

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA

UNAN-MANAGUA

RECINTO UNIVERSITARIO "RUBÉN DARÍO"

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS



Seminario de Graduación para optar a Título de Ingeniero en Electrónica

Estudio y Análisis de las Tecnologías Implementadas por Dispositivos Inalámbricos (Modem USB) de Acceso a Internet a través de las Tecnologías WiMAX y Modem 3G en Nicaragua.

Autores:

- Br. Harold Inés Carrión Rodríguez.
- Br. Erick José Aragón Rivera.
- Br. Enrique José Vásquez Gutiérrez.

Tutor: Msc Álvaro Segovia Aguirre.

Managua, febrero del 2012

DEDICATORIAS

Enrique Vásquez Gutiérrez

Dedico tan arduo trabajo a Dios, a mis padres Enrique Vásquez y Miriam Gutiérrez, abuelitos, hermanas e igualmente a mi esposa y a mi bella hija Andrea María Vásquez Herrera.

Harold Carrión Rodríguez

Este trabajo lo dedico en primer lugar a Dios, a mis padres, principalmente a mi mamá: Elvira Rodríguez y a mi amado hijo: Alejandro Carrión, porque fue mi motivación e inspiración para seguir adelante y completar con éxito mi carrera

Erick Aragón Rivera

Primeramente quiero dedicar este esfuerzo a Dios, él es quién me ha dado todo y me ha hecho ser quién soy, por él estoy culminando ésta etapa académica.

A mi madre Lila Esperanza Rivera Castillo, que fue un gran apoyo en todo este tiempo con sus oraciones, ella siempre me enseñó que la educación es lo primero.

A mi padre José Aragón Tercero quien ha sido ejemplo de disciplina, honorabilidad, perseverancia y esfuerzo. Su vida, su historia me han servido de mucha inspiración enseñándome que con poco se puede lograr mucho.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a Dios, nuestro Creador Omnipotente, por darnos la vida y permitirnos alcanzar nuestra meta.

Igualmente a nuestra familia por su apoyo incondicional y demás amigos que con sus ideas y consejos nos ayudaron a concluir nuestro proyecto.

Muy especialmente a los profesores: Álvaro Segovia nuestro tutor, Bismark Santana, Carlos Mondragón. Y a todos los profesores que en el transcurso de la carrera nos transmitieron sus conocimientos.

A todos ellos, muchas gracias.

Enrique José Vásquez G.

Harold I. Carrion R.

Erick Aragón

INDICE

RESUMEN.....	1
CAPITULO 1 - GENERALIDADES DE LA INVESTIGACION.....	2
1.1 INTRODUCCION	2
1.2 JUSTIFICACION.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.5 MARCO TEÓRICO	7
CAPITULO 2 - TECNOLOGIAS USADAS PARA ACCESO A INTERNET.....	10
2.1 TIPOS DE TECNOLOGIAS DE ACCESO A INTERNET	10
CAPITULO 3 – TECNOLOGIA WiMAX	18
3.1 IEEE.....	18
3.2 IEEE 802.X.....	18
3.3 IEEE 802.16 ACCESO INALAMBRICO DE BANDA ANCHA WIMAX.....	20
CAPITULO 4 - TECNOLOGIA 3G	34
4.1 EVOLUCION A LA TENOLOGIA 3G	34
4.2 ESTANDARIZACION DE LA NET	38
4.3 MODEM USB-HSDPA PARA INTERNET DE ALTA VELOCIDAD VIA TARJETA SIM	39
4.4 ¿QUE LE PROPORCIONA UMTS A NICARAGUA?.....	39
4.5 CODIGOS COMPARTIDOS.....	40
4.6 DISPOSITIVO RECEPTOR.....	41
4.7 ENCRIPCIÓN KASUMI	43
CAPITULO 5 - ANALISIS DEL ACCESO A INTERNET CON LAS TECNOLOGÍAS WiMAX Y 3G.....	45
5.1 FUNCIONAMIENTO DE LA TENOLOGIA 3G	45

5.2. WiMAX	51
CAPITULO 6 - TIPOS DE MODULACIONES Y TRASPASO ENTRE CELDAS HARD	
HANDOFF	57
6.1 MODULACIÓN QAM	57
6.2 MODULACIÓN WCDMA	60
6.3 MULTIPLEXACION POR DIVISION DE FRECUENCIAS ORTOGONALES (OFDM)	60
6.4 HARD HANDOFF	64
CAPITULO 7 - CUADRO COMPARATIVO DE AMBAS TECNOLOGIAS	66
8 CONCLUSIONES	67
9 RECOMENDACIONES	68
10 BIBLIOGRAFIA Y FUENTES ELECTRÓNICAS	69
11 GLOSARIO	71

LISTADO DE FIGURAS

- Figura-1. Adaptador RDSI.
- Figura-2. Banda de frecuencias ADSL.
- Figura-3. Conexión ADSL.
- Figura-4. Vía satélite.
- Figura-5. Esquema de envío de un mensaje.
- Figura-6. Ilustración de escenarios WiMAX.
- Figura-7. Conectividad.
- Figura-8. Dispositivo WiMAX (Yota Jingle).
- Figura-9. Router Yota VigorFly200.
- Figura-10. Distribución de la red WiMAX.
- Figura-11. Router CISCO 7201.
- Figura-12. Modem 3G Movistar.
- Figura-13. Modem 3G Claro.
- Figura-14. Ejemplo de encriptación de información y descifrado por bloques.
- Figura-15. Esquema general de una red 3G.
- Figura-16. Funcionamiento WiMAX.
- Figura-17. Modulación 16QAM.
- Figura-18. Modulación 64QAM.
- Figura-19. Comparación espaciada entre subportadoras FDM y OFDM.
- Figura-20. Diagramas de bloques básicos de transmisor y receptor OFDM.
- Figura-21. Prefijo cíclico para evitar interferencia entre símbolos.
- Figura-22. Efecto del desvío de frecuencias.
- Figura-23. Muestra de un ejemplo Handoff.

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Comparación WiMAX frente a otras tecnologías.

Tabla 2. Especificaciones del Yota JINGLE.

Tabla 3. Especificaciones del Yota-Router VigorFly200.

Tabla 4. Equipos de estaciones de radio-acceso (Samsung, Mobil WiMAX Solutions).

Tabla 5. Cuadro comparativo de las dos tecnologías.

RESUMEN

Esta investigación trata sobre el servicio de acceso a Internet utilizando conexión inalámbrica, esto se realiza por medio de las diferentes tecnologías que se están aplicando en Nicaragua como la tecnología 3G a través de los proveedores de servicio de Internet (Claro y Movistar) si bien es cierto que esta tiene sus limitaciones con respecto a la transmisión de datos, pero son alternativas para la población en el acceso a Internet y una nueva compañía prestadora del servicio de acceso ilimitado como lo es Yota, con la tecnología WiMAX.

El acceso a Internet por medio de WiMAX es reciente, esta tecnología se está aplicando en Nicaragua, pero no abarca todo el país, sin embargo esta se ubica en buen lugar dentro de las alternativas de acceso a Internet, porque el servicio que presta es más rápido y su tarifa más accesible.

El área de cobertura de WiMAX abarca hasta 50Km. El acceso a Internet se realiza por modem, que se conecta a cualquier puerto USB de una computadora de escritorio o portátil llegando a alcanzar velocidades de navegación hasta de 10Mbps, trabajando a frecuencias entre los 2.5GHz a 2.7GHz

En lo que concierne a la tecnología 3G (UMTS), el acceso a Internet es más amplio por que la conexión se puede realizar por medio de los teléfonos 3G y también por computadoras de escritorio o portátil a través de dispositivos modem USB.

Con la tecnología 3G se pueden transmitir voz y datos al mismo tiempo. Esta tecnología se encuentra funcionando casi a nivel nacional por las operadoras Claro y Movistar, con ella se pueden alcanzar velocidades considerables de hasta 2.0Mbps. La tecnología 3G trabaja a frecuencias de 850MHz a 1900MHz.

La realización del acceso a Internet de ambas tecnologías se da al conectar el dispositivo (Modem) al equipo, este a su vez busca y se conecta a la estación base más cercana, la cual identifica al usuario ante la red y le permite el acceso.

En el desarrollo de este proyecto se establecerá un cuadro comparativo sobre estas dos tecnologías de manera que el usuario final se forme criterio sobre cuál de ellas es la más conveniente para él.

CAPITULO 1 - GENERALIDADES DE LA INVESTIGACION

1.1 INTRODUCCION

Las telecomunicaciones permiten y contribuyen en gran medida al desarrollo de un país en el ámbito tecnológico, económico y social al mejorar el acceso universal de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

En este entorno surgen las diferentes tecnologías, entre ellas las denominadas inalámbricas exactamente WiMAX, y 3G, sus características varían en cuanto a soluciones inalámbricas e instalaciones físicas.

Con la tecnología 3G se permite realizar transmisión de voz y datos al mismo tiempo y servicios adicionales tales como: mensajería, video llamada, correo electrónico. Con el propósito de captar mayor número de usuarios las operadoras de telefonía ofertan en el mercado Nicaragüense conexiones móviles de Internet. Esta tecnología emplea una tarjeta USIM (Universal Subscriber Identity Module) o Módulo de Identificación del Abonado que identifica al usuario ante la red y le da acceso.

El acceso lo pueden hacer por medio del teléfono móvil, o un Modem USB con su tarjeta USIM, de esta manera cualquier computadora ya sea de escritorio o portátil tiene conexión a Internet sin necesidad de una conexión física (sin cables).

La tecnología llamada WiMAX es similar a WiFi (Wireless Fidelity-Fidelidad inalámbrica) solo que utiliza otro estándar que es el IEEE 802.16

En Nicaragua esta tecnología tiene aproximadamente 3 años de iniciar operaciones, como es una tecnología nueva, su aplicación ha comenzado en la ciudad de Managua.

Con la tecnología WiMAX se tiene mayor velocidad de transmisión, más cantidad de usuarios conectados al mismo tiempo por su mayor ancho de banda y el costo de este servicio es más accesible ya que con ella no se paga por bits de descarga o bits de subida.

Este documento contiene un estudio y análisis de las tecnologías usadas por dispositivos de acceso a Internet a través de WiMAX y Modem 3G en Nicaragua.

1.2 JUSTIFICACION

Este trabajo investigativo se considera de utilidad ya que en el identificamos como se encuentra el desarrollo tecnológico en Nicaragua como por ejemplo: Nicaragua fue el primer país de Centroamérica en obtener el acceso a Internet, en el año 1988, sin embargo según el informe del Foro Económico Global divulga que Nicaragua se encuentra en último lugar a nivel de Centroamérica en Tecnologías de la información y Comunicación (TIC). Nuestro país pasó del puesto 116 en 2008 al 125 en 2009.

Esto se debe a factores como el precio para el acceso, la compra de equipos necesarios para su conexión, falta de cultura tecnológica en la población entre otros. Si bien es cierto que en Nicaragua se ha venido implementando los cambios tecnológicos en las telecomunicaciones por parte de las operadoras, estas tecnologías no se conocen del todo por parte de los usuarios, con esta investigación se trata de reducir esta brecha exponiendo los aspectos técnicos y analizando el funcionamiento de cada una de ellas.

Debido a que actualmente las demandas de estar constantemente enlazado a Internet van en aumento las personas que se ven en la necesidad de obtener acceso a Internet ya sea por motivo del trabajo, en el campo de las investigaciones, comunicación con sus familiares o entretenimiento este servicio aun no llega a mayor número de usuarios. Como consecuencia a que no todos tienen el mismo conocimiento sobre las distintas formas de acceder al Internet, este trabajo pretende que los usuarios obtengan el conocimiento necesario para elegir qué tipo de conexión se adecua a sus necesidades.

Al comparar estas dos tecnologías se conoce las ventajas y desventajas de cada una de ellas y el beneficio que le proporciona al usuario final: conectar a otros Centros de Investigación ya sea a nivel nacional como internacionalmente, realizar video conferencia sin necesidad de viajar dentro o fuera del país y el ahorro que esto implica.

1.3 OBJETIVOS GENERAL

- Comparar las tecnologías de acceso inalámbrico a Internet a través de WiMAX y tecnología 3G.

ESPECIFICOS:

- Analizar las tecnologías WiMAX y 3G en los mecanismos que utilizan para el acceso a Internet.
- Establecer las características técnicas de cada una de las tecnologías, sus ventajas y desventajas.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A pesar que Nicaragua fue en el primer país de toda América Latina, que recibió su dominio nacional en Internet, antes que México, Brasil y Chile actualmente Nicaragua se encuentra en último lugar a nivel de Centroamérica en lo relacionado a Tecnologías de Información y Comunicación.

Uno de los principales problemas son los altos costos para el acceso a Internet, compra de equipos necesarios para la conexión y falta de interés por la cultura tecnología entre otros.

Además que hay pocas operadoras que brindan este servicio y a nivel nacional solamente una tiene mayor cobertura, por eso el acceso a Internet es limitado. Diferente fuera como en otros países que existen más empresas que brindan este servicio teniendo otras alternativas para el acceso.

1.5 MARCO TEÓRICO

Se dan a conocer diferentes términos utilizando un lenguaje técnico propio, asimismo se definen distintos conceptos de las telecomunicaciones.

1.5.1 INTERNET

Internet es una red de redes es decir, una red que no sólo interconecta computadoras, sino que interconecta redes de computadoras entre sí. Una red de computadoras es un conjunto de máquinas que se comunican a través de algún medio (cable coaxial, fibra óptica, radiofrecuencia, líneas telefónicas, etc.) con el objeto de compartir recursos.

De esta manera, Internet sirve de enlace entre redes más pequeñas y permite ampliar su cobertura al hacerlas parte de una "red global". Esta red global tiene la característica de que utiliza un lenguaje común que garantiza la intercomunicación de los diferentes participantes; este lenguaje común o protocolo (un protocolo es el lenguaje que utilizan las computadoras al compartir recursos) se conoce como TCP/IP. Así pues, Internet es la "red de redes" que utiliza TCP/IP como su protocolo de comunicación.

Internet es un acrónimo de Interconnected Networks (Redes interconectadas). Para otros, Internet es un acrónimo del inglés International NET, que traducido al español sería Red Mundial. Sus orígenes se remontan a 1969, cuando se estableció la primera conexión de computadoras, conocida como ARPANET, entre tres universidades en California, y una en Utah, Estados Unidos.

1.5.2 BANDA ANCHA

En telecomunicaciones se conoce a la transmisión de datos por el cual se envían simultáneamente en varias piezas la información, con el objetivo de incrementar la velocidad de transmisión efectiva. En ingeniería de redes este término se utiliza también para los métodos en donde dos o más señales comparten un medio de transmisión.

1.5.2.1 TIPOS DE BANDA ANCHA INALAMBRICA

Existen fundamentalmente dos tipos diferentes de servicios de banda ancha inalámbrica:

El primer tipo intenta proveer una serie de servicios similar al de la tradicional banda ancha "fija" pero usando el aire como medio de transmisión. Este tipo, llamado banda ancha inalámbrica fija, se puede entender como un competidor directo del DSL (Digital Subscriber Line, línea de abonado digital) y del Cable modem.

El segundo tipo de banda ancha inalámbrica, llamado banda ancha móvil, ofrece adicionalmente las funcionalidades de: Portabilidad, nomadicidad y movilidad.

1.5.3 ¿QUE ES IP?

Internet Protocol en español es Protocolo de Internet, es un protocolo no orientado a conexión, usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos, para su uso en sistemas interconectados de redes de comunicación de ordenadores.

Los datos en una red basada en IP son enviados en bloques conocidos como paquetes o datagramas (en el protocolo IP estos términos se suelen usar indistintamente). En particular, en IP no se necesita ninguna configuración antes de que un equipo intente enviar paquetes a otro con el que no se había comunicado antes.

IP no provee ningún mecanismo para determinar si un paquete alcanza o no su destino y únicamente proporciona seguridad (mediante checksums o sumas de comprobación) de sus cabeceras y no de los datos transmitidos. Por ejemplo, al no garantizar nada sobre la recepción del paquete, éste podría llegar dañado, en otro orden con respecto a otros paquetes, duplicado o simplemente no llegar. Si se necesita fiabilidad, ésta es proporcionada por los protocolos de la capa de transporte, como TCP.

Si la información a transmitir supera el tamaño máximo "negociado" (MTU) en el tramo de red por el que va a circular entonces se divide en paquetes más pequeños, y re-ensamblada luego cuando sea necesario. Estos fragmentos podrán ir cada uno por un camino diferente dependiendo de cómo estén de congestionadas las rutas en cada momento.

