

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA**

**ESCUELA INGENIERIA EN ELECTRONICA,**

**TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS PARAMETROS TECNICOS DE LAS TECNOLOGIAS UMTS Y GSM PARA UNA FUTURA MIGRACIÓN EN SMA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

Tesis de grado previa a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRONICA TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**AUTOR:** Rodrigo Abel Jiménez Sánchez

**TUTOR:** Ing. Wilson Baldeón

RIOBAMBA - ECUADOR

2015

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA**

**ESCUELA DE INGENIERIA EN ELECTRONICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES**

El tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: “ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS PARAMETROS TECNICOS DE LAS TECNOLOGIAS UMTS Y GSM PARA UNA FUTURA MIGRACIÓN EN SMA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, de responsabilidad del señor Rodrigo Abel Jiménez Sánchez, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

**ING. WILSON BALDEON \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Director de Tesis

**ING. PEDRO INFANTE \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Miembro del Tribunal

**Nota \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Yo, Rodrigo Abel Jiménez Sánchez, declaro soy autor y propietario de esta tesis “ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS PARAMETROS TECNICOS DE LAS TECNOLOGIAS UMTS Y GSM PARA UNA FUTURA MIGRACIÓN EN SMA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO” elaborado por mi persona bajo la dirección del Ing. Wilson Baldeón, por lo tanto asumo la responsabilidad de las ideas, doctrinas y resultados expuestas en esta Tesis, y patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Rodrigo Abel Jiménez Sánchez

**DEDICATORIA**

Dedicada a DIOS, a mi familia y a todos aquellos quienes compartieron tiempo de su vida conmigo y me brindaron su apoyo para culminar este paso tan importante en mi vida.

Rodrigo

**AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a DIOS, por su Amor y sus Bendiciones que me ha brindado día tras día todos los años de mi vida.

A mis Padres quienes han sido el apoyo e inspiración para salir adelante, por todas las enseñanzas y el cariño que me han sabido dar para guiarme a ser un buen hijo - hermano -compañero - amigo.

A mis hermanos Bolívar, Víctor, Margarita, Luis y Carmen quienes han estado a mi lado aconsejándome, apoyándome y son los que alimentan a seguir adelante día a día.

A mis amigos y compañeros por todo lo compartido y vivido en los días de estudio y a la ESPOCH por formar profesionales competitivos, para servir de la mejor manera a DIOS y al mundo.

Rodrigo

**TABLA DE CONTENIDOS**

**INDICE DE ABREVIATURAS**………………………………………………….…….…...…ix

**INDICE DE TABLAS**………………………………………………………………..……......xii

**INDICE DE ILUSTRACIONES**…………………………………………………..…….…...xiv

**RESUMEN**……………………………………………………………………..………………xv

**SUMMARY**………………………………………………………………………..…...……...xvi

**INTRODUCCIÓN**………………………………………………………………..….………….1

**CAPÍTULO I**

1. GENERALIDADES DE LAS TELECOMUNICACIONES…………..………..….3

**1.1. Tecnologías de Radiocomunicaciones**…….………………………...………….…….3

**1.2. Inicios de las Telecomunicaciones**……………………………………………………4

**1.3. Sistema de Telecomunicación**…………………………………………………….…..5

**1.3.1. *Servicio de Telecomunicaciones***…………………………….…………………………5

**1.3.2. *Servicio Público de Telecomunicaciones***………………………………………………5

**1.4. Medios de Transmisión**…………….………………………………………..…………6

**1.5. Los Inicios de la Telefonía Móvil**………….………………………………………….8

**1.6. Sistemas Celulares**………………………………………………...…………………10

**1.7. Sistemas de Comunicaciones Móviles**……………………….………………………11

**1.7.1. *La Tecnología Celular***………….………………………………………………….….11

**1.7.2. *División Celular***………………………………….………………………………..….12

**1.7.3. *Sectorización***………………………………...………………………………..………12

**1.8. Tecnologías de Acceso**……………………..…………………………………………13

**1.9. Modulación Digital**………………………………………………………….……..…15

**1.10. Generaciones de los Sistemas Móviles**……………………………....………..……..16

**1.10.1. *Primera Generación (1G)***……………………………………………………….……16

**1.10.2. *Segunda Generación (2G)***……………………………………………………………17

**1.10.3. *Tercera Generación (3G)***………………………………………………….………….18

**1.10.4. *Cuarta Generación (4G)***…………………………………………………………..….18

**CAPÍTULO II**

**2. GSM (**Global System for Mobile Communications**)**……………………………….....20

**2.1. Descripción y Antecedentes**………………………………………………….....……20

**2.2. Arquitectura de la Red GSM**……………………………..………………………….23

**2.2.1. *Estación Movil (MS)***…………………………………………………………………..24

**2.2.2. *Subsistema de Estación Base (****BSS****)***……………………………………….………….25

**2.2.3. *Handover***………..………………………………………………………...…………..27

**2.2.4. Subsistema de Conmutación de Red (**NSS**)**………………………..…..……………29

**2.2.5. *Base de datos en GSM***………………………………………………………...………31

**2.3. Tipos de Canales para el Tráfico de Información**…………....…………………….33

**2.3.1. *Canales de tráfico***………………………………………………...………….………..33

**2.3.2. *Canales de control***……………………………………………...…………….……….34

**2.4. Modulación**…………………..………………………………...……….…………….34

**2.5. Bandas de Frecuencia en GSM**……………………………………………….……..35

**2.6. Ráfagas GSM**……………………………………………………………....…………36

**2.7. Saltos de Frecuencia**…………………………………...…………………….……….37

**2.8. Autentificación**…………..…………….……………………………………..……….38

**CAPÍTULO III**

**3. UMTS (**Universal Mobile Telecommunications System**)**……………………………..40

**3.1. Descripción y Antecedentes**…………………………………………....…………….40

**3.2. Arquitectura**………………………………………………………………………….41

**3.2.1. *Radio Network Controller (****RNC****)***…………………………………………...………..43

**3.3. Codificación**…………………………………………………………....……………..44

**3.4. Modulación**…………………………………………………..……………………….44

**3.5. Canales en UMTS**……………………………...…………………………………….44

**3.6. Control de Potencia**…………………………………………….…………………….45

**3.7. Handover en UMTS**……………………………………….…………………………46

**3.7.1. *Autentificación y Parámetros de Seguridad***…………………………...…………….47

**3.8. Calidad de Servicio en UMTS**………………………………………………………..47

**3.9. Modos de Tráfico**…………………………………....……………………………….50

**3.10. Multiplexación y Conexiones**………………………………………………………..51

**3.11. Red de Transmisión**………………………………………………………………….53

**3.11.1. *Interfaces de Transmisión***……………………………………………………….……53

**3.11.2. *Topología de la Red de Transmisión***……………………………....…………………54

**CAPÍTULO IV**

**4. ANÁLISIS COMPARATIVO Y RESULTADO**…………………….…………….57

**4.1. GSM vs. UMTS**……………………………………………………………...……….57

**4.1.1. Características GSM**…………………………………………………...……………57

**4.1.2. Servicios GSM**…………………………………………………….………………….58

**4.1.3. Beneficios GSM**……………………………………....………………………………58

**4.1.4. Características UMTS**………………………………………………………………..52

**4.1.5. Servicios UMTS**………………………………………………….…………………..53

**4.1.6. Beneficios UMTS**…………………………………………………………………….54

**4.2. Comparando GSM y UMTS**………………………………………………….……..55

**4.2.1. Velocidad**……………………………………………………………………………..55

**4.2.2. Técnicas de Acceso**……………………………………….………………………….56

**4.3. Fundamentos de WCDMA**………………………………………...………………..57

**4.4. Migración de da Red 2G a una 3G**…………………………………………………..58

**4.4.1. Pasos para migrar una Red GSM a UMTS**…………………………………...……61

**4.5. Tecnologías de Apoyo y Perfeccionamiento**…………………………….………….62

**CONCLUSIONES**………………………………………………………………………..……64

**RECOMENDACIONES**……………………………………………...……………………….66

**GLOSARIO**

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

**Anexo A.**Servicios GSM

**Anexo B:** Concesión – Servicios Fijo y Móvil Terrestre

**INDICE DE ABREVIATURAS**

#

**3GPP:** Proyecto de Alianza para la Tercera Generación

**8PSK:** Modulación por Desplazamiento de Fase de Ocho estados

A

**AMPS:** Sistema Avanzado de Telefonía Móvil

**ARP:** Es una tecnología conocida como Autoradiopuhelin (0G)

**ARFCN:** Número de Canal de Radiofrecuencia Absoluto

**ATM:** Modo de Transferencia Asíncrona

**AMF:** Campo de Administración de Autentificación

B

**BTS:** Estación Base

**BSS:** Subsistema de Estación Base

**BSC:** Controlador de las Estaciones Base

**BCH:** Canal de Difusión

**BER:** Tasa de Error de Bit

C

**CDMA:** Acceso Múltiple por División de Código

**CNT:** Corporación Nacional de Telecomunicaciones

**CPFSK:** Modulación por Desplazamiento de Frecuencia y Fase Continua

**CCITT N° 7:** Sistema de Señalización por Canal Común N° 7

**CCCH:** Canales de Control Común

**CN:** Red Central

D

**D-AMPS:** Sistema Avanzado de Telefonía Móvil Digital

**DSC:** Sistema Celular Digital

**DCCH:** Canales de Control Dedicados

E

**EDGE:** Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM

**EIR:** Registro de Identidad del Equipo

F

**FDMA:** Acceso Múltiple por División de Frecuencia

**FSK:** Modulación por Desplazamiento de Frecuencia

**FDD:** División de Frecuencia Dúplex

**FHMA:** Acceso Múltiple por Salto de Frecuencia

**FCCH:** Corrección de Frecuencia de Canal

G

**GSM:** Sistema Global para las comunicaciones Móviles

**GMSK:** Modulación por Desplazamiento Gausiano Mínimo

**GPRS:** Servicio General de Paquetes vía Radio

**Gbit/s:** Gigabit por segundo

**GPS:** Sistema de Posicionamiento Global

**GMSC:** Gateway MSC

H

**HSPA:** Acceso de Paquetes de Datos a alta Velocidad

**HLR:** Registro de Usuarios Locales

I

**IEEE:** Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

**IMSI:** Identidad Internacional del Abonado a un Móvil

**IMEI:** Identidad de Equipo del Internacional Sistema Móvil

**IP:** Protocolo de Internet

**IAM:** Multiplexación Inversa de ATM

K

**Kbps:** kilobits por segundo

L

**LTE:** Evolución a Largo Plazo

**LCD:** Pantalla de Cristal Líquido

M

**MSK:** Modulación por Desplazamiento Mínimo

**MSC:** Central de Conmutación Móvil

**MAHO:** HandOver Asistido por el Móvil

**MS:** Estación Móvil

**MAP:** Parte de Aplicación Móvil

**MAC:** Control de Acceso al Medio

N

**NMT:** Telefonía Móvil Nórdica

**NCHO:** HandOver Controlado por la Red

**NSS:** Subsistema de Comunicación de Red

O

**OSS:** Centro de Operaciones y Mantenimiento

P

**PDC:** Celular Digital Personal

**PSK:** Modulación por Desplazamiento de Fase

**PSTN**: Red Telefónica de Conmutación Pública

**PDH:** Jerarquía Digital Plesiócrona

Q

**QPSK:** Modulación por Desplazamiento de Fase en Cuadratura

**QoS:** Calidad de Servicio

R

**RF:** Radio Frecuencia

**RPE-LPC:** Codificación Predictiva Lineal con Excitación Impulsos Regulares

**RACH:** Canal de Acceso Aleatorio

**RNS:** Subsistema de Red de Radio

**RNC:** Controlador de Red de Radio

**RLC:** Control de Radio Enlace

**RSSI:** Indicador de Fuerza de la Señal Recibida

**RAND:** Número de Acceso Aleatorio

**RAB** o **RB:** Acceso de Portadora de Radio

S

**SMA:** Servicio Móvil Avanzado

**SMS:** Servicio de Mensajes Cortos

**SIM:** Módulo de Identificación de Abonado

**SS7:** Sistema de Señalización Nº 7

**SACCH:** Canal de Control Asociado Lento

**SCH:** Sincronización de Canal

**SDH:** Jerarquía Digital Síncrona

**SGSN:** Nodo de Soporte de Pasarela GPRS

T

**TDMA:** Acceso Múltiple por División de Tiempo

**TACS:** Sistema de Comunicaciones de Acceso Total

**TRAU**: Unidad Transcoder y Adaptadora de Velocidad

**TCAP:** Capacidades de Transacción Parte de Aplicación

**TCH:** Canales de Tráfico en GSM

**TDD:** División de Tiempo Duplex

U

**UMTS:** Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles

**UTRAN:** Red de Acceso Radio Terrestre UMTS

**USIM:** Módulo de Identificación del Abonado para UMTS

**UE:** Usuario final

V

**VLR:** Registro de Usuarios Visitantes

**VCC:** Conexión de Canal Virtual

W

**WiMAX:** Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas

**WCDMA:** Técnica CDMA de Banda Ancha

**INDICE DE TABLAS**

**Tabla 1.1:**Resumen de modos de trasmisión de medios físicos………………..……………6

**Tabla1.2:**Bandas de frecuencia GSM…………………………............………...…………35

**Tabla 2.2:**Ráfaga normal GSM……………………………...………...……………………37

**Tabla3.2:**Ráfaga de corrección de frecuencia GSM………………………….....................37

**Tabla1.3:**Mapeo canales lógicos………………………………...…………………………45

**Tabla 2.3:**Clases de tráfico en UMTS………………………………………..…………….49

**Tabla1.4:**Características GSM……………………………………………………………..57

**Tabla2.4:** Características UMTS…………………………………………………………...59

**Tabla3.4:**Velocidades de Tx en GSM y UMTS……………….…………………………..62

**Tabla 4.4:** Comparativa de las interfaces radio de UMTS y GSM…………….……………65

**Tabla5.4:**Cantones de la Prov. de Chimborazo………………...………………………….67

**INDICE DE ILUSTRACIONES**

**Figura 1.1:**Red de un Sistema de Telecomunicación Celular………..…….………………5

**Figura 2.1:**Espectro Electromagnético…...…………………………..…………………....7

**Figura 3.1:**Transmisión de señal celular………………………………..……...…………10

**Figura 4.1:**Torre con antenas de telefonía móvil, orientada a 120 grados………....…….13

**Figura 5.1:**Tecnologías de acceso……………………………………...…………..…….14

**Figura 6.1:** Generaciones de los Sistemas Móviles……………………...……………......19

**Figura 1.2:**Arquitectura del sistema GSM………………………………….………….....24

**Figura 2.2:** Handover entre dos estaciones base………………………………….…….....28

**Figura 3.2:** Interworking……………………………………………………..……………30

**Figura 4.2:** Estructura del HLR………………………………………….……………..…32

**Figura 5.2:** Diagramas de bloques de moduladores GMSK……………..…………..……34

**Figura 1.3:**Arquitectura de UMTS…..………………………………………………........41

**Figura 2.3:**Red de acceso UTRAN…….………………………………………….……...42

**Figura 3.3:**Arquitectura GSM/WCDMA…………………………………………………43

**Figura 4.3:** CellBreathing………………..………………………….................................46

**Figura 5.3:**Arquitectura de protocolos de UTRAN……………………………………….48

**Figura6.3:**Niveles del modelo de tráfico……………………………………...…………50

**Figura 7.3:**Diferenciación de tráfico a nivel AAL2/ATM……………………….……....52

**Figura 8.3:**Interfaces E1 ATM……………………………………………………………54

**Figura 9.3:**Topologías de red……………………………………..………………………54

**Figura 10.3:**Topología de la red de transmisión…………………………………………...55

**Figura 1.4:** Velocidad vs Tecnologías…………………………………………………….62

**Figura 2.4:**Handover UMTS……...……………………………………………….……...64

**Figura 3.4:** Mapa de la provincia de Chimborazo………………………………………...66

**RESUMEN**

La realización de un estudio comparativo de parámetros técnicos de las tecnologías de telecomunicaciones UTMS y GSM se efectuó con el propósito de conocer si en un futuro no muy lejano la provincia de Chimborazo podrá migrar del sistema actual de comunicaciones GSM a UMTS. La comparación de los parámetros técnicos, como base la utilización de las principales características de la red GSM que actualmente se encuentra en funcionamiento en la provincia, y los parámetros de la tecnología UMTS que se va a implementar. El ancho de banda, las frecuencias de trabajo y él envió de paquetes, al ser los parámetros más importantes, son los tomados en cuenta en el estudio comparativo. Como resultado se determinó que las características técnicas de la tecnología UMTS pueden reemplazar de forma sencilla y eficaz a la actual GSM, aportando a más de las características usadas por GSM un soporte de paquetes de datos de alta velocidad, podemos concluir que dicha migración puede implementarse utilizando la misma estructura de funcionamiento de GSM. La migración de tecnologías de GSM a UMTS, es vital para el desarrollo en telecomunicaciones en la provincia ya que esta aportara nuevos servicios que mejoraran las comunicaciones, llevando a la actual red celular a una nueva generación de comunicaciones.

**Palabras Claves:**

<SISTEMA GLOBAL PARA LAS COMUNICACIONES MÓBILES (GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS) [GSM]>, <SISTEMA UNIVERSAL PARA LAS COMUNICACIONES MÓBILES (UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM) [UMTS]>, <TECNOLOGÍAS MÓVILES>, <FUTURO>, <PROVINCIA DE CHIMBORAZO>, <SERVICIO MÓVIL AVANZADO [SMA]>, <PARÁMETROS TÉCNICOS>, <MIGRACIÓN>.

**SUMMARY**

A comparative study of technical telecommunications technology parameters UTMS (Universal Mobile telecommunications system) and GSM (Global System for Mobile Communications) was carried out in order to know whether in a close future Chimborazo province will be able to migrate from the current communications system GSM to UMTS. The bandwidth, the work frequency and the sending of packages were taken into account in this comparative study. As a result, it was determined that technical characteristics of UMTS technology can replace the current GSM by offering not only the most used characteristics by GSM but also a support of high-speed data packages. It is concluded that this migration can be set up with the same GSM-running structure. The technology migration from GSM to UMTS is useful for the development in telecommunications in this province because it will give new services improving the communications so that the current cellular network can become in the new generation of communications.

**Key words:**

˂GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS [GSM]˃, ˂UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM [UMTS]˃, ˂MOBILE TECHNOLOGIES˃, ˂FUTURE˃, ˂CHIMBORAZO PROVINCE˃, ˂ADVANCED-MOBILE SERVICE [AMS]˃, ˂TECHNICAL PARAMETERS˃, ˂MIGRATION˃.

**INTRODUCCIÓN**

El concepto de telefonía vía radio es mucho más amplio que el de telefonía móvil, e incluye además otros sistemas como, por ejemplo: telefonía inalámbrica y sistemas de radio mensajería o *trunking,* que veremos a lo largo de esta obra.

El objetivo de las redes de telefonía móvil es, en principio, ofrecer los mismos servicios que con la telefonía fija, y otros nuevos, a usuarios que pueden cambiar de posición (incluso durante una conexión que esté establecida). Esto implica añadir nuevas prestaciones a la red tradicional para permitir la movilidad y la localización del terminal, lo que ha dado lugar a distintas generaciones de redes.

