

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 6



**Trabajo de Diploma para optar por el Título de
Ingeniero en Ciencias Informáticas**

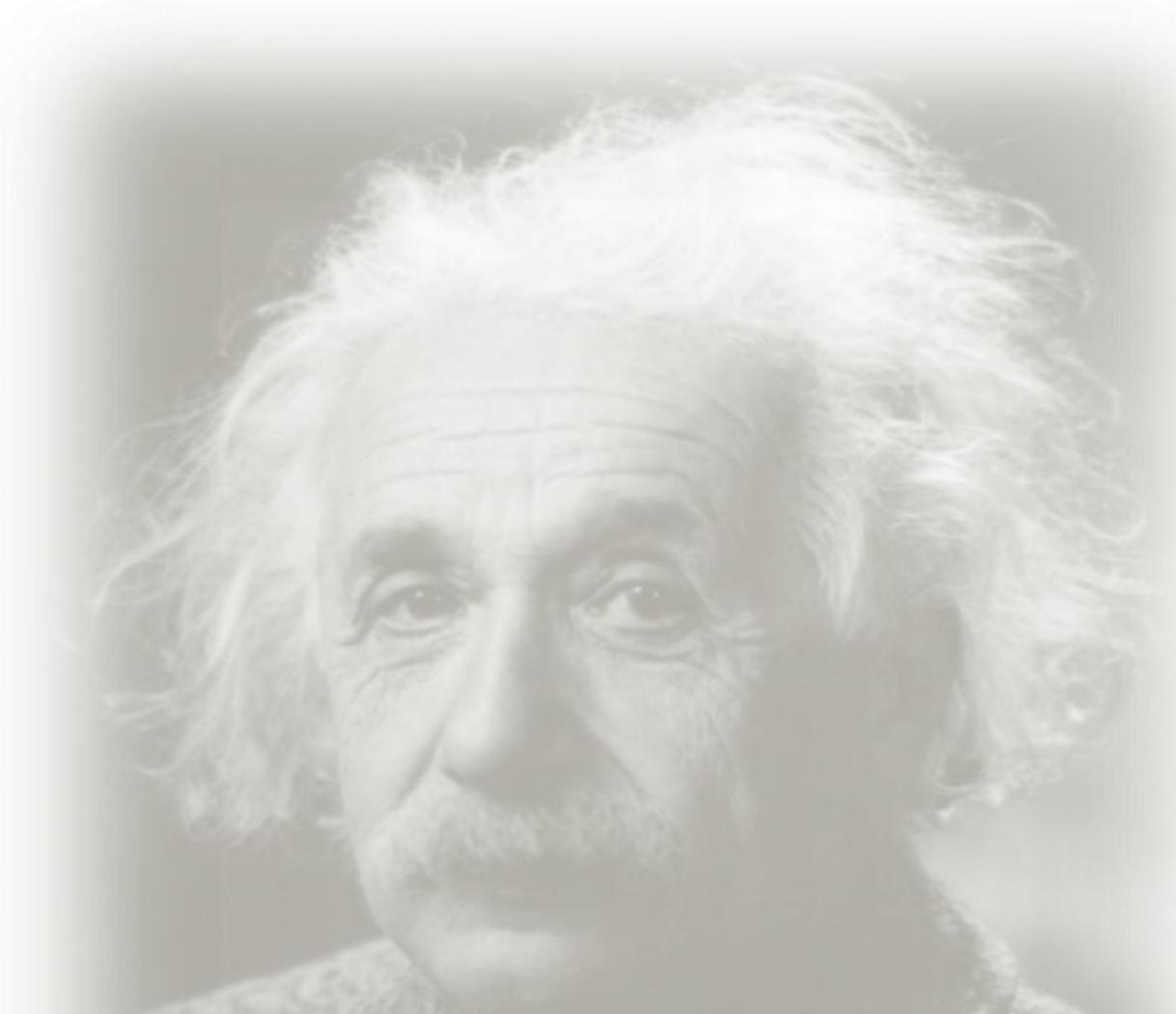
*Estudio de estructura de Streaming de Video en Sistemas Móviles Celulares
más allá de Tercera Generación (B3G), posible aplicación en Cuba.*

Autor: Yanet Gómez Arteaga.

Tutor: Victor Frank Molina.

Ciudad de La Habana, 29 de junio del 2011

“Año 53 de la Revolución”



¿Por qué esta magnífica tecnología científica, que ahorra trabajo y nos hace la vida más fácil, nos aporta tan poca felicidad? Simplemente: porque aún no hemos aprendido a usarla con tino.

Albert Einstein.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo: Yanet Gómez Arteaga declaro que soy la única autora del trabajo titulado “Estudio de estructura de Streaming de Video en Sistemas Móviles Celulares más allá de Tercera Generación (B3G), posible aplicación en Cuba”, y autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste firmamos la presente a los <x> días del mes de Mes del año 2010.

Yanet Gómez Arteaga

Victor Frank Molina

Autor

Tutor

DATOS DE CONTACTO

TUTOR: Ing. Víctor Frank Molina.

Profesor instructor graduado de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI). Imparte la asignatura de Inteligencia Artificial. Actualmente se desempeña como Líder del proyecto DesComTec.

Correo electrónico: vmolina@uci.cu

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi mamá y a mi papá por su apoyo incondicional, por todo su amor y porque sin ellos no sería quien soy hoy. A mi hermano al cual espero haberle dado el mejor ejemplo. Pero más que nada se lo dedico a mi abuelo Juanito que aunque no está presente sé que me cuida desde el cielo y el verme graduada lo hubiera hecho muy feliz.



AGRADECIMIENTOS

A mi Mamá por su amor, su dedicación y sacrificio, por apoyarme en todo momento, por haber estado siempre a mi lado en cada problema.

A mi Papá por su constante presencia donde quiera que me llevara la vida, y por enseñarme a ser una mejor persona.

A mi hermano que aunque es un poco despegado lo quiero muchote muchote.

A mis abuelos que supieron darme cariño desde niña y enfrentar cada momento de la vida con valentía.

A toda mi familia porque todos han dejado su huella en mi, y me han ayudado cuando los necesité.

A mi novio Danny (Mi vido) por apoyarme y confiar en que lograría todo lo que me planteara. Gracias por brindarme tu Amor y hacerme muy feliz.

A mi amiga Geidy por ser para mí como una hermana y un ejemplo a seguir.

A mi prima Yosly por comprenderme y sentirse como si fuera yo misma en cada momento de sufrimiento.

A mis suegros Marisol y Panchito por brindarme su apoyo y cariño, sepan que no los olvidaré nunca.

A mis compañeras del barrio Lidý, Yeney, Maidelýs que las quiero cantidad.

A mis compañeros de estudio Julio, Michelena, Rocío, Diana, Nixys, Mailyn, Geo, Ana Iris, Lisandra.

A mi Tutor por guiarme en la realización de esta tesis.

A todos los profesores que me han ayudado a superarme y ser lo que soy hoy.

A todos aquellos que por un motivo u otro no los puse, pero sepan que siempre estarán en mi corazón y que fue muy bueno compartir con todos.

A la Universidad de las Ciencias Informáticas por brindarme esta oportunidad.

RESUMEN

El uso comercial, empresarial y doméstico de las redes inalámbricas así como de dispositivos móviles ha aumentado en forma exponencial en los últimos años y cada vez hay más y más personas y empresas utilizando estas tecnologías. En Cuba se hace uso de la red GSM con la cual es imposible la transmisión de video en tiempo real o bajo demanda en un teléfono celular. Para darle solución a este problema se realiza un estudio de las redes más allá de la tercera generación como alternativa principal en la actualidad para brindar este tipo de servicio quedando seleccionado el estándar IEEE 802.16 también conocido como Wimax como la red que garantizará los requisitos de conectividad a la hora del streaming de contenido multimedia en un teléfono celular.

Palabras claves: Redes inalámbricas, Streaming, IEEE 802.16, LTE, Wimax.