Las cabeceras IP contienen las direcciones de las máquinas de origen y destino (direcciones IP), direcciones que serán usadas por los enrutadores (routers) para decidir el tramo de red por el que enviarán los paquetes.

CAPITULO 2 - TECNOLOGIAS USADAS PARA ACCESO A INTERNET

2.1 TIPOS DE TECNOLOGIAS DE ACCESO A INTERNET

Existen diferentes tipos de tecnologías para el acceso al Internet, entre ellas:

2.1.1 RTC

La Red Telefónica Conmutada (RTC) - también llamada Red Telefónica Básica (RTB) es la red original y habitual (analógica). Por ella circula habitualmente las vibraciones de la voz, las cuales son traducidas en impulsos eléctricos que se transmiten a través de dos hilos de cobre. A este tipo de comunicación se denomina analógica. La señal del ordenador, que es digital, se convierte en analógica a través del módem y se transmite por la línea telefónica. Es la red de menor velocidad y calidad.

La conexión se establece mediante una llamada telefónica al número que le asigne su proveedor de Internet. Este proceso tiene una duración mínima de 20 segundos. Puesto que este tiempo es largo, se recomienda que la programación de desconexión automática no sea inferior a 2 minutos. Su coste es de una llamada local, aunque también hay números especiales con tarifa propia.

Para acceder a la Red sólo se necesita una línea de teléfono y un módem, ya sea interno o externo. La conexión en la actualidad tiene una velocidad de 56Kbits por segundo y se realiza directamente desde una computadora de escritorio o en los centros escolares a través de Router o proxy.

2.1.2 RDSI

La Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) envía la información codificada digitalmente, por ello necesita un adaptador de red, módem o tarjeta RDSI que adecúa la velocidad entre el PC y la línea. Para disponer de RDSI hay que hablar con un operador de telecomunicaciones para que instale esta conexión especial

que, lógicamente, es más cara pero que permite una velocidad de conexión digital a 64Kbps en ambos sentidos.

El aspecto de una tarjeta interna RDSI es muy parecido a un módem interno para RTC como el que se muestra en la figura-1.

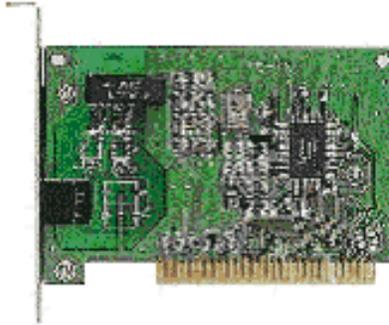


Figura-1. Adaptador RDSI.

La RDSI integra multitud de servicios, tanto transmisión de voz, como de datos, en un único acceso de usuario que permite la comunicación digital entre los terminales conectados a ella (teléfono, fax, ordenador, etc.)

Sus principales características son:

- Conectividad digital punto a punto.
- Conmutación de circuitos a 64Kbps.
- Uso de vías separadas para la señalización y para la transferencia de información (canal adicional a los canales de datos).

La conexión RDSI divide la línea telefónica en tres canales: dos B o portadores, por los que circula la información a la velocidad de 64Kbps, y un canal D, de 16Kbps, que sirve para gestionar la conexión. Se pueden utilizar los dos canales B de manera independiente (es posible hablar por teléfono por uno de ellos y navegar por Internet simultáneamente), o bien utilizarlos de manera conjunta, lo que proporciona una velocidad de transmisión de 128Kbps. Así pues, una conexión que utilice los dos canales (P.E. videoconferencia) supondrá la realización de dos llamadas telefónicas.

2.1.3 ADSL

ADSL (Línea de Abonado Digital Asimétrica) es una tecnología que, basada en el par de cobre de la línea telefónica normal, la convierte en una línea de alta velocidad. Permite transmitir simultáneamente voz y datos a través de la misma línea telefónica.

En el servicio ADSL el envío y recepción de los datos se establece desde el ordenador del usuario a través de un módem ADSL. Estos datos pasan por un filtro, que permite la utilización simultánea del servicio telefónico básico (RTC) y del servicio ADSL. Es decir, el usuario puede hablar por teléfono a la vez que está navegando por Internet, para ello se establecen tres canales independientes sobre la línea telefónica estándar:

Dos canales de alta velocidad (uno de recepción de datos y otro de envío de datos).

Un tercer canal para la comunicación normal de voz (servicio telefónico básico).

Los dos canales de datos son asimétricos, es decir, no tienen la misma velocidad de transmisión de datos. A como lo muestra la siguiente figura-2, el canal de recepción de datos tiene mayor velocidad que el canal de envío de datos.

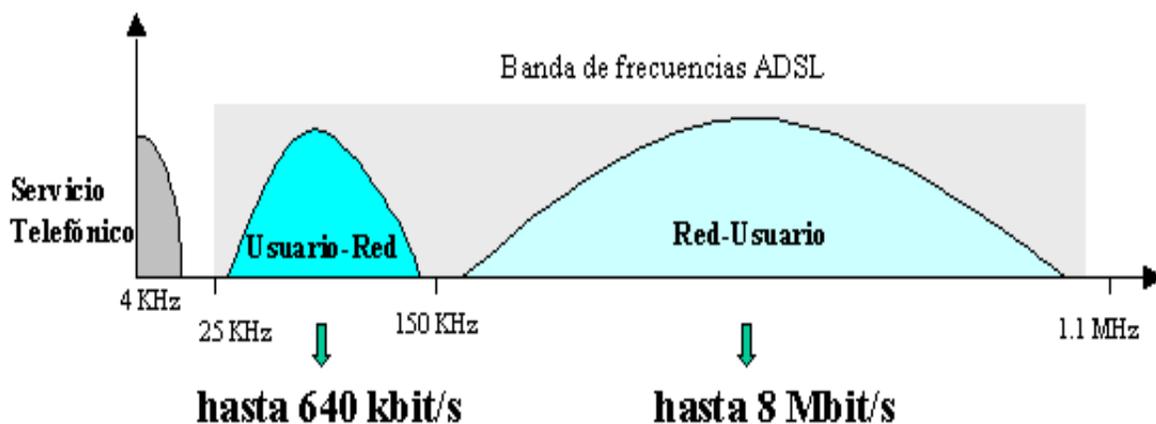


Figura-2. Banda de frecuencias ADSL

Esta asimetría, característica de ADSL, permite alcanzar mayores velocidades en el sentido red-usuario, lo cual se adapta perfectamente a los servicios de acceso a

información en los que normalmente, el volumen de información recibido es mucho mayor que el enviado.

ADSL permite velocidades de hasta 8Mbps en el sentido red-usuario y de hasta 1 Mbps en el sentido usuario-red

La velocidad de transmisión también depende de la distancia del módem a la centralita, de forma que si la distancia es mayor de 3 Kilómetros se pierde parte de la calidad y la tasa de transferencia empieza a bajar.

Un esquema de conexión ADSL es como se muestra en esta figura-3:

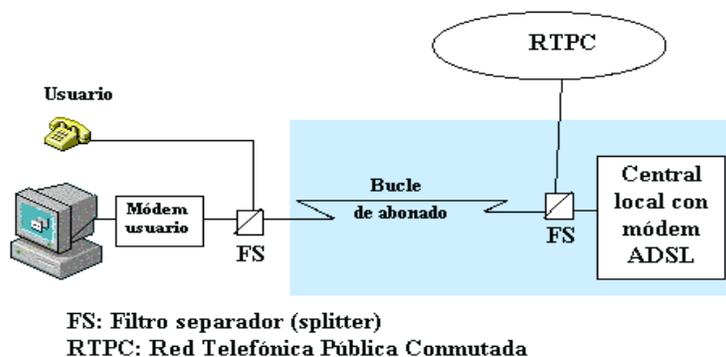


Figura-3. Conexión ADSL

2.1.4 CABLE

Normalmente se utiliza el cable coaxial que también es capaz de conseguir tasas elevadas de transmisión pero utilizando una tecnología completamente distinta. En lugar de establecer una conexión directa, o punto a punto, con el proveedor de acceso, se utilizan conexiones multipunto, en las cuales muchos usuarios comparten el mismo cable.

Las principales consecuencias del uso de esta tecnología son:

Cada nodo (punto de conexión a la Red) puede dar servicio entre 500 y 2000 usuarios.

Para conseguir una calidad óptima de conexión la distancia entre el nodo y el usuario no puede superar los 500 metros.

No se pueden utilizar los cables de las líneas telefónicas tradicionales para realizar la conexión, siendo necesario que el cable coaxial alcance físicamente el lugar desde el que se conecta el usuario.

La conexión es compartida, por lo que a medida que aumenta el número de usuarios conectados al mismo nodo, se reduce la tasa de transferencia de cada uno de ellos.

Esta tecnología proporciona una tasa de 30Mbps de bajada como máximo, pero los módems normalmente están fabricados con una capacidad de bajada de 10Mbps y 2Mbps de subida. De cualquier forma, los operadores de cable normalmente limitan las tasas máximas para cada usuario a niveles muy inferiores a estos, sobre todo en la dirección de subida.

2.1.5 VIA SATELITE

En los últimos años, cada vez más compañías están empleando este sistema de transmisión para distribuir contenidos de Internet o transferir ficheros entre distintas sucursales. De esta manera, se puede aliviar la congestión existente en las redes terrestres tradicionales.

El sistema de conexión que generalmente se emplea es un híbrido de satélite y teléfono. Hay que tener instalada una antena parabólica digital, un acceso telefónico a Internet (utilizando un módem RTC, RDSI, ADSL o por cable), una tarjeta receptora para PC, un software específico y una suscripción a un proveedor de satélite. La figura-4 nos indica los componentes para la conexión satelital.



Figura-4. Vía Satélite

El cibernauta envía sus mensajes de correo electrónico y la petición de las páginas Web, que consume muy poco ancho de banda, mediante un módem tradicional, pero la recepción se produce por una antena parabólica, ya sean programas informáticos, vídeos o cualquier otro material que ocupe muchos megas. La velocidad de descarga a través del satélite puede situarse en casos óptimos en torno a 400Kbps. La figura-5 nos presenta el proceso de conexión para el acceso a internet vía satélite.

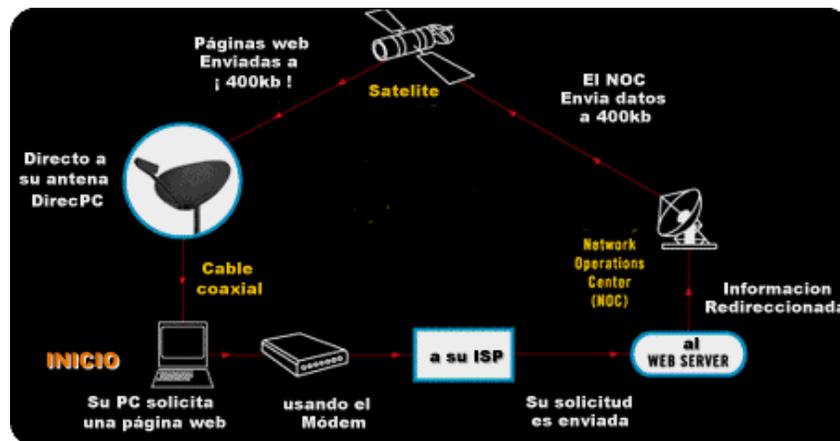


Figura-5. Esquema de envío de un mensaje

2.1.6 REDES INALAMBRICAS

Las redes inalámbricas o Wireless son una tecnología normalizada por el IEEE que permite montar redes locales sin emplear ningún tipo de cableado, utilizando infrarrojos u ondas de radio a frecuencias des-normalizadas (de libre utilización).

Están compuestas por dos elementos:

Punto de acceso (AP) o “transceiver”: es la estación base que crea un área de cobertura donde los usuarios se pueden conectar. El AP cuenta con una o dos antenas y con una o varios puertos Ethernet.

Dispositivos clientes: son elementos que cuentan con tarjeta de red inalámbrica. Estos proporcionan un interfaz entre el sistema operativo de red del cliente y las ondas, a través de una antena.

El usuario configura el canal (se suelen utilizar las bandas de 2,4GHz y 5GHz) con el que se comunica con el punto de acceso por lo que podría cambiarlo en caso de interferencias.

La velocidad con el punto de acceso disminuye con la distancia.

Los sistemas inalámbricos de banda ancha se conocen como BWS (Broadband Wireless Systems) y uno de los más atractivos, son los sistemas LMDS.

2.1.7 LMDS

El LMDS (Local Multipoint Distribution System) es un sistema de comunicación de punto a multipunto que utiliza ondas radioeléctricas a altas frecuencias, en torno a 28GHz ó 40GHz. Las señales que se transmiten pueden consistir en voz, datos, internet y vídeo.

Este sistema utiliza como medio de transmisión el aire para enlazar la red troncal de telecomunicaciones con el abonado. En este sentido, se configura un nuevo bucle de abonado, con gran ancho de banda, distinto al tradicional par de hilos de cobre que conecta cada terminal doméstico con la centralita más próxima.

Las bandas de frecuencias utilizadas ocupan un rango en torno a 2GHz, para las cuales la atenuación por agentes atmosféricos es mínima. Debido a las altas frecuencias y al amplio margen de operación, es posible conseguir un gran ancho de banda de comunicaciones, con velocidades de acceso que pueden alcanzar los 8Mbps. El sistema opera en el espacio local mediante las estaciones base y las antenas receptoras usuarias, de forma bidireccional. Se necesita que haya visibilidad directa desde la estación base hasta el abonado, por lo cual pueden utilizarse repetidores si el usuario está ubicado en zonas sin señal.

El LMDS ofrece las mismas posibilidades en cuanto a servicios, velocidad y calidad que el cable de fibra óptica, coaxial o el satélite. La ventaja principal respecto al cable consiste en que puede ofrecer servicio en zonas donde el cable nunca llegaría de forma rentable. Respecto al satélite, ofrece la ventaja de solucionar el problema de la gran potencia de emisión que se dispersa

innecesariamente en cubrir amplias extensiones geográficas. Con LMDS la inversión se rentabiliza de manera muy rápida respecto a los sistemas anteriores. Además, los costes de reparación y mantenimiento de la red son bajos, ya que al ser la comunicación por el aire, la red física como tal no existe. Por tanto, este sistema se presenta como un serio competidor para los sistemas de banda ancha.

En este documento nos referiremos únicamente a las tecnologías por dispositivos de acceso a internet a través de WiMAX (Yota) y Modem 3G (Claro y Movistar).

CAPITULO 3 – TECNOLOGIA WiMAX

3.1 IEEE

IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), es una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización de las nuevas tecnologías. En febrero de 1980 se conformó dicho instituto con la intención de estandarizar un sistema de 1Mbps o 2Mbps que básicamente era el Ethernet de esa época, se decidió estandarizar el nivel físico, el de enlace y superiores. Dividieron el nivel de enlace en dos subniveles: enlace lógico encargado de la lógica de reenvíos, control de flujo y comprobación de errores, y el subnivel de acceso al medio encargado de arbitrar los conflictos de acceso simultaneo a la red por parte de las estaciones.

3.2 IEEE 802.X

IEEE 802 es un comité y grupo de estudio de estándares perteneciente al IEEE, que actúa sobre Redes de Ordenadores, concretamente y según su propia definición sobre redes de área local (en inglés LAN) y redes de área metropolitana (MAN en inglés). También se usa el nombre IEEE 802 para referirse a los estándares que proponen y algunos de los cuales son muy conocidos: Ethernet (IEEE 802.3), WiFi (IEEE 802.11), incluso está intentando estandarizar Bluetooth en el 802.15.

3.2.1 LOS DIFERENTES TIPOS DE IEEE SON:

- IEEE 802.1 Protocolos superiores de redes de área local.
- IEEE 802.2 Control de enlace lógico.
- IEEE 802.3 Ethernet.
- IEEE 802.4 Token Bus.
- IEEE 802.5 Token Ring.
- IEEE 802.6 Red de área metropolitana.
- IEEE 802.7 Grupo de Asesoría Técnica sobre banda ancha.
- IEEE 802.8 Grupo de Asesoría Técnica sobre fibra óptica.
- IEEE 802.9 RAL de servicios integrados.

