



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIONES

I Seminario de Graduación “Proyectos de Conectividad y Redes de Comunicación, Administración de Redes y Servicios, Seguridad Industrial, Normativas de Calidad y Automatización Robótica (Mecatrónica)”

TEMA

ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES UTILIZANDO TECNOLOGÍA LTE DE CUARTA GENERACIÓN PARA LA CIUDAD DE AMBATO.

Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones

AUTOR: EDUARDO PATRICIO CARRERA LÓPEZ

AMBATO – ECUADOR

Abril - 2009

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: **Estudio de los sistemas de comunicaciones móviles utilizando tecnología LTE de cuarta generación para la ciudad de Ambato**, de Eduardo Patricio Carrera López, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 45 del Capítulo III Seminarios, del Reglamento de Graduación de Pregrado de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato Abril 20, 2008

EL TUTOR

Ing. Juan Pablo Pallo

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado: **Estudio de los sistemas de comunicaciones móviles utilizando tecnología LTE de cuarta generación para la ciudad de Ambato**. Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato Abril 20, 2008

Eduardo Patricio Carrera López

CC: 180372301-2

DEDICATORIA:

Al culminar una etapa más de mi vida estudiantil dedico este trabajo de investigación, ante todo, a Dios que hizo realidad este sueño, por todo el amor con el que me rodea, a mis padres a quienes les debo la vida, que siempre me han brindado su apoyo incondicional para lograr mis metas, por su incansable esfuerzo y su inquebrantable fe en mí, a mi madre que estoy seguro que desde el plácido lugar donde se encuentra me ha brindado su amor y bendiciones. A mi hermano que con su muestra de esfuerzo y de lucha me ha demostrado como salir adelante en los momentos más difíciles de la vida.

Eduardo Carrera

AGRADECIMIENTO:

Son muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer su amistad, apoyo, ánimo y compañía durante estos años de formación, algunas están junto a mí y otras en mis recuerdos y en el corazón; agradezco a Dios por brindarme la dicha de la salud, a mis padres y a mi hermano de quienes siempre recibí apoyo en los momentos más difíciles de mi vida, también quiero expresar un sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato y a mis distinguidos maestros que con entusiasmo y nobleza han sabido compartir todos sus conocimientos, a mi tutor por su dirección, paciencia y valiosos consejos que me permitieron alcanzar los objetivos del presente trabajo de investigación. Gracias de todo corazón a todos mis amigos y compañeros con quienes he compartido momentos muy especiales en la vida universitaria.

Eduardo Carrera

INTRODUCCION

La evolución de los estándares relacionados a las comunicaciones inalámbricas se ha desarrollado de acuerdo a las necesidades de los usuarios y junto al avance de la tecnología en los sistemas de comunicaciones móviles, para comprender de mejor manera una nueva tecnología orientada a la cuarta generación es necesario tomar en cuenta una serie de parámetros relacionados a las comunicaciones móviles y tecnologías antecesoras como la tasa de datos mejorada para la evolución del Sistema Global para Comunicaciones Móviles, Acceso de Paquetes con Alta Velocidad y otros sistemas universales de comunicaciones.

El presente trabajo es una recopilación de las diferentes tecnologías utilizadas en los sistemas de comunicación en la actualidad y pretende que sea una guía para poder adoptar el sistema más adecuado según el campo de aplicación, distancia de enlace o velocidad de transmisión.

Las tecnologías orientadas a la cuarta generación están pasando por una secuencia apropiada para llegar a mejorar las características esenciales de las comunicaciones alrededor del mundo, características que definen la calidad de servicio junto a la seguridad en la transmisión de datos y un ancho de banda apropiado; proveer el servicio de datos por paquetes es uno de los objetivos fundamentales en el desarrollo de la evolución a largo plazo porque al transmitir paquetes dentro de una red es posible aumentar la velocidad de manera segura y confiable para los usuarios.

El estudio y análisis de los sistemas móviles con Long Term Evolution tiene un enfoque investigativo, valioso por su evolución y planteado para optimizar las comunicaciones en nuestro país pero especialmente en la ciudad de Ambato.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. Páginas Preliminares.

Portada.....	i
Aprobación del tutor.....	ii
Autoría del proyecto.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice general de contenidos.....	vi
Índice de cuadros y gráficos.....	x
Resumen ejecutivo.....	xii

B. Texto.

Introducción

CAPITULO I. EL PROBLEMA.

1.1 Tema.	1
1.2 Planteamiento del problema.	1
1.2.1 Contextualización.	1
1.2.2 Análisis crítico.	2
1.2.3 Prognosis.	3
1.2.4 Formulación del problema.	3
1.2.5 Preguntas directrices.....	3
1.2.6 Delimitación del objetivo de la investigación.	4
1.3 Justificación.	4
1.4 Objetivos.	5
1.4.1 General.	5
1.4.2 Específicos.	5

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Antecedentes investigativos.....	7
2.2 Fundamentación legal.....	8
2.3 Categorías fundamentales.	9
2.3.1 Telecomunicaciones.....	9
2.3.2 El Espectro Electromagnético.....	11
2.3.3 Ancho de Banda y capacidad de información.....	12
2.3.4 Medios de Transmisión	15
2.3.5 Líneas Aéreas / Microondas.	16
2.3.6 Evolución De Los Sistemas De Comunicaciones.....	19
2.3.7 El invento del teléfono y las redes de telefonía.....	20
2.3.8 Sistemas De Comunicaciones Móviles.....	21
2.3.9 Tecnologías Para Las Telecomunicaciones.....	25
2.3.10 La Evolución De Las Tecnologías.....	26
2.3.11 Evolución A Las Tecnologías De Cuarta Generación.....	31
2.3.12 LTE (Long Term Evolution).....	37
2.4 Grafico de inclusión de variables.....	39
2.5 Hipótesis.	40
2.6 Señalamiento de variables.	40

CAPITULO III. METODOLOGÍA.

3.1 Modalidad básica de la investigación.	41
3.2 Nivel o tipo de Investigación.....	41
3.3 Población y muestra.	42
3.4 Plan de recolección de información.	42
3.5 Plan de procesamiento de la información.	42

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones.	44
------------------------	----

4.2 Recomendaciones.	45
---------------------------	----

CAPITULO V. PROPUESTA.

5.1 Datos informativos.	46
5.2 Antecedentes de la propuesta.	46
5.3 Justificación.	47
5.4 Objetivos.	48
5.4.1 General.	48
5.4.2 Específicos.	48
5.5 Análisis de factibilidad.	48
5.6 Fundamentación.	49
5.6.1 Modelo de referencia y arquitectura de sistemas y servicios integrados.....	51
5.7 Metodología.	53
5.7.1 Evolución a Largo Plazo (LTE).....	53
5.7.2 Estándares hacia la versión actualizada de LTE	55
5.7.3 Estándares utilizados en Long Term Evolution (LTE).....	59
5.7.3.1 Sistema Global de Telefonía Móvil (GSM).....	59
5.7.3.2 EDGE.....	61
5.7.3.3 WCDMA.....	63
5.7.3.4 HSDPA.....	64
5.7.4 Sistema de modulación para LTE.....	65
5.7.4.1 Modulación y Demodulación OFDM.....	65
5.7.4.2 Ventajas y problemas.....	68
5.7.4.3 Prefijo Cíclico.....	68
5.7.4.4 Capa Physical.....	69
5.7.5 Multiple-Input Multiple-Output en LTE.....	71
5.7.6 Arquitectura de Red para LTE.....	75
5.7.6.1 Soporte de QoS en redes 4G.....	77
5.7.6.2 Proceso de registro e inicio de sesión en la red.....	78
5.7.7 Parámetros de un Downlink.....	83

5.7.8	Parámetros de Uplink.....	83
-------	---------------------------	----

C. MATERIALES DE REFERENCIA.

1.	Bibliografía.....	84
2.	Acrónimos.....	86
3.	Anexos.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO II

Fig. 2.1 Diagrama en bloques de un sistema de comunicaciones.....	10
Fig.2.2 Sist. De Comunicaciones en ambas direcciones.....	10
Fig.2.3 Espectro de frecuencias electromagnéticas.....	12
Fig.2.4 Principales formas de Modulación.....	15
Fig. 2.5 Evolución de los sistemas de comunicaciones.....	20
Fig. 2.6 Red telefónica básica.....	21
Fig. 2.7 Esquema básico de las comunicaciones móviles.	22
Fig. 2.8 Arquitectura de un sistema móvil.....	23
Fig. 2.9 Red de un sistema móvil e inalámbrico.....	24
Fig. 2.10 Sistema UMTS, comportamiento frente a cuatro usuarios.....	29
Fig. 2.11 Estructura de UMTS.....	30
Fig. 2.12 Adaptación a las condiciones del enlace radio.....	30
Fig. 2.13 Mejoras en las descargas con HSDPA.....	31
Fig. 2.14 Evolución y convergencia de las tecnologías móviles.....	32
Fig. 2.15 Arquitectura plana de red.....	34
Fig. 2.16 Arquitectura de 4G.....	36
Fig.2.17 Desarrollo de LTE.....	38
Fig.2.18 Inclusión de variable independiente.....	39
Fig.2.19 Inclusión de variable dependiente.....	39

CAPITULO V

Fig. 5.1. Futuro escenario de comunicaciones móviles terrestres integradas.....	51
Fig. 5.2. Modelo General de Arquitectura de Integración de Sistemas de referencia para las comunicaciones móviles de 4G.....	52
Fig. 5.3 Evolución de estándares para comunicaciones móviles.....	54
Fig. 5.4 Evolución de las tecnologías fijas e inalámbricas.....	55
Fig. 5.5 Desarrollo de LTE.....	56

Fig. 5.6 LTE complementa HSPA.....	58
Fig. 5.7. Reutilización de las frecuencias.....	60
Fig. 5.8. Adaptación a las condiciones del enlace radio.....	65
Fig. 5.9. Tecnologías con OFDM.....	66
Fig. 5.10. Diagramas de bloques OFDM.....	68
Fig. 5.11 Prefijo cíclico para evitar interferencia entre símbolos.....	69
Fig. 5.12 Formato de la cabecera física.....	70
Fig5.13.a. Forma convencional de OFDM.....	71
Fig. 5.13.b. Forma de pulso de OFDM.....	71
Fig. 5.14 Evolución de MIMO.....	72
Fig. 5.15 Sistema MIMO.....	74
Fig. 5.16. Comunicación MIMO.....	74
Fig. 5.17. Arquitectura de red de 4ª generación.....	76
Fig. 5.18. Fase de registro en la red.....	79
Fig. 5.19. Inicio de sesión.....	81
Fig. 5.20. Arquitectura UMTS – LTE.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1.....	83
Tabla 5.2.....	83

RESUMEN EJECUTIVO

En la actualidad los sistemas de comunicaciones están evolucionando de manera impredecible, la cuarta generación 4G es también conocido como Beyond 3G, es el término usado para describir la siguiente generación de la comunicación inalámbrica, esta generación está pensada a dirigirse hacia el término “Anytime, Anywhere” el cuál se refiere a tener conexión inalámbrica en todo momento usando una tasa de datos mucho más alta que las generaciones previas.

El presente proyecto está enfocado al estudio de los sistemas de comunicaciones móviles con tecnologías orientadas a la cuarta generación utilizando una nueva tecnología denominada evolución a largo plazo y se complementa con una propuesta en la cual se incluye una amplia gama de servicios multimedia con velocidades de transmisión y ancho de banda óptimos para las necesidades de los usuarios que utilicen un estándar inalámbrico actual.

Para dicho efecto el presente documento se encuentra dividido en cinco capítulos finalizando con las referencias bibliográficas y los anexos.

En el capítulo primero realiza la contextualización junto a un análisis crítico minucioso del problema actual de las comunicaciones para posteriormente proponer un tema adecuado seguido de objetivos que ayudan al desarrollo de la investigación.

El segundo capítulo está enfocado hacia la parte investigativa de los antecedentes teóricos en la Facultad de Ingeniería en Sistema electrónica e Industrial, la parte legal que rige las comunicaciones en el Ecuador y la fundamentación teórica para mostrar la evolución de los sistemas móviles en el mundo.

