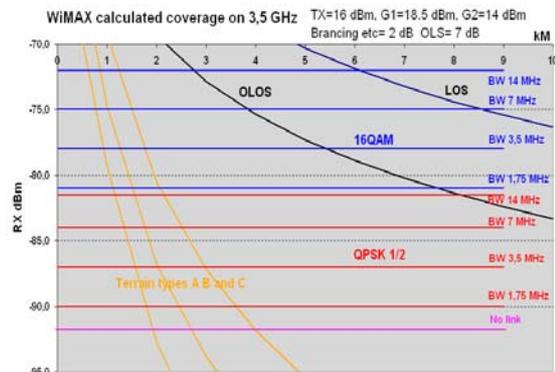


Figura 3. Cobertura en Zonas Rurales [13]

Tabla 6. Rendimiento Quasi-Práctico en diferentes áreas [13]

Ambiente	Rango de Celda	Máxima Tasa de Salida
Terreno Suburbano tipo A (NLOS)	0,7 km	11,6 Mb/s en canal de 7 MHz
Terreno Suburbano tipo B (NLOS)	1,2 km	11,6 Mb/s en canal de 7 MHz
Terreno Suburbano tipo C (NLOS)	1,7 km	11,6 Mb/s en canal de 7 MHz
Suburbano OLOS	4,7 km	11,6 Mb/s en canal de 7 MHz
Línea de Vista	10 km	11,6 Mb/s en canal de 7 MHz

Una descripción breve de las características de cada tipo de terreno es indicada a continuación.

Tipo A: Terrenos montañosos con moderado-alta densidad de árboles.

Tipo B: Intermedias condiciones de pérdidas de camino.

Tipo C: Terreno mayormente plano con poca densidad de árboles.

En la figura 4 se muestra el esquema propuesto de comunicación, que a su vez es una variante del realizado en el estudio indicado en [13].

La propuesta consiste en implementar WiMAX entre la estación base y el o los puntos remotos, aprovechando de la topología característica de WiMAX (Punto-MultiPunto). De esta manera se pueden alcanzar largas distancias entre la estación base y cada remota, considerando que la estación base debe estar conectada a otra red operadora, sea ésta de cobre, de fibra o inclusive de radio misma (con repetidores).

Dependiendo de la zona en que se implemente el SCI, se tendrá que considerar la categoría del terreno.

Debido a que en el Ecuador contamos con diversos tipos de condiciones, tendremos que modelar los SCI para cada caso en particular. Sin embargo, para el sector costero, el terreno tipo C y B aplican en la mayoría de los casos, obteniendo mejores niveles en la etapa de recepción.



Figura 4. Esquema Propuesto

Una variante del modelo sería utilizar el realizar la integración de WiMAX con WiFi, como es lo sugerido. Esto se muestra en la figura 5.

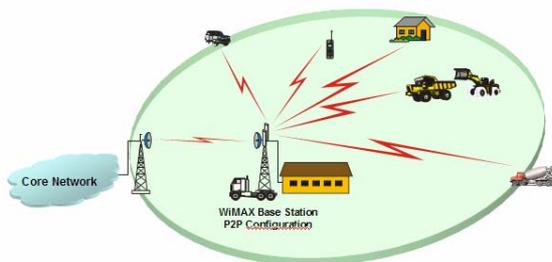


Figure 5. WiMAX en ambientes rurales

La red núcleo que aparece en las figuras 4 y 5 pueden ser cualquier red de comunicación (radio, fibra, cobre, etcétera).

4. Conclusiones

La propuesta discutida en este trabajo presenta varias ventajas:

- Implementación Rápida
- Solución de Óptimo Costo-Beneficio
- Cobertura
- Robustez frente a interferencia

INTEL está impulsando el despegue de WiMAX en el mercado. Asimismo otras compañías como Alvarion, Siemens, Airspan, Redline Communications, Alcatel, entre otras, han puesto a disposición sus primeros productos comerciales [15], [16], [17], [18]. Esto indica que las grandes empresas están apostando al éxito de WiMAX.

Algunas demostraciones se han realizado en California, US, y también en Reino Unido, con resultados muy favorables y otras redes de prueba/comerciales están siendo instaladas [14] y [19], sólo por mencionar algunas.

Sin embargo, las empresas que vayan a trabajar en bandas licenciadas (3.5 GHz) tendrían que, en ciertos casos, realizar alianzas con los operadores que tengan un implementado cualquier sistema en esa zona, normalmente, los operadores telefónicos, lo que a su vez presenta ciertas desventajas, puesto que presenta una dependencia del servicio. Por otro lado, el instalar toda la infraestructura para un área rural, normalmente no justifica los costos debido a la limitante de la cobertura y a la poca densidad poblacional, además de la poca capacidad económica de cada zona.

Sin embargo, WiMAX presenta servicios de Calidad de Servicio en su capa de enlace, lo cual permitiría la transmisión de voz y video, y, en general de sistemas multimedia. Es decir, los operadores encargados de distribuir WiMAX podrían adherir estos servicios a su oferta.