- IEEE 802.10 Seguridad interoperable en redes de área local LAN.
- IEEE 802.11 Red local inalámbrica, también conocido como WiFi.
- IEEE 802.12 Prioridad de demanda.
- IEEE 802.13 (no usado).
- IEEE 802.14 Cable Modems, es decir Modems para televisión por cable (Abandonado).
- IEEE 802.15 Red de área personal inalámbrica, que viene a ser Bluetooth.
- IEEE 802.16 Acceso inalámbrico de Banda Ancha, también llamada WiMAX para acceso inalámbrico.
- IEEE 802.17 Anillos de paquetes con recuperación, esto es aplicable a cualquier tamaño de red, y está bastante orientado a anillos de fibra óptica.
- IEEE 802.18 Grupo de Asesoría Técnica sobre Normativas de Radio.
- IEEE 802.19 Grupo de Asesoría Técnica sobre Coexistencia.
- IEEE 802.20 Acceso inalámbrico de Banda ancha móvil, que viene a ser como el 16 pero en movimiento.
- IEEE 802.21 Interoperabilidad independiente del medio.
- IEEE 802.22 Red inalámbrica de área regional.

3.2.2 IEEE 802.11 RED LOCAL INALAMBRICA, TAMBIEN CONOCIDO COMO WiFi

El protocolo IEEE 802.11 o WiFi es un estándar de protocolo de comunicaciones de la IEEE que define el uso de los dos niveles más bajos de la arquitectura OSI (capas física y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN. En general, los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local.

La familia 802.11 actualmente incluye seis técnicas de transmisión por modulación que utilizan los mismos protocolos. El estándar original de este protocolo data de 1997, era el IEEE 802.11, tenía velocidades de 1Mbps hasta 2Mbps

y trabajaba en la banda de frecuencia de 2,4GHz. En la actualidad no se fabrican productos sobre este estándar. El término IEEE 802.11 se utiliza también para referirse a este protocolo al que ahora se conoce como "802.11legacy."

La siguiente modificación apareció en 1999 y es designada como IEEE 802.11b, esta especificación tiene velocidades de 5 hasta 11Mbps, también trabajaba en la frecuencia de 2,4GHz. Se realizó una especificación sobre una frecuencia de 5GHz que alcanzaba los 54Mbps, era la 802.11a y resultaba incompatible con los productos de la b y por motivos técnicos casi no se desarrollaron productos.

Posteriormente se incorporó un estándar a esa velocidad y compatible con el b que recibe el nombre de 802.11g. En la actualidad la mayoría de productos son de la especificación b y de la g (actualmente se está desarrollando la 802.11n, que se espera que alcance los 500Mbps). La seguridad forma parte del protocolo desde el principio y fue mejorada en la revisión 802.11i. Otros estándares de esta familia (c-f, h-j, n) son mejoras de servicio y extensiones o correcciones a especificaciones anteriores.

El primer estándar de esta familia que tuvo una amplia aceptación fue el 802.11b. En 2005, la mayoría de los productos que se comercializan siguen el estándar 802.11g con compatibilidad hacia el 802.11b. Los estándares 802.11b y 802.11g utilizan bandas de 2,4GHz que no necesitan de permiso para su uso. El estándar 802.11a utiliza la banda de 5GHz. Las redes que trabajan bajo los estándares 802.11b y 802.11g pueden sufrir interferencias por parte de hornos microondas, teléfonos inalámbricos y otros equipos que utilicen la misma banda de 2,4GHz.

3.3 IEEE 802.16 ACCESO INALAMBRICO DE BANDA ANCHA WIMAX

(Worldwide Interoperability for Microwave Access) es el nombre comercial de un grupo de tecnologías inalámbricas que emergieron de la familia de estándares Wireless-MAN (Wireless Metropolitan Area Network – Red de Área Metropolitana Inalámbrica) IEEE 802.16. Si bien el término WiMAX sólo tiene algunos años, el estándar 802.16 ha existido desde fines de la década de 1990.

Primero con la adopción del estándar 802.16 (10-66GHz) y luego con el 802.16a (2-11GHz) en enero de 2003.

WiMAX es una potente solución a las necesidades de redes de acceso inalámbrico de banda ancha de amplia cobertura y elevadas prestaciones. Ofrece una gran capacidad (hasta 75Mbps por cada canal de 20MHz), e incorpora mecanismos para la gestión de la calidad de servicio (QoS). La banda ancha impacta fuertemente en el panorama competitivo del sector telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y la comunicación en general.

No solamente las zonas urbanas de Nicaragua se beneficiaran con la implementación de esta tecnología, sino también en áreas rurales donde aún no existe ningún tipo de comunicación. WiMAX proporciona mayor potencialidad en contenido y servicios avanzados. Su implementación deberá acompañarse con acciones de capacitación, uso y cobertura para alcanzar a los “no conectados” excluidos de este tipo de acceso. Por lo que, se hace necesario conocer las políticas de masificación del acceso de banda ancha inalámbricas, el ciclo de maduración que irá teniendo y cuando se propicien las condiciones adecuadas de la adopción progresiva de esta tecnología.

3.3.1 CARACTERISTICAS WiMAX

Es una tecnología dentro de las denominadas tecnologías de última milla, también conocidas como bucle local que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. Una de sus ventajas es dar servicios de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra óptica por la baja densidad de población presenta unos costos por usuario muy elevados (zonas rurales).

El estándar 802.16 puede alcanzar una velocidad de comunicación de más de 100Mbps en un canal con un ancho de banda de 28MHz (en la banda de 10 a 66GHz), mientras que el 802.16a puede llegar a los 70Mbps, operando en un rango de frecuencias más bajo (11GHz). Es un claro competidor de LMDS.

Estas velocidades tan elevadas como nos enseña la tabla-1 se consiguen gracias al utilizar la modulación OFDM (Orthogonal Frequency División Multiplexing) con 256 subportadoras, la cual puede ser implementada de diferentes formas, según cada operador, siendo la variante de OFDM empleada un factor diferenciador del servicio ofrecido.

	WiMAX - 802.16	WiFi -802.11	Mobile-Fi - 802.20	UMTS y cdma2000
Velocidad	124Mbps	11-54Mbps	16Mbps	2Mbps
Cobertura	40-70Km	300m	20Km	10Km
Licencia	Si/No	No	Si	Si
Ventajas	Velocidad y Alcance	Velocidad y Precio	Velocidad y Movilidad	Rango y Movilidad
Desventajas	Interferencias	Bajo alcance	Precio alto	Lento y caro

Tabla-1. Comparación WiMAX frente a otras tecnologías.

Otra característica de WiMAX es que soporta las llamadas antenas inteligentes (smart antenas), propias de las redes celulares de 3G, lo cual mejora la eficiencia espectral, llegando a conseguir 5bps/Hz, el doble que 802.11a. Estas antenas inteligentes emiten un haz muy estrecho que se puede ir moviendo, electrónicamente, para enfocar siempre al receptor, con lo que se evitan las interferencias entre canales adyacentes y se consume menos potencia al ser un haz más concentrado.

3.3.2 ASPECTOS TECNICOS

En este acápite se describen los aspectos técnicos, estructura, conectividad y los parámetros que definen y caracterizan la tecnología WiMAX.

3.3.3 TOPOLOGIA FISICA

Una red WiMAX es la creación de una estructura de red, implementando como base principal la utilización de tecnología inalámbrica WiMAX (802.16d - 802.16e) para que los equipos se conecten entre sí y a Internet. Una definición breve sería como si existiera un enchufe de red en cualquier punto dentro de la zona de cobertura WiMAX.

Las redes WiMAX pueden tener muchas utilidades prácticas para todo tipo de entidades, empresas o negocios como lo muestra la figura-6.

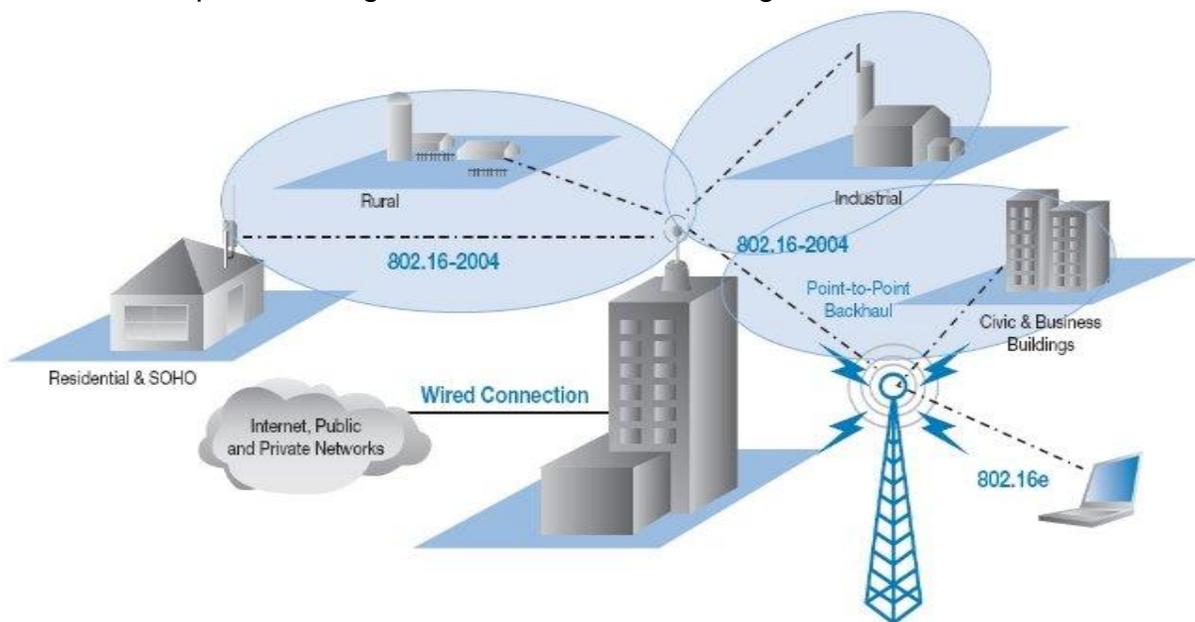


Figura-6. Ilustración de escenarios WiMAX.

Algunas de estas utilidades son:

- Acceder a una red empresarial desde cualquier punto.
- Acceder a Internet sin necesidad de cables.
- Conectarse sin cables con un PC, una portátil, una PDA (Asistente Digital Personal), un teléfono móvil con conexión WiMAX.
- Servicio de Hotspot para acceso restringido por tiempo o volumen.
- Acceder a servicios de VoIP sin cables.

3.3.4 TIPOS DE REDES

Dependiendo de su finalidad, las redes WiMAX se pueden diferenciar en dos tipos, diferenciando el tipo de equipos que se conectaran a ellas:

3.3.4.1 WiMAX Fijo

WiMAX, en el estándar IEEE 802.16-2004, fue diseñado para el acceso fijo. En esta forma de red al que se refirió como "fijo inalámbrico" se denomina de esta manera porque se utiliza una antena, colocada en un lugar estratégico del suscriptor. Esta antena se ubica generalmente en el techo de una habitación mástil, parecido a un plato de la televisión del satélite. También se ocupa de instalaciones interiores, en cuyo caso no necesita ser tan robusto como al aire libre.

Se podría indicar que WiMAX Fijo, indicado en el estándar IEEE 802.16-2004, es una solución inalámbrica para acceso a Internet de banda ancha (también conocido como Internet Rural). WiMAX acceso fijo funciona desde 2.5GHz autorizado, 3.5GHz y 5.8GHz exento de licencia. Esta tecnología provee una alternativa inalámbrica al cable módem y al ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line).

3.3.4.2 WiMAX Móvil

WiMAX, en una posterior revisión de su estándar IEEE 802.16-2004, la IEEE 802.16e, se enfoca hacia el mercado móvil añadiendo portabilidad y capacidad para clientes móviles con capacidades de conexión WiMAX. Los dispositivos equipados con WiMAX que cumpla el estándar IEEE 802.16e usan Acceso Múltiple por División Ortogonal de Frecuencia (OFDMA), similar a Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) en que se divide en sub-portadoras múltiples. OFDMA, sin embargo, va un paso más allá agrupando sub-portadoras múltiples en sub-canales. Una sola estación cliente del suscriptor podría usar todos los sub-canales dentro del periodo de la transmisión.

La gran diferencia entre WiMAX Fijo y WiMAX Móvil, es que, con esta última, una conexión establecida con un equipo se mantendrá cuando se salga del alcance de una base y se pase a otra. Similar a las comunicaciones celular.

3.3.5 ESTRUCTURA DE RED

Las Redes de Área Metropolitana WiMAX, se configuran de modo celular y generalmente constan de una celda o de un grupo de celdas, cada una de las cuales contiene varios terminales inalámbricos (también conocidas como unidades de abonado). A su vez, cada celda consta de uno o más dispositivos de Unidad de Acceso (estaciones base) que normalmente están conectadas al backbone y las cuales gestionan todo el tráfico dentro del área cubierta, entre dicha área y el backbone de la red como se puede observar en la figura-7.

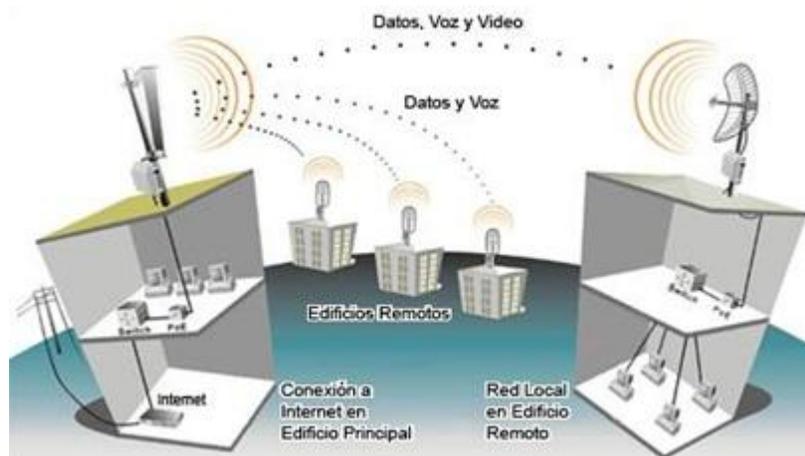


Figura-7. Conectividad

Los terminales dentro del área de alcance de una unidad de acceso se conectan al backbone de la red a través de la unidad de acceso. Todos los terminales asociados con una estación base están sincronizados, tanto por frecuencia y tiempo, y utilizan un protocolo riguroso para comunicarse con la unidad de acceso. La misma regla se aplica para un dispositivo de interceptación, para que los datos sean interceptados. Un dispositivo wireless debe ser empleado y sincronizado dentro del área cubierta por la unidad de acceso.

3.3.6 EQUIPOS

Para la creación de una red WiMAX es necesario contar con los equipos adecuados para el buen funcionamiento de esta. A continuación se describen algunos equipos seleccionados que pueden ser utilizados para diseñar una red.

3.3.6.1 MODEM

MODEM USB externo que proporciona conectividad a una red WiMAX a través de lo que se llama una llave. En general estos dispositivos están conectados a un ordenador portátil o Netbook, son de menor ganancia en comparación con otros dispositivos. En la figura-8 se muestra el Modem USB más común distribuido por Yota y la tabla-2 sus especificaciones técnicas.



Figura-8. Dispositivo WiMAX (Yota Jingle)

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Interface Host	USB 2.0
Modulación	S-OFDMA, MIMO
Estándar	IEEE 802.16e Wave 2
Frecuencia	(2,5 - 2,7)GHz
Potencia de Salida	0,2W
Fuente de Alimentación	Menos que 2W
Dimensiones	80x26,3x8,8 mm
Peso	16g
Compatibilidad con:	Windows XP 32 bit, Windows Vista (32 y 64 bit), Windows 7 (32 y 64 bit)

Tabla-2: Especificaciones del YOTA JINGLE

El Yota Jingle se conecta a un Router con doble antena y cuatro puertos RJ-45 lo cual este puede distribuir la señal para conectar de 4 a 7 computadoras de

forma inalámbrica con un buen ancho de banda, como lo muestra la figura-9 y la tabla-3 sus especificaciones técnicas.



Figura-9. Yota-Router VigorFly200

Alcance	Hasta 50 Metros.
Potencia de Salida Máxima de la Señal de WiFi.	70 mW (18dBm).
Fuente de Alimentación Máxima	12W.
Dimensiones	112x132x41 mm.
Peso	250g

Tabla-3. Especificaciones del Yota-Router VigorFly200

3.3.7 ESTACIONES DE RADIO-ACCESO

Las Estaciones de Radio-Acceso, son estaciones bases de baja y alta capacidad para ser empleadas en diferentes tipos de negocios. Desde un área urbana densa a un área rural, así como en el interior de un edificio. Brinda el servicio de redes WiMAX para transmisión de datos, vídeo, audio e interconexión con Internet; a través de las bandas de frecuencias de 2.3GHz, 2.5GHz y 2.7GHz.