El gran auge de estas redes sucedió a partir de la década de los 80, y se ha debido al abaratamiento de los servicios, pero sobre todo a la reducción del coste de los terminales, que se han ido mejorando tecnológicamente, con más prestaciones, mayor autonomía, pantallas de gran resolución y un menor tamaño, pudiendo ofrecer no solo voz, sino texto y datos y, así por ejemplo, la banda ancha móvil es una realidad, compitiendo con la banda ancha fija.

Por otra parte, la facilidad de poder elegir entre las modalidades de prepago o contrato, la facilidad que ofrece la portabilidad para cambiar de operador, la disponibilidad de cobertura en prácticamente cualquier lugar y la estandarización, la itinerancia internacional y facilidad de uso contribuyente entre otros factores a su éxito universal.

La telefonía móvil, junto con la Internet, son las dos tecnologías de comunicación más importantes, por su gran penetración a nivel mundial desde su aparición comercial hace unos 30 y 15 años respectivamente. A mediados del año 2013 se habían alcanzado los 16’980.000 de usuarios de teléfonos móviles en Ecuador, de este total, son correspondientes a las tres operadoras que hay en el país Conecel que es Claro, Otecel más conocido como Movistar y Alegro que hoy en día se le conoce más como CNT, de los cuales hay abonados que son prepago y los pospago.

La evolución de las distintas tecnologías que soportan la telefonía móvil es impresionante, a un ritmo tan acelerado que no da tiempo a desplegar una cuando ya se está empezando a considerar otra, lo que complica la vida de operadores y usuarios, ya que, mientras los primeros necesitan amortizar las inversiones realizadas en una tecnología antes de desplegar otra, los segundos disponen de una oferta tan amplia en el mercado que les es difícil decidirse por una o por otra.

No obstante, la tecnología sigue su ritmo, es imparable, y se empiezan a desplegar comercialmente algunos sistemas de 4G (LTE y WiMAX), que conviven con los 2G (GSM) y 3G (UMTS y CDMA), impulsados por los intereses de los fabricantes, que los ven como una nueva manera de aumentar sus ingresos. El teléfono móvil por su capacidad de comunicación mediante sus diferentes variantes (mensajes, llamadas, internet, etc.), forma parte de las vidas de los miles y millones de personas en el mundo.

Permitiendo esto una comunicación móvil a una distancia corta sea este dentro de un hogar o en el trabajo, como una comunicación a una distancia lejana siendo está para unir familiares que se encuentran en diferentes países, haciendo uso de los servicios que presta el operador de telefonía móvil para sus clientes/usuarios.

Tiempo atrás, los teléfonos celulares se conservaron fuera de alcance de la mayoría de las personas debido a los altos [costos](http://www.monografias.com/trabajos4/costos/costos.shtml) involucrados. Como resultado a esto, las compañías proveedoras de [servicios](http://www.monografias.com/trabajos14/verific-servicios/verific-servicios.shtml) invirtieron [tiempo](http://www.monografias.com/trabajos901/evolucion-historica-concepciones-tiempo/evolucion-historica-concepciones-tiempo.shtml) y [recursos](http://www.monografias.com/trabajos4/refrec/refrec.shtml) para encontrar nuevos [sistemas](http://www.monografias.com/trabajos11/teosis/teosis.shtml) de mayor capacidad, y por ende, menor [costo](http://www.monografias.com/trabajos7/coad/coad.shtml#costo).

El teléfono celular es un [sistema](http://www.monografias.com/trabajos11/teosis/teosis.shtml) de [comunicación](http://www.monografias.com/trabajos12/fundteo/fundteo.shtml) totalmente inalámbrico. Inicialmente los celulares iniciaron siendo analógicos. Los sistemas celulares se están beneficiando de estas [investigaciones](http://www.monografias.com/trabajos11/norma/norma.shtml) y han comenzado a desarrollarse como productos de [consumo](http://www.monografias.com/trabajos35/consumo-inversion/consumo-inversion.shtml) masivo. En la actualidad, hay millones de personas en el mundo utilizando las diversas tecnologías disponibles, cuales estas ayudan dependiendo de los servicios que el operador ofrece.

En esta obra, estructurada en cuatro capítulos, se verá, generalidades y conceptos que darán como una iniciativa para el conocimiento de las comunicaciones móviles; conociendo principios básicos de las tecnologías GSM y UMTS, para el final llegar a la conclusión si se realiza la migración en SMA en la provincia de Chimborazo en un futuro.

**CAPÍTULO I**

1. GENERALIDADES DE LAS TELECOMUNICACIONES

**1.1. Tecnologías de Radiocomunicaciones**

El empleo de la radio para establecer una comunicación a distancia se viene realizando hace más de un siglo, y desde que Marconi completara con éxito sus experimentos de transmitir señales telegráficas, la tecnología ha evolucionado muchísimo, permitiendo el envío de voz, texto e imágenes a gran velocidad y, además, con gran calidad gracias a la digitalización de las señales.

A continuación se va a exponer algunos de los sistemas de radiocomunicaciones y las tecnologías que los soportan, prestando especial atención a los teléfonos móviles, que funcionan enviando y recibiendo señales de radio de baja potencia. Las señales se intercambian con antenas que están conectadas a transmisores y receptores de radio, comúnmente conocido como estaciones base de telefonía móvil, que, a su vez están conectadas al resto de las redes de telefonía fija y móvil y transfieren la señal/llamada a esas redes.

Una red móvil, generalmente, se diseña en función de una “estructura celular” que cubre un área geográfica. Las estaciones base se colocan en el centro de cada celda o en el vértice de un grupo de ellas. La cantidad de estaciones base requeridas para un área dada dependerá de las características del terreno, de la frecuencia empleada y de la cantidad de personas que utilicen teléfonos móviles.

En el diseño de las redes móviles hay que tener en consideración que los sistemas tienen una capacidad finita para atender llamadas telefónicas simultáneas, y cuantas más personas utilicen los teléfonos móviles, más capacidad se necesita y, por lo tanto, se hace necesario instalar más estaciones base, más cercanas entre sí, lo que lleva a la división celular y a la sectorización, para aumentar la capacidad, dado que el espectro radio eléctrico que se utiliza es finito.

**1.2. Inicios de las Telecomunicaciones**

La comunicación radica en la trasmisión de una información de un emisor hacia un receptor así, involucrando a varios elementos para que haya una comunicación.

* *Emisor:*Es quien transmite la información a los demás.
* *Mensaje:* Información que se quiere transmitir.
* *Canal:* Medio físico que establece la conexión entre el emisor y receptor.
* *Receptor:*Es quien recibe el mensaje.

**Nota:** Si el emisor está lejos del receptor, se habla de una comunicación a distancia o telecomunicación.

Más adelante se desplegó la comunicación que viaja a mayor velocidad, esto se logra con la ayuda de las ondas electromagnéticas, es decir, no necesitan de un medio físico para su transmisión.

Según la naturaleza del canal por el que se trasmiten la electricidad o las ondas, las comunicaciones pueden ser:

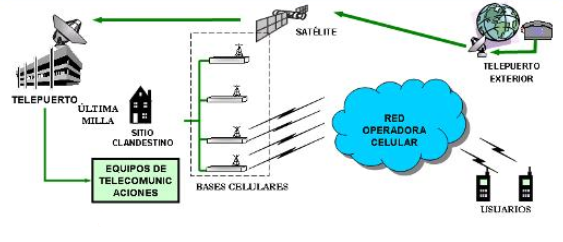
* *Alámbricas.-* Si la información, que viaja en forma de corriente eléctrica o de ondas, se transmite a través de un cable.
* *Inalámbricas.-* Si la información se transmite a través del aire o del vacío. Esto sólo es posible si la información viaja en forma de ondas, puesto que la corriente eléctrica sólo se puede conducir mediante un cable.

A continuación se cita ejemplos de cómo fue que evolucionaron las telecomunicaciones:

* Correo postal
* Telégrafo
* Teléfono
* Radio
* Televisión
* Satélite

**1.3. Sistema de Telecomunicación**

Es el conjunto de equipos y enlaces tanto físicos como electromagnéticos, utilizables para la prestación de un determinado [servicio](http://www.monografias.com/trabajos14/verific-servicios/verific-servicios.shtml) de telecomunicaciones.



**Figura 1.1:** Red de un Sistema de Telecomunicación Celular

**Fuente:** http://antisec-security.blogspot.com/2012/12/ciberguerra-v1.html

**1.3.1. *Servicio de Telecomunicaciones***

Es una actividad creada por una [empresa](http://www.monografias.com/trabajos11/empre/empre.shtml) o entidad, que ofrece a sus clientes una modalidad o tipo de comunicación, cuya utilización es de [interés](http://www.monografias.com/trabajos7/tain/tain.shtml) propio para dicho cliente.

**1.3.2. *Servicio Público de Telecomunicaciones***

Es el servicio que brinda el estado de manera general a todos los pobladores de un país, pero éste puede darlo en concesión a [empresas](http://www.monografias.com/trabajos11/empre/empre.shtml) privadas, pero siempre regulándolo.

* *Telecomunicaciones Terrestres.-* Son todos aquellos cuyo medio de propagación son líneas físicas, estas pueden ser cables de [cobre](http://www.monografias.com/trabajos13/tramat/tramat.shtml#COBRE), cable coaxial, guía de ondas, fibra óptica, par trenzado, etc.
* *Telecomunicaciones Radioeléctricas.-* Son todos aquellos que utilizan como medio de propagación la [atm](http://www.monografias.com/trabajos/atm/atm.shtml)ósfera terrestre, transmitiendo las señales en [ondas](http://www.monografias.com/trabajos5/elso/elso.shtml#ondas) electromagnéticas, ondas de radio, [microondas](http://www.monografias.com/trabajos12/comsat/comsat.shtml#DISPOSIT), etc. Para esto depende la frecuencia a la cual se transmite.
* *Telecomunicaciones Satelitales.-* Son todas las [comunicaciones](http://www.monografias.com/trabajos/lacomunica/lacomunica.shtml) que se transmiten por la ayuda de un satélite artificial ubicado en la órbita alrededor de la tierra.

**1.4. Medios de Transmisión**

Cuando la señal es transmitida de forma eléctrica, se debe hacer a través de un medio físico que permita la transmisión del mensaje, existen diferentes tipos de medios (tabla 1), la elección depende de lo que queramos transmitir; los principales son:

**Tabla 1.1:** Resumen de modos de trasmisión de medios físicos

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **PAR TRENZADO** | **COAXIAL** | **FIBRA OPTICA** |
| **Tipo de señal** | Corriente eléctrica | Corriente eléctrica | Luz  (onda electromagnética) |
| **Interferencias** | Considerable | Escasas | Muy escasas |
| **Ancho de banda** | Bajo / intermedio | Alto | Muy alto |
| **Costo** | Bajo | Intermedio | Alto |
| **Uso** | Corta distancia | Media  Larga distancia | Larga  Muy larga distancia |

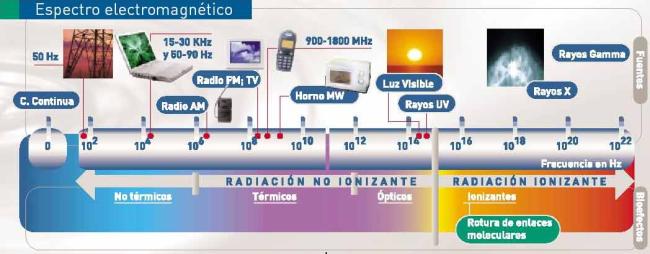
**Fuente:** JIMÉNEZ,Rodrigo, 2015

* *Cable de par trenzado.-*Es el cable más sencillo, está formado por hilos enrollados de dos en dos. Se emplea cuando no existe demasiado riesgo de interferencias o atenuación y no se necesita un ancho de banda elevado (100m -> 10 Gbps).
* *Cable coaxial.-* Consiste en un único cable rodeado de una capa de aislante y esta a su vez de una malla metálica, las interferencias son menores que en el cable par trenzado y su ancho de banda es superior (1km -> 10Mbps).
* *Cable de fibra óptica.-* Consta de una o varias fibras de vidrio envueltas en una cubierta de plástico, permite que viaje la luz por su interior. Las interferencias se reducen al mínimo permitiendo un gran ancho de banda (100km -> Gbps).

Cuando se transmite y/o reciben señales electromagnéticas (inalámbricamente), la atmosfera es el camino para transmitir, estos son conocidos medios no guiados y son:

* *Ondas sonoras.-*Son los que se propagan a través del aire, como la voz humana.
* *Ondas electromagnéticas.-*Son las que se propagan en el vacío y que se transmiten a la velocidad de la luz, a 300.000 k/s.

Existen diferentes tipos de ondas electromagnéticas (figura 1.2), el conjunto de ellas en el espectro electromagnético, normalmente en las comunicaciones se trabaja en la parte del espectro electromagnético de frecuencias más bajas, a esto se le denomina espectro radioeléctrico.



**Figura 2.1:** Espectro Electromagnético

**Fuente:** http://www.movil.uson.mx/efecto\_salud.htm

**1.5. Los Inicios de la Telefonía Móvil**

Al hablar de redes de telefonía móvil nos referimos a sistemas de telefonía pública para usuarios que no tienen por qué encontrarse en una posición fija. Aunque la telefonía móvil se puede decir que es algo muy reciente, tal y como hoy la conocemos, la utilización de radio para la comunicación en movilidad es una idea que surgió con los primeros experimentos de transmisión a larga distancia del italiano Guillermo Marconi, realizados a comienzos del siglo XX en los que se instalaron los primeros sistemas de “radio móvil” sobre vehículos con apariencia de tranvías.

El primer servicio de telefonía móvil (en forma de mensajes de aviso) fue utilizado por la policía de Detroit en los años 20 y 30, Desde entonces han aparecido y se han desarrollado muchos sistemas.

En este proceso, se han sucedido muchos avances, tantos tecnológicos como teóricos que fueron sentando las bases de la situación actual. Entre los primeros, cabe destacar el desarrollo del transistor, inventado a fines de los años 40 por los Laboratorios Bell y el desarrollo de los circuitos integrados, que permitió la actual revolución en la microelectrónica, con la consiguiente reducción de tamaño y precio que ha permitido la extensión y popularización de muchos dispositivos.

La invención de la modulación de frecuencia (FM) supuso un paso importante, al permitir acercarse al objetivo de un sistema mucho más resistente que los AM a las interferencias, permitiendo, por primera vez, el intercambio de calidad por ancho de banda. La modulación digital y el desarrollo de los códigos de protección contra errores son otros pasos en la misma dirección.

El desarrollo de las técnicas de acceso múltiple por división de código (CDMA) es uno de los últimos pasos en este sentido, aunque su origen se remonta mucho más atrás, ya que se utilizaron en las comunicaciones militares durante la II Guerra mundial.

El desarrollo del concepto celular ha sido otro de los hilos más importantes para la evolución de las comunicaciones móviles; esto es, un sistema compuesto por un conjunto de estaciones base coordinadas, donde se reutilizan las frecuencias disponibles, lo que permite que un único sistema tenga una extensión y capacidad prácticamente ilimitadas, haciendo las células cada vez más pequeñas.

De forma complementaria, las funciones de *roaming* (itinerancia) y *handover* (traspaso de las llamadas) permiten que los usuarios puedan moverse libremente a través del sistema sin percibir el cambio de una estación de base a otra, o de un canal de comunicación a otro. En los sistemas digitales, como son el GSM o el UMTS, itinerancia hace que se puedan cursar comunicaciones, incluso cambiando de país.

Paralelamente a estos desarrollos se ha producido un avance en la extensión de los servicios. Los sistemas iniciales estaban concebidos para usuarios especiales (militares, policías, etc.) y, por lo tanto, solamente ofrecían voz. En este momento, la base de clientes es cada vez mayor, siendo la penetración de este tipo de sistemas en las sociedades avanzadas superior incluso al 100%.

Los tres pilares que han permitido esta popularización han sido la reducción del precio, el incremento de la calidad y capacidad y la multitud de aplicaciones disponibles, no teniendo nada que ver los actuales terminales -teléfonos inteligentes (*smartphones*)- con los antiguos terminales de más de un kilogramo de peso.

El peso de las aplicaciones cada día cobra más fuerza en la implantación de la telefonía móvil. Como se ha comentado, los teléfonos actuales son muy distintos de los de hace unos años y, si bien coexisten en el mercado terminales de gama baja (principalmente en países en vías de desarrollo), media y alta, la tendencia es hacia la proliferación de estos últimos, suministrados no solo por los fabricantes tradicionales (Nokia, Samsung, LG, Ericsson, Motorola, HTC, etc.) sino por otros como RIM con su famosa gama BlackBerry, Apple, con sus famosos iPhone, o Google con su Nexus, además de presentarse toda una batalla en cuanto a los sistemas operativos que estos incorporan (Android, iOS, Symbian, Windows Mobile, etc.) y a las aplicaciones que se ofrecen, lo que ha hecho proliferar las llamadas *Apps Stores* para la venta *on-line* de las mismas.

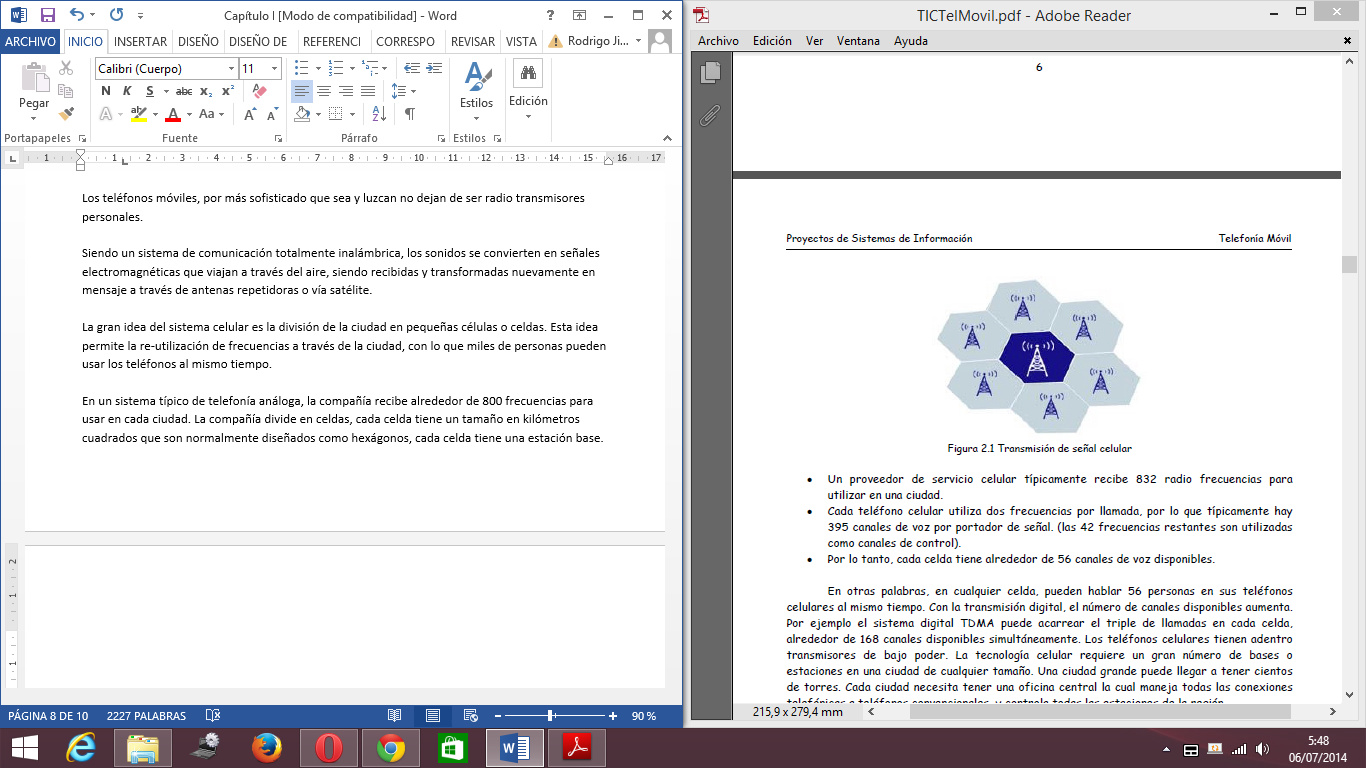
Aunque los sistemas de comunicaciones móviles han alcanzado una gran diversidad de formas, una clasificación básica permite distinguir tres grupos principales de redes privadas, semipúblicas y públicas, que hacen uso de tecnologías muy diversas, las más de las veces combinando varias, ya que unas resultan más adecuadas o rentables que otras para ciertas aplicaciones. Además de estas aplicaciones, se encuentran muchas otras, entre las que cabe destacar la radioafición, extendida por todo el mundo y con millones de seguidores.