ABSTRACT

The commercial, management and domestic use of the wireless nets as well as of mobile devices have increased in exponential form in the last years and every time there is more and more people and companies using these technologies. In Cuba uses the GSM network with which it is impossible to transmit real time video on demand or on a cell phone. To give a solution to this problem is a study of the networks beyond the third generation as the main alternative at present to provide this type of service being selected IEEE 802.16 standard known as Wimax network that will ensure connectivity requirements strimeo when the multimedia content on a cell phone.

Keywords: Wireless networks, Streaming, IEEE 802.16, LTE, Wimax.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
1.1 INTRODUCCIÓN.....	4
1.2 CONCEPTOS ASOCIADOS AL DOMINIO DEL PROBLEMA.....	4
1.2.1 Streaming.....	4
1.2.2 TV Digital.....	5
1.2.3 Estándares de compresión utilizados en los sistemas móviles celulares.....	6
1.2.4 Dispositivos de mano.....	8
1.2.5 Sistema Visual Humano(SVH).....	9
1.2.6 Redes Inalámbricas.....	10
1.3 OBJETO DE ESTUDIO.....	11
1.3.1 Sistema Móvil Celular (SMC).....	11
1.4 ANÁLISIS DE OTRAS SOLUCIONES EXISTENTES.....	12
1.5 CONCLUSIONES.....	14
CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS LTE Y WIMAX.....	15
2.1 INTRODUCCIÓN.....	15
2.2 STREAMING DE VIDEO EN SISTEMAS MÓVILES CELULARES.....	15
2.2.1 Características del Streaming de video en sistemas móviles celulares.....	15
2.2.2 Interacción de un cliente móvil con el servicio de streaming.....	16
2.3 SISTEMAS MÓVILES CELULARES MAS ALLÁ DE LA TERCERA GENERACIÓN.....	17
2.3.1 Sistema móvil celular WIMAX.....	17
2.3.2 Sistema móvil celular LTE.....	20
2.4 CONCLUSIONES.....	22
CAPÍTULO 3: PROPUESTA DEL SISTEMA MÓVIL CELULAR.....	23
3.1 INTRODUCCIÓN.....	23
3.2 ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS WIMAX Y LTE.....	23
3.3 WIMAX COMO POSIBLE SOLUCIÓN.....	24
3.4 CONCLUSIONES.....	26

CONCLUSIONES.....	27
RECOMENDACIONES.....	28
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
BIBLIOGRAFÍA.....	31
GLOSARIO DE TÉRMINOS	33

INTRODUCCIÓN.

Durante mucho tiempo el video y el audio han sido unos de los principales medios para transmitir información, logrando así, educar, entretener e informar a las personas. En los comienzos de internet se hizo muy difícil difundir información en estos formatos ya que el ancho de banda con que contaban las redes era pequeño.

Con el transcurso de los años se ha alcanzado un avance significativo en el aumento del ancho de banda de las redes de computadoras, lo que se traduce en una alta velocidad de transmisión, que ligada a las actuales capacidades de procesamiento de los ordenadores, han fomentado la popularidad de las aplicaciones de video y sonido sobre redes IP. Otro elemento que ha influido en el incremento de este tipo de aplicaciones es la aparición de la tecnología streaming permitiendo que un archivo pueda ser descargado y reproducido simultáneamente, con lo que el tiempo de espera se minimiza.

Antes de la aparición de esta tecnología, la difusión de contenido multimedia a través de internet implicaba necesariamente tener que descargar completamente el archivo contenedor a un dispositivo de almacenamiento local. Como los archivos de audio y especialmente los de video tienden a ser enormes, su descarga y acceso como paquetes completos se volvía una operación muy lenta.

Tanto ha sido el auge de esta tecnología que se ha expandido a los teléfonos celulares modernos, que también soportan servicios adicionales, tales como sistema de mensajes cortos (SMS), correo electrónico, acceso a Internet, juegos, buetooth, comunicación por infrarrojos de corto alcance inalámbrico, cámara, servicio de mensajería multimedia (MMS), reproductor MP3, radio y sistema de posicionamiento global (GPS). Esto ha sido posible gracias a los sistemas móviles celulares que son los que proveen el acceso telefónico. Sistemas que han ido evolucionando y pasando de generación en generación logrando que el teléfono celular sea hoy en día un dispositivo muy codiciado por la humanidad.

En Cuba no se cuenta con este tipo de servicios, o sea con los que brinda la tecnología streaming en los teléfonos celulares, pues existen dos problemas fundamentales uno de estos es que los dispositivos móviles cuentan con poca capacidad de almacenamiento y son incapaces de visualizar contenido multimedia en tiempo real o bajo demanda, o sea sin la necesidad de descargar el archivo.

El otro problema es el sistema que se utiliza, en este caso el Global System for Mobile Communications (GSM) perteneciente a la segunda generación de los sistemas móviles celulares que solo brinda servicios de transmisión de voz y SMS. Es por todo esto que en el país se necesita contar con alguno de los sistemas móviles celulares más allá de la tercera generación pues con el aumento del ancho de banda que brindan estos sistemas la visualización de contenido multimedia en los teléfonos celulares vía streaming se hará realidad.

Por la situación problemática antes expuesta se identifica como **problema científico** de la investigación: ¿Cómo realizar streaming en los teléfonos celulares en Cuba?

En este trabajo es **objeto de estudio** los sistemas móviles celulares. El **campo de acción** está centrado en los sistemas móviles celulares más allá de tercera generación (B3G).

Se propone como **objetivo general** proponer el sistema móvil celular más idóneo, que permita la realización de streaming para su posible aplicación en Cuba.

Inicialmente se parte de la **idea a defender**: Si se identifica un sistema móvil celular con las características específicas para su aplicación en Cuba se contará con la infraestructura necesaria para brindar el servicio de streaming en los teléfonos celulares.

Para cumplir el objetivo general del trabajo se trazan las siguientes **tareas de la investigación**:

1- Definir los conceptos básicos de la TV Digital.

1.1 Caracterizar el sistema visual humano.

1.2 Caracterizar los dispositivos de mano.

1.3 Caracterizar los estándares de compresión utilizados en los sistemas móviles celulares.

2- Caracterizar el streaming de video en sistemas móviles celulares.

3- Describir los sistemas móviles celulares.

4- Caracterizar el streaming de video en las arquitecturas móviles celulares.

5- Proponer un sistema de streaming para móviles celulares en Cuba en dependencia de la funcionalidad y costo.

Los métodos utilizados en la investigación se explican a continuación:

Métodos Teóricos.

Análítico-sintético: Se utilizó para el análisis de los sistemas móviles celulares más allá de Tercera Generación (B3G) y la arquitectura que utilizan.

Análisis histórico lógico: Se utilizó para el estudio de la evolución de los sistemas móviles celulares más allá de Tercera Generación (B3G).

CAPITULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

1.1. Introducción.

El objetivo fundamental de este capítulo, es abordar aspectos teóricos que se tienen en cuenta a la hora de realizar la transmisión de contenido multimedia con tecnología streaming en los sistemas móviles celulares más allá de la tercera generación. Se realizará un análisis del sistema visual humano y de los dispositivos de mano. Un aspecto importante para la transmisión y almacenamiento de contenido multimedia son los estándares de compresión existentes de los cuales se señalarán sus principales características.

1.2. Conceptos asociados al dominio del problema.

1.2.1. Streaming.

Streaming es la tecnología que aligera la descarga y ejecución de audio y vídeo en la web, ya que permite escuchar y visualizar los archivos mientras se están descargando. Si no se hace uso de esta tecnología entonces para mostrar un contenido multimedia en la red, se tiene que descargar primero el archivo entero en el ordenador y más tarde ejecutarlo, para finalmente ver y oír lo que el archivo contiene. (1)

¿Cómo funciona el streaming?