La tabla-4 resume algunos equipos que se utilizan y se encuentran en el mercado y la figura-10 muestra la conexión de los dispositivos que configuran la red WiMAX.

Estudio y Análisis de las Tecnologías Implementadas por Dispositivos Inalámbricos (Modem USB) de Acceso a Internet a través de las tecnologías WiMAX y Modem 3G en Nicaragua.

Marca	Modelo	Especificaciones Técnicas	Frecuencias [GHz]
Samsung	U-RAS Premium	3 carriers/ 3 sectorsmax	2.3, 2.5
Samsung	URAS-RAS compact	Carrier / 3sectors Max	2.3, 2.5
Samsung	URAS-Flexible	2carriers / 3sectors	2.3, 2.5, 3.5
Samsung	U-RAS Light Series 1	2 carriers / Omni	2.3, 2.5, 3.5
Samsung	U-RAS Light Series 3	1carrier / Omni	2.3, 2.5, 3.5

Tabla-4. Equipos de estaciones de Radio-Acceso

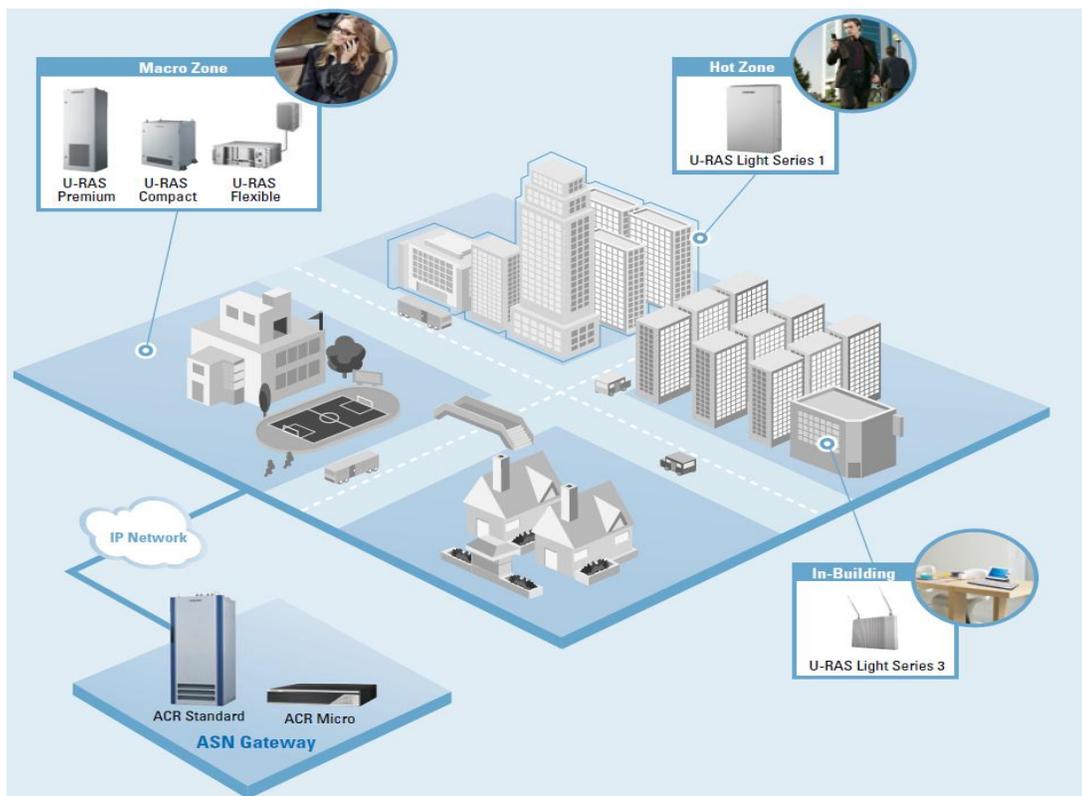


Figura-10. Distribución de la red WiMAX.

3.3.8 ROUTERS

Existen diferentes tipos de enrutadores clasificados de acuerdo a las funciones. A continuación se presentan:

3.3.8.1 CISCO 7201

El dispositivo es un Router de información que tiene las funciones de soporte de Traducción de Dirección de Red (NAT), equilibrio de carga, Conmutación de Multi-Protocolos mediante etiquetas (MPLS), Protocolo IPv6, Listas de Control de Acceso (ACL) y Calidad de Servicio (QoS).

El equipo como se ilustra en la figura-11 usa el protocolo de direccionamiento Hot Standby Router Protocol (HSRP) que permite el despliegue de Routers redundantes tolerantes a fallos en una red y comprobación del estado de los Routers.



Figura-11. Router CISCO 7201

3.3.8.2 CISCO 7604

El Router 7604 de Cisco es un equipo de alto rendimiento robusto que ofrece Routers IP / Conmutación de Multi-Protocolos mediante etiquetas (MPLS) y servicios necesarios para satisfacer las necesidades tanto de las empresas y proveedores. Igualmente permite a los proveedores de servicios Carrier Ethernet para desplegar una infraestructura de red avanzada que admite una amplia gama de video IP y triple-play (voz, vídeo y datos), aplicaciones del sistema, tanto en los mercados residenciales y servicios corporativos con una poderosa combinación de velocidad y servicios en un formato compacto.

3.3.8.3 ROUTERS DE CONTROL DE ACCESO Y SWITCHS

El Router de Control de Acceso es el principal controlador de acceso de redes WiMAX móvil, Gateway; además controla la autenticación de estaciones móviles y control del tipo de sesión. Ofrece un mejorado servicio de medidas de seguridad para estaciones móviles y nodos aplicando listas de control de acceso y límites de tasa para el control de planes de mensajes.

3.3.8.4 SWITCH ETHERNET ACCESS

- **CISCO ME-3400G-12CS-A/CISCO ME-3400G-12CS-D**

El dispositivo es un Conmutador de información que tiene las funciones de Conmutación capa 3, conmutación capa 2, concentración de enlaces, soporte VLAN y cuenta con 12 puertos.

- **CISCO WS-C6509**

El equipó WS-C6509 proporciona densidades de puerto intermedio, ideal para salas de cableado y muchos despliegues de red básicas.

3.3.8.5 ROUTER GATEWAY

- **CISCO VG200: CISCO 26XX, 36XX, 37XX.**

Cisco VG200 es un componente integrado en Cisco AVVID (Architecture for Voice, Video and Integrated Data) y tiene un diseño modular que admite la misma gama de interfaces de los routers y equipos selectores compatibles con voz Cisco 26XX, 36XX, 37XX. Los módulos pueden actualizarse en la instalación y los propios clientes pueden sustituirlos con suma facilidad.

A través del protocolo MGCP (Media Gateway Control Protocol) o H.323 versión 2 permite la conexión con el equipo telefónico heredado, PSTN, PBX y sistemas de buzón de voz.

El equipo selector Cisco VG200 usa hardware comprobado y el software Cisco IOS y puede gestionarse mediante Simple Network Management Protocol (SNMP) y acceso Telnet.

Internamente, el equipo selector Cisco VG200 está equipado con Procesadores de Señales Digitales (DSP) que convierten la voz analógica y digital en paquetes IP para su transporte a través de una red IP utilizando codificadores/decodificadores estándares (codecs).

3.3.8.6 ANTENA GPS: ACE ANTENA CORPORATION GA-1575

El receptor GPS, es un dispositivo que consiste en la recepción de las coordenadas en el punto en donde se encuentre el GPS. El Dispositivo trabaja en la banda 2300MHz a 2400MHz.

Todos los equipos anteriormente descritos son utilizados para la creación de una Red WiMAX y pueden ser encontrados en el comercio de la industria de las telecomunicaciones.

3.3.9 SEGURIDAD

Debido a la alta complejidad de esta tecnología, se conformaron grupos de trabajo para estandarizarlo tales como la IEEE y WiMAX Fórum. El protocolo 802.16 MAN dispone de las mejores características de seguridad en su clase lograda gracias a la adopción de las últimas tecnologías disponibles. WiMAX aborda la seguridad en base a tres áreas principales:

Evitar el uso clandestino de la conexión wireless.

Esto se logra a través del cifrado, ofreciendo una protección sólida mediante la implementación de los protocolos 3DES de 128 bits, AES (Advanced Encryption Standard, Estándar de encriptación avanzado) de 192 bits y RSA (sistema criptográfico de clave pública) de 1024 bits, estableciendo la autenticación de usuarios y el cifrado de datos.

Suministrar servicios sólo a los usuarios finales específicos.

Se logra a través de autenticación, basada en certificados digitales X.509, incluida en la capa de control de acceso a los medios, dando a cada usuario WiMAX

receptor su propio certificado, más otro para el fabricante, permitiendo a la estación base autorizar al usuario final.

Cumplir con la gestión de acceso seguro.

WiMAX utiliza dos capas del modelo OSI: La capa física o PHY correspondiente al nivel 1 y la de control de acceso al medio físico o MAC de nivel 2. El acceso seguro bajo privacidad de conexión es implementada como parte de un subnivel MAC: La capa de privacidad. Esta se basa en el protocolo Privacy Key Management (Forado, 2005).

El estándar WiMAX tiene protocolos de seguridad más sólidos que los disponibles hasta ahora en un sistema WiFi, así como también sobresale en sus especificaciones técnicas relacionadas a alcance, velocidad, ancho de frecuencias, calidad de servicio, entre otros.

CAPITULO 4 - TECNOLOGIA 3G

4.1 EVOLUCION A LA TENOLOGIA 3G

4.1.1 PRIMERA GENERACION (1G)

En los años 1970 fue introducida la Primera Generación de redes móviles, o 1G. A estos sistemas se les conocían como celular, en inglés, pero luego el término fue reducido a “cell” en referencia al método que se utilizaba para entregar las señales entre una torre y otra. La señal de los celulares estaba basada en sistemas de transmisión análogos, y los dispositivos 1G eran relativamente menos pesados y costosos que dispositivos anteriores (sí, existían equipos celulares antes del nacimiento de la 1G, pero estos teléfonos “móviles” se veían restringidos por su limitada movilidad y mal servicio. Estos equipos eran bien pesados y extremadamente caros). Algunos de los estándares más famosos que surgieron con esta tecnología fueron: Sistema Telefónico Móvil Avanzado (AMPS, por sus siglas en inglés*) utilizado en Estados Unidos, Sistema de Comunicación de Acceso Total (TACS) usado en el Reino Unido y Telefonía Móvil Nórdica (NMT) aprovechado en los países Nórdicos, Holanda, Europa del Este y Rusia entre otros.

Tenían limitada cobertura y capacidad de tráfico.

La mayor diferencia entre el 1G y el 2G es que el 1G es analógico y el 2G es digital; aunque los dos sistemas usan sistemas digitales para conectar las Radio bases al resto del sistema telefónico, la llamada es cifrada cuando se usa 2G.

4.1.2 EL NACIMIENTO DE LAS REDES GSM Y GPRS (2G)

En la segunda generación coexisten distintas tecnologías entre las que se destacan acceso múltiple por división de tiempo TDMA, el sistema global para las comunicaciones móviles (GSM, proviene del francés Groupe Spécial Mobile), el celular digital personal PDC y el acceso múltiple por división de códigos CDMA. Sin embargo estas tecnologías eran incompatibles entre sí lo que restringía la cobertura de los servicios a un solo país o región.

En un avance rápido de desarrollo tecnológico se hizo evidente que los métodos tradicionales para el establecimiento de estándares eran limitados

De este modo los principales organismos vinculados a estos temas establecieron un conjunto mínimo de definiciones que permitieran acompañar eficientemente los procesos de globalización y de convergencia tecnológica.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT estableció los requisitos técnicos y las normas para las futuras telecomunicaciones móviles avanzadas denominadas tercera generación (3G) en la International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000). Con estos parámetros se definieron seis normas básicas para las telecomunicaciones de tercera generación de las que surgieron dos trayectorias evolutivas principales basadas en los estándares más populares de la segunda generación: GSM y CDMA. Así la mayoría de los operadores adoptaron por una de estas dos tecnologías, mientras que las normas PDC y TDMA comenzaron a perder relevancia.

En una primera etapa, la norma CDMA logro cierta ventaja debido a sus mejores prestaciones, desempeño, gran facilidad para lograr actualizaciones tecnológicas reutilizando el espectro y las redes. Sin embargo pese a las mayores inversiones realizadas en nueva infraestructura de red, el estándar europeo GSM se impuso rápidamente como plataforma para avanzar hacia la tecnología de redes de tercera generación. Esta tendencia se consolidó gracias al carácter abierto de esa norma tecnológica, su alta penetración en el mercado, las economías de escala a nivel mundial, la facilidad para el desplazamiento global (roaming) y la mayor disponibilidad de terminales.

A inicios de los 90' se introdujeron al mercado los teléfonos 2G con el despliegue de la tecnología GSM (el Sistema Global para las comunicaciones Móviles), utiliza modulación digital para mejorar la calidad de la voz, pero los servicios que ofrece la red son limitados.

Mientras la demanda por los celulares aumentaba, los proveedores de 2G continuaban mejorando la calidad de transmisión y la cobertura. Estos también

comenzaron a ofrecer servicios adicionales, como fax, mensajes de textos y buzón de voz.

4.1.3 FASE INTERMEDIA (2.5G)

Es una tecnología de la telefonía móvil celular, que actúa como puente entre las redes 2G y 3G.

Fue introducida a finales de los años 90'. Esta fase permitía a los usuarios enviar datos con imágenes y/o gráficos. La importancia de este servicio creció conjuntamente con el desarrollo del Internet y los Protocolos de Internet (IP).

Dado a la creciente demanda de nuevas prestaciones comenzaron a desarrollarse tecnologías capaces de transmitir datos a mayor velocidad sobre las redes de segunda generación originando lo que ha denominado generación 2.5G: con red de servicio general de radio por paquetes GPRS acrónimo de General Packet Radio Service considerado como la extensión del servicio GSM con mayor potencial para el salto cualitativo de los datos sobre servicios móviles. GPRS supone integrar en el sistema GSM un nuevo concepto de red y con él una nueva arquitectura específicamente diseñada para facilitar el acceso a las redes de paquetes, mayoritariamente orientadas al protocolo IP.

EDGE se considera una evolución del GPRS (General Packet Radio Service). Esta tecnología funciona con redes GSM. Aunque EDGE funciona con cualquier GSM que tenga implementado GPRS, el operador debe implementar las actualizaciones necesarias, además no todos los teléfonos móviles soportan esta tecnología.

La red EDGE es un ejemplo de tecnología 2.5G, sin esta red los Smartphone no existirían, incluyendo los Blackberry.

4.1.4 EL VERDADERO USO DEL INTERNET MOVIL (3G)

Debido a la evolución de los estándares de GSM (EDGE), sus actualizaciones CDMA de banda ancha (WCDMA) y el acceso ascendente/descendente de paquetes de alta velocidad (HSDPA/HSUPA) y CDMA2000 1x con tecnología de evolución de datos optimizados (EV-DO) respectivamente permitió el avance a la tecnología 3G que también es conocida como UMTS (Universal Mobile Telecommunications System que en español es Servicio Universal de Telecomunicaciones Móviles), sostienen mayores velocidades de datos y abren el camino a aplicaciones al estilo del Internet.

El objetivo principal de la tecnología 3G es estandarizar las redes en un único protocolo de red global, en vez de utilizar los diferentes estándares aplicados en Europa, Estados Unidos, Japón y otras regiones.

Con estas tecnologías se logran altas velocidades de transferencia de datos comparables a las plataformas fijas como ADSL o cable Modem, que permite a los usuarios el uso de aplicaciones de audio, imágenes y vídeo. A través del 3G es posible ver vídeo en streaming (en tiempo real, sin que el vídeo se detenga) y hacer uso de las vídeo llamadas, aunque realmente ya en la práctica este tipo de actividades se ven restringidos por los cuellos de botella en la red y el alto uso (exagerado) de esta red por parte los usuarios.

La tecnología 3G ofrece velocidades hasta 2Mbps, pero sólo bajo las mejores condiciones y en modo estacionario (usándolo con un router en nuestra casa). Si el 3G se utiliza a grandes velocidades, por ejemplo en la carretera, el ancho de banda puede ser reducido hasta a 145Kbps.

La tecnología 3G soporta voz y datos al mismo tiempo, a excepción de cuando se utiliza en redes CDMA (pero ya esto ha ido cambiado poco a poco), también se puede utilizar con un grupo de estándares alrededor del mundo, siendo compatible con una amplia variedad de dispositivos móviles. Y gracias a la tecnología UMTS ya existe la posibilidad de roaming global, con acceso potencial al Internet desde cualquier parte del mundo.