**1.6. Sistemas Celulares.**

La filosofía del sistema celular es utilizar las estaciones base de una denominada potencia y dar servicio a un área limitada (BTS - célula). En cada célula se puede dar uso a una banda (subconjunto) de frecuencias, dentro de lo total que la operadora ofrece y tenga asignada. En una célula solo se ofrece una parte de todos los radiocanales que dispone la operadora.

* Se considera radiocanal la pareja de frecuencias para el enlace ascendente y para el descendente.
* Los radiocanales de una célula se comparten entre todos los teléfonos móviles que se enganchan a la célula y se le es asignada de forma dinámica.
* Es posible reutilizar los radiocanales.
* El diseño del número de radiocanales necesarios en una célula es función del tráfico esperado.

Los teléfonos móviles, por más sofisticado que sea y luzcan no dejan de ser radio transmisores personales. Siendo un sistema de comunicación totalmente inalámbrica, los sonidos se convierten en señales electromagnéticas que viajan a través del aire, siendo recibidas y transformadas nuevamente en mensaje a través de antenas repetidoras o vía satélite.



**Figura 3.1:** Transmisión de señal celular

**Fuente:** http://es.wikipedia.org/wiki/Red\_de\_celdasl

* Normalmente son diseñados como hexágonos, cada celda tiene una BTS.
* Un terminal maneja dos frecuencias para realizar una comunicación.
* Por lo tanto cada celda o célula tiene alrededor de 60 canales de voz disponibles dependiendo de su configuración.

**1.7.** **Sistemas de Comunicaciones Móviles**

La comunicación móvil se llega a dar cuando el emisor tanto como el receptor necesita comunicarse el uno con el otro y estos pueden estar movimiento.

**1.7.1. *La Tecnología Celular***

Antes de comenzar a explicar en detalle el sistema de telefonía móvil GSM y sus características, lo que se hace en el capítulo 2, es muy conveniente introducir el concepto “celular”, en el cual se basan todos los sistemas de telefonía móvil actuales y gracias al cual es posible la reutilización de frecuencias (limitadas en número y, por lo tanto, un bien escaso y sujeto a la concesión de licencia por las distintas Administraciones de cada país para su explotación), con todo lo que ello lleva implícito: mayor número de usuarios, evitar interferencias, mayor eficiencia, mayor cantidad de operadores y, consecuentemente, mayor competencia en un mercado liberalizado, etc.

Las principales características de un sistema celular son:

* Gran cantidad de usuarios
* Utilización eficiente del espectro
* Amplia cobertura

La filosofía de los sistemas celulares es utilizar una BTS base de pequeña y mediana potencia y dar servicio a un área más limitada, la zona de cobertura a la que da servicio una BTS se conoce como “célula”.

**1.7.2. *División Celular***

Un sistema celular se forma al dividir el territorio al que se pretende dar el servicio en células, o celdas, -normalmente hexagonales- de mayor o menor tamaño, cada una de las cuales es cubierta por una antena celular que tendrá una zona de cobertura, beneficiando el alcance limitado de la propagación de las ondas de radio a frecuencias elevadas; así, el espectro se puede volver a reutilizar una y otra vez que sea necesario por las diferentes antenas.

De esta manera se puede aumentar considerablemente el número de usuarios, al poder asignar conjuntos de frecuencias diferentes para áreas o células distintas, factor este muy importante para un servicio público.

Si en una célula con “n” radiocanales hay más tráfico del que se puede cursar, por ejemplo, porque aumenta el número de usuarios, se puede dividir la célula añadiendo más BTS y disminuyendo la potencia de trasmisión. Esto es lo que se conoce como *splitting.* De manera que en realidad el tamaño de las células variara según la densidad de tráfico, teniendo células más grandes en zonas rurales (de hasta decenas de km) y células más pequeñas (unos 500m) en grandes núcleos urbanos.

**1.7.3. *Sectorización***

La sectorización consiste en dividir una celda en un número de sectores, cada uno de los cuales es servicio por un número determinado de canales y alimentado por una antena directiva. El sector puede considerarse una nueva celda. El uso de la sectorización disminuye notablemente las interferencias cocanales, por lo tanto, posibilita la reducción de la distancia de reutilización, consiguiendo mayor número de canales por celda o, lo que es lo mismo, mayor capacidad.

Una consecuencia derivada de la estructura celular es la sectorización (división de una célula en 3 ó 6 sectores). A medida que la demanda de usuarios aumenta en una zona geográfica, se sectoriza, de modo que, con la misma BTS y usando antenas directivas (por ejemplo, haciendo que cubran 120°, como se aprecia en la figura 1.4), se logra triplicar el número de canales que soporta el sistema y disminuir las interferencias.



**Figura 4.1:** Torre con antenas de telefonía móvil, orientada a 120 grados

**Fuente:** http://www.fotosdigitalesgratis.com/buscarfoto/antenas

Con el fin de poder reducir aún más el tamaño de la agrupación, el estándar GSM define unas funcionalidades que han demostrado su utilidad por la mejora de la calidad del servicio y eficiencia espectral que aportan. Gracias a la aplicación de estas técnicas, se ha establecido para GSM un patrón tipo 3/9, que proporciona una mayor utilización de las frecuencias, ya que las portadoras disponibles están repartidas entre 9 celdas en vez de entre 12.

**1.8. Tecnologías de Acceso**

Hoy en día existen 3 tecnologías comúnmente usadas para transmitir la información en las redes de la telefonía móvil, aunque estas suenen complicadas se podrán tener una idea de cómo funcionan cada una de ellas examinando su nombre.

La primera parte de los nombres de las 3 tecnologías (**Acceso Múltiple**)**,** significa que más de un usuario puede usar cada celda.

* **FDMA (**Acceso múltiple por división de frecuencia**).-** A cada usuario se le asigna una frecuencia diferente, utilizados en sistemas analógicos (1G).

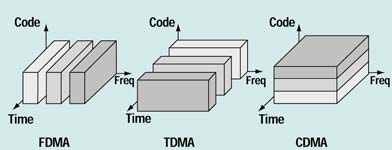
La tecnología FDMA separa el espectro en distintos canales de voz, al separar el ancho de banda en pedazos (frecuencias) uniformes.

* **TDMA (**Acceso múltiple por división de tiempo**).-** A cada usuario se le asigna un intervalo de tiempo para transmitir, utilizados en sistemas digitales (2G) multiplicando la capacidad de los sistemas 1G.

La tecnología TDMA comprime las conversaciones (digitales), y las envía cada una utilizando la señal de radio por un tercio de tiempo solamente. La compresión de la señal de voz es posible debido a que la información digital puede ser reducida de tamaño por ser información binaria (unos y ceros). Debido a esta compresión, la tecnología TDMA tiene tres veces la capacidad de un sistema analógico que utilice el mismo número de canales.

* **CDMA (**Acceso múltiple por división de código**).-** Los usuarios utilizan todo el ancho de banda al mismo tiempo, utilizando un código único para cada comunicación.

La tecnología CDMA es muy diferente a la tecnología TDMA. La CDMA, después de digitalizar la información, la transmite a través de todo el ancho de banda disponible. Varias llamadas son sobrepuestas en el canal, y cada una tiene un código de secuencia único. Usando a la tecnología CDMA, es posible comprimir entre 8 y 10 llamadas digitales para que estas ocupen el mismo espacio que ocuparía una llamada en el sistema analógico.



**Figura 5.1:** Tecnologías de acceso

**Fuente:** https://byteway.wordpress.com/2014/01/18/multiplexing-of-mpeg-2-streams/

En [teoría](http://www.monografias.com/trabajos4/epistemologia/epistemologia.shtml), las tecnologías TDMA y CDMA deben de ser transparentes entre sí (no debe interferirse o degradar la calidad), sin embargo en la práctica se presentan algunos [problemas](http://www.monografias.com/trabajos15/calidad-serv/calidad-serv.shtml#PLANT) menores, como diferencias en el volumen y calidad, entre ambas tecnologías. La diferencia principal que les hace una de las otras yace en el método de acceso, el cual varía entre frecuencia, tiempo y códigos únicos que se provienen a cada llamada desde un terminal cualesquiera.

**1.9. Modulación Digital**

Las técnicas de modulación digital son la parte fundamental e importante para la determinación de las capacidades de los diferentes sistemas de celulares, al hecho de poner información binaria sobre una portadora de RF se le llama modulación digital.

Al momento de elegir una técnica de modulación digital, los desarrolladores de sistemas de comunicación deben tomar en cuenta las siguientes disposiciones.

* Ancho de banda disponible.
* Potencia permitida.
* Niveles de ruido inherentes al sistema.

El espectro de RF puede ser compartido, sim embargo cada día hay más usuarios así como la demanda para el incremento de servicios de comunicaciones, llegando en muchos casos a saturar la capacidad el espectro. Es por esto que nuevas técnicas de modulación digital son desarrolladas en base a las técnicas de modulación digital existentes, de manera que el sistema celular soporte un mayor número de usuarios y muevas aplicaciones, sin saturar el espectro.

Hay una relación fundamental en los sistemas de comunicación, equipo simple puede ser utilizado en transmisores y receptores pero con limitación de ancho de banda, mientras que con transmisores y receptores más complejos se transmite y se recibe la misma capacidad de información en menor ancho de banda, esta relación existe si la comunicación es sobre aireo alambre, análoga o digital.

Los tipos de modulación digital se pueden agrupar según la variable que se module, estas pueden ser: amplitud, frecuencia, fase o incluso combinaciones de estas. Entre estos tipos podemos mencionar:

* Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK).
* Modulación por desplazamiento de fase (PSK).
* Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK).
* Modulación por desplazamiento de fase de ocho estados (8PSK).
* Modulación por desplazamiento Gausiano mínimo (GMSK).

**1.10. Generaciones de los Sistemas Móviles**

Se identifican tres generaciones en la evolución de los sistemas móviles celulares, que en un principio se pueden asociar a la técnica de multiacceso que se utiliza: FDMA, TDMA y CDMA, aunque no de una manera rigurosa, y su implicación con la movilidad se orienta a la manera de soportar cada vez más eficientemente las facilidades de *handover* y de *roaming* para el usuario.

Las distintas necesidades de los usuarios y avances, dieron lugar a generaciones tecnológicas bien diferenciadas una de la otra.

**1.10.1. *Primera Generación (1G)***

La primera generación, o sistemas analógicos como NMT, TACS y AMPS, concebidos inicialmente para transmisión de voz. En cuanto a movilidad del usuario, le permiten la transferencia de célula o *handover* con tiempos de conmutación menores de 500 milisegundos, presentándose interrupciones tan pequeñas para transmisión de voz que no afectan a la conversación.

El proceso de transferencia de célula lo lidera el centro de conmutación móvil MSC (*Mobile Switching Center*) con el esquema de *handover* controlado por la red NCHO (*Network Control HandOver*). Las medidas de señal las realiza la estación base (BTS) y se transmiten al MSC, donde residen los mecanismos en los que se fundamenta el traspaso, lo que ocasiona una gran carga de tráfico.

Adicionalmente, la facilidad de “registro”, le permite al sistema conocer la ubicación del móvil en todo momento dentro de la zona de cobertura. En estos sistemas analógicos no es posible la interconexión entre sistemas de diferentes proveedores del servicio, como consecuencia no existe la posibilidad de *roaming*, lo que representa para el usuario limitación en su movilidad por no gozar de la facilidad de seguimiento internacional.

**1.10.2. *Segunda Generación (2G)***

La segunda generación, o sistemas digitales como D-AMPS, GSM y PDC, son sistemas orientados a soportar, además de la voz, los mensajes cortos (SMS) y la transmisión de datos, por lo que se espera que los retardos durante la transferencia de células sean tan cortos que no ocasionen interrupciones en la comunicación. Ya sea en el modo de envío en ráfagas de un sistema con técnica TDMA o en el modo de contención de dos canales lógicos durante la transferencia, en sistemas con técnica CDMA.

La digitalización establece diferencias importantes en cuanto a movilidad sobre los sistemas analógicos, pues la introducción de plataformas de comunicación digital y el concepto de redes inteligentes brindan movilidad entre celdas con transferencia liderada por la estación móvil bajo el esquema de *handover* asistido por el móvil MAHO (*Mobile Assisted HandOver*), que toma como base las medidas realizadas por la estación base (canal ascendente), a las que se añaden las medidas realizadas por el propio terminal en el enlace descendente, ya que ambos no son simétricos.

* *Generación 2.5*

Se suele hablar de una generación intermedia entre la 2G y la 3G, que incluye, básicamente, a GPRS (*General Packet Radio Service*), que se diseñó como una tecnología para transferir paquetes utilizando la interfaz radio de GSM, y a EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) que ofrece unas mejores prestaciones que GPRS. Para ello se requieren ciertos cambios tanto a nivel de *software* como *hardware* en la red existente, así como la introducción de algunos elementos nuevos. Así se superpone al sistema GSM una red de transporte IP (*IP Backbone*), que trabaja en paralelo al núcleo clásico de GSM y cuya función es realizar la conmutación de paquetes y conexiones a Internet y otras redes de datos por paquetes.

**1.10.3. *Tercera Generación (3G)***

La tercera generación, donde GSM, TDMA y CDMA evolucionan con preocupación por su desarrollo tecnológico estriba en universalizar los servicios junto a las redes que los soportan (soporte de *roaming* internacional), estandarizar el terminal de usuario integrado en una sola unidad multifuncional, portátil (de bajo peso y batería de larga duración), optimizar la cobertura de grandes áreas geográficas y atender demandas específicas, adoptando para ello una arquitectura con células de distinto tamaño (macro, micro y pico).

En CDMA (*Code Division Multiple Access*), la técnica empleada en UMTS (WCDMA), no hay traspaso MAHO entre frecuencias, ya que todos los móviles utilizan la misma, lo que hace imposible el uso de estructuras jerarquizadas de células con distinta frecuencia, esto provoca ciertas dificultades, y lo que se hace es un control en potencia. El traspaso es blando, ya que cuando un terminal móvil sobrepasa el nivel de potencia del borde de una célula debe ajustar su potencia en la nueva célula para no interferir.

Para entender mejor este proceso, hay que saber que la potencia es función de la distancia del terminal a la estación base; así. Cuanto más alejado, mayor nivel de potencia, y si el móvil está en el borde de una macro célula (potencia alta) y se aproxima a una micro célula (potencia baja), debe cambiar su nivel de emisión para no causar una interferencia que distorsione la comunicación.

***1.10.4. Cuarta Generación (4G)***

La cuarta generación, de la que LTE (*Long Term Evolution*) y, en menor medida, WiMAX son sus máximos exponentes, permite una gran velocidad de datos, pudiendo llegar a incluso en el futuro hasta 1 Gbit/s. LTE es una tecnología definida por el 3GPP (*3 Generation Partnership Proyect*), donde participan los principales operadores y fabricantes para definir los estándares.

Por su parte, WiMAX es un sistema de comunicación digital inalámbrico definido en el estándar del IEEE 802.16 para redes de área metropolitana que provee comunicaciones de banda ancha con cobertura amplia. En su caso, el estándar 802.16m, conocido como WiMAX móvil, es el que se emplearía para servicios de 4G, no los otros, que son más bien para conexiones punto a punto.



**Figura 6.1:** Generaciones de los Sistemas Móviles

**Fuente:** http://www.eurekamovil.es/blog/index.php/tag/videoconferencias/

**CAPÍTULO II**

**2. GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS (**GSM**)**

**2.1. Descripción y Antecedentes**

Debido a grandes problemas de congestión existentes en el área de telefonía móvil en los países nórdicos, se desarrolló un nuevo estándar que reemplazaría a los existentes hasta aquel momento, este estándar llamado inicialmente NMT (Nordic Mobile Telephone), funcionaba en una banda de frecuencia de NMT 450Mhz y 900MHz tomando así el lugar de los estándares anteriores que hasta ese momento habían sido utilizados.

ARP cuyo funcionamiento estaba en el área de los 150MHz y MTD en los 450MHz. Al ser NMT un estándar con tecnología analógica tiene un gran alcance pero el número de servicios es reducido gracias a la interferencia que puede producirse en dicha tecnología, aun hasta el día de hoy algunos países nórdicos como Islandia debido a su gran extensión y poca población siguen utilizando servicios NMT para alcanzar a todos los usuarios.

Este fue el fin de los estándares así llamados de primera generación, ya que a partir de este punto se utilizaran estándares que cambien la tecnología analógica por la tecnología digital.

A finales de los 70 e inicios de los 80 debido al alto costo económico que representa el desarrollo de una nueva tecnología celular, la Confederación de Correos y Telégrafos Europeos, deciden emprender con la construcción de un nuevo estándar que a diferencia de sus antecesores utilizara una plataforma digital y que será desarrollado por el grupo de investigación llamado GSM (Groupe Special Mobile).

El protocolo a desarrollarse contaría con las siguientes características: Sería un sistema telefónico terrestre y público, que funcione a 900MHz como su antecesor y que sea funcione para la totalidad del territorio europeo.

Uno de los principios de funcionamiento de este nuevo sistema era el de itinerantica en las comunicaciones celulares, es decir que el usuario del servicio pueda mantener su conectividad desde cualquier red celular en la unión europea sin que este pertenezca a una misma empresa celular. Esto permitiría que los usuarios celulares puedan hacer y recibir llamadas, incluidos todos los servicios que ofrece una operadora siempre y cuando estos se encuentren dentro del área de cobertura ya sea nacional o internacional.

Una peculiaridad de este sistema es que su creación arranco desde cero, es decir que no utilizo ninguna de las características de los sistemas anteriores, ya que también estaría destinado a utilizar una tecnología diferente a la de sus antecesores, a que cambiaría el sistema analógico de largo alcance que se encontraba ya implantado por un sistema digital con más aplicaciones para los usuarios.

Una característica importante de este sistema es que desde la planificación de su creación, no existieron planes compatibilidad con ningún sistema analógico, es decir que la creación del sistema GSM estaba dispuesto para ser el nuevo y único sistema de telefonía móvil.