El capítulo tercero es un referente hacia la metodología que se utilizara en la presente investigación. También se encuentra enfocado a solucionar los problemas actuales que presentan las comunicaciones inalámbricas.

Las conclusiones y recomendaciones están presentes en el capítulo cuarto, en dicho capítulo se detalla las principales conclusiones que se ha obtenido del proyecto de investigación, dando también cortas recomendaciones que ayudarán al desarrollo de investigaciones futuras.

Finalmente en el quinto capítulo se plantea la propuesta junto a los datos informativos, la factibilidad y la metodología utilizada para el desarrollo del estudio de los sistemas de comunicaciones móviles utilizando tecnologías orientadas a la cuarta generación.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema

Estudio de los sistemas de comunicaciones móviles utilizando tecnología LTE de cuarta generación para la ciudad de Ambato.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Contextualización

Las telecomunicaciones han sido fundamentales para llevar a cabo una comunicación eficiente entre las personas, mediante cable o por medio del aire, solucionando así muchos inconvenientes en los mercados internacionales, durante los últimos años la tendencia a crear nuevas tecnologías y estándares para las comunicaciones móviles han provocado excelentes resultados en las empresas que prestan este servicio, facilitando a las personas para que se puedan movilizar sin perder la conexión de llamadas telefónicas o al Internet sin embargo la materialización de las comunicaciones inalámbricas de cuarta generación se prevé para comienzos de la década del 2010.

En el país los sistemas de telefonía móvil se han desarrollado de una forma moderada mientras que a nivel mundial ya se han implantado, en estos últimos años la revolución tecnológica ha hecho que tercera generación llegue a nuestro país provocando un incremento en el número de usuarios de telefonía móvil, existiendo aproximadamente 9,750,000 usuarios entre las tres operadoras principales, siendo éstas controladas por una empresa del estado que ayuda a

distribuir de una mejor forma el espectro de frecuencias, no obstante por la evolución de la tecnología es necesario desarrollar un estudio minucioso para utilización adecuada de tecnologías de cuarta generación.

En la en la ciudad de Ambato, Provincia de Tungurahua el servicio de los sistemas inalámbricos aún es deficiente por la ubicación geográfica y el perfil topográfico, causando que las conexiones entre llamadas o conexiones a Internet sean aun limitadas con una limitada velocidad de transmisión; el área de cobertura está muy definida en la parte central de la provincia y es necesario realizar un estudio apropiado para utilizar el desarrollo de éstas tecnologías las mismas que solucionarían este tipo de inconvenientes, aumentando la velocidad de transmisión y evitando fallas en los sistemas móviles.

1.2.2 Análisis Crítico

El desconocimiento de los avances en los sistemas inalámbricos junto al desarrollo de nuevos estándares y tecnologías que van revolucionando el mundo de las comunicaciones ha causado que el país camine hacia un peligroso retraso tecnológico y para las empresas que prestan este tipo de servicio los ingresos económicos no sean los esperados de acuerdo a las estadísticas y proyecciones realizadas.

En nuestra ciudad, son pocas las empresas distribuidoras de este tipo de servicio debido a la falta de interés para introducir o mejorar los sistemas de comunicaciones, dando con consecuencia un deficiente servicio por el área de cobertura que no satisface con las expectativas de los abonados en el instante de navegar por el Internet desde un teléfono móvil.

Un poderoso limitante para la implantación de este tipo de sistemas es el factor económico ya que la mayor parte de proveedores de los equipos son internacionales con marcas aprobadas por las instituciones de seguridad inalámbrica los mismos que son muy costosos, también la evolución vertiginosa

de la ciencia hace que en poco tiempo se requiera actualizar este tipo de sistemas y la inversión realizada no está acorde con este desarrollo tecnológico.

1.2.3 Prognosis

De acuerdo a la evolución tecnológica de continuar con los problemas en los nuevos estándares inalámbricos que se están desarrollando alrededor del mundo, el país podría caer en una crisis tecnológica de manera temporal provocando que las empresas de comunicaciones móviles tengan una pérdida de confiabilidad en la transmisión de la información y causando así el desprestigio de la mismas, por la pérdida de clientes y consecuentemente las pérdidas económicas debido a la baja velocidad de transmisión junto a falta en la calidad de servicio (QoS).

Sin embargo es necesario realizar el estudio de los sistemas de comunicaciones móviles utilizando tecnología LTE (Long Term Evolution) de cuarta generación para la ciudad de Ambato con la finalidad evitar un retraso en la evolución tecnológica y mejorar la calidad de servicio a los usuarios.

1.2.4 Formulación del Problema

¿Qué incidencia tiene el estudio de los sistemas de comunicaciones móviles utilizando tecnología LTE de cuarta generación para la ciudad de Ambato enfocado a la mejora de la calidad de servicio de la telefonía móvil?

1.2.5 Preguntas Directrices

1.2.5.1 ¿En qué situación se encuentran los sistemas de comunicaciones móviles en nuestro país?

1.2.5.2 ¿Cuál es la generación tecnológica adecuada en los sistemas de comunicaciones para que los usuarios puedan comunicarse en forma rápida y segura?

1.2.5.3 ¿La infraestructura actual de los sistemas móviles son capaces de soportar cambios para funcionar la tecnología LTE de cuarta generación?

1.2.5.4 ¿Cuáles son las etapas necesarias para realizar un estudio de las tecnologías enfocadas a la cuarta generación?

1.2.5.5 ¿Qué beneficios se obtendría con estudio de un sistema de comunicaciones utilizando la tecnología LTE de cuarta generación?

1.2.6 Delimitación

Este proyecto está enfocado a la investigación de los nuevos estándares y la aplicación de tecnologías de cuarta generación capaces de mejorar los servicios de las comunicaciones móviles, con una duración de cinco meses, desde el diez de noviembre del 2008 al treinta de marzo del 2009 y se trabajará con una población comprendida de seis docentes.

1.3 Justificación

En la actualidad las comunicaciones están ocupando una amplia área en el sector comercial o personal, mediante los sistemas de comunicaciones es posible realizar todo tipo de transacciones o simplemente estar en contacto con nuestros familiares pero la evolución tecnológica hace que sea necesario realizar un estudio de los sistemas de comunicaciones móviles con los nuevos estándares y tecnologías que están enfocados hacia una cuarta generación y de esta forma solucionar los problemas de velocidad de transmisión y QoS existentes en los servicios de telecomunicaciones inalámbricas de hoy en día.

Los avances tecnológicos que en los últimos años han revolucionado el mundo de las comunicaciones, hacen que el trabajo a investigarse sea de gran importancia ya que permitirá mejorar las conexiones móviles y aumentar calidad de servicio

en lo que concierne a una buena transmisión de datos con una alta velocidad pero sin descuidar la confiabilidad de la información.

Es importante que el tema sea investigado, pues los resultados del estudio serán beneficiosos para el desarrollo tecnológico en nuestro país, mejorando la eficiencia en los sistemas de comunicaciones actuales e incorporando tecnologías que vayan acorde con la evolución de los sistemas móviles e inalámbricos.

Los sistemas de comunicaciones móviles basado en la tecnología LTE (Long Term Evolution) orientadas a la cuarta generación permite llevar a un celular imágenes, gráficos, comunicaciones de vídeo y otro tipo de información con mayor ancho de banda, así como voz y datos de manera directa a los usuarios quienes, además, podrán estar desplazándose de un lugar a otro sin perder la conexión a la red de comunicaciones.

Este proyecto investigativo es factible de realizarse porque se cuenta con una amplia información de las tecnologías de cuarta generación para comunicación móvil, así como se dispone de los conocimientos y asesoría especializada para el desarrollo del mismo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

1.4.1.1 Desarrollar el estudio de los sistemas de comunicaciones móviles utilizando tecnología LTE de cuarta generación para la ciudad de Ambato.

1.4.2 Objetivos Específicos

1.4.2.1 Realizar un análisis de la situación actual de los sistemas de comunicaciones móviles de nuestro país.

- 1.4.2.2 Determinar la tecnología adecuada en los sistemas de comunicaciones para que los usuarios puedan comunicarse en forma rápida y segura.
- 1.4.2.3 Elaborar un estudio de la infraestructura actual de los sistemas móviles para que sean capaces de soportar cambios para funcionar con una tecnología de cuarta generación.
- 1.4.2.4 Establecer las etapas necesarias para realizar el estudio de un sistema de comunicaciones con tecnologías LTE (Long Term Evolution).
- 1.4.2.5 Analizar los beneficios de los sistemas de comunicaciones móviles con tecnología LTE (Long Term Evolution) orientada a la cuarta generación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Investigativos

Previa a la investigación realizada en los archivos de la biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial se encuentra la tesis “DISEÑO DE UNA RED DE TELEFONÍA CELULAR PARA LA CIUDAD DE AMBATO UTILIZANDO TECNOLOGÍA 3G ” elaborada por Cesar Geovanny Gaibor en Febrero del 2005, cuyas conclusiones se refieren a:

Para el diseño de una red de telefonía celular para la ciudad de Ambato se ha tomado en cuenta el tráfico máximo que se puede producir, también las alturas de las torres para las antenas, las antenas adecuadas para que en los receptores exista una buena señal y mejorar el funcionamiento de los sistemas celulares.

Es de gran importancia ya que fue desarrollada para conocer la estructura y el funcionamiento de un nuevo sistema de telefonía celular apoyándose en los fundamentos teóricos para entender las redes celulares con una tecnología de 3G (UMTS), otro punto importante son las interfaces y los protocolos utilizados en este diseño.

Las conclusiones a las que se ha llegado en este trabajo serán considerados en el presente trabajo investigativo.

2.2 Fundamentación

2.2.1 Fundamentación Legal

LEY ESPECIAL DE TELECOMUNICACIONES Y SU REFORMA

CAPITULO I

Art. 2.- ESPECTRO RADIOELECTRICO.- El espectro radioeléctrico es un recurso natural de propiedad exclusiva del Estado y como tal constituye un bien de dominio público, inalienable e imprescriptible, cuya gestión, administración y control corresponde al Estado.

Art. 8.- SERVICIOS FINALES Y SERVICIOS PORTADORES.

El régimen de prestación de servicios finales será:

a. Los servicios finales de telecomunicaciones y el de alquiler de circuitos se prestan en régimen de exclusividad del Estado al público en general, por gestión directa del Estado a través de la Empresa creada para tal fin, con excepción del servicio telefónico móvil automático.

El servicio telefónico móvil automático podrá ser prestado en forma directa por el Estado o por el sector privado incluso en libre competencia, por delegación del Estado.

El Reglamento Técnico de cada servicio final de telecomunicación deberá definir los puntos de conexión a los cuales se conecten los equipos terminales del mismo. Esta definición deberá contener las especificaciones completas de las características técnicas y operacionales y las normas de homologación que deberán cumplir los equipos terminales.

Art. 14.- DERECHO AL SECRETO DE LAS TELECOMUNICACIONES.- El Estado garantiza el derecho al secreto y a la privacidad de las telecomunicaciones. Es prohibido a terceras personas interceptar, interferir, publicar o divulgar sin consentimiento de las partes la información cursada mediante los servicios de telecomunicaciones.

2.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

2.3.1 TELECOMUNICACIONES

Las telecomunicaciones electrónicas son la transmisión, recepción y procesamiento de información usando circuitos electrónicos. La información se define como el conocimiento, la sabiduría o la realidad y puede ser en forma analógica (proporcional o continua), tal como la voz humana, información sobre una imagen de vídeo, o música, o en forma digital (etapas discretas), tales como números codificados en binario, códigos alfanuméricos, símbolos gráficos, códigos operacionales del microprocesador o información de base de datos. Toda la información debe convertirse a energía electromagnética, antes de que pueda propagarse por un sistema de comunicaciones electrónicas.

La figura 2.1 muestra un diagrama en bloques simplificado de un sistema de comunicaciones electrónicas mostrando la relación entre la información de la fuente original, el transmisor, el medio de transmisión (conducto), el receptor, y la información recibida en el destino. Como se muestra en la figura, un sistema de comunicaciones electrónicas consiste de tres secciones primarias: un transmisor, un medio de transmisión y un receptor. El transmisor convierte la información original de la fuente a una forma más adecuada para la transmisión, el medio de transmisión proporciona un medio de conexión entre el transmisor y el receptor (tal como un conductor metálico, una fibra óptica o espacio libre), y el receptor convierte la información recibida a su forma original y la transfiere a su destino.