Según ha pasado el tiempo a la tecnología 3G se le han hecho algunas modificaciones, una de las más importantes fue la actualización de la tecnología UMTS, haciendo llegar la misma a velocidades de hasta 14Mbps, en sus mejores condiciones. A esta actualización se le dió el nombre de HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), la cual también se conoce como 3.5G, o 3G+.

4.2 ESTANDARIZACION DE LA NET

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) definió las demandas de redes 3G con el estándar IMT-2000. Telecomunicaciones internacionales móviles 2000(IMT-2000 por sus siglas en inglés) es el estándar global para la tercera generación de redes de comunicación inalámbricas 3G.

IMT-2000 proporciona un marco para el acceso inalámbrico mundial uniendo los diversos sistemas de redes terrestres y satelitales.

Una organización llamada 3rd Generation Partnership Project (3GPP) ha continuado ese trabajo mediante la definición de un sistema móvil que cumple con dicho estándar.

Los estándares de la tecnología 3G utilizan WCDMA para compartir el espectro entre usuarios. Aunque inicialmente se especificó una velocidad de 384Kbps. La evolución de la tecnología permite ofrecer al suscriptor velocidades de descarga superiores a 3Mbps.

Esta tecnología está funcionando en Nicaragua casi a nivel nacional por las operadoras de comunicaciones Claro y Movistar. Con la tecnología 3G por medio del teléfono móvil se logra transmitir voz y datos, hacer video llamadas, enviar mensajes cortos, correo electrónico y también acceso a internet.

4.3 MODEM USB-HSDPA PARA INTERNET DE ALTA VELOCIDAD VIA TARJETA SIM

4.3.1 HSDPA

Es la optimización de la tecnología espectral UMTS/WCDMA, incluida en las especificaciones de 3GPP y consiste en un canal de enlace descendente (downlink) que mejora significativamente la capacidad máxima de transferencia de información, en algunos casos hasta alcanzar tasas de 14Mbps, utilizando canales de 5MHz. Aunque para desarrollar estos picos de transferencia se precisa de una importante velocidad de procesamiento, la cual es costosa de implementar en los terminales celulares. Por esto, la tasa de transferencia pico de esta tecnología normalmente oscila entre 3,6Mbps y 7,2Mbps, siendo el throughput ofrecido al usuario un promedio entre 250Kbps y 1Mbps.

Con mejoras, como el procesamiento espacial, móviles con diversidad en la recepción, y detección multi-usuario, se puede lograr una mejora significativa en el rendimiento de la tecnología HSDPA.

Como hemos observado hasta ahora HSDPA es una interfaz únicamente de bajada (downlink), por lo que se tuvo que desarrollar un complemento para la subida de datos (uplink). Existe una versión de sólo subida llamada HSUPA (high-speed uplink packet access), la cual soporta tasas de transferencia pico de 5,8Mbps y forma parte de las especificaciones 3GPP.

Cuando se utiliza HSDPA y HSUPA en forma conjunta se refiere únicamente como HSPA (high-speed packet access).

4.4 ¿QUE LE PROPORCIONA UMTS A NICARAGUA?

Las telecomunicaciones modernas son un estimulante necesario y poderoso para la economía de Nicaragua. En el futuro, una porción cada vez mayor de las operaciones comerciales dependerá de las telecomunicaciones. La tecnología inalámbrica moderna ofrece la posibilidad de llevar servicios de telecomunicaciones de avanzada a personas que viven fuera de las grandes aglomeraciones urbanas y que quizás ni siquiera cuentan hoy con telefonía fija.

Esto nos permite administrar un negocio incluso desde un pequeño pueblo y aún así mantenerse en contacto con los clientes y proveedores. UMTS tiene la posibilidad de convertirse en un importante canal de telecomunicaciones y en un soporte indispensable para un desarrollo económico saludable para Nicaragua.

4.5 CODIGOS COMPARTIDOS

Con HSDPA el usuario dispone simultáneamente de varios códigos de acceso, compartidos con otros. Es decir, puede trabajar en paralelo, como si tuviera varias líneas de comunicación a la vez, aunque el máximo permitido es de 5, 10 o 15 líneas. Mientras que en 3G cada abonado tiene un solo código, en HSDPA tiene cinco y puede ir cinco veces más rápido de 1,5Mbps a 2Mbps.

Si se le autorizaran hasta 15 códigos podría llegar a velocidades mayores, del orden de 14 a 15Mbps, según Casadevall. Además, como en HSDPA los códigos son compartidos, cada dos milisegundos se pueden cambiar sus características, frente a los 80 de la telefonía 3G.

HSDPA también se adapta a la calidad del canal. Cuando ésta es buena, transmite cuatro bits de información por señal; con ruido sólo transmite dos bits, y si hay muchas interferencias, el sistema bloquea la transmisión en intervalos de dos milisegundos.

Al estar diseñado para tráfico a ráfagas, "el número de clientes conectados es mayor que el de abonados que transmiten simultáneamente. El sistema se aprovecha de que no siempre el cliente necesita transmitir o recibir. Por ejemplo, asignando cinco códigos por abonado, hasta tres comparten el canal simultáneamente, aunque el número de abonados activos oscila entre 50 y 100. Pero si se asignan 10 o 15 códigos por abonado, los valores disminuyen". En menos de cinco años, prosigue Casadevall, "se alcanzarán velocidades máximas de hasta 30Mbps por usuario en HSDPA y del orden de 10Mbps para HSUPA", su evolución.

La futura cuarta generación (4G) podría alcanzar velocidades de transmisión entre 100Mbps a 1Gbps en el enlace descendente (de la antena al terminal), aunque depende del entorno de propagación, del ancho de banda y del uso de múltiples antenas en transmisión y recepción (técnicas MIMO).

4.6 DISPOSITIVO RECEPTOR

4.6.1 TARJETA USIM

USIM (Universal Subscriber Identity Module) o Módulo de Identificación del Abonado es una aplicación para telefonía móvil UMTS que se ejecuta en una tarjeta inteligente UICC que está insertada en un Modem 3G. En esta se almacena la información de abonado para su identificación en la red y otras informaciones como mensajes de texto. Su función y, en muchos casos, su aspecto son similares a los de una tarjeta SIM.

Tarjetas SIM (Subscriber Identity Module) se utilizan para comunicarse en redes GSM. Con la introducción del UMTS o 3G, es muy recomendable usar una tarjeta USIM para acceder a la red UMTS. Aunque es posible acceder a él con una simple tarjeta SIM, la tarjeta USIM tienen muchas ventajas en comparación con la tarjeta SIM:

Una tarjeta USIM es una pequeña computadora que es capaz de manejar varias mini aplicaciones, por ejemplo, un contacto de monedero electrónico para el metro, un portal de servicio local que le da acceso a su cuenta de teléfono, etc.

Una red 3G (UMTS) con un teléfono o Modem equipado con una tarjeta USIM se puede utilizar para realizar vídeo llamadas, asumiendo que el área de llamadas está cubierta por una red 3G.

En cuanto a la seguridad, un nuevo algoritmo es integrado (que es derivado de las recientes investigaciones de en criptografía). Permite protegerse de accesos no autorizados a su línea telefónica, y por lo tanto a ser acusado de llamadas fraudulentas en su cuenta.

Las llamadas y los intercambios de datos son encriptados usando llaves calculado por la tarjeta USIM, y estas son más fuertes que las previstas por el SIM.

La agenda es mucho más grande en la tarjeta USIM, permitiendo a miles de contactos (en lugar de un máximo de 255 en una tarjeta SIM). Cada contacto USIM también es más rica, por ejemplo, puede contener direcciones de correo electrónico y varios números de teléfonos por ejemplo: del trabajo, domicilio, personal.

Los modem 3G, como los representados en la figura-12 y figura-13, son dispositivos electrónicos que permiten conectar un equipo portátil o de escritorio a Internet mediante una línea de telefonía móvil. Los modem 3G utilizan tarjeta SIM (integrada o removible) para identificarse ante la tele operadora, son multi-banda y ofrecen diversas opciones de conexión, como PCMCIA, USB, WiFi o Ethernet, pudiendo ser también internos.



Figura-12. Modem 3G Movistar



Figura-13. Modem 3G Claro

4.6.2 CARACTERÍSTICAS

Una de las principales características del modem 3G es acceder a Internet desde un dispositivo portátil o de sobremesa y da servicio a un único equipo.

En el caso del modem 3G es una opción válida, en zonas sin cobertura de otras tecnologías, centros de trabajo temporales para un proyecto concreto o desplazamientos de equipos de trabajo de corta duración.

Todos los modem 3G emplean tarjeta SIM para identificarse en la red del operador, pudiendo ser integrada o removible, en cuyo caso se facilita el cambio de operadora.

Respecto a la cobertura, generalmente los modem 3G son multi-banda y seleccionan automáticamente la mejor tecnología entre las disponibles sin cortar la conexión. Al cambiar entre GSM, GPRS y 3G/UMTS variará el ancho de banda, pero sin perder la conexión.

4.7 ENCRIPCIÓN KASUMI

En criptografía, KASUMI, también llamado A5/3, es una unidad de cifrado por bloques utilizada en algoritmos de confidencialidad e integridad para Telefonía móvil 3GPP. KASUMI fue diseñado por el grupo SAGE (Security Algorithms Group of Experts en inglés), que forma parte del organismo de estándares europeos ETSI. En lugar de inventar un cifrado desde cero, SAGE seleccionó un algoritmo existente llamado MISTY1. Para su implementación en hardware, se le realizaron algunas optimizaciones. De allí que MISTY1 y KASUMI sean muy similares, de manera que los análisis disponibles sobre uno se adaptan fácilmente al otro (kasumi en japonés es neblina, "misty" en inglés).

KASUMI tiene un tamaño de bloque de 64 bits y un tamaño de clave de 128 bits.

Es una unidad de cifrado por bloque de tipo Cifrado Feistel con ocho vueltas y, al igual que MISTY1 y MISTY2, tiene una estructura recursiva, con subcomponentes de tipo similar a Feistel. La figura-14 muestra un ejemplo de encriptación y descifrado de la información.

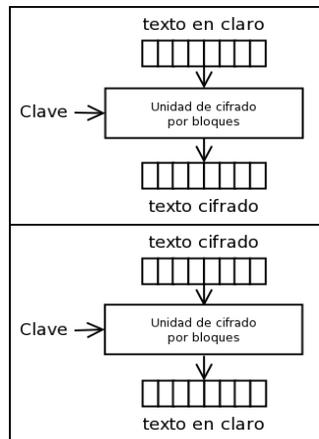


Figura-14. Ejemplo de encriptación y descifrado por bloques.

CAPITULO 5 - ANALISIS DEL ACCESO A INTERNET CON LAS TECNOLOGÍAS WiMAX Y 3G

El Internet en Nicaragua ha contribuido no en gran medida al desarrollo del país. Existen tres operadores del Servicio de Internet con tecnologías 3G y WiMAX siendo ellos:

- **ENITEL**
- **MOVISTAR**
- **YOTA**

Actualmente en Nicaragua, existen pocos proveedores que brindan el servicio de Internet, sin embargo estas se concentran donde hay mayor concentración de la población, sobre todo en las principales ciudades del país.

5.1 FUNCIONAMIENTO DE LA TENOLOGIA 3G

Los Operadores de Internet, cuentan con diferentes tipos de tecnologías para brindar el servicio. Estas tecnologías está funcionando en Nicaragua casi a nivel nacional por las operadoras de comunicaciones Claro y Movistar.

5.1.1 REPARTO DEL ESPECTRO DISPONIBLE

Lo primero a lo que nos enfrentamos al diseñar la estructura de red para un sistema de telefonía móvil es la limitación en el rango de frecuencias disponibles. Cada dispositivo (o cada cliente de tráfico de datos) requiere un mínimo de ancho de banda para que pueda transmitir correctamente. A cada operador en el mercado se le asigna cierto ancho de banda, en ciertas frecuencias delimitadas, que debe repartir para el envío y la recepción del tráfico a los distintos usuarios (que, por una parte, reciben la señal del otro extremo, y por otra envían su parte de la “transmisión”). Por tanto, no puede emplearse una sola antena para recibir la señal de todos los usuarios a la vez, ya que el ancho de banda no sería suficiente y además, deben separarse los rangos en que emiten unos y otros usuarios para

5.1.2 PROCEDIMIENTO DE ENLACE

La BSS, capa inferior de la arquitectura (terminal de usuario – BS – BSC), resuelve el problema del acceso del terminal al canal. La siguiente capa (NSS) se encargará, por un lado, del enrutamiento (MSC) y por otro de la identificación del abonado, tarificación y control de acceso (HLR, VLR y demás bases de datos del operador).

5.1.3 CAPA DE RADIO Y CONTROL DE RADIO: SUBSISTEMA DE ESTACIONES BASE O BSS

Esta capa de red se ocupa de proporcionar y controlar el acceso de los terminales al espectro disponible, así como del envío y recepción de los datos.

En la figura-15 se ilustra el esquema general de una red 3G.

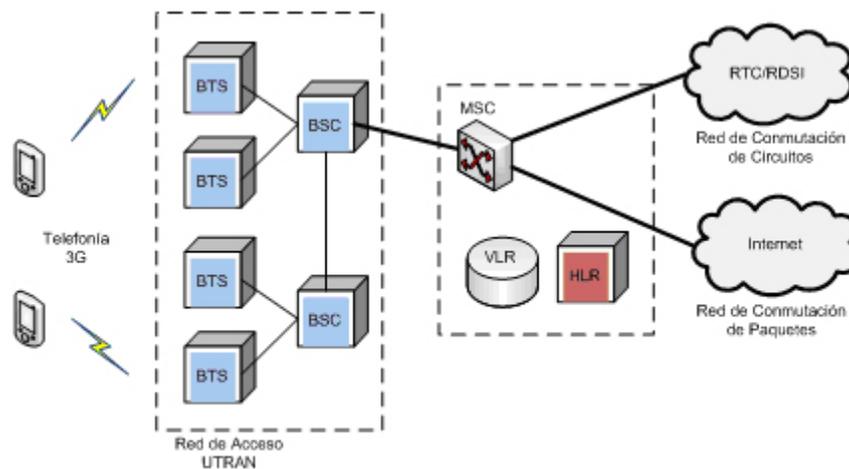


Figura-15. Esquema general de una red 3G.

El sistema debe ser capaz de soportar una gran carga de usuarios, con muchos de ellos utilizando la red al mismo tiempo. Si sólo hubiera una antena para todos los usuarios, el espacio radioeléctrico disponible se saturaría rápidamente por falta de ancho de banda. Una solución es reutilizar las frecuencias disponibles. En lugar de poner una sola antena para toda una ciudad, se colocan varias, y se programa el sistema de manera que cada antena emplee frecuencias distintas a las de sus vecinas, pero las mismas que otras antenas fuera de su rango. A cada antena se

le reserva cierto rango de frecuencias, que se corresponde con un cierto número de canales radioeléctricos (cada uno de los rangos de frecuencia en que envía datos una antena). Así, los canales asignados a cada antena de la red del operador son diferentes a los de las antenas contiguas, pero pueden repetirse entre antenas no contiguas.

Además, se dota a las antenas de la electrónica de red necesaria para comunicarse con un sistema central de control (y la siguiente capa lógica de la red) y para que puedan encargarse de la gestión del interfaz radio: el conjunto de la antena con su electrónica y su enlace con el resto de la red se llama estación base (BS, Base Station). El área geográfica a la que proporciona cobertura una estación base se llama celda o célula (del inglés cell, motivo por el cual a estos sistemas se les llama a veces celulares). A este modelo de reparto del ancho de banda se le denomina a veces SDMA o división espacial.

El empleo de celdas requiere de una capa adicional de red como lo es el controlador de estaciones base, o BSC, (Base Station Controller) que actúa de intermediario entre el “corazón” de la red, las antenas, se encarga del reparto de frecuencias, el control de potencia de terminales y estaciones base. El conjunto de estaciones base coordinadas por un BSC proporcionan el enlace entre el terminal del usuario. El conjunto de BSs + BSC se denomina subsistema de estaciones base, o BSS (Base Station subsystem).