Aun cuando ya se había diseñado e implementado el sistema GPS, existían varios inconvenientes con el uso del ancho de banda asignado al sistema (890MHz – 915MHz y 935MHz – 960MHz) ya que durante su implementación en los sistemas analógicos que aún se encontraban en funcionamiento seguían utilizando parte de ese ancho de banda interfiriendo así con las transmisiones del sistema GPS.

Este nuevo sistema de comunicación de telefonía móvil requería nuevas características para realizar una transmisión fiable. En comparación con los sistemas de banda estrecha de los sistemas analógicos que utilizaban una separación de portadoras de 12.5khz o de 25khz, este nuevo sistema necesitaría una separación de portadoras de 200khz, la transmisión requerida en el área de voz en formato digital debería tener un valor cercano a los 16kbps.

La combinación de las aplicaciones sobre el canal de transmisión debería responder a una multiplexación inicial de 8 canales con el soporte técnico necesario para que esta se pueda expandir hasta los 16 canales cuando se defina un codificador específico para velocidad de transmisión de media velocidad con el agregado de que este tendría que modificar la frecuencia consumida por un canal.

Por motivos de seguridad y para la inclusión de una mayor diversidad de frecuencias sobre las cuales transmitir, los diseñadores del estándar GSM hicieron que las tramas de datos emulen la seguridad de las transmisiones militares y para eso la frecuencia de transmisión permanece constante durante el envío de una trama de datos completa.

Después de varias propuestas recibidas por varios fabricantes y compañías europeas se elegiría un sistema de multiplexación llamado TDMA (Time Division Multiple Access), que tendría las características solicitadas en los diseños previos, es decir que partiría con una combinación de 8 canales y tendría una expansión hasta los 16 canales por portadora.

Los códec de voz seleccionados serian, el códec de predicción lineal residual y el códec de predicción lineal multipunto, y en el desarrollo de las comunicaciones fueron fusionados para obtener como resultado un códec nuevo llamado RPE-LPC, cuya tasa de transmisión de bits neta era de 13kbps.

Para finales de los 80 el desarrollo del sistema GSM tuvo que dividirse en 2 fases, en la primera fase estarían incluidos los servicios de rendimiento y otros servicios más comunes como las llamadas en espera. Por causas de diseño a petición de Reino Unido esta primera fase tuvo un estándar que funcionaria en los 1800MHz y que sería nombrado DSC1800 (Sistema Celular Digital).

Para inicios de los 90 en el desarrollo de la segunda fase, el enfoque de los desarrolladores fue dirigido hacia el sucesor del presente estándar GSM, de esta forma se incluirían las especificaciones del siguiente sistema de telefonía móvil que sería UMTS.

Al migrar el estándar GSM hacia América del Norte fue necesario realizar un reajuste en la frecuencia de transmisión y moverla a los 1900MHz, los servicios que estarían en oferta en esta plataforma en América serian: tele servicios, servicio suplementario y servicio de portador, algunos de estos servicios comprendían la posibilidad de transmisión de voz datos hasta un total de 9600bps.

**2.2. Arquitectura de la Red GSM**

Para el desarrollo de tecnologías que proporcionen comunicaciones inalámbricas dedicadas a un área geográfica específica es necesario que estas cuenten con cierta estructura básica, la que hará que el desarrollo de las transmisiones sea garantizado.

Para ello los sistemas GSM emplean redes integradas de estaciones base desde las cuales se proporciona la cobertura de radio deseada a todos los usuarios móviles. Este proceso empieza con las estaciones base, estas deben estar conectadas directamente a un eje o sistema central que proporciona conectividad desde la red telefónica de conmutación pública (PSTN) ha todas las estaciones base y a todos los usuarios del sistema móvil.

La Red de Telefónica de Comunicaciones Publica en cada territorio forma un sistema de comunicaciones globales al usar los MSCs para crear conectividad en todo el mundo.

Para realizar la conexión de los usuarios finales del sistema telefónico con las estaciones base, es necesario establecer radioenlaces usando protocolos de comunicaciones que tengan un nivel alto de seguridad en la encriptación y transferencia de datos, para ello utiliza codificación de voz y codificación de canal, asegurando así la conexión entre el usuario y la estación base sin que existan perdidas.

La información completa que llega a la estación base es segmentada, descartando así los datos de señalización y sincronización, a partir de este punto solo la información que contiene voz o datos es ingresada al sistema base y pasa a través del MSC hasta llegar a las redes fijas.

La razón de que se dirija esta información hasta la MSC es que una estación base en promedio está en capacidad de procesar un total de 50 llamadas simultaneas, mientras que una estación MSC es capaz de conectar un total de 100 estaciones base a la red pública conmutada (PSTN), conectando así un total de 5000 llamadas a la vez. Siendo esta la razón por la que los equipos que se encuentres funcionando en la MSC y en la PSTN sean de gran robustez, ya que tienen que procesar toda esa información en un mismo instante de tiempo.

Las variaciones en la instalación y capacidad de los equipos estarán sujeta directamente a la cantidad de usuarios y al lugar geográfico.

Para que un sistema tan complejo de comunicación de telefonía móvil tenga un funcionamiento correcto, se ha dividido en varios subsistemas que contribuyen al desarrollo de una comunicación fiable, es así que tenemos los siguientes subsistemas:

* La estación móvil MS
* Subsistema de estación base BSS
* Subsistema de comunicación de red NSS
* Centro de operaciones y mantenimiento OSS



**Figura 1.2:** Arquitectura del sistema GSM

**Fuente:** http://images.slideplayer.es/6/1645817/slides/slide\_6.jpg

Como detalle adicional aclaramos que las MS, BSS y las NSS trabajan conjuntamente para conformar el grupo de operacional del procedimiento central, quedando así el OSS para proveer los medios quienes se encargaran de controlar el sistema.

**2.2.1 *Estación Movil (MS)***

Los usuarios finales representan la estación móvil ya que desde aquí se utilizaran los servicios de llamadas en la red GSM.

La MS o estación móvil está conformada por 2 elementos principales, que son la tarjeta SIM (SubscriberIdentity Module), que es una tarjeta inteligente que guarda en si toda la información de identificación del usuario en la red de comunicaciones.

El otro elemento principal es el dispositivo final que puede ser cualquier dispositivo electrónico capaz de albergar en si una tarjeta SIM. La MS tiene varias funcionalidades que están distribuidas en bloques que son:

* *Equipo terminal.-*Este se encarga de realizar funciones específicas de un solo servicio en particular.
* *Móvil Terminal.-* Este se encarga de realizar todas las funciones ligadas al ciclo de la información a través de la interfaz hacia el área de GSM.
* *Adaptador Terminal.-* Se utiliza para realizar la transmisión desde la red telefónica hasta el dispositivo móvil.

La tarjeta SIM tiene la capacidad de almacenar información específica para cada usuario, esto incluye el número único de identificación internacional, y además puede ingresar información variada que el usuario requiera desde el dispositivo móvil. El número de identificación asignado al usuario se utiliza para identificar el dispositivo móvil del usuario y está formado por 15 dígitos decimales.

Los 3 primeros dígitos decimales que componen el número del usuario están destinados para el reconocimiento de su área local es decir el código correspondiente a su país, los siguientes 2 números serán asignados a la red del proveedor que preste su servicio dentro del país, es así que los cargos por utilización del servicio se dan únicamente por el uso de la red local teniendo cargos adicionales por el servicio de *roaming*.

El usuario puede también contratar servicios similares al *roaming* para utilizar su mismo número en otras redes móviles, esto debido a que existen redes móviles pertenecientes a la misma empresa pero que en diferentes locaciones utilizan diferentes frecuencias de funcionamiento.

**2.2.2. *Subsistema de Estación Base (****BSS****)***

El propósito principal del subsistema de estación base es el de agrupar todos los servicios e infraestructura relacionada con los aspectos celulares en el sistema GSM.

Quizás la principal función asignada al BSS es la de comunicar a los usuarios del servicio móvil, unos con otros, ya que este se encarga de activar los conmutadores del subsistema de comunicación de redes NSS. El subsistema BSS responde a las órdenes del centro de operaciones y mantenimiento OSS, razón por la cual estos dos deben estar en contacto permanente.

De acuerdo a la distribución de la estructura del estándar GSM podemos ver que el funcionamiento del subsistema de estación base contiene dos componentes principales que son:

* *Estación Base Transceptora (BTS).-* A través de la utilización de la interfaz de radio este ofrece comunicación con las estaciones móviles.

En esta primera subdivisión se encuentran todos los dispositivos de transmisión y recepción de radio, aquí encontramos las antenas, los módems de radio y todo el complejo sistema de procesado de información en específico las señales de radio y otras aplicaciones con menores requerimientos. Físicamente las BTS constan de armarios de distribución, en donde se encontraba instalados todos los dispositivos electrónicos y desde aquí se realizaban las funciones de recepción y transmisión de las ondas de radio.

Directamente conectados a los armarios de distribución se encuentran las antenas de radio, que de acuerdo a las normativas presentes, tenían alrededor de 20 y 30m de altura, estas características hacían posible que sobre esa transmisión se puedan utilizar de 3 a 5 señales portadoras permitiendo así que sobre una única transmisión puedan coexistir alrededor de 20 a 40 comunicaciones a la vez.

Dentro de la arquitectura de un sistema GSM también se ha considerado como una parte muy importante del Subsistema de Estación Base BSS, y específicamente dentro de la Estación Base Transceptora una unidad de trabajo llamada Unidad Transcoder y Adaptadora de Velocidad (TRAU), debido a que dentro de este equipo se lleva a cabo todo el proceso de codificación y decodificación de las transmisiones de voz y la adaptación de velocidades de transmisión de datos para las aplicaciones.

* *Controlador de las Estaciones Base (BSC).-* Este subsistema tiene a su cargo la conectividad permanente con los conmutadores de la estación de comunicaciones de red NSS.

Encargado también de la administración de la interfaz de radio utilizando para ello comandos de uso remoto desde la estación base transceptora BTS y también desde la estación móvil MS, la administración a cargo del BSC consistía en la localización y administración de los canales de tráfico para la transmisión, además de una función de especial importancia en las transmisiones, el *handover*.

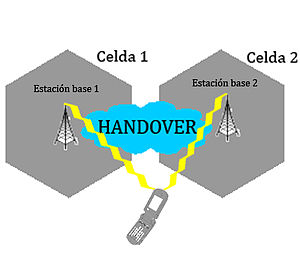
El controlador de las estaciones base o BSC cumple el papel de puente de información entre todos los BTSs que se encuentren funcionando dentro de del BSS y el centro de comunicaciones y servicios móviles MSC, específicamente con el subsistema de comunicación de red NSS.

En esencia hablamos de un BSC como un pequeño dispositivo con características de un conmutador con una gran capacidad. Dependiendo de la estructura y la capacidad de tráfico que sean capaces de manejar las estaciones BSC pueden administrar alrededor de 400 a 500 BTSs.

Es en esta parte de la arquitectura en donde se conectan el BSC y el MSC a través del NSS a la que se le asigna el nombre de interfaz A, la BSC con la BTS a través de la interfaz Abis, la interfaz de comunicación que se extiende desde una BTS hasta una unidad móvil se la conoce como Um.

**2.2.3. *Handover***

El *handover* dirige su funcionamiento al traspaso de tareas desde una estación base a otra en función de una comunicación estable, es decir que cuando la transmisión desde una estación base hacia el dispositivo móvil del usuario se ve interrumpida o cuenta con nivel bajo de conectividad, dicha estación traspasa la responsabilidad de la comunicación a una estación base cercana, garantizando así que un usuario no pierda su conectividad mientras se desplaza de un lugar a otro dentro del área de cobertura.



**Figura 2.2:** Handover entre dos estaciones base.

**Fuente:** http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e0/Handover2.jpg

*Tipos de handover.*

* *Intra BSC.-* La BTS nueva es controlada por la misma BSC que controla a la BTS anterior.
* *Inter BSC / Intra MSC.-* Se cambia de BSC pero son controlados por el mismo MSC.
* *Inter MSC (Anchor Relay).-* El MSC en el cual se inicia la llamada y mantiene el control por la duración de la misma se le denomina Anchor, si es necesario utilizar otro MSC se le denomina Relay. En este tipo de *handover* se cambia de MSC, BSC y BTS, sin embargo, el control permanece en el anchor que está conectado al Relay.
* *Inter MSC (relay a relay). -* Aquí es cuando la conexión ya incluye un MSC Relay y para el *handover* se necesita otro MSC que también sería Relay. El control se mantiene desde el MSC anchor y se elimina la conexión con el Relay anterior.
* *Inter MSC (relay an anchor). -* Cuando el MSC viejo no es el anchor y se pasa al MSC nuevo que es anchor, se elimina la conexión con el Relay.

Para que un *handover* se ponga en funcionamiento es necesario que un BSC envíe una orden a la BSC contigua estableciendo así una nueva conexión para el dispositivo que se encuentra en transición de una celda de comunicación a otra adyacente.

Para realizar esta comunicación se establece una mueva ruta de conexiones ubicando así un canal libre que pueda ser utilizado, si el canal es ubicado con éxito el BSC envía una señal de control que dará paso al *handover*. Un dispositivo móvil no posee ningún tipo de información que incluya las órdenes del *handover* hasta que el dispositivo se encuentra en la zona de transición y la orden llega a él.

En la orden de *handover* se envía a los dispositivos móviles y a las BSC se encuentra toda la información del dispositivo celular, su ubicación actual y la información de sincronización de las BSC, cuando el *handover* es completado exitosamente, se envía un mensaje desde el dispositivo móvil celular para que el proceso del recorrido de la comunicación que se está realizando cambie de una estación base actual a una nueva que esté cercana y se tenga disponibilidad de un canal, para este proceso se requiere un tiempo aproximado de 100 a 200 ms para concluir el *handover*.

**2.2.4. *Subsistema de Conmutación de Red (****NSS****)***

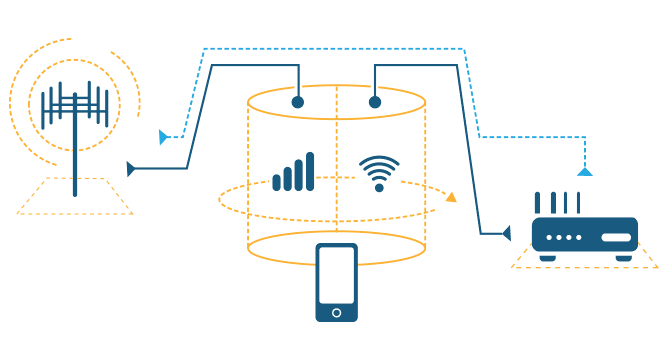
Dentro de este subsistema se encuentran alojadas las principales funciones de conmutación de paquetes de voz, así como las bases de datos que recogen la información de cada uno de los usuarios registrados del sistema de telefonía móvil y el control del correcto funcionamiento de la movilidad.

En el caso de la transferencia de datos desde una tecnología a otra el encargado es el subsistema de comunicaciones de red, internamente su función a través del Centro de Comunicaciones Móviles MSC es la de coordinar el establecimiento de la comunicación de un punto a otro, es decir que realiza todo el entramado necesario para dar conexión a un usuario con su destino, esto debido a que existen interfaces entre el BSS y el MSC y entre el BSS y MS que está directamente en contacto con los usuarios.

Además de esto también tiene contacto directo con las redes externas y para ello requiere un *Gateway* para la adaptación de los servicios que requieran trabajar con redes o *interworking*.

El *interworking* es definido como la comunicación entre una red pública de datos conmutada PSTN y redes de telecomunicaciones Wireless. Para que exista comunicación entre estos sistemas de transferencia de datos, *interworking* transforma las tramas de información de las redes públicas Wireless a un formato que pueda ser aceptado por la PSTN.

Para realizar esta transformación *interworking* cuenta con la capacidad necesaria de hardware (bancos de módems) y software que se encargaran de ajustar la velocidad de transmisión y el formato de los datos de tal forma que se pueda establecer una transferencia de datos exitosa de una red móvil a una red Wireless inalámbrica particular.



**Figura 3.2:** Interworking

**Fuente:** https://www.qualcomm.com/sites/ember/files/lte-wi-fi-interworking\_tiny.png

El sistema de conmutación de red dentro de su funcionamiento también necesita mantener contacto con redes externas para hacer uso del total de su capacidad de transmisión de datos (voz, internet) y realizar tareas de señalización entre entidades de los sistemas de telefonía móvil.

El sistema de señalización más usado por GSM tiene un funcionamiento parcialmente externo, es decir que usa un compendio de protocolos de señalización telefónica que es empleado por la mayoría de proveedores de servicio de telefonía celular, si bien su desenvolvimiento se da en múltiples aplicaciones, la principal es la de establecer y terminar las conexiones entre usuarios al momento que estos realizan sus llamadas, además de la transmisión de voz también este protocolo es responsable del envío y recepción de mensajería instantánea o mensajes de texto cortos SMS, para desempeñar su trabajo este protocolo se encarga de todo el mecanismo de tarifación del tiempo aire a través del sistema pre-pago y de la traducción de números celulares. Conocido por sus siglas CCITT N° 7 (Sistema de Señalización por Canal Común N° 7).

Un MSC físicamente cuenta con una infraestructura que rodea los 5 o 6 armarios de electrónica de telecomunicaciones, ya que se encarga de controlar alrededor de 5 o 6 BSCs siendo el responsable directo de prestar servicio a alrededor de 1 millón de habitantes en un área correspondiente a más o menos una ciudad mediana.

Dentro del NSS también se encuentran incluidas bases de datos en donde reside la información proporcionada por los usuarios en el registro de utilización del servicio, esta información se aloja específicamente en el Registro de Usuarios Locales HLR.

La segunda función de las bases de datos es la de registrar la actividad de los usuarios que no están ingresados permanentemente en el sistema y se los llama usuarios visitantes, a este registro se lo llama Registro de Usuarios Visitantes VLR, cuyo funcionamiento está asociado a varios MSCs y es independiente al lugar o posición actual en la que se encuentre el usuario.

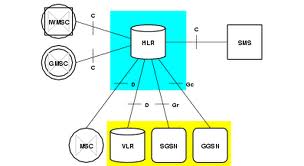
El proceso para la realización de una llamada parte cuando esta es enviada hasta un conmutador o puerta de enlace (*Gateway MSC*), hasta este punto la llamada ha sido encaminado sin conocer cuál es su destino. Es aquí donde entra en funcionamiento los GMSCs ya que esta se encarga de ubicar la información sobre la posición del usuario de destino y con esta información encamina la llamada hasta la MSC, una vez que la información llega a la MSC el usuario obtendrá una respuesta del servicio.

**2.2.5. *Base de datos en GSM***

* *Registro local de base de datos* ***(****HLR****).-*** En esta sección de la base de datos se va registrando toda la información de los usuarios del servicio de telefonía móvil, se asigna también a cada usuario el detalle de los servicios que ha contratado e información acerca de su ubicación.

La información que esta base de datos contiene puede ser almacenada desde los propios usuarios o utilizando el sistema IMSI que contiene información personal de los usuarios a través del registro de los mismos con un código único asignado a la tarjeta SIM.

Todos estos datos estarán guardados en la HLR de su propia red local. A la conexión entre estos dos elementos de la arquitectura GSM se le ha asignado una interfaz cuyo nombre corresponde a la interfaz C.



**Figura 4.2:** Estructura del HLR

**Fuente:** http://www.openss7.net/projects/hlrtest.png

* *Centro de autentificación.-* El centro de autentificación o AuC físicamente es descrito como una base de datos más pequeña que el HLR y que funciona dentro de él, con el propósito de guardar los datos de autentificación con el propósito de mantener la seguridad de la red.