La información original puede originarse de una variedad de fuentes diferentes y ser de forma analógica o digital. El sistema de comunicaciones mostrado en la figura 2.1 es capaz de transmitir información solamente en una dirección (de la estación A hacia la estación B).

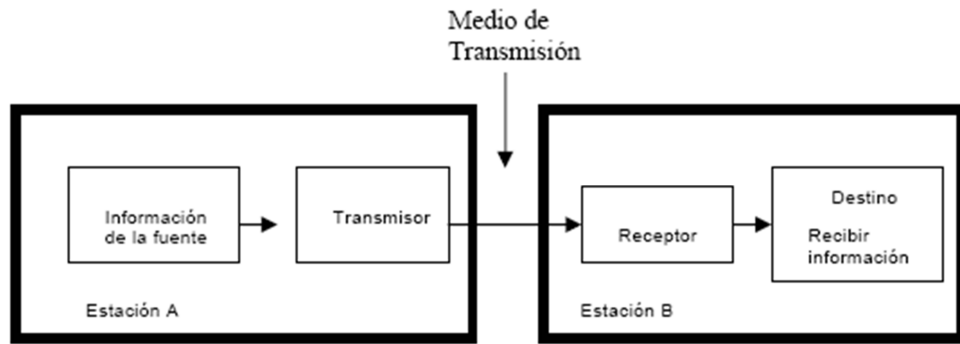


Fig. 2.1. Diagrama en bloques de un sistema de comunicaciones

Mientras que el sistema de comunicaciones mostrado en la figura 2.2 es capaz de transmitir información en ambas direcciones (de la estación A a la estación B y de la estación B a la estación A)

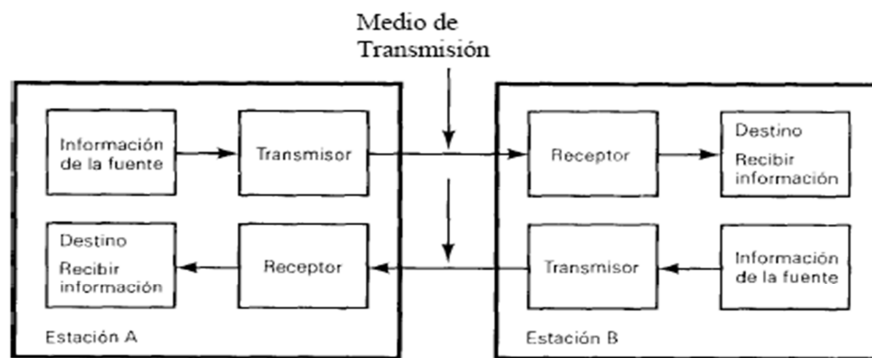


Fig.2.2 Sist. De Comunicaciones en ambas direcciones

Cuando se transmite información a partir de muchas fuentes sobre un medio de transmisión común, la información debe combinarse en una señal de información compuesta sencilla. El proceso de combinar la información en una señal de información compuesta se le llama multicanalización, y al proceso de separar la información se le llama desmulticanalización.

Existen dos tipos básicos de sistemas de comunicaciones electrónicas: analógico y digital.

Un sistema de comunicaciones analógico es un sistema en el cual la energía electromagnética se transmite y recibe en forma analógica (una señal variando continuamente tal como una onda senoidal) Los sistemas de radio comerciales

emiten señales analógicas. Un sistema de comunicaciones digital es un sistema en el cual la energía electromagnética se transmite y recibe en forma digital (niveles discretos tal como +5 V y tierra) Los sistemas binarios utilizan señales digitales que sólo tienen dos niveles discretos (bi significa dos) Frecuentemente la información de la fuente original está en una forma que no es adecuada para la transmisión y debe convertirse en una forma más adecuada antes de la transmisión.

Aunque los conceptos generales de las comunicaciones electrónicas no han cambiado mucho los métodos por los cuales estos conceptos se han implantado han sufrido cambios dramáticos y sorprendentes recientemente. No hay realmente límites sobre las expectativas para los sistemas de comunicaciones electrónicas del futuro.

2.3.2 EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El propósito de un sistema de comunicaciones electrónico es comunicar información entre dos o más ubicaciones (generalmente llamadas estaciones). Esto se logra convirtiendo la información de la fuente original a energía electromagnética y después transmitiendo la energía a uno o más destinos, en donde se convierte de nuevo a su forma original. La energía electromagnética puede propagarse en varios modos: como un voltaje o una corriente a través de un cable metálico, como ondas de radio emitidas por el espacio libre o como ondas de luz por una fibra óptica.

La energía electromagnética está distribuida a través de un rango de frecuencias casi infinito. El espectro de frecuencias electromagnéticas total que muestra las localizaciones aproximadas de varios servicios dentro de la banda se enseña en la figura 2.3. Puede verse que el espectro de frecuencias se extiende desde las frecuencias subsónicas (unos cuantos hertz) a los rayos cósmicos, (10²² Hz) Cada banda de frecuencias tiene una característica única que la hace diferente de las otras bandas.

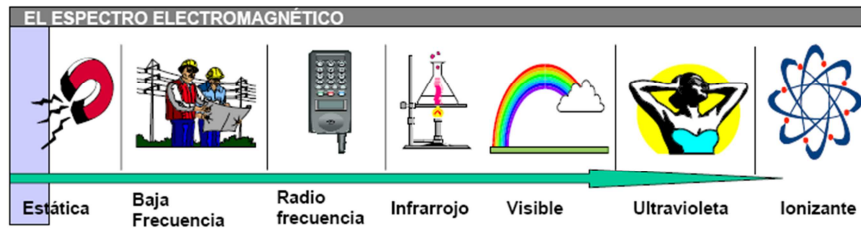


Fig.2.3 Espectro de frecuencias electromagnéticas.

Cuando se trata de ondas de radio, es común usar las unidades de la longitud de onda en vez de la frecuencia. La longitud de onda es la longitud que un ciclo de una onda electromagnética ocupa en el espacio (es decir, la distancia entre los puntos semejantes en una onda repetitiva) La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia de la onda y directamente proporcional a la velocidad de propagación (la velocidad de propagación de la energía electromagnética en el espacio libre se asume que sea la velocidad de la luz, 3×10^8 m/s).

$$f = c / \lambda$$

λ = longitud de onda (metros por ciclo)

c = velocidad de la luz (3×10^8 m/s).

F = frecuencia (hertz).

2.3.3 ANCHO DE BANDA Y CAPACIDAD DE INFORMACIÓN

Las dos limitaciones más significativas en el funcionamiento del sistema de comunicaciones son: el ruido y el ancho de banda. El ancho de banda de un sistema de comunicaciones es la banda de paso mínima (rango de frecuencias) requerida para propagar la información de la fuente a través del sistema. El ancho de banda de un sistema de comunicaciones debe ser lo suficientemente grande para pasar todas las frecuencias significativas de la información.

La capacidad de información de un sistema de comunicaciones es una medida de cuánta información de la fuente puede transportarse por el sistema, en un periodo

dado de tiempo. La cantidad de información que puede propagarse a través de un sistema de transmisión es una función del ancho de banda del sistema y el tiempo de transmisión

Los sistemas de comunicaciones electrónicas pueden diseñarse para manejar la transmisión solamente en una dirección, en ambas direcciones pero sólo uno a la vez, o en ambas direcciones al mismo tiempo. Estos se llaman modos de transmisión. Cuatro modos de transmisión son posibles: simplex, half-duplex, full-duplex- y full/full-duplex.

Simplex (SX)

Con la operación simplex, las transmisiones pueden ocurrir sólo en una dirección. Los sistemas simplex son, algunas veces, llamados sistemas de un sentido, sólo para recibir o sólo para transmitir. Una ubicación puede ser un transmisor o un receptor, pero no ambos. Un ejemplo de la transmisión simplex es la radiodifusión de la radio comercial o de televisión; la estación de radio siempre transmite y el usuario siempre recibe.

Half-duplex (HDX)

Con una operación half-duplex, las transmisiones pueden ocurrir en ambas direcciones, pero no al mismo tiempo. A los sistemas half-duplex, algunas veces se les llaman sistemas con alternativa de dos sentidos, cualquier sentido, o cambio y fuera. Una ubicación puede ser un transmisor y un receptor, pero no los dos al mismo tiempo. Los sistemas de radio de doble sentido que utilizan los botones oprima para hablar (PTT), para operar sus transmisores, como los radios de banda civil y de banda policiaca son ejemplos de transmisión half-duplex.

Full-duplex (FDX)

Con una operación full-duplex, las transmisiones pueden ocurrir en ambas direcciones al mismo tiempo. A los sistemas de full-duplex algunas veces se les llama líneas simultánea de doble senti-do, duplex o de ambos sentidos. Una ubicación puede transmitir y recibir simultáneamente; sin embargo, la estación a

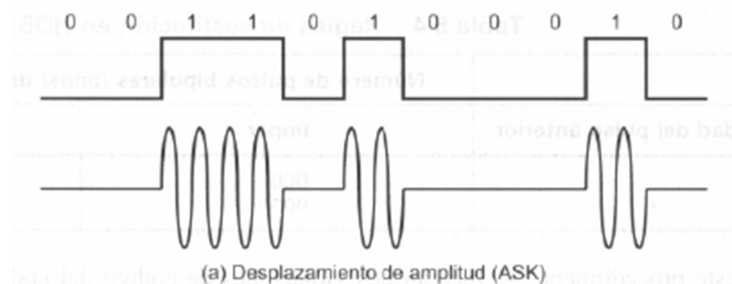
la que está transmitiendo también debe ser la estación de la cual está recibiendo. Un sistema telefónico estándar es un ejemplo de una transmisión full-duplex.

Full/full-duplex (F/FDX)

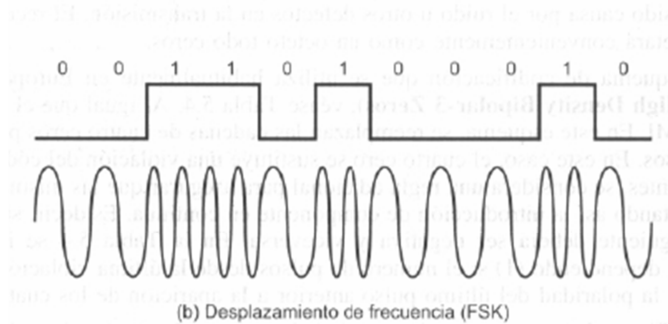
Con una operación full/full-duplex, es posible transmitir y recibir simultáneamente, pero no necesariamente entre las mismas dos ubicaciones (es decir, una estación puede transmitir a una segunda estación y recibir de una tercera estación al mismo tiempo) Las transmisiones full/full-duplex se utilizan casi exclusivamente con circuitos de comunicaciones de datos. El Servicio Postal de Estados Unidos es un ejemplo de una operación full/full-duplex.

Para realizar la transmisión de datos mediante un sistema de comunicaciones es necesario procesar a la señal original de forma que se pueda transmitir analógicamente, es decir primero debemos modular a la señal. Y existen tres técnicas básicas para la modulación de una señal en las figuras 2.4 se muestran las principales formas de modulación .

Desplazamiento de amplitud (ASK, Amplitudes-Shift Keying)



Desplazamiento de frecuencia (FSK, Frequency-Shift Keying)



Desplazamiento de fase (PSK, Phase-Shift Keying)

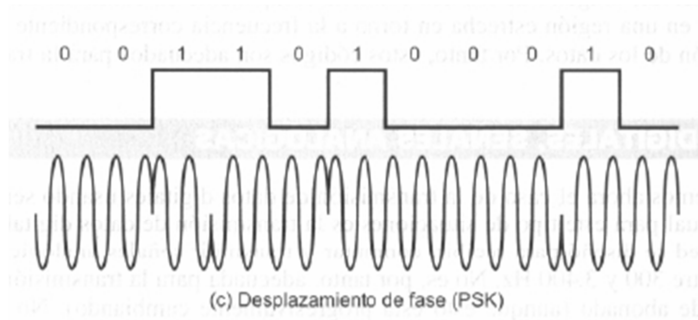


Fig.2.4 Principales formas de Modulación

2.3.4 MEDIOS DE TRANSMISIÓN

El **medio de transmisión** constituye el soporte físico que permite la transmisión de información entre dos terminales en un sistema de transmisión.