Primero el cliente conecta con el servidor y este empieza a mandar el fichero. El cliente comienza a recibir el fichero y construye un buffer donde empieza a guardar la información. Cuando se ha llenado el buffer con una pequeña parte del archivo, el cliente lo empieza a mostrar y a la vez continúa con la descarga. El sistema está sincronizado para que el archivo se pueda ver mientras que el archivo se descarga, de modo que cuando el archivo acaba de descargarse el fichero también ha acabado de visualizarse. (1)

¿Cómo se puede realizar la Transmisión?

- **Unicast:** Se basa en un proceso de envío de una información en una o más unidades de datos (datagramas IP) desde una máquina origen a una única máquina destinataria o receptor final. Por tanto, es una transmisión punto a punto con cada destinatario. Si se desea enviar la misma información y hay “n” destinatarios, habrá “n” comunicaciones punto a punto independiente o “n” copias de la misma información enviadas desde la máquina origen.
- **Multicast:** Cuando la información es distribuida a un grupo determinado de usuarios simultáneamente, se está usando el esquema de distribución multicast. El servidor envía un solo flujo para todos los miembros del grupo, esto significa que se usa el mismo ancho de banda para enviar el contenido a uno o a 100 clientes. El flujo enviado está dirigido a una dirección de grupo, cada cliente debe estar configurado de forma que escuche la información enviada al grupo.

1.2.2. TV Digital.

Cuando se habla de televisión en el teléfono móvil lo primero que viene a la mente es una señal deficiente o un canal de pago a través de diferentes sistemas de televisión en el móvil. Sin embargo con el uso de la TV Digital se puede imaginar una transmisión sin problemas, la misma televisión que se ve en casa, con calidad, pero en movilidad. Esta tecnología permite ver a través de un televisor específico, una transmisión mejor a la de la televisión tradicional codificando sus señales de forma binaria y no de manera analógica, con más calidad en la imagen y en el sonido y con la cual se puede transmitir por un mismo canal varios programas.

La TV Digital tiene como ventajas:

- Incrementa la oferta de canales entre los que elegir.
- Se tiene la posibilidad de seleccionar el formato panorámico, eliminando, por ejemplo, las bandas negras de las películas.
- La digitalización de la señal evita los ruidos, las interferencias y la imagen doble.
- Podemos poner subtítulos a las películas y series, verlos en su versión original o elegir el idioma en el cual lo queremos ver.
- Acceso a servicios interactivos como la participación en concursos y encuestas.
- Posibilidad de ver una guía electrónica donde consultar la programación televisiva.

1.2.3. Estándares de compresión utilizados en los sistemas móviles celulares.

Para llevar a cabo la transmisión o almacenamiento de un video digital, se hace necesario el uso de estándares de compresión ya que estos suponen un flujo de datos demasiado grande.

MPEG: Motion Picture Experts Group. Es un grupo formado a finales de los años 80 que tenía como propósito la creación de un estándar de compresión para la codificación de imágenes de video digitales y sonido. Su objetivo fue cumplido creando un grupo de estándares muy utilizados hoy en día como MPEG-1, MPEG-2 y MPEG-4. (2)

MPEG-1.

Fue presentado en el año 1993 como el primer estándar público. Mantiene una estrecha relación con el estándar de codificación de imágenes fijas Joint Photographic Experts Group (JPEG). Para lograr una codificación eficaz, MPEG-1, también conocido como estándar ISO/IEC 11172 adopta las técnicas de compresión de video que presenta el estándar JPEG y adiciona otras nuevas. Su objetivo principal es

permitir el almacenamiento y la reproducción en soporte CD-ROM y la calidad del video obtenido después de la compresión es comparable con la obtenida en una cinta de video comercial (VHS). (2)

MPEG-2.

Es conocido también como estándar ISO/IEC 13818. Fue aprobado en 1994 y se centró en ampliar las técnicas de compresión del estándar MPEG-1 para cubrir imágenes más grandes y de mayor calidad. Hace uso de herramientas adicionales que le permiten mejorar la calidad del video consumiendo el mismo ancho de banda que el estándar MPEG-1. Se emplea ampliamente para comprimir salidas de video digital para su almacenamiento en video digital de alta calidad (DVD). Introduce y define flujos de transporte, los cuales son diseñados para transportar video y audio digital a través de medios impredecibles e inestables.

MPEG-4.

Fue aprobado en el año 2000 y es el sucesor de MPEG-2. Es un estándar mucho más versátil y mucho más complicado. Incorpora sustanciales mejoras de calidad frente a MPEG-1 y MPEG-2. Soporta aplicaciones con menor consumo de ancho de banda como son los teléfonos móviles y los asistentes digitales personales (PDA).

MPEG-4 Parte 10 o H.264.

Fue aprobado en el año 2001. Define un códec de video de alta compresión. Proporciona una buena calidad de la imagen sin incrementar la complejidad de su diseño. Su objetivo es ser robusto frente a los errores y se adapta eficientemente a la transmisión. Ha sido creado para utilizarse en aplicaciones de video que tengan baja tasa de bits, con media y alta definición en televisión, en flujos de video a través de Internet y en aplicaciones de alta definición en cine y DVD. (2)

1.2.4. Dispositivos de mano.

Las necesidades propias de la vida exigen dispositivos que sean versátiles, fáciles de manejar y de trasladar hacia cualquier lugar, es aquí donde aparecen los llamados **Dispositivos de mano** una tecnología madura y estable. Algunos de los dispositivos de mano conocidos son las computadoras, reproductores de audio portátil, los (PDA), cámaras fotográficas y de video digital además de teléfonos inteligentes.

Personal Digital Assistant (PDA).

PDA, por sus siglas en inglés, es un asistente digital personal con el cual se pueden realizar varias operaciones por ejemplo tomar notas con facilidad, chequear correos electrónicos, navegar en internet, hacer recordatorios, grabar videos y audio. Estos dispositivos son de tamaño y peso reducido por lo que son trasladables a cualquier parte con un mínimo de esfuerzo. Cuentan con al menos una pantalla táctil a través de la cual se puede ingresar información que es almacenada en una tarjeta de memoria. Además poseen un sistema de conexión inalámbrica que puede ser por vía infrarrojo, Bluetooth o WiFi el cual permite el intercambio de datos con otros dispositivos.

Los PDA utilizan como sistema operativo el PalmOS o Windows Mobile que son adaptados a las características del dispositivo. Ofrecen procesadores con velocidad desde 312 MHz hasta 624 MHz. Entre sus fabricantes más conocidos están Intel, Samsung y Marvell. A pesar de ser un dispositivo con tantas ventajas, la tendencia actual de la sociedad moderna ha sido la de sustituirlos por los teléfonos inteligentes, los cuales incluyen muchas de las funcionalidades de los PDA y a su vez permiten realizar llamadas, envíos de mensajes y conferencias en línea.

Smartphone.

Es un dispositivo que ofrece más funciones que un teléfono celular común o sea con características similares a las de un computador, es la combinación de los teléfonos celulares y los PDA.

El primer Smartphone fue creado en el año 1992 por la IBM. Estos teléfonos utilizan cualquier interfaz para el ingreso de datos, como por ejemplo el teclado presente en la pantalla táctil o el QWERTY que

no es más que el teclado convencional. Permiten leer documentos en distintos formatos, entre ellos los PDFs y archivos de Microsoft Office. Poseen una cámara digital, constan de un sistema de conexión inalámbrica ya sea Bluetooth o WiFi y un Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Los Smartphone utilizan un sistema operativo que puede ser tanto Symbian OS, como BlackBerry OS, Android, iOS, o Windows Mobile. Permiten la instalación de programas adicionales para el procesamiento de datos y la conectividad, cuentan con un procesador con la capacidad y la potencia para manejar tareas avanzadas.