Toda la información que es guardada en esta base de datos es codificada y decodificada gracias a que en el AuC también se encuentra los códigos de encriptación.

La comunicación entre la central de autentificación y el MSC es permanente a través de la interfaz H.

* *Registro de usuarios visitantes* ***(****VLR****).-*** Para evitar todo este cruce innecesario de información que utiliza varios recursos de la red se ha creado una base de datos temporal, en la que se registrara toda la información y la actividad de los usuarios visitantes haciendo que sus datos sean temporales, reduciendo así la utilización de recursos y aumentando la velocidad de la conexión de los usuarios visitantes en la red local.

Todos estos recursos de la red GSM se encuentran en permanente contacto, cada uno a través de su interfaz específica, para la comunicación entre la base de datos local HLR y el registro de usuarios visitantes VLR está destinada la interfaz D. Para la comunicación entre registros de usuarios visitantes VLRs existe un interfaz G y entre el VLR y el MSC principal se utiliza la interfaz B.

* *Registro de identidad del equipo (EIR).-* En esta sección de la base de datos se va a registrar la información correspondiente a los dispositivos móviles.

El IMEI es el identificador internacional designado a cada uno de los dispositivos móviles por el cual las redes locales lo reconocerán y registraran para ofrecerles servicio. La información relacionada a dichos dispositivos se almacenara clasificada en 3 listas de almacenamiento que son:

1. Lista blanca.-En esta lista se encontraran almacenados los códigos IMEI de todos los dispositivos que funcionan actualmente en la red GSM.
2. Lista negra.-En esta lista se encuentran los códigos IMEI de todos los dispositivos que tienen algún tipo de mal funcionamiento y de los dispositivos que han sido reportados como robados.
3. Lista gris.-En esta lista se encuentran registrados los códigos IMEI de los dispositivos que se han almacenado para mantener un seguimiento de y su futura evaluación.

**2.3. Tipos de Canales para el Tráfico de Información**

Los canales lógicos cumplen con la función de transmitir con un nivel máximo de eficiencia los datos proporcionados por el usuario, otra función que le es asignada los canales lógicos es la transmitir las señales de control desde la red hasta cada número de canal de radio frecuencia absoluto ARFCN, así mismo el sistema GSM asigna los slots o las ranuras de tiempo para las tramas sobre los diferentes canales lógicos.

Existen 2 tipos fundamentales de canales lógicos:

**2.3.1. *Canales de tráfico***

Su propósito principal es el de transmitir el tráfico de voz y datos, y su transferencia se puede realizar en taza completa o también a media taza ya que eso depende directamente de si el contenido del canal es voz codificada o datos.

**2.3.2. *Canales de control***

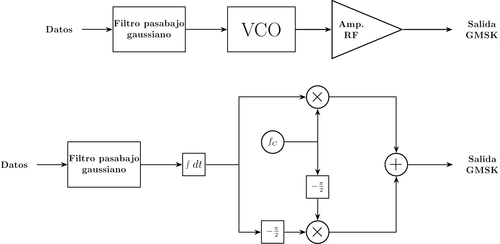
Estos canales de control segmentan su funcionamiento en tres tipos: Canales de Difusión cuya transmisión de datos es realizada en *broadcast*, Canales Comunes y Canales Dedicados.

Al canal de difusión un canal de funcionamiento especial, la conexión permanente que se encuentra entre la BTS y la BSC, se encuentra habilitada a través de la interfaz Abis y utiliza dos tipos de comunicación; la primera es a través de los canales de tráfico de 64 kbps o a su vez 16 kbps para señalización y tráfico de datos.

La comunicación desde la BSC hasta la MSC está dada por la interfaz A cuya velocidad de transmisión es de 2 Mbps y para conectarse con otras redes la MSC utiliza el MAP a través de TCAP de SS7.

**2.4.** **Modulación**

La modulación utilizada en el sistema GSM es la Modulación por desplazamiento mínimo gaussiano GMSK (Figura 2.5).



**Figura 5.2:** Diagramas de bloques de moduladores GMSK

**Fuente:**http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4c/Modulador\_GMSK.png/750px-Modulador\_GMSK.png

El funcionamiento normado de este sistema de modulación va con un ancho de banda de 0.3 y una taza de transferencia de símbolos de 271 kb/s, la variación de amplitud en este sistema de modulación es mínima ya que este sistema se fundamenta en la variación de la fase en 90 grados, y desde ahí se producen los “0” y “1” lógicos.

**2.5. Bandas de Frecuencia en GSM**

Las bandas de frecuencia (tabla III) son las bandas sobre las cuales el sistema GSM funciona en cada región del planeta, en la segunda columna se indican respectivamente los rangos de frecuencia de subida y de bajada de datos. En esta transmisión se asigna un número absoluto de frecuencia ARFCN a cada par de portadoras de radio físicos que serán utilizados en la realización de la transmisión y recepción de datos en un sistema de radio móvil, un canal se utiliza para la señal de enlace de subida el otro se utiliza para la señal de enlace de bajada.

Además de estos canales designados también se ha definido tres espacios de tiempo encargados de separar cada transmisión, esto hace que el teléfono que se encuentre conectado a la red GSM no tenga que enviar y recibir datos del sistema telefónico de forma simultánea.

**Tabla 2.1:** Bandas de frecuencia GSM

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Bandas de Frecuencia | Bandas Disponibles  (MHz) | Disponibilidad |
| 400MHz | 450.4 - 457.6 / 460.4 - 467.6  478.8 - 486.0 / 488.8 - 496.0 | Europa |
| 800MHz | 824 - 849 / 869 - 894 | América |
| 900MHz | 880 - 915 / 925 - 960 | Europa, Asia,  Pacifico, África |
| 1800MHz | 1710 - 1785 / 1805 - 1880 | Europa, Asia,  Pacifico, África |
| 1900MHz | 1850 - 1910 / 1930 - 1990 | América |

**Fuente:** JIMÉNEZ, Rodrigo, 2015

**2.6. Ráfagas GSM**

Para que exista una correcta transmisión de información, se establece un espacio de tiempo para cada usuario. En el estándar GSM se detallan cinco posibles formatos de ráfagas, que se diferencian por su asignación de canales, número de bits y características en general.

* *Ráfagas Normales.-* Son las más utilizadas para transmisiones de los canales lógicos, como los de tráfico, y para los canales de control, como los dedicados, para *uplink* y downlink.

Se compone de 148 bits, los primeros 114 son de información que se dividen en dos partes iguales para transmitirse al inicio y al final de la ráfaga, en medio de ellos, se encuentran 26 bits, llamados de entrenamiento, su función es permitir que la estación base analice las características del canal previo a la decodificación del mensaje.

Antes y después de la sección de bits de entrenamiento se cuenta con dos banderas, encargadas de anunciar si el time slot es de tráfico o de control, tomando en cuenta que ambos se encuentran dentro del mismo canal físico.

La velocidad a la que se transmite esta trama es de 270,83333 kbps. Otra de las características de esta trama, es que durante la transmisión utiliza solamente un TS para transmitir datos, uno para recibirlos y seis para medir la potencia de la señal en su estación base y en las cinco estaciones contiguas. El período de trama es de 4,615 ms y como existen 8 TS por trama en TDMA, se tienen 1250 bits, pese a que no todos los períodos sean utilizados.

En este punto del análisis, cabe introducir nuevos conceptos acerca de la agrupación de tramas, si se tiene 26 tramas TDMA, se forma una multitrama. Al unir 51 multitrama se forma una supertrama, que a su vez pueden componer hipertramas, siempre que se agrupen 2048 supertrama. Estas hipertramas se envían cada 3 horas, 28 minutos y 54 segundos, su importancia radica los algoritmos de encriptación GSM necesitan manejar un gran número de tramas, ya que solo así se obtiene la seguridad suficiente y necesaria.

* *Ráfagas FCCH y SCH.-*Utilizan el espacio de tiempo 0 para enviar mensajes que controlen las frecuencias y para la sincronización en el tiempo de los enlaces de bajada, el proceso se realiza en las tramas específicas.
* *Ráfagas RACH.-*Utilizadas por todo tipo de móvil para acceder a servicio enlazándose a cualquier estación base.
* *Ráfaga Vacía.-*Sirve solamente como relleno de información en los espacios de tiempo designados para descarga (downlink).

A continuación veremos un pequeño resumen de las Ráfaga en GSM en dos tablas:

**Tabla 2.2:** Ráfaga normal GSM

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ráfaga normal  número de bit | Longitud del  campo | Contenido |
| 0 – 2 | 3 | Bits de Cola |
| 3 – 60 | 58 | Bits encriptados |
| 61 – 86 | 26 | Bits de secuencia de training |
| 87 – 144 | 58 | Bits encriptados |
| 145 – 147 | 3 | Bits de Colas |
| 148 - 156 | 8 | Periodo de Guarda |

**Fuente:** JIMÉNEZ, Rodrigo, 2015

**Tabla 3.2:** Ráfaga de corrección de frecuencia GSM

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ráfagas de corrección de frecuencia | | |
| Número de bit | **Longitud del campo** | **Contenido** |
| 0 – 2 | 3 | Bits de Cola |
| 3 – 144 | 142 | Bits Fijos |
| 145 – 147 | 3 | Bits de Cola |
| 148 - 156 | 8 | Bits de Guarda |

**Fuente:** JIMÉNEZ, Rodrigo, 2015

**2.7. Saltos de Frecuencia**

Los saltos de frecuencia son utilizados dentro del sistema GSM para disminuir los efectos de interferencia y el desvanecimiento de las señales.

Varios de los canales físicos que interfieren en la transmisión del sistema celular utilizan saltos de frecuencia, de todos estos los únicos que no pueden usar saltos de frecuencia son los canales de control de difusión y los comunes, ya que en el momento en el que un dispositivo celular entra en la red el canal de difusión y lo canales comunes están encargados de realizar el monitoreo, así que no pueden dejar de registrar intensamente el flujo de información.

Estos saltos de frecuencia son utilizados en el proceso de conexión de diferentes bases de comunicación celular en el proceso de *handover*, y de aquí los canales fijos que se encargan de monitorear este procedimiento.

Un dispositivo móvil que se encuentre activo dentro de una red celular va a sufrir de interferencias ocasionadas por otros dispositivos que se encuentren funcionando en diferentes células pero cuya ubicación se encuentre muy cercana. Se puede disminuir este tipo de interferencia ocasionada por los dispositivos móviles utilizando saltos de frecuencia ya que al utilizarlos las células cercanas a los dispositivos móviles muestran que al tener diferentes secuencias de saltos harán que todos los dispositivos móviles seguirán captando interferencia, pero, dado que la interferencia recibida en ciertos niveles aleatoria cada dispositivo móvil recibirá un valor de interferencia medio.

**2.8. Autentificación**

Debido a que las transacciones de información realizadas entre el usuario celular que emite la llamada pasa a través de la red celular hasta llegar al usuario de destino lleva consigo una carga de información personal que debe ser protegida se utilizan métodos de encriptación y de autenticación, los métodos de autenticación se aplicaran a los siguientes casos:

* Acceder a la red para realizar o recibir una llamada.
* Acceder por primera vez cuando se reinicia un MSC/VLR.
* Actualización de la información relacionada con el usuario en el HLR o el VLR.

Los métodos de autenticación en redes celulares se dan cuando la base celular envía a través de mensajes de texto un código aleatorio de 128 bits llamado RAND hasta el teléfono celular, una vez en el dispositivo el código RAND es utilizado como puerta de entrada a un algoritmo conocido con el nombre de A3, en este algoritmo estará incluida la clave del usuario. Este algoritmo despliega su funcionamiento en el dispositivo celular a través de la tarjeta SIM y es de ahí desde donde obtiene un número de 32 bits que se enviara como respuesta de autenticación.

En el BTS se encuentran previamente registrados los números de 32 bits correspondientes a los códigos A3 y RANDs de los usuarios y es aquí donde se realiza la comparación y la autenticación se lleva a cabo. Cabe recalcar que cada operador celular tiene su propio sistema de codificación y que en algunos casos este es el principal problema que se percibe al intentar utilizar el servicio de *roaming*.

**CAPÍTULO III**

**3. UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM (**UMTS**)**

**3.1. Descripción y Antecedentes**

UMTS es una propuesta del Instituto Europeo de Normas y Telecomunicaciones para formar parte en la tercera generación en telefonía móvil, siendo UMTS el sucesor de la tecnología GSM. En UMTS se utiliza técnicas WCDMA o CDMA.

La red 3G re-utiliza la red central de 2G, pero con otra interfaz de radio conocida con el nombre de UTRAN. El núcleo de red en UMTS es la evolución en las actuales redes GSM/GPRS, en la tecnología UMTS se establece el empleo de ATM (Asynchronus Transfer Mode) como tecnología de transporte, además usa técnicas de conmutación de paquetes.

GSM y WCDMA pueden cooperar un mismo núcleo de red, sus arquitecturas no son iguales, sin embargo son muy similares. WCDMA ofrece una mayor eficiencia espectral, mejores QoS y soporta mayores tasas de transmisión de bits. En el *handover* y la autentificación, UMTS usa las mismas plataformas que en GSM.

El Proyecto Asociación de Tercera Generación (3GPP), es el principal organismo encargado de elaborar las especificaciones de UMTS. La idea del sistema UMTS viene condicionada por los requisitos de los servicios que ofrecerá. Los requisitos para este sistema son:

* Tasas de transmisión de 2048 kbps para interiores o ambientes de poco movimiento.
* Tasas de transmisión de 384 kbps en ambientes urbanos.
* Movilidad Global.
* Terminales Multimodo.
* Capacidad para conectarse con otras redes, y el usuario podrá distinguir qué red lo está sirviendo.
* Mayor eficiencia espectral.

El soporte de aplicaciones multimedia, con requisitos muy variados en lo que respecta al ancho de banda necesario y la tolerancia a factores como el retardo o las perdidas, lleva a la necesidad de dotar a UMTS de mecanismos de QoS (Quality of Service).

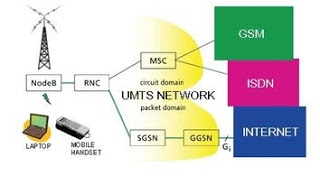
UMTS se la planteo para funcionar en Europa y en aquellos países que deseen adoptarlo y CDMA-2000 está premeditado ser utilizado en Norteamérica. La necesidad para estos sistemas es un ancho de banda considerable, movilidad y servicios adicionales.

Todo esto se plantea usando una dirección IP para cada dispositivo móvil utilizado y mediante esta dirección el acceso a los diferentes servicios, la gestión eficiente de los recursos de radio es muy importante en toda red celular, y más aún en UMTS debido a la utilización de WCDMA como tecnología de acceso múltiple.

**3.2. Arquitectura**

UMTS utiliza la misma red central de GSM. La nueva red de radio se llama UTRAN (figura 3.2) que significa UMTS Terrestrial Radio Access Network, la arquitectura básica de una red UMTS (figura 3.1) posee tres partes fundamentales que son:

* El equipo de usuario.
* La red de acceso.
* El núcleo de red.



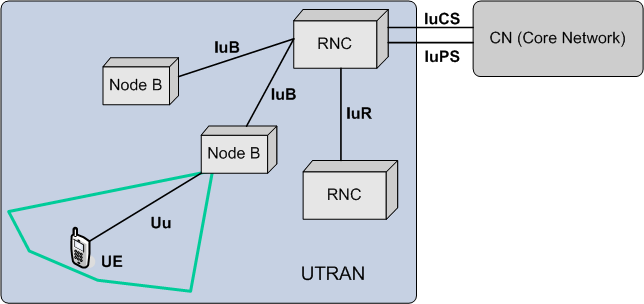
**Figura 1.3:** Arquitectura de UMTS

**Fuente:** http://dianacarolinajmv1003.blogspot.com/

El equipo del usuario accede a la red a través de la interfaz de radio (Uu), con esto la red de acceso UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) se encarga de transportar el tráfico de usuario hasta el núcleo de red con el que se comunica a través de una interfaz Iu. Dentro de este núcleo de red se encuentran los recursos de conmutación y transmisión necesarios para completar el trayecto de la comunicación hacia el abonado remoto, este abonado remoto puede pertenecer o no a la red UMTS.

El núcleo de red en UMTS se plantea como la evolución del existente en las actuales redes 2G basadas en GSM/GPRS. UMTS recurre al empleo de técnicas de conmutación de paquetes. Se establece el empleo de ATM (Asynchronus Transfer Mode) como tecnología de transporte en UTRAN.

La selección inicial de ATM se justifica por el hecho de ser una de las tecnologías más flexibles y maduras para utilización en redes que prestan multiservicios con QoS (Quality of Service) establecidos.



**Figura 2.3:** Red de acceso UTRAN

**Fuente:** http://es.wikipedia.org/wiki/UMTS\_Terrestrial\_Radio\_Access\_Network

La red de acceso en UMTS consta de uno o más subsistemas RNS (Radio Network Subsystem). Cada RNS cubre un conjunto de células UMTS, siendo este el responsable de la gestión de los recursos asociados a ellas. Un RNS está formado por un controlador RNC (Radio Network Controller) y un conjunto de estaciones base (Nodos B).

Dentro de la red de radio se especifican dos tipos de interfaces: la interfaz Iub entre cada Nodo B y el RNC que lo controla y la interfaz Iur entre RNCs. La interfaz Iur no tiene equivalente en las redes 2G y permite la comunicación directa entre RNCs para el soporte de traspasos suaves llamados *Soft-Handover* entre estaciones base perteneciente a distintos RNCs.

La red de radio también posee dos tipos de interfaces externos: La interfaz de radio Uu, basado en WCDMA, como se mencionó anteriormente, y el interfaz Iu con el núcleo de la red. Este último se divide lógicamente en dos interfaces: Iu-CS para la conmutación de circuitos e Iu-PS para la conmutación de paquetes.

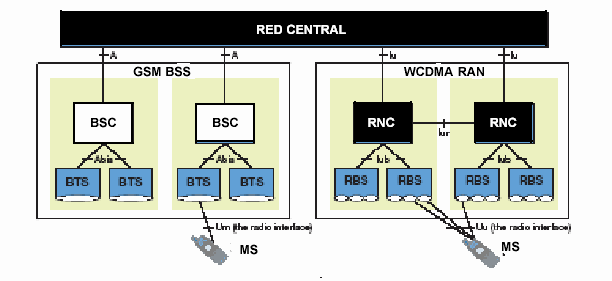
**3.2.1. *Radio Network Controller (****RNC****)***

Con el Controlador de la Red de Radio, UMTS dispone de una cuenta con un administrador de recurso para descentralizar el tráfico, la tarea de un RNC es la conexión de un portador de radio con su relación Iu.

Para establecer la conexión entre el CN y la unidad móvil aun cuando ésta se encuentra en movimiento este RNC necesita una red de conmutación para las señales de banda ancha.

Adicionalmente en el RNC se encuentra un administrador de recurso de radio y el control de la UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network), siendo este responsable de la durabilidad de la conexión del enlace y en dar una calidad de servicio demandado.

* *W-CDMA.-* Wideband CDMA o CDMA de banda ancha fue creada para la tercera generación de telefonía celular trabajando en la banda de los GHz. La red 2G y la 3G comparten la red Core Network (CN), sus arquitecturas no son iguales, sin embargo son similares, y se muestran en la siguiente figura.