Las transmisiones se realizan mediante ondas electromagnéticas o haces de luz a través del soporte físico.

Características

Entre las características más importantes dentro de los medios de transmisión se encuentra la velocidad de transmisión, la distancia entre repetidores y el ancho de banda.

En función de la naturaleza del medio, las características y la calidad de la transmisión se verán afectadas.

Clasificación

Dependiendo de la forma de conducir la señal a través del medio, los medios de transmisión se pueden clasificar en dos grandes grupos, medios de transmisión guiados y medios de transmisión no guiados. También los medios de transmisión se caracterizan por utilizarse en rangos de frecuencia de trabajo diferentes.

Medios de Transmisión No Guiados

Los medios de transmisión no guiados son los que no confinan las señales mediante ningún tipo de cable, sino que las señales se propagan libremente a

través del medio. Entre los medios más importantes se encuentran el aire y el vacío.

Tanto la transmisión como la recepción de información se lleva a cabo mediante antenas. A la hora de transmitir, la antena irradia energía electromagnética en el medio. Por el contrario en la recepción la antena capta las ondas electromagnéticas del medio que la rodea.

La configuración para las transmisiones no guiadas puede ser direccional y omnidireccional.

En la direccional, la antena transmisora emite la energía electromagnética concentrándola en un haz, por lo que las antenas emisora y receptora deben estar alineadas.

En la omnidireccional, la radiación se hace de manera dispersa, emitiendo en todas direcciones pudiendo la señal ser recibida por varias antenas. Generalmente, cuanto mayor es la frecuencia de la señal transmitida es más factible confinar la energía en un haz direccional.

La transmisión de datos a través de medios no guiados, añade problemas adicionales provocados por la reflexión que sufre la señal en los distintos obstáculos existentes en el medio. Resultando más importante el espectro de frecuencias de la señal transmitida que el propio medio de transmisión en sí mismo.

Según el rango de frecuencias de trabajo, las transmisiones no guiadas se pueden clasificar en tres tipos: radio, microondas y luz (infrarrojos/láser).

- Transmisión de Datos y Redes de Computadores”. García Teodoro, Pedro; Díaz Verdejo, Jesús Esteban; López Soler, Juan Manuel; Ed. PEARSON, Prentice Hall. Edición: 2003.

2.3.5 Líneas Aéreas / Microondas

Líneas aéreas, se trata del medio más sencillo y antiguo q consiste en la utilización de hilos de cobre o aluminio recubierto de cobre, mediante los que se

configuran circuitos compuestos por un par de cables. Se han heredado las líneas ya existentes en telegrafía y telefonía aunque en la actualidad sólo se utilizan algunas zonas rurales donde no existe ningún tipo de líneas.

Microondas, en un sistema de microondas se usa el espacio aéreo como medio físico de transmisión. La información se transmite en forma digital a través de ondas de radio de muy corta longitud (unos pocos centímetros). Pueden direccionarse múltiples canales a múltiples estaciones dentro de un enlace dado, o pueden establecer enlaces punto a punto. Las estaciones consisten en una antena tipo plato y de circuitos que interconectan la antena con la terminal del usuario.

Los sistemas de microondas terrestres han abierto una puerta a los problemas de transmisión de datos, sin importar cuales sean, aunque sus aplicaciones no estén restringidas a este campo solamente. Las microondas están definidas como un tipo de onda electromagnética situada en el intervalo del milímetro al metro y cuya propagación puede efectuarse por el interior de tubos metálicos. Es en sí una onda de corta longitud.

Tiene como características que su ancho de banda varía entre 300 a 3.000 Mhz, aunque con algunos canales de banda superior, entre 3'5 Ghz y 26 Ghz. Es usado como enlace entre una empresa y un centro que funcione como centro de conmutación del operador, o como un enlace entre redes LAN.

Para la comunicación de microondas terrestres se deben usar antenas parabólicas, las cuales deben estar alineadas o tener visión directa entre ellas, además entre mayor sea la altura mayor el alcance, sus problemas se dan pérdidas de datos por atenuación e interferencias, y es muy sensible a las malas condiciones atmosféricas.

Microondas terrestres: Suelen utilizarse antenas parabólicas. Para conexiones a larga distancia, se utilizan conexiones intermedias punto a punto entre antenas parabólicas.

Se suelen utilizar en sustitución del cable coaxial o las fibras ópticas ya que se necesitan menos repetidores y amplificadores, aunque se necesitan antenas alineadas. Se usan para transmisión de televisión y voz.

La principal causa de pérdidas es la atenuación debido a que las pérdidas aumentan con el cuadrado de la distancia (con cable coaxial y par trenzado son logarítmicas). La atenuación aumenta con las lluvias.

Las interferencias es otro inconveniente de las microondas ya que al proliferar estos sistemas, puede haber más solapamientos de señales.

Microondas por satélite: El satélite recibe las señales y las amplifica o retransmite en la dirección adecuada. Para mantener la alineación del satélite con los receptores y emisores de la tierra, el satélite debe ser geoestacionario.

Se suele utilizar este sistema para:

- Difusión de televisión.
- Transmisión telefónica a larga distancia.
- Redes privadas.

El rango de frecuencias para la recepción del satélite debe ser diferente del rango al que este emite, para que no haya interferencias entre las señales que ascienden y las que descienden.

Debido a que la señal tarda un pequeño intervalo de tiempo desde que sale del emisor en la Tierra hasta que es devuelta al receptor o receptores, ha de tenerse cuidado con el control de errores y de flujo de la señal.

Las diferencias entre las ondas de radio y las microondas son:

- Las microondas son unidireccionales y las ondas de radio omnidireccionales.
- Las microondas son más sensibles a la atenuación producida por la lluvia.

- En las ondas de radio, al poder reflejarse estas ondas en el mar u otros objetos, pueden aparecer múltiples señales "hermanas".

2.3.6 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES

La evolución de los sistemas de telecomunicaciones de banda ancha en los últimos tiempos ha permitido plantear la posibilidad de una serie de servicios que, aprovechando este tipo de tecnologías, permitan mejorar la calidad de vida de los usuarios.

Las modernas técnicas de comunicación multimedia que trascienden la tradicional unidireccionalidad de la misma (Radio, Televisión) y permiten un intercambio bidireccional de información, llevan a un nuevo umbral los servicios que pueden atenderse o recibirse telemáticamente y permiten añadir un paso significativo en la implantación de la denominada Sociedad de la Información.

La revolución de la tecnología, los mercados y las actitudes, estimulada por el mayor conocimiento debido a la comunicación, convierte rápidamente en realidad la economía mundial de que se viene hablando desde hace tiempo. La revolución de las actitudes tal vez sea la más importante y la más caracterizada por el término “poder”.

La primera idea esencial es que, en gran parte como resultado de la evolución de la tecnología de las comunicaciones, el mundo ha entrado en una era mundial en la que nuestra primera referencia es o debe ser el mundo global, y no la familia, la tribu, la cultura, la religión o la nación.

La segunda idea esencial es que vivimos en una “economía de la información”, en la que la producción, el procesamiento y la distribución de información son ya una actividad económica importante por derecho propio.

La tercera idea esencial es que, como resultado de la evolución de la informática, en principio no hay razones para que las máquinas inteligentes no puedan realizar actividades reservadas antes al ser humano, y hacerlo tan bien si no mejor. Hoy la tecnología de la información transforma, para bien o para mal, trabajo, ocio, política, finanzas, educación y atención de salud.

Tendencias en los Servicios, las Redes y las Tecnologías

Los servicios, las redes y las tecnologías de las telecomunicaciones han avanzado juntas, influyéndose mutuamente, como se muestra en la figura 2.5. En el decenio de 1980 se han investigado nuevos paradigmas de las telecomunicaciones.

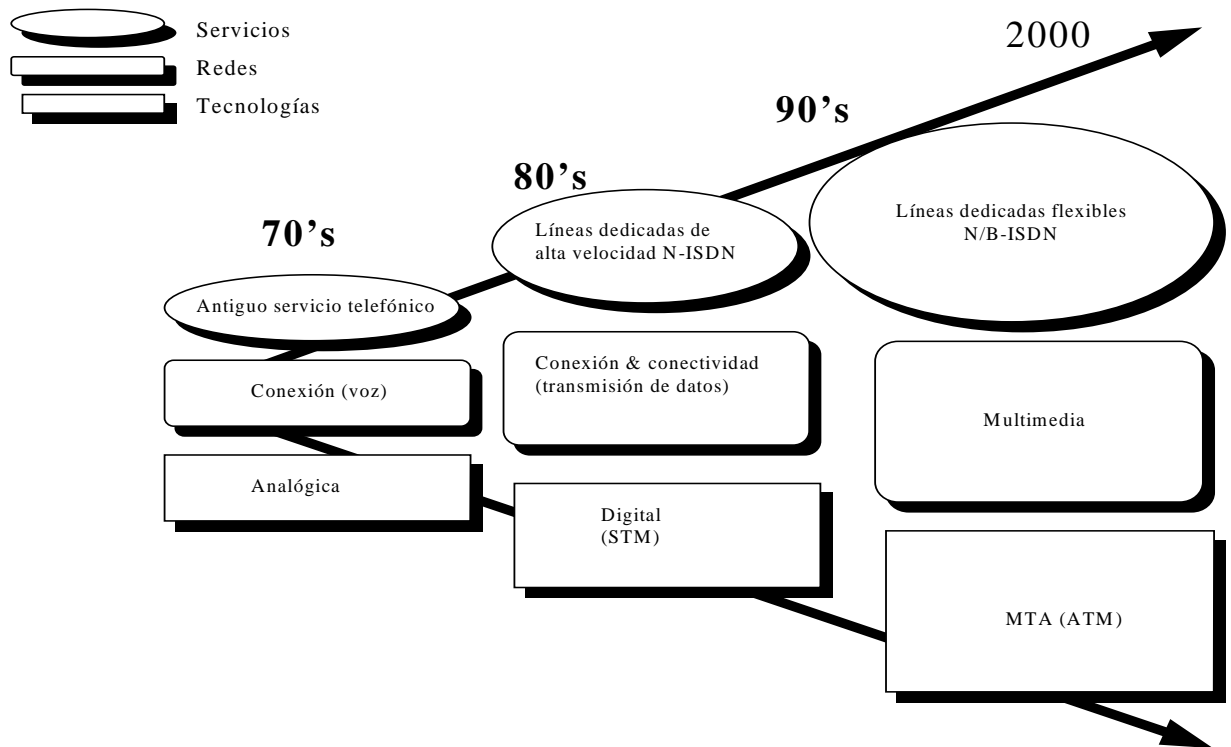


Fig. 2.5. Evolución de los sistemas de comunicaciones

2.3.7 El invento del teléfono y las redes de telefonía

En febrero de 1876, Alexander Graham Bell registra la patente de su teléfono basado en el principio de la resistencia variable. Este teléfono, en esencia, consta

de un transmisor y un receptor unidos por un hilo metálico a través del cual pasa la electricidad. Las vibraciones en la membrana del transmisor originan variaciones eléctricas en el circuito gracias a un electroimán (originalmente se conseguía con una solución ácida líquida). Al actuar sobre el electroimán del equipo receptor, estas variaciones eléctricas producen vibraciones mecánicas en una membrana que son réplica de las vibraciones sufridas en la membrana del transmisor. En principio se podía hablar y escuchar por un solo tubo, pero para mayor comodidad se separó en dos piezas.

El teléfono pasó a evolucionar rápidamente, lo que permitió incrementar la calidad de la voz transmitida y la distancia de alcance. En 1877, año en que se crea la empresa Bell, Thomas Edison patenta un transmisor mejorado que se basa en un bloque con un granulado de carbón que varía su densidad y conductividad en función de la presión de la onda sonora incidente. Las primeras comunicaciones telefónicas se llevaban a cabo uniendo los teléfonos directamente como se muestra en la figura 2.6, por lo que dos personas que deseen hablar, tan sólo deben comprar un teléfono y unirlos con un cable hasta el otro.