Además, para ciertos puntos remotos, en los que la población no es tan significativa como negocio para los operadores, se podría instalar telecentros en los que se permita el acceso a la comunidad a diversos servicios (Internet, video, e-learning, televisión, entre otros).

El bajo costo presentado por WiMAX en relación a otros sistemas de radio significa una gran ventaja y la posibilidad inminente de satisfacer una necesidad de comunicación y provisión de servicios básicos en zonas hasta el momento totalmente aisladas. Es por eso que WiMAX se presenta como una gran alternativa de solución para las zonas rurales, además de que en zonas más densas, se puede integrar con WiFi para complementar el servicio a un costo óptimo.

5. Trabajo Futuro

En el siguiente trabajo, se mostrará la integración de sistemas tomando en cuenta los sistemas de comunicación alambrados (SCA) y analizando sus ventajas y desventajas respecto a los SCI.

Además se continuará revisando diferentes tipos de alternativas integrales para las áreas rurales, proponiendo diversos esquemas y analizando las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

6. Referencias

- [1] Córdova H y Chávez P, “Modelamiento E Implementación De Sistemas Inalámbricos De Espectro Ensanchado Y Análisis Y Simulación De Sus Variantes: Secuencia Directa Y Salto De Frecuencia”, Revista Tecnológica de ESPOL, RTE 2005.
- [2] Hafizee F., “Spread Spectrum Communications”, IEEE Short Circuit Magazine, Nov-Dic 1998, (<http://ewh.ieee.org/r10/bombay/news2/story10.htm>)
- [3] Randy R., “Introduction to Spread Spectrum”, Spread Spectrum Scene, <http://www.sss-mag.com/ss.html>
- [4] Glas J.P.F. “On the Multiple Access Interference in a DS/FFH Spread Spectrum Communication system”, in the Proceedings of the Third IEEE International Symposium on Spread Spectrum Techniques and Applications, Oulu, Finland, July 4-6, 1994.
- [5] Córdova H, Boets P and Biesen Van L, “Analysis and Applications of WI-MAX Standard: Forecasting the trends”, Global Mobile Congress GMC Oct-2005, China.
- [6] Córdova H, Boets P and Biesen Van L, “Insight Analysis into WiMAX Standard and its trends”, in the Proceedings of IWWAN 2005, London, May 2005.
- [7] Wavesat, White paper: “OFDM Facts”, <http://www.wavesat.com/technology/ofdm.html>
- [8] Goth G, “Wireless MAN Standard Signals Next-Gen Opportunities”, IEEE Distributed Systems Online 1541-4922@published by the IEEE Computer Society, Vol5 No 8, August 2004.
- [9] Sutor K, “Business White Paper, Broadband Wireless Access”, Redline Communications.
- [10] Microwave Access Forum, White Paper, “IEEE 802.16a Standard and WiMAX Igniting Broadband Wireless Access”, <http://www.wimaxforum.org/news/downloads/WiMAXWhitepaper.pdf>
- [11] Van Biesen L., Boets P., Uytendhouwen F., Neus C., Deblauwe N., Cordova H, “Impact and Challenges of Rendering Wireless Broadband Communications in Rural and Remote Areas”, Joint International IMEKO TC1+ TC7 Symposium September 21– 24, 2005, Ilmenau, Germany.
- [12] INTEL, acceso online, “Intel presenta una nueva solución de silicio WiMAX para ampliar el alcance del acceso a internet mediante banda ancha”, April 2005, <http://www.intel.com/cd/corporate/pressroom/EMEA/SPA/212447.htm>
- [13] Saemundur E. Thorsteinsson et al, “WiMAX in Backhaul and Access Networks”, Eurescom study P1446 Deliverable 3.
- [14] Millard E., “UK Initiates First Trials for WiMax”, NewsFactor Technology News, August 2005, http://www.newsfactor.com/story.xhtml?story_title=UK_Initiates_First_Trials_for_WiMax&story_id=37907
- [15] Productos REDMAX, de RedLine Communications, <http://www.redlinecommunications.com/>
- [16] Productos BreezaMAX, de Alvarion, http://www.alvarion-usa.com/RunTime/Products_2000.asp?tNodeParam=1
- [17] Productos SkyMAX, de Siemens, <http://www.siemens.ie/carrier/topics/wimax/skymax.htm>
- [18] Productos ASMAX, de Airspan, http://www.airspan.com/products_group.aspx?ProductGroupID=1
- [19] Alcatel Website, “Alcatel deploys the first commercial WiMAX network in Austria”, Septiembre 2005, http://www.alcatel.com/vpr/index.jhtml?body=http://www.home.alcatel.com/vpr/vpr.nsf/va_TousByIDPer e/II0FBF9F0ABBBE4978C125706F002C8C86EngII
- [20] Tropos Networks, A technology white paper: “Open Standards for Broadband Wireless Networks: WiFi and WiMAX”, October 2004, <http://www.tropos.com>