1.2.5. Sistema Visual Humano(SVH).

El sistema visual humano permite a los seres vivos comprender y conocer el medio ambiente donde se encuentran. Es el proceso por el cual se descubre a partir de imágenes que es lo que está presente en el mundo y donde está. (3)

Este sistema es considerado actualmente como un sistema de procesamiento de información. Está compuesto por las vías visuales que parten del ojo llevando la información visual codificada a los centros cerebrales y por los centros visuales que son los encargados de decodificar la información y traducirla en una percepción visual que el individuo pueda interpretar. Se encuentra especialmente integrado con los demás sistemas de percepción así como con el sistema de memoria y otros relacionados con los procesos del conocimiento. Muchas son las características del SVH relacionadas con el tema de la compresión de imágenes en movimiento por ejemplo:

- Es más sensible a la luminancia (luz), que a la crominancia (color).
- Más sensible a altos contrastes (en luminancia).
- Menos sensible a las altas frecuencias espaciales (siempre que se preserven los contornos).
- Menos sensible a efectos que persisten en el tiempo por ejemplo la degradación de una imagen.
- La percepción de un movimiento suave requiere una tasa de imágenes de al menos 20 - 30 imágenes por segundo.

- Cualquier secuencia de video por encima de los 30dB es perceptible para el SVH, como una señal de buena calidad.

1.2.6. Redes Inalámbricas.

No son más que un medio no guiado, donde la transmisión y la recepción se llevan a cabo mediante antenas. En la transmisión se radia energía electromagnética en el medio (aire) y en la recepción la antena capta la ondas electromagnéticas. Estas redes constituyen en la actualidad una solución tecnológica de gran interés en el campo de las comunicaciones inalámbricas de banda ancha, proporcionándole al usuario una gran movilidad sin perder conectividad. Estas redes no surgen con la pretensión de sustituir a las cableadas sino como una extensión de estas, su objetivo principal es proporcionar facilidades no disponibles en los sistemas convencionales y formar una red total donde coexistan ambos sistemas.

Tipos de Redes Inalámbricas.

Existen dos amplias categorías de Redes Inalámbricas:

De Corta Distancia: Estas son utilizadas principalmente en redes corporativas cuyas oficinas están ubicadas en uno o varios edificios que no se encuentran muy alejados entre sí, con velocidades del orden de 280Kbps hasta los 54Mbps, como por ejemplo a través de la tecnología WiFi. Las redes que poseen estas características se clasifican en: Personal Area Networks (PAN) y Local Area Network (LAN).

De Larga Distancia: Estas son utilizadas para transmitir la información en espacios que pueden variar desde una misma ciudad o hasta varios países circunvecinos, con velocidades de transmisión hasta los 70Mbits/s. Las redes que poseen estas características se clasifican en: Metropolitan Area Networks (MAN) y Wide Area Networks (WAN). (15)

1.3. Objeto de estudio.

A continuación se define que es un sistema móvil celular y las partes por las que están compuestos.

Sistema Móvil Celular (SMC).

Este sistema surgió para dar solución a todos los problemas que se presentaron en el sistema móvil convencional y consiste en la creación estructural de las celdas, áreas que reciben la cobertura de una Estación Base de Radiofrecuencia (EBRF), que contienen transceptores, operan en potencia baja y que también poseen frecuencias distintas que consiguen capturar la señal de un abonado que esté dentro de su radio o alcance de acción. (4)

Un sistema móvil celular básicamente está formado por tres partes:

- **Estación Base de Radiofrecuencia (EBRF):** Es una interfaz entre la Central de Conmutación y Control (CCC) y las Estaciones Móviles (EMs). (6)
- **Central de Conmutación y Control (CCC):** Monitorea las EMs que se desplazan entre las celdas, controla sus EBRFs y hace todo el procesamiento de las informaciones. Una CCC ejecuta muchas funciones además de las conexiones telefónicas. (5)

- 1- Administración de todo el sistema.
- 2- Análisis estadístico del tráfico telefónico.
- 3- Habilitación de servicio y tarificación.
- 4- Supervisión de las EBRFs y de los canales de radio correspondientes.
- 5- Testeo y localización de fallas en el sistema.
- 6- Análisis de los datos de las EMs y control de funciones.

- **Estación Móvil (EM):** Terminal utilizada por el usuario para poder enlazar una comunicación telefónica dentro de una red. Existen estaciones móviles de muchos tipos como las montadas en coche, y los equipos portátiles, pero las más desarrolladas son los terminales de mano. (7)

1.4. Análisis de otras soluciones existentes.

A lo largo de los años los sistemas móviles celulares han evolucionado en gran medida. Las distintas necesidades y avances dieron lugar a generaciones tecnológicas bien diferenciadas que se comentan a continuación.

La primera generación (1G) surge en 1985 adoptando el sistema Advanced Mobile Phone System (AMPS) con el cual se puede transmitir voz pero no datos. Hoy en día esta tecnología está obsoleta y se espera que desaparezca en un futuro cercano.

Años más tarde surge la denominada **segunda generación (2G)** haciendo uso del sistema Global System for Mobile Communications (GSM). En esta etapa ya se logra transmitir datos además de voz a una velocidad de 9,6 kbit/s y permite sacar a luz el famoso y exitoso sistema de mensajes cortos (SMS).

No mucho después de haberse introducido las redes 2G se comenzó a desarrollar los sistemas de **tercera generación (3G)** que hacen uso del sistema UMTS. Esta generación ofrece más servicios que las primeras generaciones, servicios como acceso a Internet, servicios de banda ancha e interoperabilidad. Pero fundamentalmente, estos sistemas permiten el desarrollo de entornos multimedia para la transmisión de vídeo e imágenes en tiempo real. El primer país en implementar una red comercial 3G a gran escala fue Japón. En la actualidad, existen 164 redes comerciales en 73 países usando la tecnología.

Años más tarde surge la **cuarta generación (4G)** conocida también como “Beyond-3G” o más allá de la 3G basada totalmente en IP. En esta generación están presentes los sistemas Long Term Evolution (LTE) y Worldwide Interoperability for Microwave Access (Wimax) los cuales son rivales en la red de móviles. En Noruega y Japón ya se está experimentando con las tecnologías de cuarta generación.

Estos dos últimos sistemas son conocidos como las tecnologías de última milla ya que permiten el acceso a Internet desde el móvil a alta velocidad.

El sistema Wimax propone velocidades altas de hasta 124 Mbps y cada antena amplía su radio de acción de los 150 metros a 70 kilómetros. Una de sus características principales es dar servicios de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra por la baja densidad de población presenta unos costos por usuario muy elevados (zonas rurales). Es la India uno de los principales interesados en el Wimax, para poder llevar banda ancha, telefonía, y servicios asociados de bajo coste hacia zonas más distantes.

En un principio era muy difícil creer que este sistema podría tener éxito ya que no contaba con clientes potenciales y su estándar era poco desarrollado. Hoy, existen aproximadamente 300 compañías motivadas por Wimax, incluyendo algunos operadores y varios de los principales OEM (Original Equipment Manufacturer – Fabricante del Equipo Original) como Alcatel, Ericsson, Lucent, Motorola, Nortel y Siemens.

Con el sistema LTE, han cambiando los hábitos de uso en los terminales pues el visionado de películas o series online ha aumentado considerablemente. Muchos de los usuarios afirman que ahora utilizan más el móvil, otros que descargan archivos más grandes gracias a la alta velocidad que puede alcanzar de 100 Mbps y otros aseguran que acceden con mayor frecuencia a series, programas de televisión y películas desde su terminal vía streaming.

Una de las alternativas a la tecnología LTE para el despliegue de redes móviles de banda ancha sería la tecnología Wimax. Existen zonas en las que por las condiciones geográficas, sociales o por la ausencia de redes 3GPP el despliegue de acceso a Wimax puede completar a la tecnología LTE. La realidad es que ambas soluciones comparten muchos de sus aspectos técnicos y acabarán coexistiendo en el mercado, por lo que es necesario asegurar la compatibilidad e interoperabilidad entre ambas.