Una estación base 3G puede alcanzar un radio de cobertura a su alrededor desde varios cientos de metros (en estaciones urbanas) hasta un máximo práctico de 35 km (en zonas rurales), según su potencia y la geografía del entorno. Sin embargo, el número de usuarios que puede atender cada BS está limitado por el ancho de banda (subdividido en canales) que el BSC asigna a cada estación, y aunque podría pensarse que las estaciones base deberían tener una gran potencia para cubrir mayor área, tienen una potencia nominal de 320W como máximo (frente a las antenas de FM o televisión, que poseen potencias de emisión de miles de Watts, un valor casi despreciable) y de hecho siempre emiten al menor nivel de potencia posible para evitar interferir con celdas lejanas que pudieran emplear el

mismo rango de frecuencias, motivo por el cual es raro que se instalen modelos de más de 40W. Es más, en zonas urbanas muy pobladas se instala un mayor número de BSs de potencia muy limitada (menor que 2,5W) para permitir la creación de las llamadas pico y microceldas, que permiten mejor reutilización de las frecuencias (cuantas más estaciones, más reutilización de frecuencias y más usuarios admisibles al mismo tiempo) o bien dan cobertura en lugares que una BS normal no alcanza o precisan de gran capacidad (carreteras, espacios muy concurridos, ciudades muy pobladas).

Por tanto, en zonas donde exista una gran concentración de usuarios, como ciudades, debe instalarse un gran número de BSs de potencia muy limitada, y en zonas de menor densidad de uso, como áreas rurales, puede reducirse el número de estaciones y ampliar su potencia. Esto asegura además mayor duración de la batería de los terminales y menor uso de potencia de las estaciones base.

Además, el terminal no se encuentra emitiendo durante el transcurso de toda la llamada. Para ahorrar batería y permitir un uso más eficiente del espectro, se emplea el esquema de transmisión TDMA (Time Division Multiple Access, o acceso múltiple por división del tiempo). El tiempo se divide en unidades básicas de 4,615ms, y éstas a su vez en 8 time slots o ranuras de tiempo de 576,9µs. Durante una inicio de sesión, se reserva el primer time slot para sincronización, enviada por la BS; unos slots más tarde, el terminal emplea un slot para enviar de terminal a BS y otro para recibir, y el resto quedan libres para el uso de otros usuarios en la misma BS y canal. Así se permite un buen aprovechamiento del espectro disponible y una duración de batería superior, al no usar el emisor del terminal constantemente sino sólo una fracción del tiempo.

5.1.4 HANDOVER: EL CONTROLADOR DE BASES O BSC

Al mismo tiempo, la comunicación no debe interrumpirse porque un usuario se desplace y salga de la zona de cobertura de una BS, deliberadamente limitada para que funcione bien el sistema de celdas. Tanto el terminal del usuario como la BS calibran los niveles de potencia con que envían y reciben las señales e

informan de ello al controlador de estaciones base o BSC (Base Station Controller). Además, normalmente varias estaciones base al mismo tiempo pueden recibir la señal de un terminal y medir su potencia. De este modo, el controlador de estaciones base o BSC puede detectar si el usuario va a salir de una celda y entrar en otra, y avisa a ambas MSCs y al terminal para el proceso de salto de una BS a otra: es el proceso conocido como handover o traspaso entre celdas, una de las tres labores del BSC. En ese caso el BSC remite al terminal a otra estación contigua, menos saturada, incluso aunque el terminal tenga que emitir con más potencia. Por eso es habitual percibir cortes de la comunicación en zonas donde hay muchos usuarios al mismo tiempo. Esto nos indica la segunda y tercera labor del BSC, que son controlar la potencia y la frecuencia a la que emiten tanto los terminales como las BSs para evitar cortes con el menor gasto de batería posible.

5.1.5. SEÑALIZACION

Además del uso para llamadas del espectro, reservando para ello los canales precisos mientras se estén usando, el estándar prevé que el terminal envíe y reciba datos para una serie de usos de señalización, como por ejemplo el registro inicial en la red al encender el terminal, la salida de la red al apagarlo, el canal en que va a establecerse la comunicación si entra o sale de una conexión, la información del número de la conexión entrante... Y prevé además que cada cierto tiempo el terminal avise a la red de que se encuentra encendido para optimizar el uso del espectro y no reservar capacidad para terminales apagados o fuera de cobertura.

Este uso del transmisor, conocido como ráfagas de señalización, ocupa muy poca capacidad de red y se utiliza también para enviar y recibir los mensajes cortos SMS sin necesidad de asignar un canal de radio. Es sencillo escuchar una ráfaga de señalización si el teléfono se encuentra cerca de un aparato susceptible de captar interferencias, como un aparato de radio o televisión.

En 3G se definen una serie de canales para establecer la comunicación, que agrupan la información a transmitir entre la estación base y el modem.

Se definen los siguientes tipos de canal:

- Canales de tráfico (Traffic Channels, TCH): albergan las llamadas en proceso que soporta la estación base.
- Canales de control o señalización:
- Canales de difusión (Broadcast Channels, BCH).
- Canal de control broadcast (Broadcast Control Channel, BCCH): comunica desde la estación base al móvil la información básica y los parámetros del sistema.
- Canal de control de frecuencia (Frequency Control Channel, FCCH): comunica al móvil (desde la BS) la frecuencia portadora de la BS.
- Canal de control de sincronismo (Synchronization Control Channel, SCCH): informa al móvil sobre la secuencia de entrenamiento (training) vigente en la BS, para que el móvil la incorpore a sus ráfagas.
- Canales de control dedicado (Dedicated Control Channels, DCCH).
- Canal de control asociado lento (Slow Associated Control Channel, SACCH).
- Canal de control asociado rápido (Fast Associated Control Channel, FACCH).
- Canal de control dedicado entre BS y móvil (Stand-Alone Dedicated Control Channel, SDCCH).
- Canales de control común (Common Control Channels, CCCH).
- Canal de aviso de llamadas (Paging Channel, PCH): permite a la BS avisar al móvil de que hay una llamada entrante hacia el terminal.
- Canal de acceso aleatorio (Random Access Channel, RACH): alberga las peticiones de acceso a la red del móvil a la BS.
- Canal de reconocimiento de acceso (Access-Grant Channel, AGCH): procesa la aceptación, o no, de la BS de la petición de acceso del móvil.
- Canales de Difusión Celular (Cell Broadcast Channels, CBC).

5.2. WiMAX

5.2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA TECNOLOGIA WiMAX

Este análisis y especificaciones técnicas del WiMax está basado en los estudios conducidos por el Grupo de Trabajo del IEEE, el cual decidió que se podría requerir un nuevo, más complejo y completo desarrollo del estándar para direccionar las necesidades requeridas por la Capa Física (transmisiones de RF en exterior versus interior) y la Calidad de Servicio (QoS) en los sistemas Broadband Wireless Access (BWA) y su acceso al mercado de la “última milla”. WiMAX es un típico sistema BWA punto a multipunto compuesto de dos elementos clave:

- **Estación Base**
- **Equipo de abonado**

La estación base se interconecta al backbone de la red y usa una antena exterior para transmitir y/o recibir voz y datos de alta velocidad hacia el equipo suscriptor, eliminando la necesidad de extensión y una costosa infraestructura alámbrica, para proporcionar una alta flexibilidad y soluciones costo-efectivas. El estándar 802.16e define como el tráfico inalámbrico que se moverá entre las redes centrales y los abonados, llegando al siguiente funcionamiento, de acuerdo con las fases relacionadas con la figura-16

Fase 1: El abonado envía su tráfico inalámbrico hasta velocidades de 70Mbps desde una antena fija sobre un edificio.

Fase 2: La estación base recibe transmisiones desde múltiples sitios y envía el tráfico sobre un sistema inalámbrico o enlaces de cable a un Centro de Conmutación usando el protocolo 802.16.

Fase 3: El Centro de Conmutación envía el tráfico a un ISP o a la PSTN.

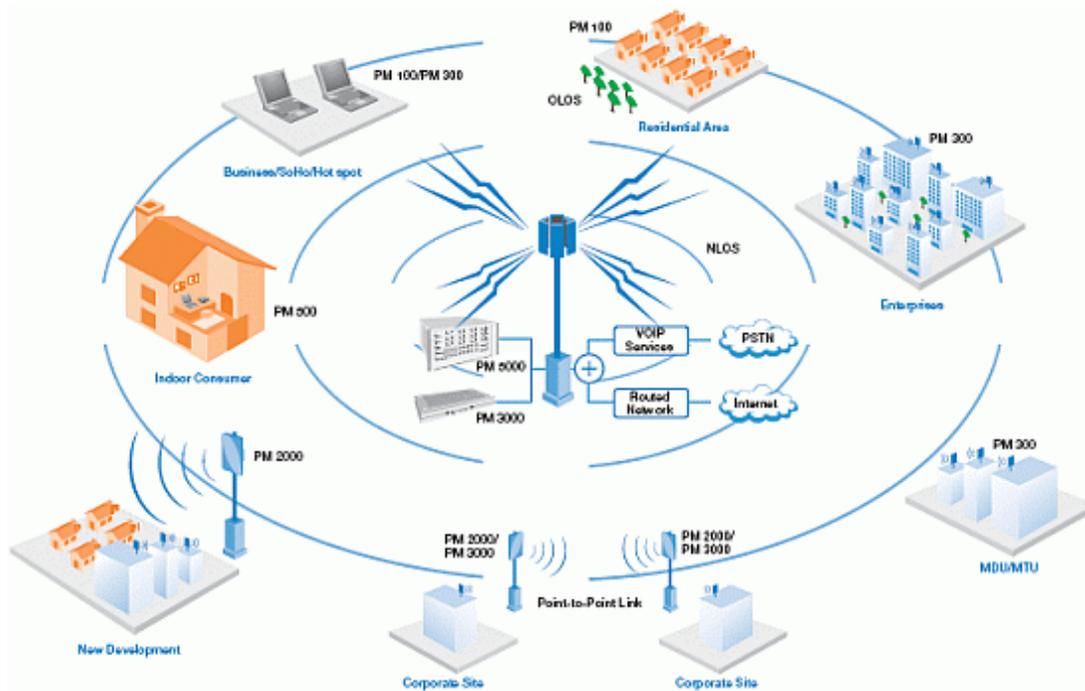


Figura-16 Funcionamiento WiMAX.

5.2.2 ESPECIFICACIONES DEL ESTANDAR IEEE 802.16.

De acuerdo con los estudios realizados en el IEEE, en la Capa Física (PHY layer), el estándar 802.16a soporta canales de RF con anchos de banda flexibles y reutiliza aquellos canales (reutilización de frecuencias), como una manera de aumentar la capacidad de las celdas a medida que la red va creciendo.

Este estándar también especifica el soporte para la transmisión automática del control de potencia y mediciones de la calidad del canal como una herramienta adicional de Capa Física para soportar la planificación, despliegue y uso eficiente del espectro.

Los operadores pueden reubicar las frecuencias en el espectro mediante la sectorización y fraccionamiento de celdas a medida que aumenta el número de abonados. También, soporta anchos de banda para múltiples canales posibilitando que los fabricantes de equipos proporcionen un medio para que el Gobierno administre el uso del espectro y regule las ubicaciones de frecuencias enfrente de los operadores. El estándar 802.16a del IEEE especifica el tamaño de los canales

en el rango de 1.5MHz hasta 20MHz con muchas opciones en dicho rango. Por su parte, a diferencia del estándar anterior, los productos basados en WiFi requieren al menos 20MHz por cada canal (22MHz en la banda 2.4GHz para el 802.11b), y han especificado solamente las bandas no licenciadas, 2.4GHz ISM, 5GHz ISM y 5GHz UNII para su operación.

En la Capa MAC (Medium Access Control), la base del 802.11 es el protocolo CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance), que es básicamente un protocolo inalámbrico Ethernet, que hace de balance para conocer que tan bien trabaja la red Ethernet. Esto es para decir, que trabaja pobremente, dado que en una red LAN Ethernet, actúan muchos usuarios en una reducción geométrica del “throughput” o rendimiento total, esto es el CSMA/CA MAC para WLANs (o LAN inalámbrica).

En el estándar 802.16a, la Capa MAC ha sido diseñada para administrar entre 1 y 100 usuarios en un canal de RF, en cambio el 802.11 MAC nunca fue diseñado para esto y es incapaz de soportar esta operación.

5.2.3 COBERTURA

El estándar 802.16a para Acceso Inalámbrico de Banda Ancha (BWA o Broadband Wireless Access) es diseñado para obtener un óptimo comportamiento en todos los tipos de propagación, incluyendo las condiciones de LOS (línea de vista), LOS cercano y NLOS (No línea de vista), y entregar resultados confiables aún en casos de enlaces difíciles. La robustez de la señal OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) soporta una alta eficiencia espectral (bits por segundo por Hertz) sobre rangos entre 2 y 50 kilómetros con una tasa de bits hasta de 70Mbps sobre un único canal de RF. Algunas topologías avanzadas de red tales como la de enmallamiento o mesh, y técnicas de antenas (beam-forming, STC, o antenas en diversidad) pueden ser usadas para mejorar aún más la cobertura. Estas técnicas avanzadas pueden ser también utilizadas para aumentar la eficiencia espectral, capacidad, reutilización, y el rendimiento peak y promedio por canal de RF.

Cabe señalar que no todos los sistemas con OFDM actúan igual. El diseño de OFDM para BWA tiene la habilidad de soportar largos rangos de transmisión y las multitrectorias o reflexiones de la señal. Por otra parte, los sistemas WLANs y 802.11 tienen en su núcleo de operación una aproximación básica de CDMA (Code Division Multiple Access) o usan OFDM con diferentes diseños, y tienen un rango bajo de requerimiento de consumo de potencia. OFDM en las WLAN fue creado con la visión de los sistemas de cobertura entre 10 hasta unos pocos cientos de metros, en cambio el estándar 802.16 es diseñado para alta potencia y una aproximación OFDM que soporta despliegues en el rango de las decenas de kilómetros.

Esta mayor cobertura de WiMAX permitirá que los proveedores de servicios sean capaces de ofrecer acceso a Internet de banda ancha directamente a las casas, sin tener que tender un cable físico hasta el final, lo que se conoce como la "última milla", que conecta a cada uno de los hogares con la red principal de cada proveedor.

5.2.4. CALIDAD DE SERVICIO (QoS)

El estándar 802.16a MAC confía en un protocolo de Cesión/Requerimiento para acceso al medio y éste soporta niveles de servicios diferenciados. (por ejemplo, líneas dedicadas T1/E1 para negocios y el mejor esfuerzo para abonados residenciales). El protocolo emplea flujos de datos TDM sobre el DL (downlink) y TDMA sobre el UL (uplink), y el proceso de la información es realizado por un programa centralizado para apoyar los servicios sensibles al retardo tal como la voz y el video. Suponiendo un acceso de datos al canal libre de colisiones, el 802.16a MAC mejora el rendimiento total del sistema y la eficiencia del ancho de banda, en comparación con las técnicas de acceso basadas en contención tal como el protocolo CSMA/CA usado en WLANs.

El 802.16a MAC también asegura la limitación del retardo sobre los datos (CSMA/CA, en cambio, no ofrece garantías sobre el retardo). Las técnicas de acceso TDM/TDMA también aseguran un soporte más fácil para los servicios de multidifusión y difusión o emisión única de la señal. Con una aproximación

CSMA/CA para su operación, WLANs en su actual implementación nunca será capaz de entregar el QoS de un BWA como el sistema del estándar 802.16.

El IEEE ha realizado el esfuerzo por algunos años para desarrollar este nuevo estándar 802.16a, culminando en una aprobación final de las especificaciones de la interfaz aire en Enero 2003. Este estándar ha sido bien recibido por toda la industria que apoya y lidera la fabricación de equipos inalámbricos. Cabe señalar que muchas compañías que son miembro del grupo WiMAX están también activas simultáneamente en el estándar IEEE 802.16 y en el estándar IEEE 802.11 para Wireless LAN, con la visión de combinar el 802.16a y 802.11 creando una solución inalámbrica completa para entregar acceso a Internet de alta velocidad para negocios, hogares, y coberturas pincel o spot para WiFi. El estándar 802.16a entrega un comportamiento “carrier-class” en términos de robustez y QoS, y ha sido diseñado para entregar un abanico de servicios con características escalables, largo alcance y alta capacidad para la “última milla en comunicaciones inalámbricas, para portadores y proveedores de servicio alrededor del mundo.

5.2.5. WiMAX, LA CAPA FISICA DEL ESTANDAR IEEE 802.16a

La primera versión del estándar 802.16 se refirió a los medios donde existía Line-of-Sight (LOS) o línea de vista para bandas de alta frecuencia operando en el rango de 10 a 66GHz, mientras que en los recientes desarrollos adoptados, el estándar 802.16a, es diseñado para operar sistemas en bandas en el rango de 2 a 11GHz. La diferencia entre aquellos dos rangos de frecuencia está en la habilidad para soportar operaciones sin línea de vista (NLOS) en las frecuencias bajas, o algo que no sea posible en bandas más altas. Consecuentemente, las enmiendas a la 802.16a conducen a un estándar abierto y la oportunidad para mayores cambios a las especificaciones de la capa física orientadas a administrar las necesidades de las bandas entre 2Hz y 11Hz.