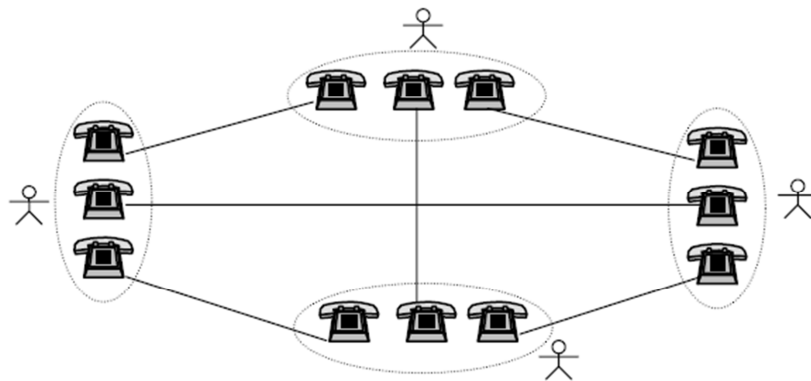


Fig. 2.6 Red telefónica básica.

2.3.8 SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES

Las comunicaciones móviles son actualmente el área de crecimiento más rápido dentro del sector de las telecomunicaciones, especialmente la telefonía móvil celular. En todo el mundo, a principios de 1999 existen cerca de 200 millones de

usuarios móviles de telefonía celular y es evidente que el número de usuarios continuará creciendo en los próximos años, alcanzando una cifra superior a los 100 millones en el año 2000 sólo en la Unión Europea. La explicación a este crecimiento del mercado se encuentra en el rápido avance de la tecnología, las oportunidades comerciales que se asocian con la movilidad personal y la bajada de precios en los equipos y de las propias tarifas de conexión y por tráfico.

Los sistemas de comunicaciones personales (PCS) comprenden un amplio rango de servicios que, más allá de la simple movilidad, permiten al usuario disponer de conexión telefónica con independencia de su localización física, el terminal empleado y el medio de transmisión. Para ello, emplean tanto las tecnologías móviles como las funciones de red inteligente de la red fija, todas ellas tienden a integrarse en la llamada UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). La figura 2.7 muestra un esquema básico de las comunicaciones móviles.



Fig. 2.7 Esquema básico de las comunicaciones móviles.

Arquitectura de un Sistema Móvil

Un esquema básico de los sistemas móviles está formado por las estaciones bases que actúan directamente con los usuarios, las centrales controladas y un PSTN donde se localiza de manera adecuada el número del receptor de la llamada o determinar si es una llamada local o al exterior vinculando tres módulos principales mostrados en la figura 2.8; el centro de conmutación móvil(MSC), Registro de Ubicación Visitante(VLR) y el Registro para Ubicación en Casa (HLR)

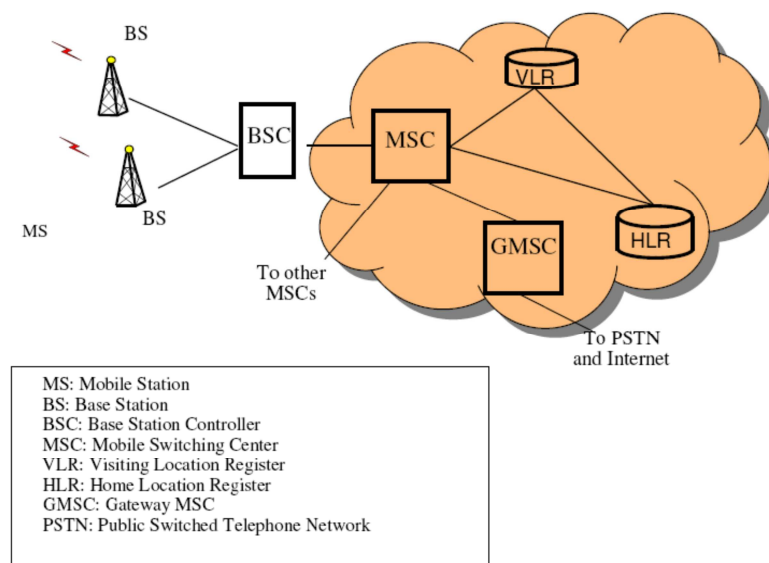


Fig. 2.8 Arquitectura de un sistema móvil.

Arquitectura de la red de un sistema móvil inalámbrico.

Básicamente la arquitectura de un sistema móvil mostrado en la figura 2.9 consiste en un teléfono móvil conectado al mundo de en una forma inalámbrica, hacia una estación base (BS) en una celda que limita un espacio terreno, las estaciones móviles comunica a las estaciones bases utilizando diferentes tipos de tecnologías tales como FDMA, TDMA, CDMA entre otras, luego las estaciones bases son reunidas en un punto denominado Estación Base Controlada (BSC), a la estación base controlada llega la señal de una etapa denominada PCF o función para el control de paquetes los cuales provienen de un servidor principal llamado PDSN el cual está conectada a la red de internet mediante el protocolo IP, para completar la red inalámbrica es necesario utilizar una puerta de enlace hacia una red WLAN la cual posee computadoras conectadas a un Access Point.

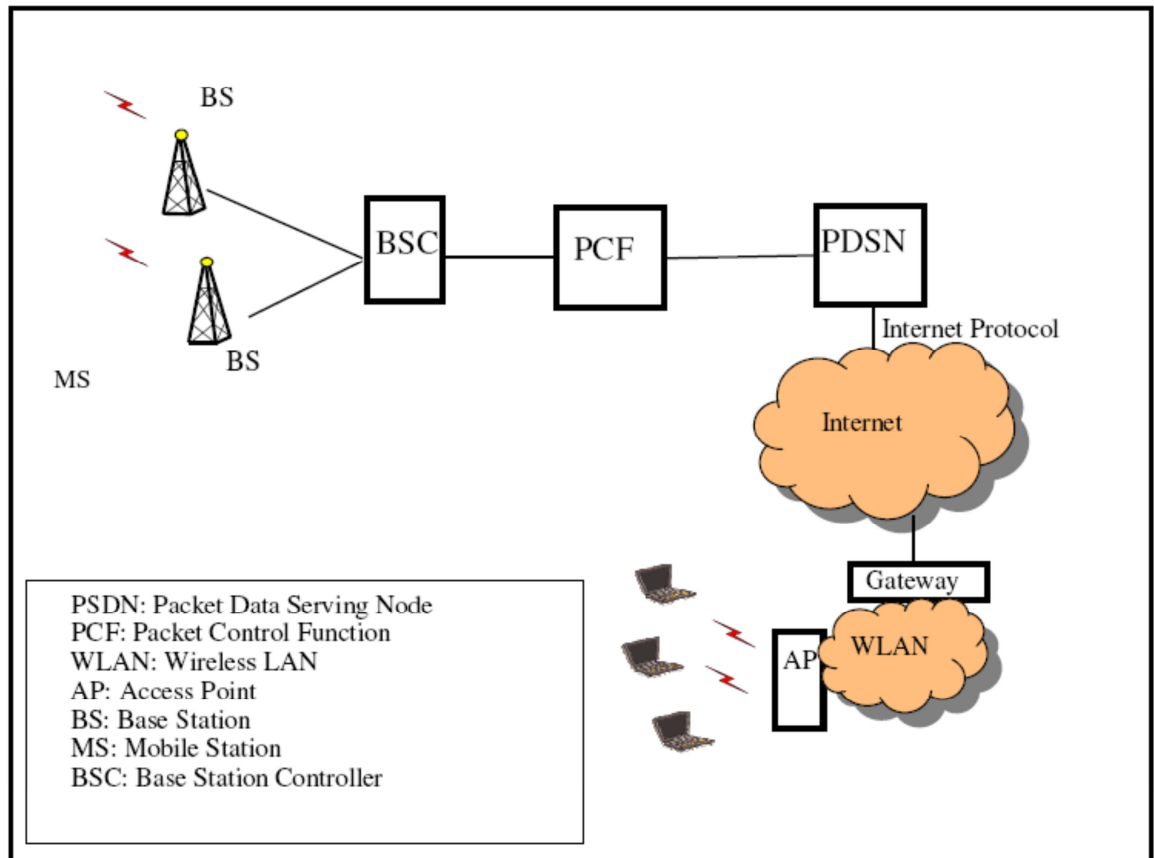


Fig. 2.9 Red de un sistema móvil e inalámbrico.

Servicios móviles de datos

En los últimos años hemos visto cómo han evolucionado las posibilidades de ofrecer servicios móviles de transmisión de datos. El primer paso se dio con la introducción del GPRS en el GSM, donde aparece la posibilidad de transferir los datos en forma de paquetes en vez de utilizar un circuito dedicado durante toda la comunicación (modo circuito). El siguiente avance se da con la llegada del UMTS que al incorporar un subsistema de radio más avanzado permite unas mayores velocidades de transmisión.

Hay dos características fundamentales en la percepción de la calidad de los servicios móviles que usan la transmisión de datos: la velocidad de transmisión y el retardo.

Hasta ahora la tecnología utilizada en la interfaz radio no permitía ofrecer unas velocidades de transferencia de datos suficientes para que resultaran adecuadas muchas de las aplicaciones posibles. Así, con la introducción del UMTS se pasó de una velocidad de descarga de 171 kbit/s teóricos, del GPRS (que en la práctica se quedaban en unos 40/80 kbit/s) a los 384 kbit/s (que en la práctica se quedan en unos 128/240 kbit/s).

Con el HSDPA (Acceso de paquetes con alta velocidad en enlace de bajada) está velocidad aumenta hasta un máximo teórico de 14 Mbit/s (que en condiciones usuales suponen unos 3 ó 4 Mbit/s), pudiéndose hablar ya de aplicaciones de alta velocidad en movilidad.

En lo que respecta al retardo, los usuarios de servicios basados en conmutación de circuitos tienen asegurada la respuesta de la red. Así, la calidad de una llamada de voz o de una video llamada puede medirse en términos del número de errores en la transmisión del flujo de datos correspondiente, producido por las condiciones de la propagación de la radio para el usuario. Sin embargo, el usuario que se descarga una página web o un video-clip mediante conmutación de paquetes de datos, percibe la calidad del servicio en términos del retardo experimentado desde que comienza la descarga hasta que puede visualizar dicha página o video-clip en su terminal.

2.3.9 TECNOLOGÍAS PARA LAS TELECOMUNICACIONES

El término tecnología, cobra el sentido que utilizaremos a partir del surgimiento de la Ilustración, con la aparición de las denominadas ciencias positivas, donde su método es al estilo de las ciencias físico- matemáticas. Los Ilustrados consideraron que la razón y el procedimiento físico matemático son omnipotentes para resolver todos los enigmas del universo y todos los problemas de la sociedad, bajo esta perspectiva, entonces, se desarrollaron tanto las ciencias naturales como las que se refieren al ámbito social, buscando leyes aplicables a toda la realidad.

Por ende, los filósofos de la ilustración consideraron que su tarea era construir una base, al estilo de las ciencias físico-matemáticas, en la búsqueda de leyes universales, entonces se hizo necesario desarrollar métodos que asegurasen conocer la realidad y es allí donde surge la tecnología como herramienta al servicio de las ciencias positivas.

Las tecnologías aparecen con la necesidad de:

Innovación, manejo y acceso a nuevas tecnologías, determinan y condicionan el desarrollo económico de las naciones y la mejora en la calidad de vida de sus habitantes.

Impulsan a la productividad con calidad y al crecimiento económico.

Existe particular atención a la función de la información, la tecnología y la educación en los resultados económicos y sociales. Surge el concepto de “la economía basada en el conocimiento”.

La educación, el acceso a información de calidad y la capacidad de su manejo y procesamiento, son la línea de corte que amplía la brecha económica y social entre los que pueden acceder al conocimiento y los que van quedando al margen.

2.3.10 LA EVOLUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS, LOS ESTÁNDARES Y EXPANSIONES DE LAS REDES 2G-3G

La **primera generación** de teléfonos móviles fue con los sistemas analógicos que emergieron en la época de 1980s.