1.5. Conclusiones.

Los sistemas móviles celulares han ido evolucionando de generación en generación, aumentando la velocidad de transmisión para de esta forma brindar nuevos e innovadores servicios a los usuarios. Son los pertenecientes a la tercera generación y los de más allá de la tercera los que han logrado brindar el servicio de streaming en los teléfonos celulares, entonces se llega a la conclusión de que es necesario la implantación de un nuevo sistema en Cuba para poder brindar este tipo de servicio.

CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS LTE Y WIMAX.

2.1. Introducción

En el presente capítulo se realiza un análisis del streaming en los sistemas móviles celulares y se caracterizan los sistemas móviles celulares más allá de la tercera generación LTE y Wimax. Además se realiza una comparación en cuanto a las diferencias y coincidencias de estos dos estándares parámetros importantes a la hora de proponer un sistema móvil celular.

2.2. Streaming de video en sistemas móviles celulares.

La aparición de la tercera y la cuarta generación de los sistemas móviles celulares llegaron para mejorar muchas de las cosas con respecto a la primera y segunda generación como son la velocidad y el aumento de aplicaciones, dentro de estas, el streaming de video.

2.2.1. Características del Streaming de video en sistemas móviles celulares.

Un servicio de streaming de video requiere al menos un servidor de contenidos y un cliente de streaming. Puede traer consigo otros componentes adicionales como son portales, servidores de perfil, servidores de almacenamiento en caché y servidores proxy que podrían estar implicados en servicios adicionales o para mejorar la calidad general del servicio. (8)

El servidor es el encargado de publicar los flujos de contenido multimedia y de gestionar las conexiones de los usuarios finales a ellos. Además, permite la administración de las características de dichos flujos. Un servidor de streaming, almacena y/o distribuye los contenidos a los clientes. Estos pueden proporcionar dos tipos de contenidos: bajo demanda (VoD) y en directo.

El cliente puede señalar información como el número de canales de radio, tipos de medias soportados, el tamaño de la pantalla, el número de bits por pixel y el servidor puede utilizar esta información para seleccionar el contenido que debe ser enviado.

La realización de transcoding es muy importante en este servicio pues se necesita transformar el video en los formatos aceptados por cada móvil, también debe tenerse en cuenta la tasa de bits de la red.

Para brindar este servicio se utilizan protocolos como:

RTP (Protocolo de Transporte de Tiempo real): Es el que provee funciones de transporte en una red extremo a extremo para aplicaciones de transmisión de datos en tiempo real.

RTCP (Protocolo de Control de Tiempo Real): Es el que proporciona información de control que está asociado con un flujo de datos para una aplicación multimedia. Trabaja junto con RTP en el transporte y empaquetado de datos multimedia, pero no transporta ningún dato por sí mismo.

RTSP (Protocolo de Flujo de Datos en Tiempo Real): Es el que establece y fiscaliza uno o muchos flujos sincronizados de datos, ya sean de audio o de video. Actúa como un mando a distancia mediante la red para servidores multimedia. Es un protocolo no orientado a conexión, el servidor mantiene una sesión asociada a un identificador, en la mayoría de los casos RTSP usa TCP para datos de control del reproductor y UDP para los datos de audio y video aunque también puede usar TCP en caso de que sea necesario.

SDP (Protocolo de Descripción de Sesión): Es el que describe los parámetros de inicialización de los flujos multimedia. Está pensado para describir sesiones de comunicación multimedia cubriendo aspectos como anuncio de sesión, invitación a sesión y negociación de parámetros.

Los paquetes son enviados de forma inteligente hacia el cliente, entregando el contenido a la razón de compresión que requieren los flujos de audio/video comprimidos. El servidor y el cliente se relacionan estrechamente durante el proceso de transmisión. (9)

2.2.2. Interacción de un cliente móvil con el servicio de streaming.

El cliente conoce de antemano la localización del video gracias a un identificador universal de recursos (URI) que especifica el servidor de streaming y la dirección de los contenidos de ese servidor. El reproductor se conecta al servidor de streaming y emite un comando RSTP DESCRIBE que describe la solicitud del objeto multimedia.

El servidor responde con una Session Description Protocol (SDP) que incluye información como el número de flujos, tipo de media y el ancho de banda requerido. Después de pasar la descripción el cliente emite el comando RSTP SETUP por cada flujo en la sesión. El comando SETUP le informa al servidor qué puerto en el cliente se va a utilizar para recibir los datos. Cuando los flujos se establecen, el cliente emite un comando PLAY e inmediatamente el servidor comienza a enviar los flujos de datos en forma de paquetes RTP sobre UDP al cliente. Finalmente el cliente emite un comando TEARDOWN y se finaliza la sesión de streaming. (9)

2.3. Sistemas móviles celulares mas allá de la tercera generación.

Actualmente las personas siempre están conectadas y mueven una parte de su vida a la red. La demanda de Internet de banda ancha móvil es el segmento de mayor crecimiento en el mercado de las comunicaciones, ya que los usuarios llevan tiempo exigiendo mayor velocidad de acceso que les permita el desarrollo de nuevos e innovadores servicios y aplicaciones. Esto obliga a las industrias a entregar soluciones de alto desempeño y con una relación costo-beneficio positiva para todos los involucrados: operadores, usuarios finales y los propios proveedores de tecnología. Es aquí donde aparecen los sistemas móviles celulares más allá de la tercera generación como LTE y Wimax.

2.3.1. Sistema móvil celular WIMAX.

Wimax: Worldwide Interoperability for Microwave Access (Interoperabilidad mundial para acceso por microondas) es el nombre comercial del grupo de estándares de la IEEE 802.16 que fue creado en el año 1988 con el objetivo de desarrollar un estándar para la telefonía celular de banda ancha. (10)

Este grupo primeramente creó el estándar 802.16a dándole paso después a otros estándares hasta que surgió el IEEE 802.16-2004 que sustituyó a todas las versiones anteriores y formó la base para la primera solución de Wimax dirigido a aplicaciones fijas denominado Wimax fijo.

En diciembre de 2005 surge otro nuevo estándar el IEEE 802.16e que añade soporte de movilidad. Este estándar constituye la base para la solución Wimax para aplicaciones nómadas y móviles, el cual es a menudo conocido como Wimax móvil. (10)

Wimax está apoyado desde la industria a través del WIMAX Forum, asociación formada por decenas de empresas comprometidas con el cumplimiento del mismo, principalmente operadores y fabricantes de equipos. (10)

Wimax: Características.

Wimax es una solución de banda ancha inalámbrica que ofrece un rico conjunto de características con una gran flexibilidad en cuanto a las opciones de implementación y las ofertas potenciales de servicios. Algunas de las características son: (11)

Capa física basada en la multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM): Que consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información.

Muy altas velocidades pico: Wimax es capaz de soportar muy altas velocidades pico. De hecho, el pico PHY de velocidad de datos puede ser de hasta 74Mbps cuando se opera con un amplio espectro de 20MHz. Incluso se pueden obtener mayores velocidades pico utilizando múltiples antenas y el multiplexado espacial.

Capa de retransmisiones: Para las conexiones que requieren una mayor fiabilidad, Wimax admite peticiones de retransmisión automática (ARQ) en la capa de enlace. Con el ARQ-habilitado se requiere que cada paquete transmitido sea reconocido por el receptor, los paquetes no reconocidos se supone que se perdieron y se vuelven a transmitir.

Recurso flexible y dinámica por usuario de asignación: Los enlaces tanto ascendente como descendente de los recursos asignación son controlados por un programador de la estación base. La

capacidad es compartida entre múltiples usuarios en función de la demanda. Este estándar tiene un mecanismo flexible para transmitir la información de la asignación de recursos, fotograma por fotograma.

Apoyo a las técnicas de antena avanzadas: La solución Wimax tiene un número de anzuelos integrado en el diseño de la capa física, que permite el uso de múltiples técnicas de la antena, tales como la formación de haz, el espacio-tiempo de codificación y multiplexación espacial. Esto es utilizado para mejorar la capacidad general del sistema y la eficiencia espectral.