Esto es logrado mediante la introducción de tres nuevas especificaciones a la capa física (una nueva portadora única para la PHY, una Transformada Rápida de Fourier de 256 puntos o FFT OFDM PHY, y una FFT OFDMA PHY de 2048

puntos); mayores cambios a las especificaciones de la capa PHY son comparadas a las frecuencias altas, así como los mejoramientos significativos de la capa MAC.

El formato de OFDM ha sido seleccionado en preferencia sobre el CDMA debido a su habilidad para soportar los comportamientos NLOS y mantener un alto nivel de eficiencia espectral al usar la disponibilidad de espectro. En el caso de CDMA (donde prevalece para los estándares 2G y 3G), el ancho de banda de RF debe ser mucho más grande que el rendimiento de la señal de datos, para mantener una adecuada ganancia de procesamiento y prevenir la interferencia.

Esto es claramente impracticable para inalámbricos de banda ancha bajo los 11GHz, por ejemplo, tasas de datos hasta 70Mbps podrían requerir anchos de banda de RF sobre los 200MHz para entregar ganancias de procesamiento comparables comportamiento de NLOS adecuados.

CAPITULO 6 - TIPOS DE MODULACIONES Y TRASPASO ENTRE CELDAS HARD HANDOFF

6.1 MODULACIÓN QAM

Se utiliza para módems de computadora y se considera ampliamente en satélites cuando se asegura la linealidad del amplificador.

Es una técnica de modulación digital avanzada que transporta datos, mediante la modulación de la señal portadora, modulación tanto en amplitud como en fase. Esto se consigue modulando una misma portadora, desfasando 90° la fase y la amplitud.

La modulación QAM consiste en modular por desplazamiento en amplitud (ASK) de forma independiente, dos señales portadoras que tienen la misma frecuencia pero que están desfasadas entre si 90° . La señal modulada QAM es el resultado de sumar ambas señales ASK. Estas pueden operar por el mismo canal sin interferencia mutua porque sus portadoras al tener tal desfase, se dice que están en cuadratura.

La ecuación matemática de una señal modulada en QAM es:

$$A\cos(\omega t)+B\text{Sen}(\omega t)$$

Las amplitudes de las dos señales moduladas en ASK (A y B), toman de forma independiente los valores discretos A_n y B_n correspondientes al total de los "N" estados de la señal moduladora codificada en banda base multinivel $N= n \times m$.

Una modulación QAM se puede reducir a la modulación simultanea de amplitud $ASK_{n,m}$ y fase $PSK_{n,m}$ de una única portadora, pero solo cuando los estados de amplitud $A_{n,m}$ y de fase $H_{n,m}$ que esta dispone, se mantienen con las amplitudes de las portadoras originales A_n y B_n

$$QAM = A_n(\cos\omega t)+B_m (\text{Sen}\omega t) = A_{n,m}(\cos\omega t-H_{n,m})$$

Donde $A_n(\cos\omega t)$ y $B_m(\text{Sen}\omega t)$ están moduladas en ASK, $A_{n,m}$ esta modulada en ASK y $(\cos\omega t - H_{n,m})$ es una expresión modulada en PSK.

$$A_{n,m} = \sqrt{A_n^2 + B_m^2}$$

$$A_n = A_{n,m} \text{Cosh}H_{n,m}$$

$$H_{n,m} = \text{Arctg}B_m / A_n$$

$$B_m = A_{n,m} \text{Sen}H_{n,m}$$

Estas expresiones se deducen fácilmente a partir de las siguientes:

$$\text{QAM} \rightarrow A \cos(\omega t - h) = A \cos \omega t \times \text{Cosh} + A \sin \omega t \times \text{Senh}$$

$$\text{QAM} \rightarrow A \cos(\omega t - h) = (A \text{Cosh}) \times \cos \omega t + (A \text{Senh}) \times \sin \omega t$$

$$\text{QAM} \rightarrow A \cos(\omega t - h) = A \cos \omega t + B \sin \omega t; \text{ por lo tanto: } A = A \text{Cosh}; B = A \text{Senh}$$

La inmunidad que tiene la señal modulada en cuanto a las perturbaciones y al ruido de la línea, es mayor cuanto más separados estén los puntos del diagrama de estados. Se trata pues de buscar una constelación de puntos con coordenadas de amplitud y fase que hagan máxima la separación entre ellos.

Ejemplos de modulación en amplitud y en cuadratura.

16QAM Modulación de amplitud en cuadratura de 16 estados. Es un sistema M-ario en donde $M=16$ actúa sobre los datos de entrada en grupos de cuatro ($2^4=16$).

64QAM Modulación de amplitud en cuadratura de 64 estados. Al igual que en la modulación 16QAM, $M=64$ actúa sobre los datos de entrada en grupos de ($2^6=64$). Cada flujo de datos se divide en grupos de cuatro bits, y a su vez en subgrupos de 2 bits, codificando cada bit en 4 estados o niveles de amplitud de las portadoras.

N-QAM Cada bit se codifica en 2^n estados o niveles de amplitud de las portadoras.

La figura-17 y figura-18 muestran dos ejemplos de constelación en modulación QAM de 16QAM y 64QAM respectivamente.

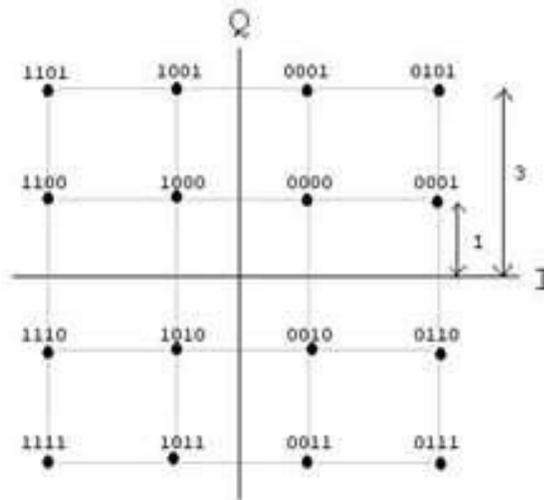


Figura-17 Modulación 16QAM

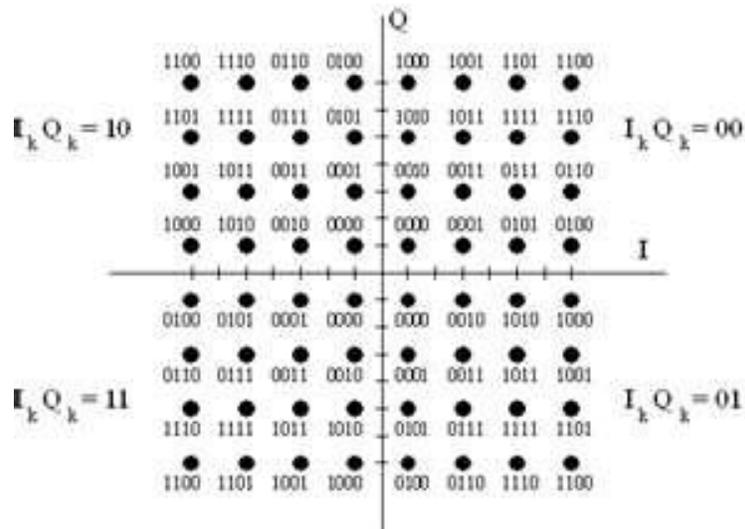


Figura-18 Modulación 64QAM

6.2 MODULACIÓN WCDMA

En este tipo de modulación no se subdivide el tiempo ni la frecuencia, más bien varios usuarios pueden compartir la misma frecuencia. A esta dificultad se soluciona con una técnica llamada espectro disperso que consiste en la difusión de la señal en todo el ancho de banda, asignando a cada usuario un código o secuencia. Cuando el usuario comienza a transmitir se le asigna una secuencia y en el otro extremo el receptor busca la secuencia en cuestión la cual pasa por un filtro pasabanda las señales no deseadas no pasaran por el filtro pasabanda. Habiendo aislado la secuencia de las otras señales el usuario receptor extrae la señal original.

UMTS es el estándar que utiliza WCDMA con el objetivo de ser un sistema multi-servicio y multi-velocidad, esto quiere decir que tiene suficiente flexibilidad en la transferencia de datos a diferentes velocidades y requisitos distintos, incluso permite a un usuario el acceso de diversas conexiones de distintos servicios simultáneamente. Por ejemplo, un usuario puede estar enviando un correo electrónico a la vez puede estar descargando archivos de la red, por supuesto que esto dependerá de los servicios que le brinda el operador.

6.3 MULTIPLEXACION POR DIVISION DE FRECUENCIAS ORTOGONALES (OFDM)

Que fundamentalmente es lo mismo que Coded OFDM (COFDM) y Discrete multi-tone modulation (DMT), es una técnica de multiplexado multiportadora. Múltiples subportadoras de poca capacidad se combinan en el transmisor para formar un compuesto de alta capacidad. El concepto fundamental de OFDM es que las subportadoras son ortogonales en frecuencia, lo cual se define por la siguiente fórmula.

$$\int_{T^0}^{T^{0+1}} f_1(t)f_2(t)dt = 0$$

Donde $f_1(t)$ y $f_2(t)$ son las frecuencias de las subportadoras, que se suponen ortogonales durante el tiempo T . En la FDM convencional la separación entre subportadoras adyacentes es de $2/T$, mientras que en OFDM la separación es de $1/T$, que es el mínimo para que las subportadoras adyacentes sean ortogonales. Como se puede observar en la figura-19 que muestra la comparación entre el espaciado entre subportadoras en los casos de FDM y OFDM, el espectro de estas se superpone, por lo que con OFDM se mejora la eficiencia espectral.

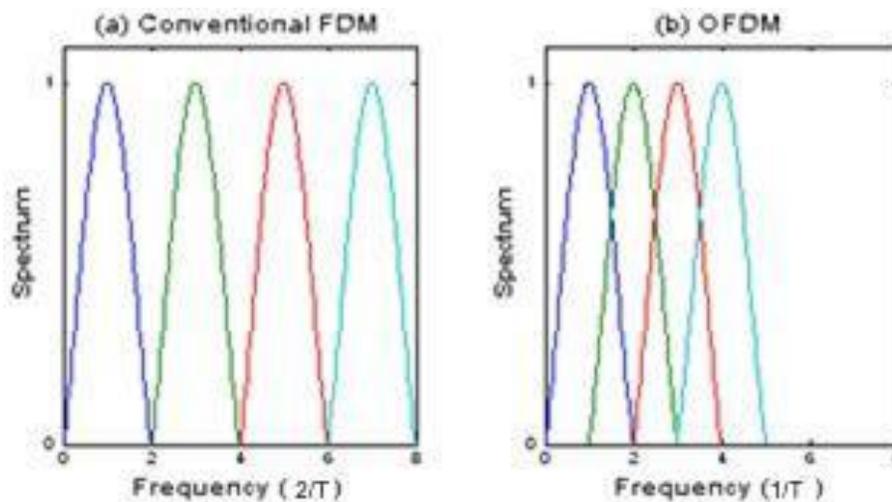


Figura-19 Comparación espaciada entre subportadoras de FDM y OFDM

Los datos se dividen en varios flujos o canales en paralelo, uno para cada subportadora. Y cada subportadora se modula con una técnica convencional como QAM o PSK a velocidades bajas. Los flujos de datos que se consiguen son similares a una modulación monoportadora del mismo ancho de banda del combinado.

La técnica OFDM se utiliza en comunicaciones digitales de banda ancha, tanto cuando es con medios inalámbricos como con guías ópticas o metálicas, en aplicaciones del tipo: televisión digital, comunicaciones móviles, difusión de audio y acceso de banda ancha.

Su principal ventaja estriba en su capacidad para funcionar bajo condiciones que serían problemáticas para otras fórmulas; el OFDM soporta bien la distorsión por

atenuación en frecuencias altas en los cables metálicos y las interferencias y desvanecimiento o "fading" por multi-propagación, sin necesitar complejos ecualizadores.

6.3.1. ELEMENTOS TECNICOS

En la figura-20 se muestra el diagrama de bloques de un transmisor y un receptor OFDM. La modulación y demodulación de las subportadoras se realiza mediante transformadas inversas (IFFT) y directas (FFT) de Fourier, respectivamente

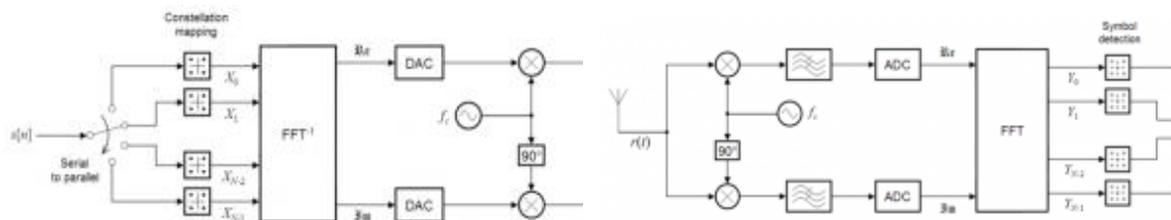


Figura-20 Diagramas bloque básico de transmisor y receptor OFDM

6.3.2. VENTAJAS Y PROBLEMAS

Una de las principales ventajas de la modulación OFDM con respecto a emplear una sola portadora es la robustez frente a las diferencias de retardo. La distribución del retardo de canal provoca interferencias entre símbolos que, a su vez, limitan la velocidad de los datos, al elevar el suelo de error. Pero en OFDM la duración de símbolo en cada subportadora es N veces mayor que en los sistemas monoportadora. De ahí procede la robustez del OFDM frente a las diferencias de retardo. Si bien la modulación OFDM tiene menos interferencia entre símbolos que los sistemas monoportadora, sigue teniendo algo de interferencia. Esta se puede evitar usando un prefijo cíclico de longitud igual o mayor que el máximo rango de retardo de canal (en un canal que tenga K tomas entre muestras, en número muestras de guarda del prefijo cíclico ha de ser $N_g = K - 1$) como se muestra en la figura-21, el prefijo cíclico hace que la convolución lineal de la respuesta de impulso del canal y la señal, se transforme en una convolución cíclica.

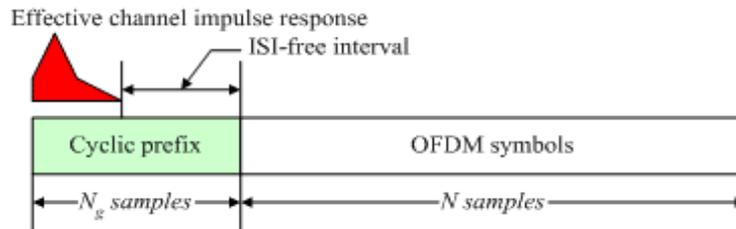


Figura-21 Prefijo cíclico para evitar interferencia entre símbolos

Además de lo anterior, el multiplexado OFDM tiene otras ventajas, sobre los sistemas monoportadora.

Por emplear diversidad de frecuencia, es más robusto frente la interferencia de banda estrecha (ruido de impulso).

En un canal que varíe poco a lo largo del tiempo, se puede tener una modulación adaptativa según sea la relación señal-ruido de una subportadora concreta.

Se puede emplear en redes isofrecuenciales: el emisor principal y los repetidores pueden emplear las mismas portadoras, y dado que en algunas zonas se puede tener diversidad de espacio parece una técnica interesante para difusión digital.

Por otra parte, en algunas aplicaciones tiene ciertos problemas.

En el dominio temporal la señal OFDM es la suma de varias sinusoides y tiene una relación pico sobre media alta, lo que puede provocar distorsión no lineal en el transmisor. (Distorsión en banda y fuera de banda)

Es muy sensible a los errores de frecuencia, que pueden destruir la ortogonalidad de las subportadoras, como se muestra en la figura-22.