La segunda generación de teléfonos móviles digitales aparecía en 1990s al mismo tiempo que las primeras redes móviles digitales. Durante la segunda generación, la industria de telecomunicaciones móviles experimentó el crecimiento exponencial en relación con abonados. Las segundas redes de generación admitieron el soporte de datos limitado en la extensión de 9.6 kbps a 19.2 kbps.

Las redes telefónicas tradicionales son usadas principalmente para la transmisión de voz, y están basadas en la conmutación de circuitos.

Las redes de 2.5G, permitieron el sistema general de paquete radio (GPRS), son una extensión de las redes de segunda generación, estas redes utilizan la conmutación de circuitos para voz y la conmutación de paquetes para la transmisión de datos, resultando popular en la conmutación de paquetes para mejorar el ancho de banda siendo así mucho más eficientemente.

En este sistema, a cada usuario se le asigna un ancho de banda, y los usuarios son facturados solamente para la cantidad de los datos transmitidos.

La tercera generación 3G de las redes de comunicaciones fueron propuestas para eliminar las fallas que implicaban utilizar las redes de 2G y 2.5G, especialmente la baja velocidad de transmisión y la compatibilidad entre las tecnologías tales como acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), acceso múltiple por división de código (CDMA) usadas en diferentes países.

Las expectativas de la tercera generación incluía el incremento en el ancho de banda, 128Kbps para las terminales móviles y 2Mbps para aplicaciones, en teoría 3G debería trabajar bien en Norte América como lo fue en las interfaces inalámbricas de Europa y Asia. El contenido de los estándares para tercera generación con resuelve los problemas y diferencias en la comunicación entre todas las tecnologías de Norte América y Europa.

Las principales tecnologías para las redes inalámbricas de la tercera generación es el acceso de alta velocidad en la descarga de paquetes (HSDPA), el Sistema Global Móvil (GSM), la Evolución Global de Datos Extensos (EDGE) finalmente el desarrollo de las tecnologías hace que aparezca la multiplexación por división de longitud de onda que aumenta las transmisiones de datos por medio del protocolo IP.

Sistema GSM (2G)

GSM viene de “Global System for Mobile Communications” (Sistema Global de comunicaciones Móviles), GSM es un sistema de telefonía netamente digital, originalmente se definió como un estándar europeo abierto para redes de teléfonos móviles digitales que soportan voz, mensajes de texto, datos y roaming. GSM corresponde a la segunda generación (2G) más importante del globo terrestre.

El sistema GSM utiliza una variación de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), esto quiere decir que a cada usuario se le asigna un intervalo temporal denominado “slot”, en el que su información, normalmente es de voz. Posteriormente en la estación se procesa para formar una única corriente de información, GSM y es el que más se llegó a utilizar entre las tres tecnologías de telefonía móvil (TDMA, GSM y CDMA), este sistema opera a cualquiera de los 900MHz o 1800Mhz de banda de frecuencia.

Sistema GPRS (2.5G)

GPRS que viene de “Global Packet Radio System”. Es la evolución de el sistema GSM, permite a las redes celulares una mayor velocidad y ancho de banda sobre el GSM. GPRS es un equivalente de ADSL para un teléfono móvil, considerado de la generación 2.5. Este sistema permite una conexión de alta velocidad y capacidad de datos y que esta disponible para navegar páginas WAP, Wireless Application Protocol (protocolo de aplicaciones inalámbricas). El pago en los servicios que nos ofrece este sistema corresponde con la cantidad de datos que son descargados. GPRS también nos permiten navegar páginas a color y tomar parte en mensajes multimedia. La gran mayoría de teléfonos móviles que se lanzaron en el 2003 tiene acceso a la conexión GPRS. Se dice que este sistema fue un puente para pasar a la tecnología UMTS.

Sistema UMTS (3G)

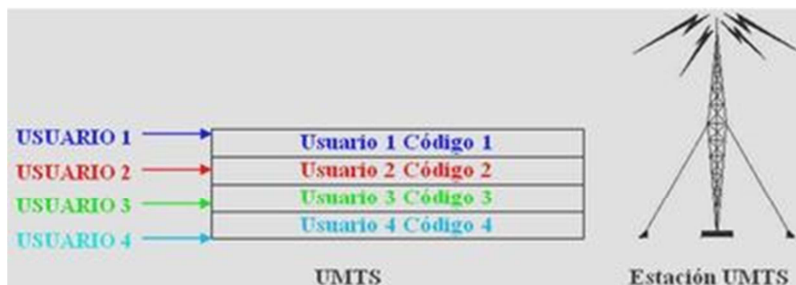


Fig. 2.10 Sistema UMTS, comportamiento frente a cuatro usuarios

La figura 2.10 muestra el comportamiento de UMTS a cuatro usuarios y que es un sistema de acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA), UMTS nació con el objetivo de ser un sistema multi-servicio y multi-velocidad, esto quiere decir que tienes suficiente flexibilidad para poder adaptarse a transmisiones de datos de diferentes velocidades y requisitos distintos, incluso permite a un usuario el acceso de diversas conexiones de distintos servicios simultáneamente. Por ejemplo, un usuario puede estar enviando un correo electrónico a la vez puede estar descargando archivos de la red, por supuesto que esto dependerá de los servicios que le brinda el operador.

UMTS tienes esta capacidad y flexibilidad que se debe a dos factores. El primero lo encontramos en el acrónimo de WCDMA. La letra W hace razón a Wideband que significa banda ancha, UMTS tienes una banda ancha de 5MHz, esto hace la posibilidad de transferir datos a velocidades de hasta 2Mbps, gracias a esta velocidad podemos acceder a servicios como televisión móvil, videoconferencias, servicios de mapas para la ubicación del usuario y otros.

La estructura de UMTS versión 5 mostrado en la figura 2.11, es introducido al mundo de las comunicaciones en el 2002 High Speed Downlink Packet Access (HSDPA), también incorpora un nuevo plano para gestión de servicios multimedia.

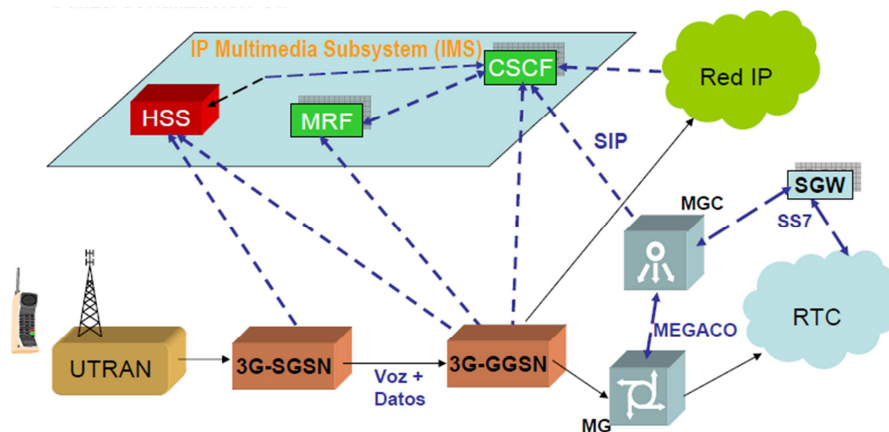


Fig. 2.11 Estructura de UMTS

Características de la tecnología HSDPA

La tecnología HSDPA consigue esta mejora gracias a una serie de técnicas empleadas en la interfaz radio, como son: Transmisión en canal compartido. Se introduce un nuevo canal de transporte en el enlace descendente denominado HS-DSCH (*High-Speed Downlink Shared Channel*). Con ello los usuarios comparten una serie de recursos utilizados por la radio (como los códigos de canal y la potencia) de forma dinámica en el tiempo con lo que se consigue una mayor eficiencia. Asimismo, los intervalos utilizados para cada transmisión son más cortos (2 ms).

Adaptación rápida del enlace. La velocidad de transmisión de datos varía de forma rápida según las condiciones del canal de radio. Este método es más eficiente, para los servicios que pueden tolerar este tipo de variaciones en periodos muy cortos, que compensar las degradaciones de la radio aumentando la potencia de la señal (que es lo que se hacía hasta ahora). Ver Figura 2.12.

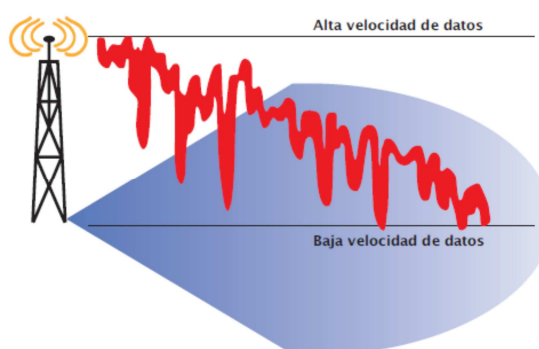


Fig. 2.12 Adaptación a las condiciones del enlace radio.

Aumento de la velocidad de descarga, con lo que se mejora la percepción del servicio por los usuarios. Ver Figura 2.13.

Menores retardos. La respuesta de la red es más rápida por lo que la percepción de muchos servicios (como *web browsing*) es mejor y es posible introducir servicios de tipo interactivo (como juegos en tiempo real en red).

Aumento de la capacidad del sistema. Por lo que se evitan problemas de congestiones en determinadas circunstancias.

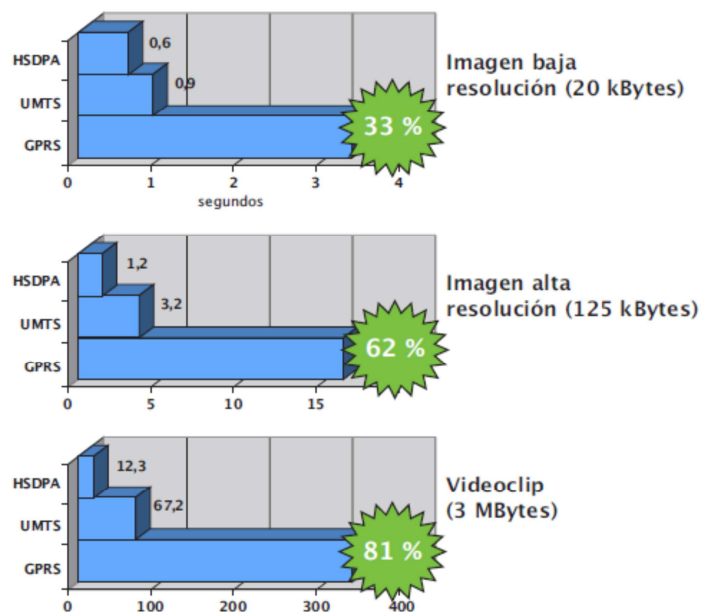


Fig. 2.13 Mejoras en las descargas con HSDPA

2.3.11 EVOLUCIÓN A LAS TECNOLOGÍAS DE CUARTA GENERACION

Por más que la tecnología móvil va ganando terreno en todas partes del planeta, todavía le falta largo camino para remplazar en si a una computadora integra. Mucho se comenta que el futuro va a ser regido por pequeños gadgets con conexión, ya sea por medio de celulares, radios wi-fi de aquí a un par de años, estos instrumentos tendrán conexión web y gran capacidad de procesamiento y memoria.

Como en 1995 tuvimos el estándar 2G, el cual es una mejor calidad de voz y la posibilidad de mandar SMS (mensajes de texto), y a fines de 2003 el 3G, ya mas dedicado a la multimedia y conexiones a mejores velocidad, se estima que el 2012 llegara de la mano del estándar 4G, con esto tendremos muchas tecnologías en convergencia, además de una gran cantidad de servicios, habrá desde mensajería multimedia hasta TV de alta definición, DVB, vídeo chat, y vídeo y TV por demanda.

También se dejara de lado el wi-fi, y se pasara al WiMax, propuesto por el mismo Intel, este reemplazo podrá llevar la tecnología inalámbrica hasta distancias de 50 kilómetros en un principio, sobre el tema de velocidad de conexión, se estima una velocidad de 1GB por segundo, alta diferencia con lo que rige hoy día el 3G, ver la figura 2.14.