**Figura 3.3:** Arquitectura GSM/WCDMA

**Fuente**: JIMÉNEZ, Rodrigo, 2015

La principal diferencia entre GSM y WCDMA es la técnica de acceso múltiple, mientras GSM utiliza TDMA, WCDMA utiliza CDMA.

**3.3. Codificación**

En la codificación del canal se especificaron 2 opciones para FDD (Frecuency Division Duplex) y tres opciones para TDD (Time Division Duplex):

1. Codificación Convolucional.
2. Codificación Turbo.
3. Sin codificación (solo para TDD).

La selección de la codificación es indicada por capas superiores.

**3.4. Modulación**

Se utiliza como sistema de modulación de spreading balanced QPSK para el enlace de bajada y para el enlace de subida Canal Dual QPSK, para la modulación de datos se utilizan QPSK y BPSK respectivamente.

**3.5. Canales en UMTS**

Un canal lógico es la interfaz entre RLC y la capa MAC. Un canal lógico se caracteriza por el tipo de información que lleva. La capa 2 se divide en las siguientes subcapas MAC, RLC, protocolo de convergencia de paquetes de datos y broadcast/multicast de control. La capa 3 se subdivide en planos de control y de usuario.

* *Canales de Transporte comunes.-*Se utiliza para difundir información del sistema a toda la célula. Como los parámetros para el BCH son fijos, cada unidad móvil pude decodificar la información difundida. Dicha información solo existe en el enlace de bajada.
* *Canales de Transporte Dedicados.-* Es una canal de transporte dedicado a una unidad móvil, provee transferencia de información tanto de control como de usuario. Este es el canal que soporta *handover* suave. Existe tanto en el enlace de subida como de bajada.

En la tabla se muestra como se mapean lo canales lógicos en los canales transporte, dichos canales se encuentran divididos dependiendo del enlace en el que estén.

**Tabla 1.3:** Mapeo canales lógicos

|  |  |
| --- | --- |
| Enlace de Bajada | Enlace de Subida |
| BCCH 🡪 FACH, BCH | CCCH 🡪 RACH |
| PCCH 🡪 PCH | DCCH y DCTH 🡪 RACH, DCH, CPCH |
| CCH y CTCH 🡪 FACH |  |
| DCCH, DTCH 🡪 FACH, DCH, DSCH |  |

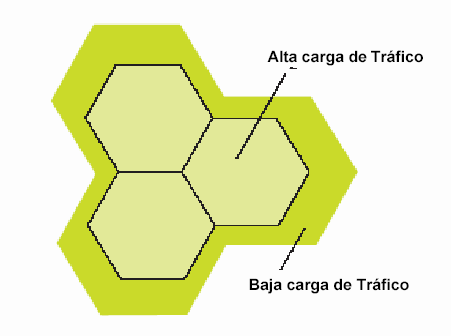
**Fuente:** JIMÉNEZ, Rodrigo, 2015

Los canales físicos se utilizan para transmitir la información por la interfaz aérea y definen las características físicas exactas del canal de radio. Un canal físico corresponde a una frecuencia portadora, a un código, y en el enlace de subida a su fase relativa. Se utiliza un código *scrambling* para identificar al transmisor. Así el receptor puede discriminar los transmisores que solo le causan interferencia a la señal.

**3.6. Control de Potencia**

El control de potencia en WCDMA aumenta el número de usuarios por portadora al bajar el nivel de interferencia.

En WCDMA se toman 1500 mediciones de la potencia por segundo, gracias a este proceso se modifica la potencia con la que transmite tanto el móvil como la estación base, debido a que los niveles de interferencia son muy bajos, el número de usuarios puede incrementar. Además de disminuir el nivel de interferencia, con el control de potencia se presenta un fenómeno llamado *Cell Breathing*.



**Figura 4.3:** Cell Breathing

**Fuente:** Rodrigo Jiménez (Autor)

*Cell Breathing* significa que dependiendo del número de usuarios el tamaño de la célula puede variar, mientras con muchos usuarios el tamaño de la célula será menor, mientras menos usuarios se encuentren en el sistema la cobertura será mucho mayor. En resumen el tamaño de la célula dependerá del tráfico (figura 3.4).

**3.7. Handover en UMTS**

Existen tres tipos de *handover* en WCDMA: el *handover* suave, el *handover* duro y el *handover* entre sistemas.

Un proceso de *handover* es iniciado en el sistema, para esto se tiene que basar en algunos criterios de RF medidos por el móvil o por el sistema, como lo es el nivel de la señal o RSSI, la calidad de la conexión y el retraso en el nivel de potencia de propagación. Este proceso también puede depender del el tráfico actual en una célula, requerimientos de mantenimiento, niveles de interferencia.

El *handover* suave se ejecuta dentro del mismo sistema. El *handover* duro puede ser ejecutado por la red UTRAN/GERAN, o por UTRAN y GERAN, o incluso con la participación de la red central si las interfaces Iur entre RNSs no existen, con esto se da al usuario la función de movilidad.

**3.7.1. *Autentificación y Parámetros de Seguridad***

Además de la clave única de usuario (ki) de GSM, así como el número de acceso aleatorio (RAND) crea una secuencia SQN por el centro de autentificación, que será utilizada posteriormente para comprobar que la autentificación en proceso no se ha utilizado anteriormente.

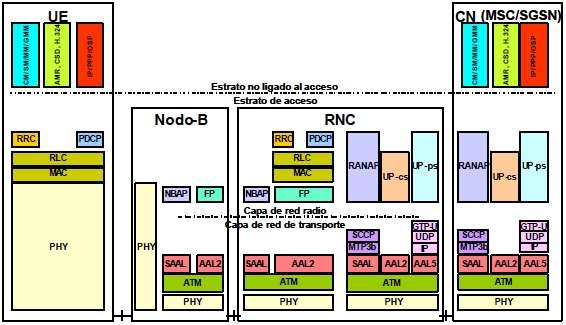
Este número de secuencia es generado por dos contadores, uno en el AuC y otro en el USIM, en el USIM se revisa cual ha sido el mayor SQN que ha aceptado el dispositivo. El contador en el AuC incrementará con cada autentificación y la unidad móvil solo revisará que el valor actual sea mayor al anterior. El último elemento para la autentificación es el AMF o campo de administración de la autentificación.

**3.8. Calidad de Servicio en UMTS**

Se define la QoS (Quality of Service) como la calidad del servicio tal y como la percibe el usuario y, por lo tanto siempre de extremo a extremo (E2E). La QoS percibida por el usuario depende tanto de la eficiencia de los diversos elementos de las redes de origen y destino como de los equipos terminales y accesorios.

Por ello, la red servidora debe tener en cuenta no solo la eficiencia de sus elementos, sino también de los terminales y añadir un margen suficiente que permita soportar la de las otras posibles redes que intervengan en la comunicación. Entre otros, los parámetros que se miden son el retardo en el establecimiento de la conexión, probabilidad de bloqueo y el ancho de banda efectivo.

El soporte de QoS en UMTS se basa en la arquitectura jerárquica - de varios niveles -, como se muestra en la figura 3.5,en función de los diferentes servicios portadores entre distintos puntos de acceso al sistema. La calidad de servicio extremo a extremo se sustenta en la calidad que proporcionan los servicios portadores subyacentes: el servicio portador local, el servicio portador UMTS y el servicio portador extremo.



**Figura 5.3**: Arquitectura de protocolos de UTRAN

**Fuente:** JOSÉ M. HUIDOBRO, F. (2012), Sistemas GSM, UMTS y LTE, México. P 225.

Esta primera descomposición tiene como objetivo no limitar innecesariamente los equipos terminales a emplear (por ejemplo, un PC) y las posibles redes de destino (por ejemplo, Internet) con las que comunicarse. Por este motivo se centrará exclusivamente en le normalización del servicio portador UMTS, dejando fuera los servicios de portador local y externo.

En una segunda descomposición, el servicio portador UMTS se sustenta en la QoS que le proporciona el servicio portador de acceso de radio (RAB) y el servicio portador núcleo de la red (*backbone*). El primero abarca el trayecto comprendido entre el terminal móvil y el nodo de acceso al núcleo de red (un MSC o un SGSN, según sea el caso), pasando a través de la interfaz de radio (Uu), la red de acceso de radio (UTRAN) y la interfaz Iu.

El concepto de RAB es determinante en la provisión de servicios UMTS con distintos perfiles de calidad de servicios, puesto que implica la utilización de recursos sobre la interfaz radio y la red de acceso, precisamente donde se presentan las mayores limitaciones de ancho de banda. El servicio portador de núcleo de red abarca el trayecto comprendido entre el nodo de acceso (MSC o SGSN) y el nodo pasarela (GMSC o GGSN) hacia la red destino de interés (ejemplo, RTC o Internet). La QoS en este trayecto la proporciona el correspondiente *backbone*.

Desde el punto de vista de los requisitos de QoS y atendiendo fundamentalmente al criterio de su tolerancia al retardo, en UMTS se han definido cuatro clases de tráfico (tabla 3.2):

* *Conversacional.-* Dentro de esta clase se encuadran las comunicaciones de audio y video en tiempo real entre personas. Este tipo de comunicaciones se caracteriza por exigir un retardo extremo a extremo muy reducido, con el objeto de que los usuarios no pierdan la sensación de interactividad. Ejemplos de aplicaciones conversacionales son la telefonía, la videotelefonía o la videoconferencia.
* *Afuente (Streaming).-*En esta categoría se incluyen las aplicaciones que permiten a los usuarios la descarga de contenidos multimedia (audio y videoclips) para su reproducción *on-line*, con una sensación que, sin serlo, se aproxima a la de tiempo real. El hecho de que la trasferencia de información sea unidireccional permite retrasar el instante de inicio de la reproducción, posibilitando el empleo de *buffers* relativamente grandes en el extremo receptor para absorber las fluctuaciones de retardo.
* *Interactivo.-* Esta clase de tráfico engloba las aplicaciones de acceso remoto a información en la modalidad *on-line*, donde el usuario envía peticiones hacia el equipo remoto esperando que este devuelva las respuestas en un tiempo reducido. Ejemplos de aplicaciones en esta categoría son la navegación web, consultas a bases de datos y acceso remoto a ordenadores.

**Tabla 2.3:** Clases de tráfico en UMTS

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Clase de Tráfico** | **Conversational** | **Streaming** | **Interactivo** | **Background** |
| Características fundamentales | Preserva la relación de tiempo entre las entidades. Modo conversacional (bajo retardo) | Preserva la relación de tiempo entre las entidades del flujo de información | Patrón de respuestas entre peticiones. Preserva el contenido de la carga de tráfico (*payload*) | El destino no espera los datos en un tiempo determinado. Preserva el contenido de los datos. |
| Ejemplo de aplicación | Voz | Video | Navegación web | Descarga de ficheros, *e-mails.* |

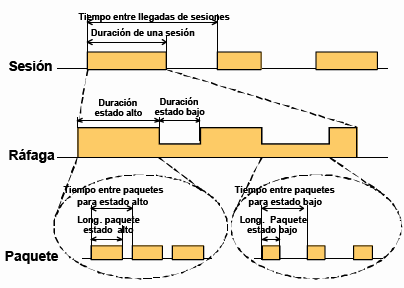
**Fuente:** JOSÉ M. HUIDOBRO, F. (2012), Sistemas GSM, UMTS y LTE, México. P 225.

* *Diferido (Background).-*Esta última clase da cabida a un número considerable de aplicaciones de datos en las que el usuario no exige una respuesta inmediata por parte de la red, admitiendo retardos que oscilan desde unos pocos segundos hasta incluso varios minutos. Ejemplo de tales aplicaciones son el correo electrónico o la descarga de ficheros o la telemetría.

UMTS incluye sofisticados mecanismos de calidad de servicio (QoS), con lo cual se asegura que cada tipo de servicio de datos recibe exactamente la cantidad de espectro y recursos de infraestructura que necesita. Por ejemplo, a un servicio de video se le asignaría suficiente ancho de banda para que la imagen sea estable y de calidad. Su implementación se realiza a través de diferentes componentes básicos: control de admisión, gestor de recursos, clasificador de paquetes, etc.

**3.9. Modos de Tráfico**

En este apartado se propone un modelo de tráfico que se estima apropiado para el dimensionado de UTRAN. Se trata de un modelo aplicable a las cuatro clases de tráfico, y capaz de representar las tasa variable que muchas fuentes de tráfico exhiben en la realidad, posibilitando la consideración y evaluación del efecto de la multiplexion estadística en la fase de dimensionado.



**Figura 6.3:** Niveles del modelo de tráfico

**Fuente:** http://es.slideshare.net/PabloMonge/7-atm

En este apartado se estudia la red de transporte ATM de UTRAN, en los modelos de tráfico se considera no sólo el comportamiento de la aplicación en sí, sino las características relevantes de los protocolos de la capa de red de radio. En el caso de aplicaciones asimétricas, se supondrá implícitamente que se modela el sentido descendente de la comunicación, por ser esta el que presenta más cantidad de tráfico.

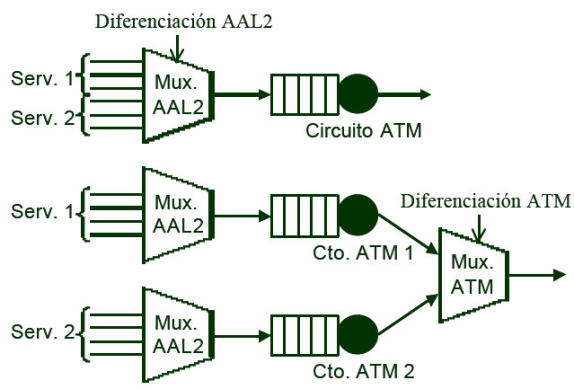
Este modelo de tráfico propone 3 niveles a considerar, los cuales se muestran en la figura 3.5, los tres niveles considerados son los siguientes:

* *Nivel de Sesión.-* Mediante este nivel se modela el inicio y final de una sesión de usuario (por ejemplo, una llamada de voz, o una sesión de navegación Web). A este nivel los parámetros relevantes son los patrones de llegada y de duración de las sesiones.
* *Nivel de ráfaga.-* Cuando un usuario se encuentra activo, dentro de una sesión, su patrón de generación de tráfico se modela mediante dos estados (alto y bajo) con características diferenciadas de generación de paquetes. Los datos necesarios para la completa caracterización de este nivel son las distribuciones estadísticas de la duración de cada uno de los estados.
* *Nivel de paquete.-* A este nivel se especifica, dentro de cada uno de los dos estados del nivel anterior, el proceso estadístico de generación de paquetes. Las distribuciones del tiempo entre llegadas de paquetes y el tamaño de los paquetes son los aspectos significativos.

**3.10. Multiplexación y Conexiones**

A partir de lo expuesto anteriormente, puede decirse que la QoS en UTRAN viene determinada por la capacidad para diferenciar tipos de tráfico en los niveles ATM y AAL.

Existen dos métodos básicos para proporcionar diferenciación de tráfico a nivel AAL2/ATM, que son: diferenciación de tráfico a nivel AAL2 y a nivel ATM. En el caso de UTRAN, cabe considerar la aplicación de dichos métodos en las interfaces Iub, Iur e Iu-CS. En la figura 3.6 se ilustra los dos métodos mencionados suponiendo solo dos tipos de servicios.



**Figura 7.3:** Diferenciación de tráfico a nivel AAL2/ATM

**Fuente:** http://es.slideshare.net/PabloMonge/7-atm

Resumidamente, el funcionamiento de cada uno de los métodos es:

* *Solo a nivel AAL2.-* El multiplexor AAL2 incluye algún método de diferenciación de tráfico, como un planificador capaz de dar distinto tratamiento a los paquetes de distintos servicios. Posteriormente todo el tráfico se envía por el mismo circuito ATM, por lo tanto, en este caso anivel de ATM no se utiliza gestión de tráfico.
* *Solo a nivel ATM.-* En este caso conceptualmente se tiene un multiplexor AAL2 dedicado a cada tipo de servicio, con lo que el tráfico de entrada de cada uno es homogéneo, y no es necesario realizar diferenciación a este nivel. Sin embargo, la salida de cada multiplexor será trasportada por un circuito ATM distinto, cada uno del tipo y parámetros adecuados al tratamiento que requiera el servicio. Es decir, se utiliza los mecanismos de gestión de tráfico que proporciona ATM.

Existe la posibilidad de realizar diferenciación a los dos niveles: AAL2 y ATM.

Puesto que los diversos tipos de circuitos proporcionan garantías de QoS distintas, una posible decisión es dedicar un circuito ATM adecuadamente dimensionado para cada clase de tráfico de usuario. Adicionalmente, y puesto que se trata de un tipo de tráfico vital para el funcionamiento de la red, se podría decidir la utilización de un circuito exclusivo para el tráfico de señalización.

El tipo de circuito a utilizar para cada clase de tráfico es otro delos aspectos a determinar. Hay múltiples posibilidades para este aspecto, como por ejemplo, parece adecuado utilizar circuitos de tipo CBR para el tráfico de voz o que requieran de un aislamiento especial debido a sus requisitos de retardo, y se podría utilizar circuitos de tasa variable (VBR-rt o VBR-nrt) para datos de las clases afluente o interactivo.

La clase diferible, al carecer de requisitos de QoS, parece una buena candidata para ser transportada sobre un circuito UBR. Cada circuito virtual ATM (VCC, Virtual Channel Connection) puede transportar hasta 248 mini conexiones AAL2, correspondientes a otras tantas comunicaciones de usuarios que, en caso de ofrecer un comportamiento detasa variable, podrían exhibir ganancia por multiplexión estadística. A la hora de estimar el ancho de banda requerido, podemos aplicar algún método de aproximación, como por ejemplo los métodos de fluidos.

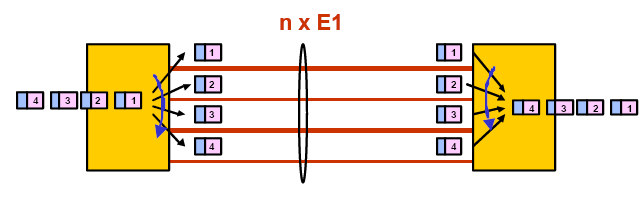
**3.11. Red de Transmisión**

**3.11.1 *Interfaces de Transmisión***

Gracias a la existencia de numerosos interfaces ATM normalizados, los esquemas de transmisión sobre dichos medios pueden ser los habituales PDH (por ejemplo E1, E3, etc.) o SDH (por ejemplo STM-1).

Uno de los principales tipos de interfaces a utilizar en la fase inicial de despliegue de UMTS puede ser las interfaces PDH. En particular, para células con poco tráfico, cabe la posibilidad de pensar en la utilización de interfaces E1 (2048 Kbit/s) explotados en ATM. Si el tráfico en la célula es mayor, se puede pensar en la utilización de la siguiente interfaz en la jerarquía PDH, la interfaz E3 (34 Mbits/s). Sin embargo, es muy posible que la capacidad de esta interfaz sea demasiada elevada en la mayoría de los casos. Como alternativa, se puede recurrir a la combinación de varios E1s mediante la técnica IAM (Inverse Multiplexing ATM).

La interfaz IAM permite la utilización de varios interfaces E1 ATM, de manera que el conjunto se comporta como un único interfaz ATM cuya capacidad es la suma de la que ofrece cada uno de las interfaces E1 de manera aislada. El funcionamiento de este tipo de interfaces se ilustra en la figura 3.8.