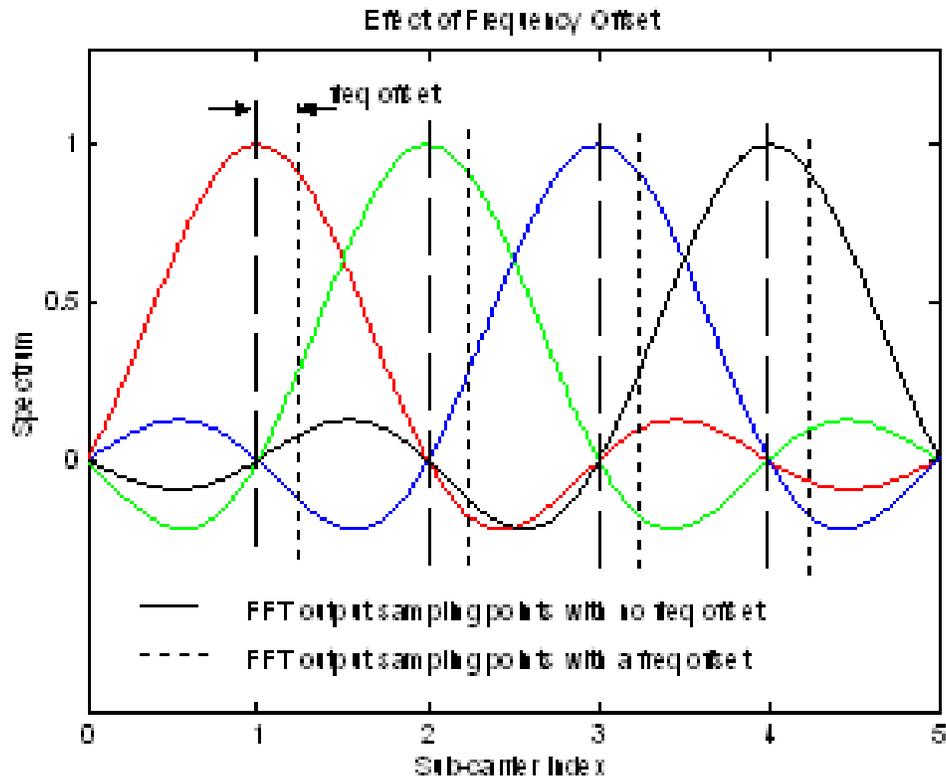


Figura-22 Efecto del desvío de frecuencia

6.4 HARD HANDOFF

En una red de comunicación móvil es un mecanismo que está diseñado para trabajar primero por la rotura fuera desde la conexión inicial con una estación base antes de cambiar a otra estación base.

Una breve interrupción se desprende antes de establecer conexión con otra estación base que se conoce como interrupción de eventos y es demasiado corto para ser siquiera notado por el usuario.

Un handoff es más fácil y barato de implementar en comparación con otro tipo de handoff llamado soft handoff.

Un mecanismo de transferencia duro es particularmente apropiado para el tráfico de comunicaciones tolerantes al retraso como en tecnología de banda ancha con capacidad de Internet, VoIP, la tecnología de redes móviles, como WiMax móvil. Acceso a Internet de banda ancha y enviar correos electrónicos es más eficiente y

fiable cuando un mecanismo de transferencia duro se utiliza. Como lo presenta la figura-23.

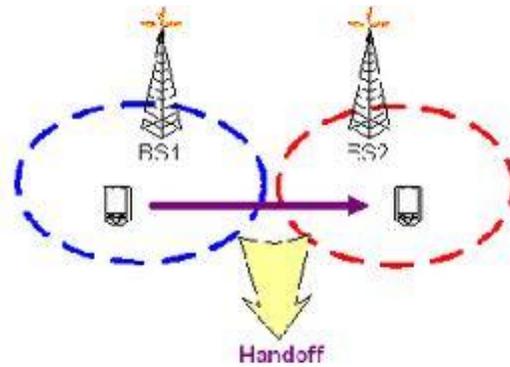


Figura-23 Muestra de un ejemplo Handoff

CAPITULO 7 - CUADRO COMPARATIVO DE AMBAS TECNOLOGIAS

Al analizar toda la información, podemos deducir una tabla comparativa sencilla.

Esto lo podemos ver en la tabla 5.

	Tecnología 3G	Tecnología WiMAX
Tipo de modulación	QPSK, 16QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM
Cobertura de las Antenas	3 – 5Km aproximadamente.	5-10Km (Alcance máximo 50km apróx.)
Tipos de Antenas	Sectoriales.	Omnidireccionales.
Ganancia	15dBi	15dBi
Frecuencia	(850, 900, 1800, 1900)MHz.	2.3GHz, 2.5GHz y 3.5Ghz.
Seguridad encriptación	Cifrado por bloques KASUMI.	Incluye medidas para autenticación de usuarios y encriptación de datos mediante algoritmos.
Ancho de banda del canal	5.0MHz	Escalable (5, 7, 8.75, 10)MHz
Tasa de transmisión	384Kbps-2Mbps	1-70Mbps
Tecnología de acceso al medio	WCDMA	OFDM
Altura de la BTS	32m	32m
Desventajas	Bajo alcance. Elevada latencia.	Interferencia. Limitación de potencia para prever interferencias con otros sistemas.
Ventajas	Velocidad y precio.	Velocidad, alcance y precio.
Handoff	Hard Handoff	Hard Handoff

Tabla 5 Cuadro comparativo

8 CONCLUSIONES

Con este estudio se analizó cada una de las tecnologías: su forma de transmisión, estructura de sus redes, las diferentes formas de modulación, comparar las diferentes características técnicas de cada una de ellas, sus ventajas y desventajas.

La tecnología WiMAX no cubre todo el territorio nacional solamente en la ciudad de Managua y sus alrededores, por tanto el acceso a Internet de esta forma está limitado a gran parte de la población nicaragüense. Sin embargo el acceso a Internet vía Modem USB que nos ofrece WiMAX es la ideal por usar el tipo de modulación OFDM lo que le da ventaja sobre WCDMA como es mayor ancho banda, lo que permite más cantidad de usuarios conectados al mismo tiempo.

En cambio 3G tiene una gran ventaja con respecto al área de cobertura, ya que está presente en casi todo el territorio nacional, pero con la limitación de que la transferencia de datos al conectarse a Internet es menor, además de que según la empresa con quien se adquiriera el servicio y tipo de plan así se puede descargar información.

Las telecomunicaciones con sus distintos tipos de tecnologías permiten y contribuyen en gran medida al desarrollo de un país en el ámbito tecnológico, económico y social al mejorar el acceso universal de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

9 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el desarrollo e implantación de la tecnología inalámbrica WiMAX en todo el territorio nacional. Por ser más veloz en su transmisión, es resistente a las interferencias por utilizar modulación OFDM, el costo de su infraestructura es menor y tiene mayor área de cobertura.
2. Es necesario atraer a más compañías que brinden este servicio para que no exista el monopolio de unos cuantos y el beneficio redunde en la población.
3. Reducir el costo de los equipos para que el precio al acceso a Internet también se abarate.
4. Fomentar en los centros educativos la cultura tecnológica y que estos realicen alianzas con otros centros de investigación tanto dentro como fuera del país.
5. Mejorar la señal en las compañías que ya tienen más cobertura a nivel Urbano y Rural.

10 BIBLIOGRAFIA Y FUENTES ELECTRÓNICAS

- OLIVERA SAUL (2005). Comparación de tecnologías inalámbricas.
- LEÓN y GARCIA A (2001). Redes de Comunicaciones. Mc Graw Hill Madrid.
- JHON G PROAKIS. Digital Communications.
- WAYNE TOMASI (2003). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Editorial Prentice Hall México.
- GSM System Survey.
- GSM Cell Planning.

Libros Electrónicos y otros:

- UNITED NATIONS (2007). " La inversión extranjera en América Latina y el Caribe. Publicación Naciones Unidas.
- SINGAL (2010). Wireless Communications. Editorial McGraw Hill.
- SUMIT KASERA y NISHIT NARANG (2004). 3G Networks, Architecture, Protocols and Procedures. Editorial McGraw Hill.
- CLINT SMITH y DANIELS COLLINS (2002). 3G Wireless Networks. Editorial McGraw Hill.
- Gabriela S González, Maria G Collado y Yahosca M Hurtado (2010). ESTUDIO DEL IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA WiMAX EN EL SECTOR DE LAS TELECOMUNICACIONES PARA LOS USUARIOS NICARAGÜENSE. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Cristian A Pozo (2007). WiMAX: BANDA ANCHA MOVIL Y COMPARACION CON HSDPA. Universidad Mayor Santiago de Chile.

Fuentes Electrónicas consultadas:

- www.yota.com.ni (Consultada: 11/10/2011)
- www.movistar.com.ni (Consultada: 24/11/2011)
- www.claro.com.ni (Consultada: 23/10/2011)
- www.ericsson.com/tems (Consultada: 16/12/2011)
- <http://www.wimaxforum.org> (Consultada: 29/1/2012)
- <http://www.wimaxworld.com> (Consultada: 27/1/2012)
- <http://www.telcor.gob.ni> (Consultada: 28/1/2012)
- <http://www.wimax.co.uk> (Consultada: 11/12/2011)
- <http://grouper.ieee.org/groups/802/11/> (Consultada: 17/1/2012).
- <http://www.intel.com/netcomms/technologies/wimax/> (Consultada: 4/12/2011)
- <http://www.wi-fiplanet.com> (Consultada: 7/1/2012)
- http://www.paramowifix.net/antenas/guiaondas_marshall.html(Consultada: 5/10/2011)
- <http://wikitel.info/wiki/802.16a> (Consultada: 20/9/2011)
- www.3gpp.org (Consultada: 28/1/2012)
- <http://www2.udec.cl/~eduamoli/gprs.htm#met> (Consultada: 8/1/2012)
- <http://www.ingeniatic.net/index.php/tecnologias/item/667-wimax>(Consultada:29/1 012)
- <http://www.itu.int/es/Pages/default.aspx> (Consultada: 31/1/2012)
- <http://www.mobilemark.com/shop/category.asp?catid=651> (Consultada: 9/1/2012)
- http://it.toolbox.com/wiki/index.php/Hard_handoff (Consultada: 4/2/2012)
- http://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_de_fase (Consultada: 21/1/2012)
- http://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_de_amplitud_en_cuadratura(Consulta da: 5/2/2012)

11 GLOSARIO

A

- ADSL Línea de Abonado Digital Asimétrica.
- AES esquema de cifrado de bloques.
- AMPS sistema telefónico móvil avanzado.
- AP punto de acceso.
- ARPANET Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de la Red.

B

- BACKBONE Es la infraestructura de la transmisión de datos en una red o un conjunto de ellas en Internet.
- BCCH canal de control de difusión.
- BCH canales de difusión.
- BLUETOOTH especificación industrial para redes inalámbricas de área personal.
- BPSK desplazamiento binario de fase.
- BROADCAST transmisión de un paquete que será recibido por todos los dispositivos de la red.
- BS estación base.
- BUS sistema digital que transfiere datos entre los componentes de una computadora o entre computadoras.
- BWS sistemas de banda ancha inalámbrica.

C

- CCCH canal de control común.
- CDMA acceso múltiple por división de código.
- CDMA2000 familia de estándares de telecomunicaciones móviles de tercera generación.
- CODECS codificador-decodificador.
- CISCO compañía global que diseña y vende tecnología y servicios de red.

D

- DCCH canal de control dedicado.
- DSL línea de abonado digital.
- DSP procesador digital de señales.
- DOWNLINK enlaces de bajada.

E

- EDGE transferencia de datos basada en la conmutación por paquetes.
- ETHERNET estándar de redes de área local para computadoras con acceso al medio.
- EV-DO estándar de telecomunicaciones para la transmisión inalámbrica de datos a través de las redes de telefonía celular.

F

- FACCH canal de control asociado rápido.
- FCCH canal de control de frecuencia.
- FDD división dúplex de frecuencia.
- FDMA acceso múltiple por división de frecuencias.
- FHMA acceso múltiple por saltos de frecuencias.
- FTP Protocolo de Transferencia de Archivos.

G

- GATEWAY puerta de enlace.
- GHz El gigahercio es un múltiplo de la unidad de medida de frecuencia hercio (Hz) y equivale a $10^9(1.000.000.000)$ Hz
- GPS sistema de posicionamiento global.
- GSM sistema global para las comunicaciones.

H

- HANDOVER sistema utilizado en telecomunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace sea insuficiente.
- HLR registro de ubicación base.
- HOTSPOT zona de alta demanda de tráfico.

- HSDPA acceso descendente de paquetes a alta velocidad.
- HSUPA acceso ascendente de paquetes a alta velocidad.

I

- IEEE Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
- IMT-2000 telecomunicaciones móviles internacionales 2000.
- INTERNET es un conjunto descentralizado de redes de comunicación interconectadas que utilizan la familia de protocolos TCP/IP.
- IRC es un protocolo de comunicación en tiempo real basado en texto, que permite debates entre dos o más personas.
- ISP proveedor de servicios de internet.

K

- KBITS es una unidad de medida de información.

L

- LAN red de área local.
- LDMS sistema de distribución local multipunto.

M

- MAC control de acceso al medio.
- MBPS (Megabits por segundo) Unidad de medida de la velocidad de transmisión por una línea de telecomunicación. Cada megabit está formado por un millón de bits.
- MCM mínimo común multipunto.
- MGCP protocolo de control de dispositivos.
- MIMO múltiples entradas múltiples salidas.
- MODEM (Modulador Demodulador) es un dispositivo que sirve para enviar una señal llamada moduladora mediante otra señal llamada portadora.
- MODULACION conjunto de técnicas que se usan para transportar la información sobre una onda portadora.

- MSC central de conmutación móvil.
- MTU unidad máxima de transferencia.
- MULTICAST envío de la información en una red a múltiples destinos simultáneamente.

N

- NNTP es un protocolo inicialmente creado para la lectura y publicación de artículos de noticias "protocolo para la transferencia de noticias en red".
- NLOS cercano de la línea de visión.
- NSS subsistema de conmutación de red.
- NTM telefonía móvil nórdica.

O

- OFDM multiplexación de frecuencias ortogonales.
- OSI modelo de interconexión de sistemas abiertos.

P

- P2P es una red de computadoras en la que todos o algunos aspectos funcionan sin clientes ni servidores fijos, sino una serie de nodos que se comportan como iguales entre sí.
- PBX central secundaria privada automática.
- PCH canal de aviso de llamadas.
- PCMCIA asociación internacional para el desarrollo de tarjetas de memoria para ordenadores personales.
- PROXY sirve para interceptar las conexiones de red que un cliente hace a un servidor de destino.
- PSTN red telefónica conmutada.

Q

- QAM modulación de amplitud en cuadratura.
- QOS calidad de servicio.
- QPSK cambio de fase por desplazamiento.

R

- RACH canal de acceso aleatorio.
- RDSI red digital de servicios integrados.
- RTB red telefónica básica.
- RTC red telefónica conmutada.
- ROAMING capacidad de cambiar de un área de cobertura a otra sin interrupción en el servicio o pérdida de señal.
- ROUTER también conocido como encaminador, enrutador, direccionador o ruteador.

S

- SACCH canal de control asociado lento.
- SCCH canal de control de sincronismo.
- SDMA acceso múltiple por división de espacio.
- SMTP Protocolo Simple de Transferencia de Correo.
- SS estación de suscriptor.
- SSH (intérprete de órdenes seguras) es el nombre de un protocolo y programa que lo implementa, y sirve para acceder a máquinas remotas a través de una red.

T

- TACS sistema de comunicación de acceso total.
- TCH canales de tráfico.
- TCP protocolo de control de transmisión.
- TCP/IP conjunto de protocolos de red en los que se basa Internet y que permiten la transmisión de datos entre computadoras.
- TDD división dúplex de tiempo.
- TDMA acceso múltiple por división de tiempo.

- TELNET (Telecommunication Network) es el nombre de un protocolo de red que sirve para acceder mediante una red a otra máquina para manejarla remotamente.
- THROUGHPUT volumen de información que fluye a través de un sistema.
- TIC tecnologías de la información y la comunicación.
- TOKEN BUS protocolo para redes de área local que está diseñado para topologías en bus.
- TOKEN RING protocolo para redes de área local que está diseñado para topologías en anillos.

U

- UIT unión internacional de telecomunicaciones.
- UMTS servicio universal de telecomunicaciones móviles.
- UPLINK enlaces de subida.
- USIM Universal Subscriber Identity Module.

V

- VLR registro de ubicación de visitante.
- VoIP es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP (Protocolo de Internet).

W

- WCDMA acceso múltiple por división de códigos de banda ancha.
- WEB red informática mundial.
- WiFi es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica.
- WiMAX Interoperabilidad mundial para acceso por microondas.
- WIRELESS es la transferencia de información entre dos o más puntos sin que estén conectados físicamente.

- WLAN red de área local inalámbrica.
- 3G es la abreviación de tercera generación de transmisión de voz y datos a través de telefonía móvil.
- 3GPP proyecto Asociación de Tercera Generación.