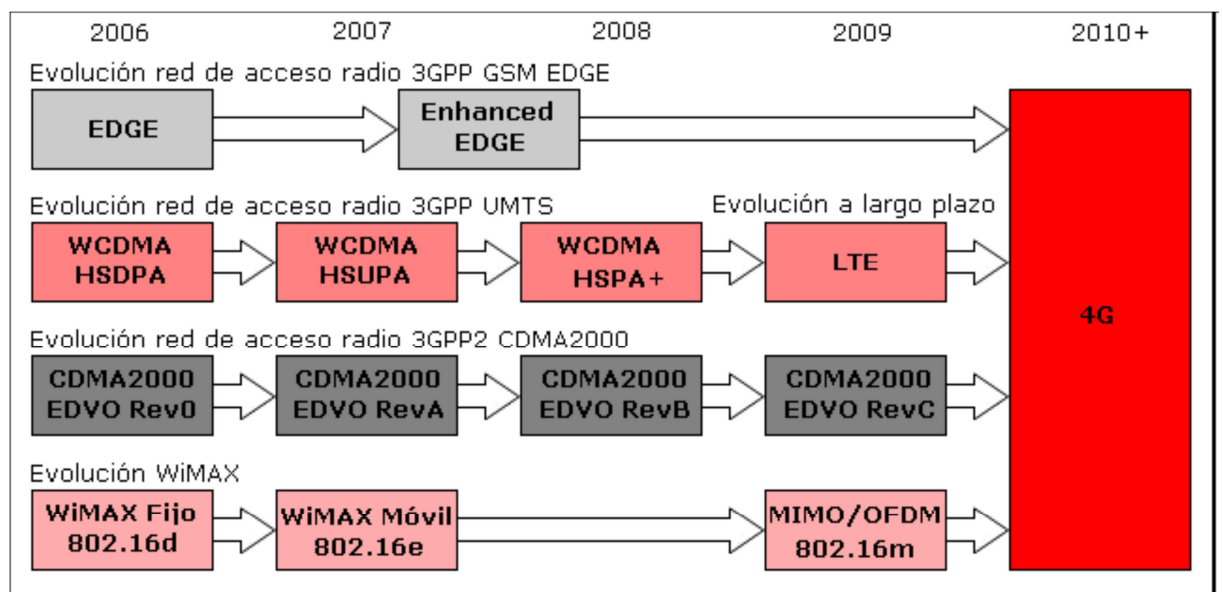


Fig. 2.14 Evolución y convergencia de las tecnologías móviles

Las dos tendencias más importantes en la industria de telecomunicaciones hoy en día son el desarrollo significativo de las redes celulares y el aumento rápido del uso de la Internet. También tenemos el incremento de la movilidad en las aplicaciones de datos orientados al cambio en el ambiente de las redes de telecomunicaciones. Estos nuevos acontecimientos presentan desafíos importantes

para la industria y el libre desarrollo de equipos e infraestructura para los proveedores.

Este tipo de estudios en las tecnologías lograrían cambiar radicalmente las redes de comunicaciones en el futuro para optimizar la transmisión de datos y mejorar la calidad en las transmisiones de voz para los terminales móviles. Las futuras infraestructuras de telecomunicaciones estarán basadas en el protocolo IP donde todo será operado en paquetes, los nuevos servicios como el video, servicios multimedia en las futuras redes de telecomunicaciones ampliarán el uso de las tecnologías.

Un aumento explosivo es esperado en las comunicaciones móviles durante la próxima década con las velocidades más altas y los formatos de uso más diversos en las grandes capacidades que provee la tercera generación en las comunicaciones sistemas móviles. En consecuencia, los estudios están siendo llevados a cabo para contraer la cuarta generación de sistemas móviles. La cuarta generación de las comunicaciones móviles involucra una mezcla de los conceptos y las tecnologías en potencia.

Algunos pueden ser reconocidos u obtenidos de 3G mientras que los otros involucran los nuevos enfoques para redes móviles inalámbricas. Estas mejoras incluyen sistemas de video continuo multimedia y flexible acceso universal mejorado y la portabilidad de interconectar todos los tipos de dispositivos. Las ventajas de 4G incorporadas alrededor del mundo serían capaces de enviar y recibir los datos de video, tanto en las 3G como redes de 4G con niveles diferentes de QoS.

4G son las siglas de la cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil. Al día de hoy no hay ninguna definición de la 4G, pero podemos resumir en qué consistirá en base a lo ya establecido.

La 4G estará basada totalmente en IP siendo un sistema de sistemas y una red de redes, alcanzándose después de la convergencia entre las redes de cables e inalámbricas así como en ordenadores, dispositivos eléctricos y en tecnologías de la información así como con otras convergencias para proveer velocidades de acceso entre 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo, manteniendo una calidad de servicio (QoS) de punta a punta (end-to-end) de alta seguridad para permitir ofrecer servicios de cualquier clase en cualquier momento, en cualquier lugar, con el mínimo coste posible.

Para conseguir estos exigentes objetivos se están planteando arquitecturas de red que tienden a simplificar al máximo la jerarquía, hablándose de estructuras planas. En estas arquitecturas, la radio cobra un gran protagonismo ya que debe asumir funciones actualmente distribuidas en otras plataformas. Ver Figura 2.15.

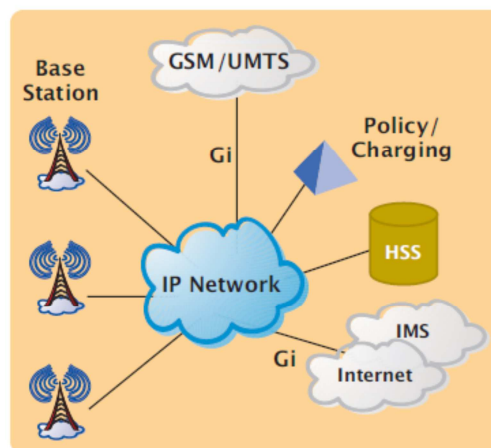


Fig. 2.15 Arquitectura plana de red.

El WWRF (Wireless World Research Forum) define 4G como una red que funcione en la tecnología de Internet, combinándola con otros usos y tecnologías tales como Wi-Fi y WiMAX, 3GPP, LTE. La 4G no es una tecnología o estándar definido, sino una colección de tecnologías y protocolos para permitir el máximo rendimiento de procesamiento con la red inalámbrica más barata. El IEEE aún no se ha pronunciado designando a la 4G como “más allá de la 3G”.

En Japón ya se está experimentando con las tecnologías de cuarta generación, estando NTT DoCoMo a la vanguardia. Esta empresa realizó las primeras pruebas con un éxito rotundo (alcanzó 100 Mbps a 200 km/h) y espera poder lanzar comercialmente los primeros servicios de 4G en el año 2010. En el resto del mundo se espera una implantación sobre el año 2020.

El concepto de 4G englobado dentro de 'Beyond 3-G' incluye técnicas de avanzado rendimiento radio como MIMO y OFDM. Dos de los términos que definen la evolución de 3G, siguiendo la estandarización del 3GPP, serán LTE ('Long Term Evolution') para el acceso radio, y SAE ('Service Architecture Evolution') para la parte núcleo de la red.

Como características principales tenemos:

- Para el acceso radio abandona el acceso tipo CDMA característico de UMTS.
- Uso de SDR (Software Defined Radios) para optimizar el acceso radio.
- La red completa prevista es todo IP.
- Las tasas de pico máximas previstas son de 100 Mbps en enlace descendente y 50 Mbps en enlace ascendente (con espectros en ambos sentidos de 20 Mhz).

La tercera generación de los sistemas móviles es utilizada para poseer una movilidad global y poder realizar llamadas de voz, paginación, mensajería, Internet y proveer un mejor ancho de banda para datos. ITM-2000 define los estándares aplicables para Norte América, en Europa su equivalente UMTS, la tercera generación ofrece un ancho de banda mayor para tener un acceso multimedia mientras el futuro de las comunicaciones está basado en todo sobre IP lo que conlleva a una cuarta generación de comunicaciones móviles corrigiendo las deficiencias de 3G.

La arquitectura de 4G de la figura 2.16, podría incluir tres áreas básicas de conectividad redes PAN's como Bluetooth, WAN's como la IEEE 802.11 o la conectividad celular a continuación se muestra el esquema para una conexión en redes de cuarta generación (4G).

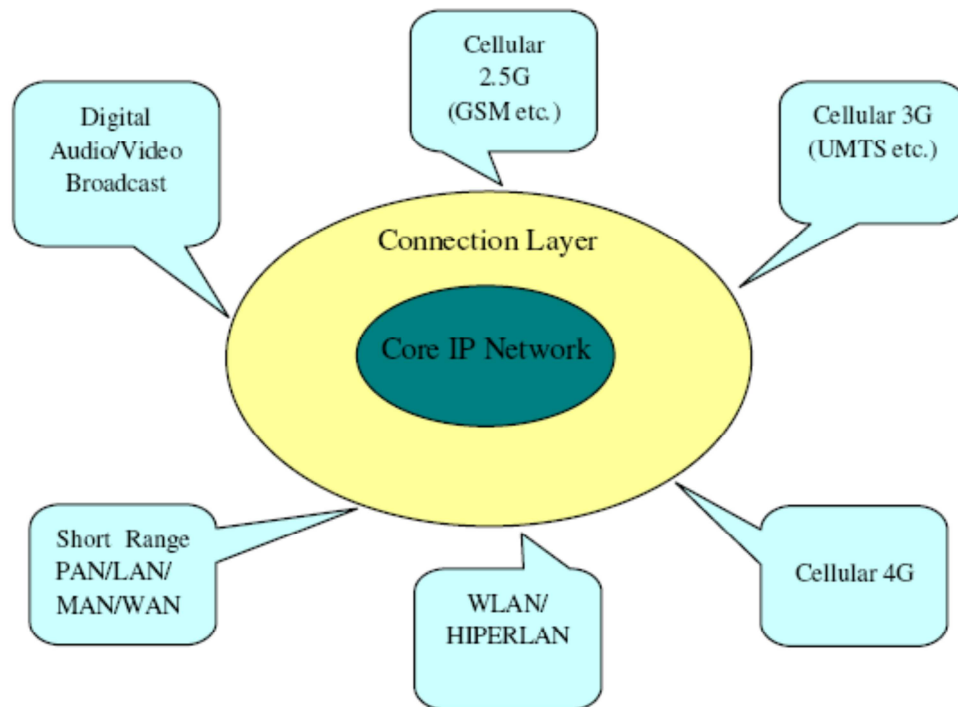


Fig. 2.16 Arquitectura de 4G.

Conexión en redes 4G

La mayor parte de empresas dedicadas a las comunicaciones inalámbricas se enfocan hacia el IPv6 ya que este protocolo les ayudaría a introducir nuevos servicios y acercándose a la cuarta generación.

La otra gran ventaja de la 4G será la velocidad. Mientras que las redes 3G proporcionan

2 megabits por segundo, la 4G alcanzará desde 20 a 200 megabits por segundo en los tramos UMTS, e incluso un gigabyte en las redes locales y los hotspots, gracias a ello podrán utilizarse varias aplicaciones de forma simultánea, como

videoconferencias o reproducción de películas a través del móvil con la máxima resolución. Aunque la 4G empieza a asomar en las conferencias y debates especializados, ya existen operadoras y fabricantes que experimentan con ella, especialmente en Asia.

2.3.12 LTE (Long Term Evolution)

LTE tiene muchos puntos para convertirse en el nuevo estándar de las redes inalámbricas de alta velocidad, y puede añadirse a las redes existentes WCDMA y HSDPA sin necesidad de añadir infraestructura adicional. Con velocidades de descarga de hasta 60 Mbps y envíos de información de hasta 40 Mbps, la **tecnología LTE** es totalmente capaz de recibir streaming de alta definición en tiempo real, sin cortes ni tiempo de buffer.

- 6 veces más veloz que HSDPA (High Speed Download packet Access).
- 8 veces más rápido que el HSUPA (High Speed Uplink Packet Access).
- Los terminales móviles desarrollados para redes LTE pueden descargar una película de 700 megabytes en 90 segundos.

La llegada de esta tecnología a nuestros teléfonos móviles permitirá que la prometida videoconferencia. También facilitará enormemente el streaming, es decir descargar películas desde el servidor en modo visualización y la subida de contenidos por parte del usuario desde una cámara de vídeo, etc.