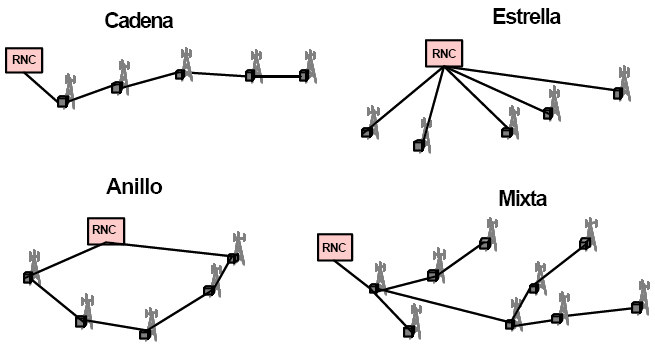
**Figura 8.3:** Interfaces E1 ATM

**Fuente:** http://es.slideshare.net/PabloMonge/7-atm

En caso de necesitar interfaces ATM de mayor capacidad, es posible recurrir al empleo de interfaces ATM sobre SDH. Así, por ejemplo, una posibilidad es el empleo de interfaces STM-1 (155Mbit/s) no canalizados. La necesidad de este tipo de interfaces puede aparecer conforme va aumentando el grado de concentración de tráfico en la red de interconexión entre Nodos-B y RNCs, así como para la conexión de estos con el núcleo de red.

**3.11.2. *Topología de la Red de Transmisión***

En cuanto a la topología de red de acceso, a la hora de interconectar los Nodos-B con los RNCs, así como éstos al núcleo de red (MSC/SGSN), es posible considerar varias alternativas. En la figura 3.9 se representan algunas de las configuraciones más habituales utilizadas en redes celulares.



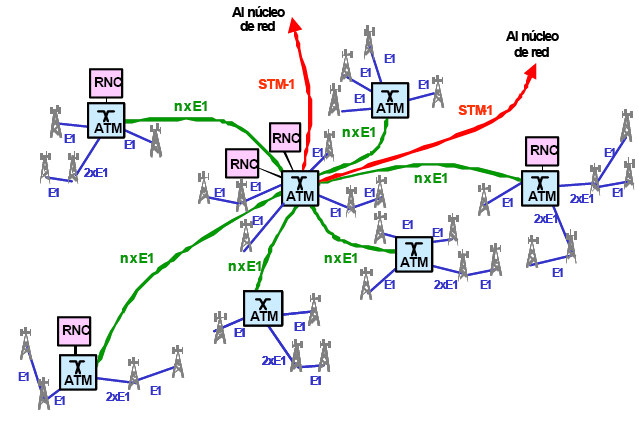
**Figura 9.3:** Topologías de red

**Fuentes:** http://www.bitendian.com/topologia-de-red/

Desde una óptica económica, resultan especialmente atractivas las topologías de interconexión que favorecen la concentración de tráfico. Así, por ejemplo, la elección de una configuración en cadena para interconectar varios Nodos-B a un RNC puede conducir a un ahorro considerable de recursos de transmisión, especialmente en aquellos casos en los que la capacidad de los Nodos-B sea relativamente pequeña. Este podría ser el caso de células UMTS en entornos rurales, e incluso de una gran mayoría de células durante la fase inicial de despliegue de la red.

La concentración de tráfico en UTRAN puede efectuarse mediante equipos auxiliares independientes o integrados dentro de los Nodos-B. Una primera posibilidad es efectuar la concentración a nivel PDH, mediante DXXs (Digital Crossconnects). Esta solución, sin embargo, no permite aprovechar las ventajas que ofrece ATM. Para aprovechar estas ventajas, podemos recurrir a dispositivos capaces de multiplexar el tráfico a nivel de circuitos virtuales ATM, como multiplexores ATM o conmutadores ATM. Puede ser muy útil que los Nodos-B incluyan este tipo de funcionalidades a fin de evitar el empleo de equipos auxiliares.

En la figura 3.9 se muestra una posible topología de red de transmisión para el despliegue inicial de UTRAN. Suponiendo que las necesidades iniciales de tráfico no son muy elevadas, y los Nodos-B utilizan interfaces E1.



**Figura 10.3:** Topología de la red de transmisión

**Fuente:** http://legramex.blogspot.com/

En ocasiones, un Nodo-B puede actuar como concentrador de tráfico de otros Nodos-B, haciendo que el número de E1s necesarios para llevar el tráfico agregado hacia el RNC sea menor que los que se usarían para una topología en estrella. Como se indica en la figura, existe la posibilidad de utilizar conmutadores ATM intermedios para poder concentrar tráfico a mayor escala.

También se puede notar que el uso de conmutadores permite concentrar el tráfico de varios árboles de Nodos-B que pueden estar lejos del RNC que les controla. Finalmente, en la figura se observa cómo el uso de conmutadores ATM permite concentrar el tráfico de varios RNCs hacia el núcleo de red.

**CAPÍTULO IV**

**4. ANÁLISIS COMPARATIVO Y RESULTADO**

**4.1. GSM vs. UMTS**

El Servicio Global para las comunicaciones Móviles (GSM) desde sus inicios tiene una variedad de características, servicios y beneficios que hacen de esta tecnología novedosa e interesante, para ofrecer una representación de la capacidad del sistema que sirven de fundamento para comparaciones con otras tecnologías futuras.

**4.1.1. *Características GSM***

**Tabla 1.4:** Características GSM

|  |  |
| --- | --- |
| Características | GSM |
| Tecnología de acceso | TDMA |
| Modo de trabajo | FDD |
| Modulación | GMSK |
| Velocidades | 9.6 Kbps sistema básico  114 Kbps GPRS  384 Kbps EDGE/GPRS |
| Ancho de banda del canal | 200 MHz |
| Tasa de chip | No aplicable |
| Frecuencias | 850 y 1900 MHz |
| Espectro utilizado | 30 MHz full dúplex |
| Número de canales | 125 radiocanales de 900 MHz |
| Diversidad de frecuencia | Salto de frecuencia lento |
| Control de potencia | Convencional |
| Duración de la trama | 4.615 ms |
| Intervalo de tiempo | 577 µs |
| Codificación y decodificación de voz | RPE-LTP o EFR |
| Tasa de transmisión | 270 Kbps |
| Factor de re uso de frecuencias | 1-18 |
| Control de calidad | Planificación de red |
| Throughput promedio | 35 a 40 Kbit/s |
| Autenticación | Tarjeta SIM |
| División de la trama | 8 intervalos |
| Handover | Hard handover |

**Fuente:** JIMÉNEZ, Rodrigo, 2015

**4.1.2. *Servicios GSM***

Hay un gran número de servicios que ofrece GSM, definiéndose como un conjunto de contenidos y disposiciones que el operador dispone para los usuarios. Estos servicios son:

* Servicios Portadores
* Tele - servicios
* Servicios suplementarios

A todos ellos los podemos ver con más detalle en el Anexo 1.

Algunos servicios adicionales que son agregados a los anteriores por la innovación de la red GSM a GPRS son:

* Protocolos de aplicaciones inalámbricas.
* Mensajería instantánea multimedia.
* Chat instantánea usando internet.
* Datos permanentemente.
* Facturación según la cantidad de información transmitida o recibida.

**4.1.3. *Beneficios GSM***

De todas las tecnologías móviles celulares que hay y son utilizadas hoy en día, GSM es la más extensa presentándose en varios países a nivel mundial. Habiendo así beneficios que favorecen tanto al usuario final como al operador que está ofreciendo el servicio.

* Para el usuario

1. Cobertura
2. Selección
3. Calidad de voz
4. Flexibilidad
5. Seguridad
6. Privacidad
7. Servicios innovadores

* Para el operador

1. Economías de escala
2. Cobertura
3. Flexibilidad
4. Eficiencia
5. Actualizaciones
6. Inviolabilidad
7. Autenticación

El Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS), de la misma manera tiene características, servicios y beneficios. Caracterizándose como una mejora tras la aparición de la tecnología GSM, haciendo que lo distingan y mostrándose el avance o crecimiento en la telefonía móvil celular en la actualidad.

**4.1.4. *Características* UMTS**

**Tabla 2.4:** Características UMTS

|  |  |
| --- | --- |
| Características | UMTS |
| Tecnología de acceso | WCDMA |
| Modos de trabajo | FDD o TDD |
| Modulación | QPSK |
| Velocidades | 144Kbps a alta velocidad  384 Kbps a velocidad media  2 Mbps en interiores o a baja velocidad |
| Ancho de banda del canal | 5 MHz |
| Tasa de chip | 3.84 Mcps |
| Bandas de frecuencia | 850 y 1900 MHz |
| Diversidad de frecuencia | Espectro dispersado (spread specirum) |
| Control de potencia | Protocolos de lazo cerrado y lazo abierto |
| Duración de la trama | 10 ms |
| Intervalo de tiempo | 677 µs |
| Codificación y decodificación de voz | AMR y SID |
| Factor de re uso de frecuencia | 1 |
| Control de calidad | Algoritmos de gestión de recursos de radio |
| Throughput promedio esperado para el usuario | 200 a 300 Kbit/s |
| Autenticación | Por medio de tarjeta USIM |
| División de la trama | 15 intervalos |
| Espectro utilizado | 15 MHz full dúplex para FDD y 5 MHz para TDD por licencia, aunque el espectro es de:  60 MHZ FDD full duplex y 35 MHz TDD |
| Números de canales | 30 canales FDD full duplex y 7 canales TDD |
| Handover | Soft handover, softer handover y hard handover |
| Número de chips por intervalos | 2560 chips |

**Fuente:** JIMÉNEZ, Rodrigo, 2015

**4.1.5. *Servicios UMTS***

UMTS dispone de una gran variedad de mejoras de servicios debido a su mejora y crecimiento de GSM en lo que es de voz y datos, presentándose en muchas áreas de desarrollo y siendo así una atracción para todos los usuarios.

Aparte de los que GSM ofrece, UMTS los ha mejorado en velocidad y calidad.

* La comunicación en UMTS es mejorada como por ejemplo en el video conferencia debido a su mayor velocidad en respuesta.
* El reconocimiento de voz para la autenticación, esto es de gran ayuda para la privacidad y seguridad de la información.
* Mejoras en aplicaciones de entretenimiento como lo que es en la música y juegos.
* La localización personal utilizando comúnmente el GPS y realizar visitas virtuales de varios sitio a nivel mundial.
* Navegar en internet a una mayor velocidad, para realizar varias consultas a través de ella (Google, redes sociales, correo, etc.).
* Aplicaciones de beneficio para el uso de tareas didácticas (Word, Excel, etc.).
* Servicios de monitoreo de seguridad para una empresa, hogar o simplemente un teléfono celular.
* El control remoto, ayuda inmediata en línea, tele medicina, banca virtual, pagos de facturas al instante.
* Escuela virtual, laboratorio en línea, biblioteca móvil y varios cursos de entretenimiento que hacen de estos una mejor calidad en los servicios de educación.
* Y una gran variedad de aplicaciones para el uso de chat, videos, lectura, compras en línea, etc.

**4.1.6. Beneficios UMTS**

Los beneficios que ofrece UMTS además de conectividad y la comunidad de servicios multimedia, son:

* Velocidades de Tx hasta 2 Mbps.
* Servicios personales (acceso a noticias, música, educación, etc.).
* Servicios apoyados en el lugar (localización, información del tráfico, seguimiento de vehículos, etc.).
* Negocio electrónico.
* Procedimientos bancarios.
* Control remoto de aparatos electrónicos del hogar (Televisores, Computadores, Tablets Pc, etc.).
* Vínculos simultáneamente al mismo tiempo (Chat, Navegador, Redes sociales, Juegos en línea, etc. ).
* Calidad de voz.
* Cobertura.

No obstante, el sistema UMTS no sólo conlleva el acceso móvil de alta velocidad, supondrá también nuevas formas de divertirse, comunicarse, aprender, acceder a la información, hacer negocios, trabajar, etc. De este modo, mientras el paso de los sistemas de 1G a 2G consistió, básicamente, en el cambio de terminal, el paso de la 2G a la 3G implicará, además del cambio de terminal, el cambio del modelo de negocio.

**4.2. Comparando GSM y UMTS**

Se procederá a realizar una breve comparación de las tecnologías que han hecho que nacieran los procesos para la evolución hacia a UMTS, una descripción cuantitativa del beneficio de las distintas tecnologías hacia el usuario final. El beneficio de la red ha ido creciendo tanto en infraestructura físicas como en el desarrollo de software, así permitiendo su expansión de la red dando más cobertura con mejor calidad de servicio para el aprovechamiento de todos los usuarios finales.

**4.2.1. Velocidad**

Cada una de las tecnologías tanto GSM y UMTS cuentan con velocidades distintas de trasmisión acorde a la capacidad de su infraestructura de la red, desde la aparición de 1G ha ido incrementado la velocidad en la transmisión.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tecnología | Velocidad de Tx Teórica | Velocidad de Tx Real |
| GSM | 9.6 Kbps | 9,6 Kbps |
| GPRS | 171.2 Kbps | 44 Kbps |
| EDGE | 553.6 Kbps | 80 Kbps |
| UMTS | 1920 Kbps | 100 Kbps |

**Tabla 3.4:** Velocidades de Tx en GSM y UMTS

**Fuente:** JIMÉNEZ, Rodrigo, 2015

**Figura 1.4:** Velocidad vs Tecnologías

**Fuente:** JIMÉNEZ, Rodrigo, 2015

De GSM a UMTS mejora las velocidades junto con los servicios prestados por la red para el beneficio de todos los usuarios.

Debemos tener en consideración que las velocidades dependen mucho del lugar de a donde se encuentre el usuario final, si está en una zona urbana con mayor tráfico o rural con menor tráfico. De la misma manera que si se encuentra estático su velocidad será mayor a que un usuario está en movimiento, y esto dependerá también de las aplicaciones que esté se encuentra utilizando ya que unas necesitan mayor velocidad que otras como es el ejemplo del video llamado.

**4.2.2. Técnicas de Acceso**

Las comunicaciones móviles basadas en los diferentes sistemas GSM y UMTS realizan acciones comunes sobre el espectro radio eléctrico, los cuales son presumidos obedeciendo a la técnica de acceso utilizada, como es el caso de TDMA y WCDMA.

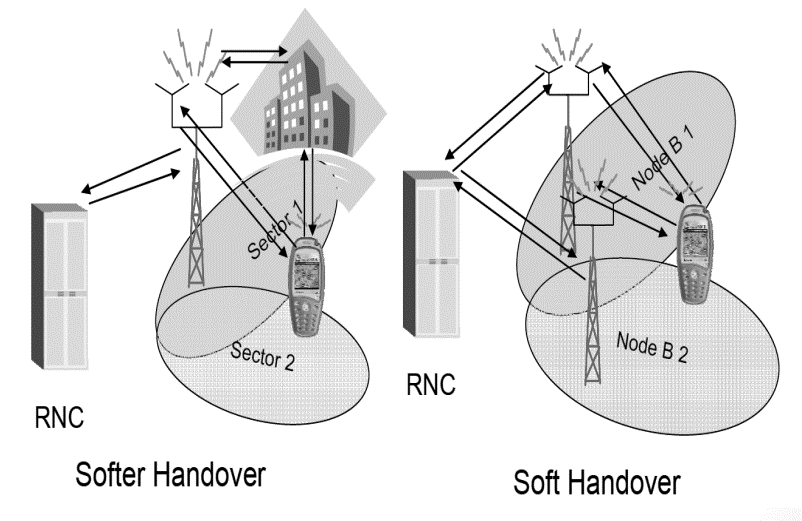
* *El Handover.-* El *handover* es el cambio de radio canal, es decir, de frecuencias de trabajo, de un terminal móvil que tiene establecida una comunicación, y se puede dar por varios motivos.

Surge como solución al problema del mantenimiento de la comunicación con una estación móvil que está en movimiento y pierde la señal dentro de su célula o pasa de una célula a otra. En este último caso es necesario establecer una conexión con la nueva célula y liberar la antigua. En GSM el *handover* intercelular es una acción muy solicitada por los UE, ya que una vez que se han hecho las mediciones y se ha llegado a la decisión de ejecutarlo.

Hay dos razones para que se realice el traspaso:

1. La primera de ellas es que se produzca un desvanecimiento de señal, es decir, que la potencia o la calidad de la señal baje de los parámetros estipulados por el BSC. Este deterioro de la señal es detectado mediante las constantes medidas llevadas a cabo tanto por la estación móvil como por la BTS.
2. La segunda de las razones es que la capacidad de tráfico de la célula esté próxima a su límite. En este caso, las estaciones móviles que se encuentren cerca de los límites de la célula pueden ser traspasadas a células vecinas que estén soportando una menor carga de tráfico.

Por su parte UMTS es diferente, pues el usuario puede estar conectado simultáneamente a varias celdas utilizando la misma frecuencia, de forma que cuando transita de una a otra no se interrumpe la transmisión de datos, pues siempre existe una conexión disponible y solo se libera el enlace primero cuando el nuevo enlace está establecido. Es lo que se llama *soft handover*, del que existen dos variedades SHO y *softer* HO.



**Figura 2.4:** Handover UMTS

**Fuente:** http://cwi.unik.no/wiki/Mobility\_and\_Handover\_in\_mobile\_systems

La diferencia entre estos dos modos está en que en el caso del *soft* *handover* (SHO), las celdas pertenecen a diferentes estaciones base (Nodo-B) y en el UL se combinan en el RNC, mientras que el DL se combinan en el receptor RAKE, en cambio el *softer handover* (*Softer* HO - un caso especial del SHO) es cuando los distintos sectores a los que el usuario está conectado pertenecen a la misma estación base (Nodo-B). Es decir, podemos tener un traspaso entre celdas o intra celda.

**4.3. Fundamentos de WCDMA**

Es la tecnología radio del sistema UTRA (UMTS Radio Access). Se trata de un acceso múltiple por división de códigos por espectro expandido en secuencia directa (DS-CDMA).

La información se extiende por una ventana de unos 5 MHz, siendo este el ancho de banda requerido por UMTS para cada portadora, en la siguiente tabla muestra algunas de las principales diferencias de WCDMA respecto a la interfaz de radio de GSM.

**Tabla 4.4:** Comparativa de las interfaces radio de UMTS y GSM

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Técnicas** | **WCDMA** | **GSM** |
| Separación entre portadoras | 5 MHz CDMA | 200 kHz TDMA |
| Factor de reúso de frecuencia | 1 | Aproximadamente 4 a 18 |
| Frecuencia control de potencia | 1.500 Hz ambos enlaces | 2 Hz o menor |
| Traspaso intra-sistema | Soft y softer handover | Hard handover |
| Búsqueda de celdas | Canal de sincronización y códigos de scrambling | Canales de frecuencia |
| Control de la calidad | Algoritmo para la gestión de recursos radio | Planificación de red / frecuencia |
| Diversidad de frecuencia | Receptor RAKE | Ecualización y salto de frecuencia (FH) |
| Paquetes de datos | Asignación de paquetes basada en la carga | Ranuras de tiempo (TS) con GPRS |
| Diversidad de transmisión en el enlace descendente | Soporte para la mejora de la capacidad | Sin soporte en el estándar (aplicable) |

**Fuente:** JIMÉNEZ, Rodrigo, 2015

Para entender un poco mejor los fundamentos de WCDMA (y los sistemas de espectro ensanchado, en general), tenemos que partir de la fórmula que nos da la capacidad (máximo flujo de información que puede ser enviado) por un canal de radio en función del ancho de banda ocupado (5 MHz en UMTS) y las condiciones de la señal radio [medido por la relación señal a ruido S/N (*Signal/Noise*), es decir, como de buena es la señal de información recibida respecto al resto de señales que no nos interesan, que sería el ruido e interferencia].