Calidad de apoyo de servicio: La capa MAC Wimax tiene una arquitectura orientada a la conexión que está diseñada para soportar una variedad de aplicaciones, incluyendo servicios de voz y multimedia. El sistema ofrece soporte para velocidad de bits constante, la tasa de bits variable, en tiempo real. MAC Wimax está diseñado para soportar un gran número de usuarios, con múltiples conexiones por terminal, cada una con su propia exigencia de calidad de servicio.

Seguridad robusta: Wimax soporta cifrado fuerte, con el estándar de cifrado avanzado (AES), tiene una sólida privacidad y un protocolo de gestión de claves. El sistema también ofrece una muy flexible arquitectura de autenticación basada en protocolos de autenticación extensible (EAP), lo que permite una variedad de credenciales de usuario, incluyendo nombre de usuario, contraseña, certificados digitales y tarjetas inteligentes.

Arquitectura basada en IP: El Wimax Forum ha definido una arquitectura de red de referencia que se basa en una plataforma totalmente IP. Todos los servicios se entregan de extremo a extremo.

Otras características de importancia de este sistema móvil celular son:

- Wimax es un concepto parecido a Wi-Fi pero con mayor cobertura y ancho de banda.
- Una de sus ventajas es dar servicios de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra por la baja densidad de población presenta unos costos por usuario muy elevados (zonas rurales).

- Esta nueva tecnología propone velocidades más altas que las tecnologías anteriores (hasta 124 Mbps) y cada antena de este sistema amplía su radio de acción a 150 metros.
- El coste de instalación de las antenas y equipamientos es más bajo que la de la actual Wi-fi.
- Puede transmitir voz, datos y videos sobre IP.
- Es compatible con las antenas de telefonía de tercera generación (llamadas antenas inteligentes) que apuntan constantemente al receptor, aunque en movimiento.
- El estándar Wimax requiere de las mejores características de seguridad en su clase, lograda gracias a la adopción de las mejores tecnologías disponibles actualmente.
- Promete soportar sesiones de voz y datos a velocidades vehiculares de hasta 120 kilómetros por hora.

2.3.2. Sistema móvil celular LTE.

Es el más reciente estándar de comunicaciones, estandarizado en el Release-8 de la 3GPP candidato a los que algunos denominan cuarta generación (4G). Fue desarrollado por los creadores de las tecnologías GSM y UMTS, que en la actualidad poseen más del 85% de los usuarios móviles del mundo. Surgió con el objetivo de incrementar la tasa pico, reducir la latencia hasta la tercera parte en cuanto a la tecnología HSPA y reducir el coste respecto a UMTS. (12)

LTE: Características.

Movilidad: Los requisitos de movilidad se centran en la velocidad de los terminales móviles. Para velocidades de hasta 120 km / h, LTE debe proporcionar un alto rendimiento y para velocidades superiores a 120 km / h, el sistema debe ser capaz de mantener la conexión a través de la red celular. La velocidad máxima para manejar en un sistema de LTE se encuentra a 350 km / h o incluso hasta 500 km / h, dependiendo de la frecuencia de banda.

Utiliza OFDM, lo que le permite lograr picos de gran velocidad de transmisión de datos que superan los 100 Mbps, esto, combinado con una arquitectura de red totalmente basada en el Protocolo Internet (IP), significa un mejor aprovechamiento del ancho de banda y el espectro. (14)

Este estándar está basado en la conmutación de paquetes y permite hasta 200 usuarios conectados en una célula. Además se puede implementar como un sistema autónomo o se puede implementar junto con WCDMA / HSPA y / o GSM.

Genera beneficios también para operadores pues amplía el abanico de servicios que pueden ofrecer a sus clientes y tiene un soporte mejorado para la calidad de servicio (QoS) de extremo a extremo.

La principal ventaja de este sistema es que por primera vez se realiza planificación en frecuencia, es decir se analiza el comportamiento del canal y se asignan a los usuarios aquellos bloques de recursos con mejores condiciones y sin desvanecimientos. Uno de los componentes más importantes de esta tecnología es el planificador que es el encargado de la gestión y asignación de los recursos. (12)

Diferencias y coincidencias entre LTE y Wimax.

Son muchos los puntos de coincidencia y algunas las diferencias entre LTE y Wimax; a continuación, algunas de las coincidencias:

- Tanto Wimax como LTE permitirán la integración con las tecnologías inalámbricas ya existentes, con soporte a distintas plataformas de acceso, incluyendo WiFi, GSM y CDMA.
- Ambas alcanzarán en la próxima década el volumen de adopción necesario para pensar en economías de escala y se espera una proliferación de dispositivos para ambas tecnologías en el mismo lapso.
- Wimax en su versión móvil alcanzará capacidades de desempeño similares a las de LTE y ambas aprovechan técnicas multi-antena, lo que mejora drásticamente los canales de comunicación y permite alcanzar mejores tasas de transmisión de datos.
- Tanto Wimax como LTE se benefician de una arquitectura IP que simplifica la transmisión de datos.

Entre las principales diferencias se encuentran:

- Wimax nació como una tecnología de conectividad fija, basada en el estándar 802.16, que evolucionó hacia lo movilidad. LTE por su parte, nació como un estándar móvil.
 - Se trata de dos tecnologías inalámbricas capaces de multiplicar tres veces o más la velocidad a la cual los usuarios acceden a la red hoy en día. La principal diferencia tecnológica se centra en las bandas de frecuencia o espectro que le ha sido asignado a cada uno de ellos.
- (13)

2.4. Conclusiones

El análisis realizado en este capítulo ha demostrado de manera clara, la importancia que tienen los sistemas móviles celulares LTE y Wimax hoy en día, la variedad de servicios que se pueden brindar haciendo uso de estos y en la gama de escenarios en los que se puede emplear. Con el estudio de estos sistemas y gracias a las características que presentan se llega a la conclusión que son los encargados de proporcionar servicio de banda ancha, como el streaming en los teléfonos celulares a gran velocidad, logrando así satisfacer a los usuarios teniendo en cuenta costo-beneficio.

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DEL SISTEMA MÓVIL CELULAR.

3.1. Introducción

En el presente capítulo se identifican características de la arquitectura de los sistemas móviles celulares LTE y Wimax. Además se define cuál de estos dos sistemas es el más idóneo para su posible aplicación en Cuba teniendo en cuenta la funcionalidad y el costo.

3.2. Arquitectura de los sistemas Wimax y LTE.

A lo largo de los años las arquitecturas utilizadas por los sistemas móviles celulares han evolucionado en gran medida brindando servicios que en los inicios de la telefonía móvil eran desconocidos. Los sistemas LTE y Wimax basan su arquitectura en un todo IP (All-IP) que no es más que la evolución de la actual infraestructura de redes de telecomunicación y acceso telefónico con el objetivo de lograr la congruencia de los servicios multimedia (voz, datos, video).

Características de la red All-IP.

Ofrece la ventaja de la reducción de costo total de propiedad durante el despliegue de la red. Incluye soporte para voz, multimedia, comunicaciones móviles, la telefonía VoIP y otros servicios. Esta arquitectura se ha desarrollado con el objetivo de proporcionar apoyo unificado a la funcionalidad necesaria, haciendo uso de diferentes escenarios que van desde fijo - nómadas - portátiles - simple movilidad - plenamente a los abonados móviles. Otra característica importante es que permite la modularidad y la flexibilidad para dar cabida a una amplia gama de opciones de despliegue en pequeña escala o a gran escala en cuanto a la densidad de cobertura y la capacidad de la red. (16)

Otro aspecto clave de esta arquitectura es el apoyo de la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes. Ofrece fuerte dispositivo de autenticación, confidencialidad, no repudio usando longitudes de claves aplicables, e integridad de los datos. Posee una fuerte capacidad de administración y rendimiento de la red ya que apoya una gran variedad de clientes en línea. (16)

Una de las ventajas fundamentales de esta arquitectura de red es el hecho de estar definida como evolución de las redes de 2G y 3G, ya que permite una total interconexión e interoperabilidad con ellas sin ser necesario implementar unidades de adaptación adicionales. Esta arquitectura facilita la introducción de servicios IP multimedia a través del sistema IP Multimedia Subsystem (IMS) estandarizando la 3GPP como plataforma de control de servicios y sesión que proporciona aplicaciones multimedia sobre diferentes accesos de red. Todas estas características se reducen a menor costo, alta escalabilidad y el rápido despliegue de redes (12)

3.3. Wimax como posible solución.

Entre estos dos sistemas móviles celulares, teniendo en cuenta la posibilidad de aplicarlo en Cuba se ha decidido enfocarse en el sistema Wimax. Esta tecnología de las dos expuestas es la de menor costo en su implementación y se logra con ella las mismas funcionalidades que con LTE.