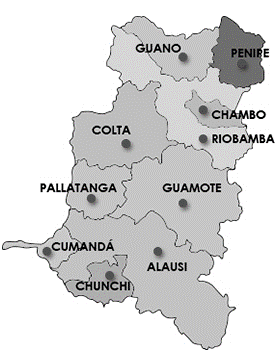
Esta fórmula es la de Shannon, que dice:

Donde C es el flujo máximo de información en bits o símbolos por segundos, B es el ancho de banda ocupado (en MHz) y S/N es la relación señal a ruido (en condiciones de ruido gaussiano y blanco, que es el típico considerado en sistemas de telecomunicaciones). Una buena relación señal a ruido la obtendremos emitiendo con mayor potencia y estando en posiciones próximas a la entena de emisión. Respecto al otro factor de la formula, ancho de banda, lo obtendremos con técnicas de espectro ensanchado, como es el caso de WCDMA.

**4.4. Migración de da Red 2G a una 3G**

Para que un operador migre a una red de 2G a 3G el primer paso es actualizar su red para poder desplegar GPRS, esto se lo hace logrando añadiendo a la red central de los nodos de soporte SGSN y GGSN los cuales se apoyan en la tecnología IP, llegando a transmitir a velocidades de hasta 115 Kbps.

La provincia de Chimborazo, es una de las veinticuatro provincias que tiene la República del [Ecuador](http://es.wikipedia.org/wiki/Ecuador), está situada en la zona central de la [Región Interandina](http://es.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%B3n_Interandina_del_Ecuador), la provincia cuenta con una superficie cerca de 6.500 km² y posee una población aproximada de 540.000 habitantes, su capital es la ciudad de [Riobamba](http://es.wikipedia.org/wiki/Riobamba) siendo una de las ciudades más importantes del país que cuenta con una población de 147000



**Figura 3.4:** Mapa de la provincia de Chimborazo

**Fuente:** http://malec-colta-2012.blogspot.com/p/ubicacion.html

Para pensar en una migración el operador debe mejorar su red GPRS actualizándole a una red EDGE para después implementar UMTS, o a su vez pasar la red GPRS directamente a UMTS ya que esto depende de los recursos del operador y como está las condiciones actual del mercado.

Las redes 3G deben estar en la capacidad de interactuar con las redes 2G, conservando así tres componentes principales que son: La infraestructura de radio, central de paquetes y conmutación de circuitos.

UMTS reutiliza de estas infraestructuras para obtener un reajuste más sencillo, dependiendo del fabricante con el cual esté trabajando el operador (Nokia, ZTE, Siemens, SIAE, etc.), esto radicaría en agregar únicamente software para el manejo de la red 3G y tarjetas de canales a la infraestructura de radio GPRS o EDGE existentes, las cuales no podrían ser separadas ya que estas continuarían atendiendo a los usuarios cuyos teléfonos celulares móviles no estén diseñados para tolerar UMTS.

Debido a que la arquitectura de GSM es modular, el cual reduciría el costo al paso de UMTS, ya que se lo estaría efectuando solamente en los equipos de sitios a donde se requiera con mayor necesidad por la demanda del mercado, logrando así que los operadores implanten precios más competitivos para los servicios de tercera generación y evitando así crear una red desde cero.

|  |  |
| --- | --- |
| **Cantones** | **Área ()** |
| Alausí | 1.614 |
| Chambo | 168 |
| Chunchi | 270 |
| Colta | 820 |
| Cumandá | 169 |
| Guamote | 1.216 |
| Guano | 480 |
| Pallatanga | 385 |
| Penipe | 375 |
| Riobamba | 990 |

**Tabla 5.4:** Cantones de la Prov. de Chimborazo

**Fuente:** http://malec-colta-2012.blogspot.com/p/ubicacion.html

Para iniciar con la migración, depende mucho de los objetivos planteados por parte del operador y su propósito de negocios, ya que primeramente se puede implementar 3G para resguardar las zonas urbanas con más habitantes dejando así a GSM (GPRS o EDGE) cubriendo las zonas rurales, de tal forma que cuando progrese la demanda de UMTS, los operadores puedan hacer llegar en algún momento los servicios de UMTS a las zonas rurales.

La migración tendría como objetivo cubrir la mayor parte de las zonas para así llegar a más usuarios, donde ellos serán quienes resultaran los beneficiados por el servicio que presta la operadora. Entre las redes 2G con las 3G se diferencian por la implementación de la UTRAN, la mayor parte del mecanismo manejado por la UTRAN puede ser instalado en las celdas de GSM.

Gracias a las celdas, quienes acumulan y atienden paralelamente a las peticiones de los usuarios con diferentes tecnologías GSM/UMTS llegando a eliminar costos y tiempo para la implementación, ya que las partes de la red central de GSM pueden ser reutilizadas por las redes UMTS.

En la migración para la provincia de Chimborazo se procederá a la realizar teniendo en cuenta los diferentes ítems listados a continuación:

* La demanda en GSM.
* Congestión/Lentitud/Degradación en lugares específicos.
* La necesidad de los UE
* Encuestas realizadas
* Cobertura
* Capacidad
* QoS
* Costos
* Varios

El paso de GSM a UMTS se iniciará analizando y tomando en cuenta los ítems enlistados anteriormente, para así generar más recursos económicos para que el operador que presta el servicio no sufra una caída y evite pérdidas.

**4.4.1. Pasos para migrar una Red GSM a UMTS.**

Los siguientes pasos enlistados a continuación son como guía a tomar en cuenta para una futura migración de tecnologías en la red de telefonía móvil celular de GSM a UMTS, para un mejor servicio siendo beneficiados todas aquellas personas que adquieran el servicio en las diferentes operadoras del país sin conocer los cotos algunos del mismo. Estos pasos a seguir van tanto para el operador de telefonía móvil como para el proveedor de la infraestructura de equipamientos, ya que los dos trabajan conjuntamente para llegar a todas partes para mayor cobertura y a donde la necesidad de las usuarias finales está presente.

* Requisitos para el operador (Anexo 2)
* Factores de retraso en una migración
* Nuevas estaciones base UMTS
* Actualización del núcleo de la red
* Recuso de más infraestructura en las centrales
* Contratación de nuevos proveedores
* Recursos de nuevos personal capacitado
* Adquisición de nuevos equipos para que soporte UMTS
* Actualización de software para cobranzas
* Estudios realizados por zona

**4.5. Tecnologías de Apoyo y Perfeccionamiento**

Si la red GSM fuera un servicio móvil celular no evolutivo, este no sería un contrincante para UMTS y se vería en la obligación empezar desde cero efectuando una red totalmente nueva para así tener dominio frente a la calidad y los servicios que ofrecen los sistemas de tercera generación.

Para lo cual se han ido desarrollando técnicas que han ayudado para que algunos sistemas puedan evolucionar, tal es el caso de GPRS el cual fue introducido con la finalidad de tener servicios de transmisión de datos por paquetes y el EDGE que se introdujo para mejorar las velocidades de transmisión. Estas son las dos tecnologías más importantes y utilizadas en todo el mundo para el manejo de datos, preparando a todas las operadoras para el despliegue de UMTS.

UMTS por ahora en la actualidad está siendo lo último en telefonía celular, pero la tecnología seguirá creciendo y avanzando a las redes de cuarta generación aun sin que las redes de tercera generación estén totalmente implementadas y funcionando en todo el mundo. Por lo que desde ya se han introducido también algunas tecnologías para preparar el entorno necesario para la implementación de la red de cuarta generación, entre las cuales están son las más utilizadas:

* *Protocolo IP.-* El protocolo de internet IP es un protocolo, usado tanto en el equipo de origen como en el equipo de destino para la comunicación dentro de una red de paquetes conmutados.

* *Bluetooth.-*Desarrollado por Ericsson el cual define un estándar internacional para la comunicación inalámbrica de transmisión voz y datos entre una gama de dispositivos, por medio de un enlace de radiofrecuencia de corto alcance.
* *IEEE 802.11.-* Este estándar fue desarrollado por el comité IEEE para las redes LAN inalámbricas (WLAN) con el objetivo de lograr una comunicación por RF a velocidades de datos más altas.
* *HSDPA/HSUPA.-*Dado que las aplicaciones de datos se descargan en su mayoría de la red al UE, UMTS introduce el HSDPA como el primer paso en la evolución de la interfaz de radio, permitiendo alcanzar velocidades de transmisión de datos mayores a las actuales en el canal de *downlink*, mientras que HSUPA que permite algo similar en el canal de *uplink.*

**CONCLUSIONES**

* La primera diferencia GSM con UMTS es la implementación de la UTRAN en la red, la cual admite el manejo de un ancho de banda mayor gracias a la utilización de la técnica de acceso WCDMA.
* La red 3G está capacitada para tolerar procesos de la red 2G, entre ellas tenemos GSM, GPRS, EDGE, HSDPA dependiendo del smartphone y en qué zona este el usuario.
* UMTS tiene compatibilidad con las redes GSM, logrando así reutilizar casi el 55% de la infraestructura actual de las redes de segunda generación y casi el 75% de la misma área de cobertura. Buscando así la compatibilidad entre todos los sistemas a nivel mundial.
* El usuario final podrá beneficiarse de las dos redes GSM y UMTS, siempre y cuando el equipo terminal que se disponga tenga la facilidad de soportar a ambas tecnologías. Esto hace que cuando se movilice pueda acceder a la red que está implementada en por la zona.
* En UMTS el radio de cobertura del Nodo varía dependiendo de la cantidad de usuarios que se encuentran en su área de cobertura, mediante las variaciones de la potencia dinámica. Si el número de UE en la celda es bajo se consigue buena calidad, mientras que si el número de UE es alto genera interferencias por lo que el Nodo pide reducción de potencia logrando así los que se encuentran cerca del Nodo tengan buena calidad. Esta es la única pequeña ventaja de GSM, ya que, el radio de cobertura en este sistema es fijo y depende de la potencia con la que se transmite la antena y la inclinación de la misma.
* Las necesidades del mercado y de las distintas necesidades tecnológicas del operador hacen tomar la decisión de implementar o no una red de tercera generación, es de esperar que en la provincia de Chimborazo como en el país muchas personas estén a la espera de estos servicios. Así como también, habrán muchos a quienes no les serán de ninguna utilidad por falta de conocimiento o porque no requieran el servicio.
* UMTS es un sistema que supera a GSM, cuya implementación es relativamente sencilla si se tiene un red bien estructurada, con sistemas que soportan servicios de paquetes.
* Aunque GSM forme parte de las redes de UMTS, es de suponer que en un futuro este desaparecerá como tecnologías anteriores lo han hecho, por lo que en lugar de implementar sistemas GSM sería mucho mejor por optar a las redes más actualizadas así dando un uso más prolongado a la tecnología.

**RECOMENDACIONES**

* Elaborar un plan de trabajo dividido en fases o etapas.
* Se recomienda iniciar la migración de GSM a UMTS por las zonas donde haya más congestión de tráfico en la GSM.
* Al momento de la implementación de un sistema UMTS sobre GSM es necesario analizar la compatibilidad con los equipos GSM actuales con los que está operando.
* Contar con la cantidad de infraestructura suficiente para la implementación de nuevos sitios UMTS.
* Formar una red combinada, de manera que la red GSM actual sea utilizada para el servicio de voz y la nueva red UMTS sea utilizada para servicios de datos.
* Es recomendable configurar los equipos celulares para que trabajen en la máxima capacidad en la nuera red UMTS

**GLOSARIO**

**Área de cobertura.-** Zona de alcance de la señal emitida por las antenas de telefonía móvil. Se considera que hay buena cobertura cuando se puede realizar un acceso a una red móvil fácilmente y sin cortes de voz. El terminal suele indicar el nivel de la señal.

**Ancho de banda.-** Se refiere a las frecuencias que puede ocupar un canal de comunicaciones en un espectro de frecuencias, usualmente radioeléctrico.

**Backbone.-** Se refiere a las principales conexiones troncales de Internet.

**Broadcast.-** Es una forma de transmisión de información donde un nodo emisor envía información a una multitud de nodos receptores de manera simultánea, sin necesidad de reproducir la misma transmisión nodo por nodo.

**Dowlink.-** Enlace o conexión de bajada

**Gateway MSC.-** Es la MSC que determina cual es la MSC que "visita" al suscriptor que está siendo llamado, es también las interfaz en la Red de Conmutada de Telefonía Pública. Todas las llamadas de Móvil a Móvil y PSTN a Móvil son enrutadas a través del GMSC

**Handover.-** Se denomina handover o traspaso al sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra.

**Interworking.-** es definido como la comunicación entre una red pública de datos conmutada y redes de telecomunicaciones Wireless.

**Módems de radio.-** Transfiere datos de forma inalámbrica a una distancia que puede llegar a decenas de kilómetros, salvando obstáculos como montañas.

**Multimedia.-** Que está destinado a la difusión por varios medios de comunicación combinados, como texto, fotografías, imágenes de video o sonido, generalmente con el propósito de educar o de entretener.

**Nodo B.-** Estación base UMTS (3G)

**Protocolo.-** Un protocolo de comunicaciones es un conjunto de reglas y normas que permiten que dos o más entidades de un sistema de comunicación, se comuniquen entre ellos para transmitir información por medio de cualquier tipo de variación de una magnitud física

**Radioenlaces.-** Es una conexión entre diferentes equipos de telecomunicaciones usando ondas electromagnéticas.

**Roaming.-** En telefonía móvil, servicio mediante el cual se pueden enviar y recibir llamadas utilizando redes telefónicas de compañías extranjeras cuando se está fuera del país de origen.

**Soft-Handover.-** En este caso, durante el proceso de traspaso el móvil estará conectado mediante un canal al Nodo B origen y mediante otro canal al Nodo B destino.

**Usuario final.-** Persona que tiene el derecho de usar de una cosa ajena con unas limitaciones determinadas.

**Uplink.-** Enlace o conexión de subida

**Wireless.-** Es aquella comunicación que no se encuentran unidos por un medio de propagación físico, sino que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. AGENCIA DE LA REGULACION Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES, Concesión – Servicios Fijo y Móvil Terrestre. 2015: Obtenido en: www.arcotel.gob.ec/
2. **ALAY MACDONAL,** *Francisco J. Migración de GSM a UMTS,* (tesis) (IE). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Mecanica Electrica, Guatemala-Guatemala: 2006. pp. 27-28
3. Basic Concepts of WCDMA Radio Access Network. 2001. Obtenido de http://www.ericsson.com
4. **BARRET, Joe & AHOENE, Tomi T**. *Services for UMTS*. Nueva York - EEUU, Editorial John Wiley & Sons, 2002. pp. 87-89.
5. EDGE Introduction of high-speed data in GSM/GPRS networks. 2003. Obtenido de http://www.ericsson.com
6. <http://es.scribd.com/doc/4716905/Manual-Telecomunicaciones-by-Telefonica>
7. **HUIDOBRO F. José M.** *Sistemas GSM, UMTS y LTE*. México-Mexico, 2012, pp. 225.
8. IEEE Communications Magazine, Transparent IP Radio Access ForNextGeneration Mobile Networks. Agosto 2003. Obtenido de <http://www.ieee.org>.
9. **LAMILLA RONQUILLO, Tonny J.** *Migración de GSM a UMTS*, (tesis) (IEyT.). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ingeniería en Electricidad y Computación, Eletrónica y Telecomunicaciones, Guayaquil - Ecuador: 2010. pp. 116 - 119

**ANEXOS**

**Anexo A.** Servicios GSM

1. Servicios Portadores, entre los que se encuentran:
2. Transmisión de información a distintas velocidades
3. Acceso a redes públicas de datos
4. Transmisión de voz y datos durante una llamada
5. Selección de modem
6. Soporte de solicitud automática de retransmisión
7. Tele servicios. entre los que se encuentran:
8. Llamadas de emergencia
9. Servicios de mensajes cortos (SMS)
10. Manejo de los mensajes y servicios de almacenamiento
11. Acceso a videotexto
12. Transmisión de teletexto
13. Transmisión de fax
14. Servicios Suplementarios, entre los que se encuentran:
15. Servicios de identificación de números de llamada
16. Servicios de ofrecimiento de llamadas
17. Serviciosde completamiento de llamadas
18. Servicios multiusuario
19. Servicios de interés comunitario
20. Serviciosde cobro
21. Servicios de transferencia adicional de información  
    h) Servicio de restricción de llamadas

Fuente: JIMENEZ, Rodrigo, 2015

Anexo B: Concesión – Servicios Fijo y Móvil Terrestre [[1]](#footnote-1)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Información legal: | | P.N. | P.J. | |
| 1 | Solicitud dirigida al señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones, detallando: nombres y apellidos completos (en caso de personas jurídicas del representante legal), dirección domiciliaria y el tipo de servicio que requiere. | SI | | SI |
| 2 | Copia a color de la Cédula de Ciudadanía, Identidad o Pasaporte (en caso de personas jurídicas del representante legal) | SI | | SI |
| 3 | Copia a color del Certificado de votación del último proceso electoral (en caso de personas jurídicas del representante legal) | SI | | SI |
| 4 | Copia certificada o protocolizada del Registro Único de Contribuyentes (R.U.C) | SI | | SI |
| 5 | Original de la Fe de presentación de la solicitud presentada al Comando Conjunto de las Fuerza Armadas de antecedentes personales para el otorgamiento del certificado de idoneidad, exceptuando Instituciones Estatales | SI | | SI |
| 6 | Copia certificada o protocolizada de la escritura constitutiva de la compañía y reformas en caso de haberlas, debidamente inscrita. | NO | | SI |
| 7 | Copia certificada o protocolizada del nombramiento del Representante Legal debidamente inscrito. | NO | | SI |
| 8 | Original del Certificado actualizado del cumplimiento de obligaciones otorgado por la Superintendencia de Compañías o Superintendencia de Bancos según el caso, a excepción de las instituciones estatales. | NO | | SI |
| 9 | Copia certificada o protocolizada del (los) contrato(s) de arrendamiento del terreno o Escritura del inmueble que acredite el derecho de propiedad del solicitante, esto es en caso de necesitar la instalación de estaciones repetidoras. | SI | | SI |
| 10 | Original del AVAL de la autoridad del transporte competente del Permiso de Operación, en el caso de Compañías, o Cooperativas de Transporte. | NO | | SI |
| Información financiera: | | | | |
| 11 | Original del Certificado de Obligaciones económicas de las Secretaría Nacional de Telecomunicaciones. | SI | | SI |
| 12 | Original del Certificado de no adeudar a la Superintendencia de Telecomunicaciones. | SI | | SI |
| Información técnica: | | | | |
| 13 | Estudio técnico del sistema, elaborado en el formulario disponible en la página Wed del CONATEL, suscrito por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones (Adjuntar registro SENESCYT). La información técnica y operativa solicitada en el formulario, estándares y detalle que la SENATEL determine como necesarios para cada servicio al que aplicare el solicitante. | SI | | SI |
| 14 | Otros documentos que la SENATEL requiera, con la debida justificación. | | | |

Fuente: www.arcotel.gob.ec

1. Nota: Para la renovación del servicio fijo y móvil terrestre, son otros los requisitos que se deberían presentar. [↑](#footnote-ref-1)