Muchas son las características por las cuales se decide que este sistema logrará satisfacer la demanda del cliente y permitirá disfrutar de un mejor servicio mejorando las prestaciones actuales de la red existente.

Es una tecnología que se puede aplicar en multitud de escenarios con altas garantías de disponibilidad y estabilidad, proporcionando accesos concurrentes en áreas de hasta 48km de radio y con velocidades hasta 70Mbps. Está diseñada para proporcionar grandes oportunidades de negocio y aplicaciones para operadores y usuarios en distintos escenarios (empresa, hogar, servicios públicos o de emergencia), áreas geográficas (urbano, suburbano y rural).

Está soportada por una novedosa capa física (PHY) y una capa de control de acceso al medio (MAC) que garantiza la calidad requerida para cada tipo de servicio así como el óptimo aprovechamiento de los recursos. La capa física se ha diseñado con gran flexibilidad que le permite operar con diversos esquemas de modulación, sistemas avanzados de antenas, radio canales de diversa magnitud y con gran capacidad de adaptación a las exigencias impuestas por cada una de las aplicaciones.

Otra importante característica de Wimax es la habilidad de cambiar el esquema de modulación de forma independiente para cada usuario, a esto se le conoce como modulación adaptativa, con lo cual se logra mantener la estabilidad y la calidad requerida en la comunicación en función de la relación señal a ruido (S/N) siempre a expensas del aprovechamiento del canal.

La aplicación más obvia de Wimax móvil es la posibilidad de contar con acceso a Internet en cualquier punto, obteniendo así una conectividad ubicua. Por ello, Wimax pretende proporcionar la capacidad de acceso a banda ancha con un perfil de movilidad de velocidad moderada, hasta 150km/h. El acceso en movilidad pretende cubrir y/o complementar las zonas sin cobertura, aumentando la capacidad de transferencia para aplicaciones con gran demanda de ancho de banda.

La cobertura de una sola estación base Wimax permite dar servicio a un gran número de usuarios dispersos por diversas zonas hasta 40Km. Esta tecnología ya se aplica en algunas zonas rurales en el que establecer cobertura por otras tecnologías no resulta rentable debido a los elevados costes que supondrían el despliegue de la red a causa de un difícil acceso o debido al poco número de usuarios.

La utilización de sistemas de comunicaciones inalámbricas Wimax proporciona grandes posibilidades para entornos en situaciones muy diversas, entre las que podemos mencionar las siguientes:

- Tecnología de última milla para provisión de banda ancha.
- Conectividad en zonas rurales o con alta dispersión geográfica.
- Interconexión de infraestructuras de telecomunicaciones.
- Despliegue de instalaciones distribuidas de seguridad o industriales.
- Puesto de trabajo móvil en entorno laboral.
- Internet Móvil.
- Servicios de Movilidad.
- Conectividad para catástrofes y situaciones provisionales.

Desde el punto de vista comercial, Wimax cuenta con el fuerte respaldo de los grandes de las telecomunicaciones y la electrónica, quienes han sabido promocionar, de forma excelente, sus potencialidades y se encargarán de garantizar que esté disponible a precios altamente competitivos. Nuevas tecnologías emergen y cada vez serán más las ventajas y prestaciones. Wimax tendrá un lugar en el mercado de los servicios de banda ancha, contribuirá al desarrollo de la ansiada internet inalámbrica y

podrá coexistir con las nuevas generaciones, pues responde oportunamente a los desafíos de los operadores para el desarrollo de las redes futuras. (15)

Las principales ventajas de la tecnología Wimax son:

- **Gran ancho de banda:** Una sola estación base puede admitir más de 60 conexiones.
- **Independencia del protocolo.** Puede transportar, entre otros, IP, Ethernet y ATM. Esto hace que sea compatible con otros estándares.
- Puede utilizarse para transmitir **otros servicios añadidos** como Voice over Internet Protocol (VoIP), datos o videos.
- Soporta **antenas inteligentes** lo cual favorece la eficiencia espectral. Estas antenas emiten un haz muy estrecho que se puede ir moviendo electrónicamente para enfocar siempre al receptor.
- **Seguridad:** Incluye medidas para autenticación de usuarios y encriptación de datos mediante los algoritmos Data Encryption Standard (DES) y RSA.

Los principales inconvenientes son:

- **Limitación de potencia** para prever interferencias con otros sistemas.
- **Alto consumo** de batería en los dispositivos. (17)

3.4. Conclusiones

El análisis realizado en este capítulo ha dejado claro todas las facilidades que brinda la arquitectura que utilizan los sistemas LTE y Wimax garantizando un fuerte rendimiento en la red. Teniendo en cuenta las características de estos dos sistemas queda seleccionado el sistema Wimax para su posible aplicación en Cuba ya que supone de un menor costo su implantación, brindando diversos servicios en lugares de poca cobertura. Además es un sistema que podrá coexistir con las nuevas generaciones y con un buen lugar en el mercado de los servicios de banda ancha.

CONCLUSIONES

Con la realización de este trabajo de diploma se dio cumplimiento al objetivo general de proponer el sistema móvil celular más idóneo, que permita la realización de streaming para su posible aplicación en Cuba. Además se logró recoger en la documentación un amplio estudio sobre los sistemas móviles celulares más allá de la Tercera Generación, teniendo en cuenta aspectos como las características del streaming, el aumento de la velocidad, arquitectura y calidad de servicio de estos sistemas.

Esta documentación por si sola representa un aporte teórico importante ya que constituye una bibliografía extensa sobre el tema en idioma español, siendo esto poco común actualmente. Tras el exhaustivo análisis de las mencionadas características de estos estándares, finalmente queda seleccionado Wimax como la infraestructura para brindar el servicio de streaming en los teléfonos celulares pues resulta rentable y es una red capaz de coexistir con cualquier otro sistema.

RECOMENDACIONES

Al término de este trabajo se recomienda:

- Dar seguimiento al desarrollo de los sistemas móviles celulares para poder brindar servicios de banda ancha a mayores velocidades.
- La aplicación de la propuesta del sistema seleccionado en el país cuando exista la tecnología necesaria para esto.
- Como se ha demostrado que tanto el sistema Wimax como LTE poseen puntos de coincidencias, para lograr el éxito futuro es necesario asegurar la compatibilidad e interoperabilidad entre ambos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Alvarez, Miguel Angel.** desarrolloweb.com. [Online] 7 9, 2001. [Cited: 9 1, 2010.] www.desarrolloweb.com/articulos/482.php.
2. MILLENIUM. [Online] [Cited: 11 13, 2010.] <http://www.millenium.net.mx/compresion.html>.
3. [Online] [Cited: 11 6, 2010.] www.visualtraining.com/esp/lavision.htm.
4. PinSim.com. [Online] [Cited: 11 21, 2010.] <http://pinsim.com/conceptos/smc-sistema-movil-celular.html>.
5. [Online] [Cited: 11 21, 2010.] <http://www.blogelectronico.com/2007/09/central-de-conmutacion-y-controlccc/>.
6. **Vallejo, Horacio Daniel.** Teléfonos celulares: Funcionamiento, Diagrama en Bloques, Problemas Comunes.
7. [Online] [Cited: 11 22, 2010.] <http://pinsim.com/conceptos/que-es-una-estacion-movil.html>.
8. **Rupp, Markus.** Video streaming test bed for UMTS. 2006.
9. **Cruz, Darien Jesus Alvarez De la.** SERVICIO DE STREAMING DE VIDEO SOBRE GPRS EN CUBA.
10. **W.Thelander, Michael.** Wimax oportunidades y desafíos en mundo inalámbrico . 2005.
11. **G.Andrews, Jeffrey.** Fundamentals of Wimax Understanding Broadband Wireless Networking.
12. **Carlos Reines Gonzales, Julio Navio Marco.** Tecnología LTE: La estrella del mobile World. 2009.
13. **Suárez, Francisco.** [Online] [Cited: 2 10, 2011.] <http://songodaniel.wordpress.com/2010/03/12/wimax-y-lte-complemento-o-competencia/>.
14. **Schwebel, Martha Isabel.** Contactforum. [Online] [Cited: 2 4, 2011.] <http://www.contactforum.com.mx/articulos/3438.html>.
15. **René Yañez de la Rivera, Virgilio Zuaznabar Mazorra.** Enlace inalámbrico WIMAX entre Empresas Cubanas.

Referencias Bibliográficas

16. [En línea] [Citado el: 15 de 3 de 2011.] <http://infowimax.blogspot.com/2008/04/arquitectura-wimax.html>.
17. [En línea] 26 de 12 de 2007. [Citado el: 20 de 3 de 2011.] http://www.davidbayon.net/index.php?mostrar=posts&post_id=128.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Alvarez, Miguel Angel.** desarrolloweb.com. [En línea] 9 de 7 de 2001. [Citado el: 1 de 9 de 2010.] www.desarrolloweb.com/articulos/482.php.
2. MILLENIUM. [En línea] [Citado el: 13 de 11 de 2010.] <http://www.millenum.net.mx/compression.html>.
3. [En línea] [Citado el: 6 de 11 de 2010.] www.visualtraining.com/esp/lavision.htm.
4. PinSim.com. [En línea] [Citado el: 21 de 11 de 2010.] <http://pinsim.com/conceptos/smc-sistema-movil-celular.html>.
5. [En línea] [Citado el: 21 de 11 de 2010.] <http://www.blogelectronico.com/2007/09/central-de-conmutacion-y-controlccc/>.
6. **Vallejo, Horacio Daniel.** Teléfonos celulares: Funcionamiento, Diagrama en Bloques, Problemas Comunes.
7. [En línea] [Citado el: 22 de 11 de 2010.] <http://pinsim.com/conceptos/que-es-una-estacion-movil.html>.
8. **Rupp, Markus.** Video streaming test bed for UMTS. 2006.
9. **Cruz, Darien Jesus Alvarez De la.** SERVICIO DE STREAMING DE VIDEO SOBRE GPRS EN CUBA.
10. **W.Thelander, Michael.** Wimax oportunidades y desafíos en mundo inalámbrico . 2005.
11. **G.Andrews, Jeffrey.** Fundamentals of Wimax Understanding Broadband Wireless Networking.
12. **Carlos Reines Gonzales, Julio Navio Marco.** Tecnología LTE: La estrella del mobile World. 2009.
13. **Suárez, Francisco.** [En línea] [Citado el: 10 de 2 de 2011.] <http://songodaniel.wordpress.com/2010/03/12/wimax-y-lte-complemento-o-competencia/>.
14. **Schwebel, Martha Isabel.** Contactforum. [En línea] [Citado el: 4 de 2 de 2011.] <http://www.contactforum.com.mx/articulos/3438.html>.
15. **René Yañez de la Rivera, Virgilio Zuaznabar Mazorra.** Enlace inalámbrico WIMAX entre Empresas Cubanas.

16. **Alexis Rodríguez Rodríguez, Yelenys Roig Mendez.** COMPORTAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA WIMAX MÓVIL EN LA TRANSMISIÓN DE VIDEO EN TIEMPO REAL.
17. **Chen, Kwang Cheng.** Mobile Wimax.
18. **René Yañez de la Rivera, Virgilio Zuaznabar Mazorra, Maytée Odette López Catalá, Orlando Mora Claro.** Enlace inalámbrico WIMAX entre Empresas Cubanas. 2011.
19. [En línea] [Citado el: 15 de 3 de 2011.] <http://infowimax.blogspot.com/2008/04/arquitectura-wimax.html>.
20. [En línea] 26 de 12 de 2007. [Citado el: 20 de 3 de 2011.] http://www.davidbayon.net/index.php?mostrar=posts&post_id=128.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AES: También conocido como Rijndael, es un esquema de cifrado por bloques adoptado como un estándar de cifrado por el gobierno de los Estados Unidos. Es uno de los algoritmos más populares usados en criptografía simétrica.

Bits: Es el acrónimo de dígito binario. Un bit es un dígito del sistema de numeración binario y puede representar uno de esos dos valores, 0 ó 1. El bit es la unidad mínima de información empleada en informática, en cualquier dispositivo digital, o en la teoría de la información. Con él, podemos representar dos valores cuales quiera, como verdadero o falso, abierto o cerrado, blanco o negro, norte o sur, masculino o femenino, rojo o azul, etc.

Bluetooth: Es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM.

Buffer: Es una ubicación de la memoria en una computadora o en un instrumento digital reservada para el almacenamiento temporal de información digital, mientras que está esperando ser procesada.

Códec: Es la abreviatura de codificador-decodificador. Un códec es un algoritmo o programa de computación especializado que codifica o reduce el número de bytes consumidos por archivos y programas grandes. Los archivos codificados con un códec específico requieren el mismo códec para ser decodificados.

Conmutación de paquetes: Es el envío de datos en una red de computadoras. Un paquete es un grupo de información que consta de dos partes: los datos propiamente dichos y la información de control, que especifica la ruta a seguir a lo largo de la red hasta el destino del paquete.

Datagramas: Es una forma de encaminar los paquetes en una red. En esta técnica cada paquete se trata de forma independiente, conteniendo cada uno la dirección de destino.

Eficiencia espectral: Es una medida de lo bien aprovechada que está una determinada banda de frecuencia para transmitir datos. Cuando mayor es el valor mejor aprovechada está dicha banda.

Esquemas de modulación: Es utilizado para que una señal pueda transmitirse eficientemente a través de un medio o canal. Este consiste en variar una o varias características de una señal en función de las variaciones de la señal que contiene la información a transmitir.

GPS: Es un sistema de posicionamiento global que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona o un vehículo.

Interoperabilidad: Es la capacidad que tiene un producto o un sistema, cuyas interfaces son totalmente conocidas, para funcionar con otros productos, sistemas existentes o futuros.

JPEG: Es el nombre de un comité de expertos que creó un estándar de compresión y codificación de archivos de imágenes fijas.

Media: Las medias pueden ser variadas, desde texto, imágenes, animación, sonido y video.

Multimedia: Se utiliza para referirse a cualquier objeto o sistema que utiliza múltiples medios de expresión (físicos o digitales) para presentar o comunicar información.

Multiplexación: Combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión.

Multiplexación espacial: Multiplexa muchos flujos de datos independientes, transferidos simultáneamente con un canal espectral de ancho de banda.

Nómadas: Constante movimiento o desplazamiento.

Número de bits por pixel: Cantidad de bits de información para representar el color de un pixel en una imagen digital.

Servidores proxy: Es un ordenador que intercepta las conexiones de red que un cliente hace a un servidor de destino.

Telefonía VoIP: Es una tecnología que permite la transmisión de la voz a través de redes IP en forma de paquetes de datos.

URI: Es una cadena de caracteres corta que identifica un recurso ya sea un servicio, página, documento, dirección de correo electrónico, etc.

Wi-Fi: Es una de las tecnologías de comunicación inalámbrica mediante ondas más utilizada hoy en día.