La figura 2.17 indica el desarrollo de LTE y describe el trabajo de estandarización de modelos hacia la cuarta generación para mejorar los sistemas de comunicaciones móviles definiendo una alta velocidad de transmisión junto a método de acceso de radio. LTE conjuga todas las tecnologías evolucionadas para mejorar de manera impredecible las comunicaciones de móviles en movimiento.

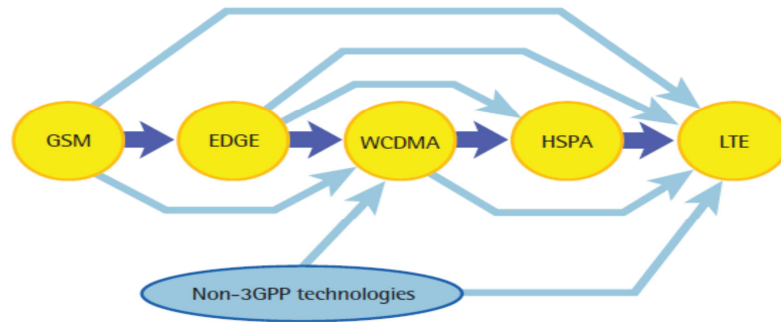


Fig.2.17 Desarrollo de LTE.

Existe un camino evolutivo claramente definido para la familia de tecnologías GSM llamado Evolución para el Largo Plazo (LTE).

- En 2007, las especificaciones del 3GPP para LTE Versión 8 están próximas a concluir, y el enfoque OFDMA del 3GPP iguala o supera las capacidades de cualquier otro sistema OFDMA. La disponibilidad de productos se prevé para 2009.
- El 3GPP informa velocidades de transmisión máximas teóricas de hasta 326 Mbps en 2X20 MHz con 4X4 MIMO.
- LTE supone una arquitectura de red totalmente basada en IP, y está diseñada para dar soporte a voz en el dominio de los paquetes.

Para cumplir los objetivos principales de LTE se está diseñando un esquema básico de la red de comunicaciones móviles.

GRAFICO DE INCLUSIÓN DE LAS VARIABLES



Fig.2.18 Inclusión de variable independiente

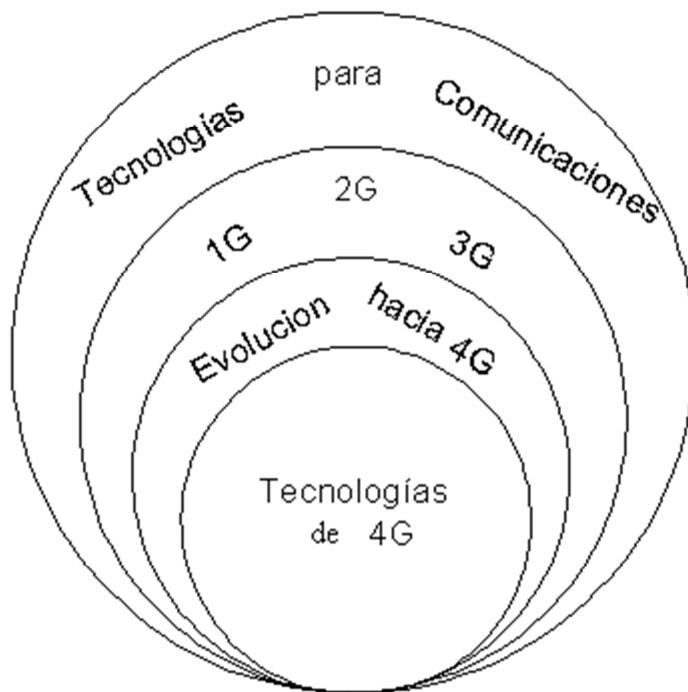


Fig.2.19 Inclusión de variable dependiente

2.4 Hipótesis

¿El estudio de un sistema de comunicaciones móviles mejorará la calidad de servicios móviles aumentando las velocidades de transmisión de datos y garantizando la conexión entre usuarios a través de tecnologías orientadas a la cuarta generación?

2.5 Variables

2.5.1 Variable Independiente.

Sistemas de comunicaciones móviles.

2.4.2 Variable Dependiente.

Tecnología LTE (Long Term evolution) de cuarta generación.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 Enfoque

La presente investigación estuvo enmarcada dentro del paradigma crítico propositivo por lo tanto existió un enfoque cualitativo porque se realizó una investigación de todas las causas y factores referentes al tema del proyecto y la información proporcionada servirá de referencia para interpretarla con el sustento científico y profesional con lo que se pretende solucionar el problema de las telecomunicaciones.

3.2 Modalidad básica de la investigación.

3.2.1 Investigación Bibliográfica - Documental

Se realizó una investigación bibliográfica - documental para poder obtener información más profunda con respecto a problemas similares, de esta manera se recopiló información valiosa que servirá de apoyo en la realización del proyecto.

3.3 Nivel o tipo de Investigación

3.3.1. Exploratorio

Se realizó una investigación que permite conocer las características actuales de los sistemas de comunicación móvil.

3.3.2. Descriptivo

El proceso investigativo fue descriptivo porque analizaró al problema, cuales son las causas, consecuencias y dificultades por lo que está atravesando.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

Durante el transcurso del seminario se trabajó con una población comprendida de seis docentes que ayudaran en el desarrollo del proyecto de investigación.

3.4.2 Muestra

Para realizar este estudio de un sistema de comunicaciones contamos con una población pequeña por lo tanto se trabajará con todo el universo.

3.5 Recolección de información

3.5.1 Plan de Recolección de Información

Las personas que proporcionarán información fueron los docentes encargados de dictar los módulos del seminario de graduación, las investigaciones realizadas en el Internet referentes a la situación actual de las comunicaciones y de las pruebas realizadas en otros países fueron la base para el desarrollo del proyecto.

3.6 Procesamiento y análisis de la Información

3.6.1 Plan que se empleará para procesar la información recogida.

Lo primero que se realizó antes de recopilar la información, fue conocer la evolución actual de las telecomunicaciones, luego la calidad de servicio que existe, posteriormente realizar un análisis con la ayuda de los

docentes, y por último ya recopilados los datos se estudiará el problema, y se establecerá las conclusiones respectivas asegurando que los datos sean lo más reales posibles.

3.6.2 Plan de análisis e interpretación de resultados

El análisis de los resultados se realizó desde el punto de vista descriptivo, proceso que permite realizar la interpretación adecuada basada en el marco teórico relacionado a los sistemas de comunicaciones móviles. Este proceso se comprobó la hipótesis, el estudio analítico crítico permitió realizar conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones.

Los sistemas de comunicaciones en nuestro país aún se encuentran en desarrollo por lo que las empresa que brindan este tipo de servicio aún no satisfacen completamente las necesidades de los usuarios.

La principal característica para el estudio de redes móviles 4G es la utilización de tecnologías IP en el núcleo y en las redes de acceso, para soportar todos los servicios; mientras en redes 3G coexistirá un núcleo IP para la red de datos con otro núcleo basado en conmutación de circuitos para la prestación de servicios de voz, en las redes 4G sólo existirá un núcleo IP sobre el que se transportará todo el tráfico.

La evolución a largo plazo de las redes inalámbricas está garantizada por la evolución tecnológica en lo referente a los chips, enlaces de radio de más capacidad y más eficientes en el uso del espectro.

Al realizar el estudio de los sistemas de comunicaciones móviles con nuevas tecnologías es posible determinar nuevas características importantes que ayudaran en la velocidad de transmisión y calidad de servicio de las telecomunicaciones.

La evolución de las redes de banda ancha depende de la dinámica competitiva y del desarrollo del mercado en nuestro país. La regulación y las políticas

públicas en las comunicaciones son factores adicionales que influyen dicha evolución.

Al efectuar el estudio de la infraestructura de los sistemas móviles se determinó que es necesario facilitar el despliegue de las estaciones base (antenas) necesarias para el desarrollo de los nuevos servicios de banda ancha móvil, para mejorar el área de cobertura dentro de la ciudad y aumentar la movilidad para los usuarios.

Es también importante reconocer que los dispositivos empleados por el usuario o abonados, no soportarían formatos nuevos para la utilización de todos los servicios multimedia y tendrán que ser reemplazados por equipos actuales con tecnología acorde a las comunicaciones móviles de la actualidad.

4.2 Recomendaciones.

Debido a los avances en las nuevas tecnologías inalámbricas es recomendable robustecer el estudio de la evolución a largo plazo LTE para una mejor comprensión de los servicios que puede ofrecer dicha tecnología.

Se recomienda continuar con el estudio de la modulación OFDM y sus cambios necesarios para una obtener una mejor transmisión de datos en las redes de comunicaciones móviles de cuarta generación.

Todos los servicios que puede brindar 4G son basados a la comunicación de paquetes donde todo es IP y que por ahora sigue sin definirse, por esta razón se recomienda también continuar con las investigaciones de los nuevos equipos capaces de soportar dicho estándar.

Para complementar el estudio una de las tecnologías orientadas a la cuarta generación se recomienda investigar sobre los posibles cambios que pueden sufrir las comunicaciones a corto y largo plazo dentro de nuestro país.

CAPITULO V

PROPUESTA

5.1 Datos Informativos

a) Nombre del proyecto:

Estudio de los sistemas de comunicaciones móviles utilizando tecnología LTE de cuarta generación para la ciudad de Ambato.

b) Ubicación: Tungurahua, Ambato

c) Tutor: Ing. Juan Pablo Pallo

d) Autor: Eduardo Patricio Carrera López

5.2 Antecedentes de la Propuesta.

Previa a la investigación realizada sobre la actual situación de los sistemas de comunicaciones móviles en la ciudad de Ambato se ha determinado que las operadoras que prestan este tipo de servicio están utilizando tecnologías de tercera generación (3G) e intentan superar los obstáculos vinculados al despliegue de nuevas tecnologías inalámbricas que pretenden corregir los inconvenientes más comunes ya sea por el área de cobertura o velocidad de transmisión. Sin embargo las investigaciones continúan y los avances tecnológicos se extienden con el fin de encontrar un nuevo estándar inalámbrico que pueda revolucionar la situación actual de las comunicaciones.

5.3 Justificación.

Es importante que el tema sea investigado, pues los resultados del estudio serán beneficiosos para el desarrollo tecnológico en nuestro país, mejorando la eficiencia en los sistemas de comunicaciones actuales e incorporando tecnologías que vayan acorde con la evolución de los sistemas móviles e inalámbricos en el mundo.

El estudio de una nueva tecnología en los sistemas de comunicaciones móviles ayudara al usuario a interconectarse de forma automática, sin interrupciones y manteniendo la calidad y la seguridad de la transmisión entre las distintas redes fijas o inalámbricas ubicadas en cualquier lugar dentro del área de cobertura proporcionada por las operadoras o empresas de comunicaciones de la región.

La otra gran ventaja que nos proporcionara el estudio de una tecnología de cuarta generación será la velocidad de transmisión. Mientras que las redes 3G proporcionan 2 megabits por segundo, la 4G alcanzará desde 20 a 100 megabits por segundo en los tramos UMTS, más de 100 megabits por segundo en las redes de comunicaciones con LTE e incluso un gigabyte en las redes locales y los *hotspots*. Gracias a ello podrán utilizarse varias aplicaciones de forma simultánea, como videoconferencias o reproducción de películas a través del móvil con la máxima resolución.

La convergencia gradual hacia la tecnología móvil digital de banda ancha supone una importante transformación de los hábitos del consumidor. En nuestro país aun no se implementan sistemas con este tipo de tecnología donde todo es sobre IP (*All-IP*) de manera que es un interesante reto para pensar en el fruto que tendrá sobre los clientes la migración hacia una red multimedia única que sustituirá a las diferentes redes de acceso actuales (teléfono fijo, móvil, PC o TV).

5.4 Objetivos.

5.4.1 Objetivo General.

Desarrollar el estudio de los sistemas de comunicaciones móviles utilizando tecnología LTE de cuarta generación para la ciudad de Ambato.

5.4.2 Objetivos Específicos.

5.4.2.1 Investigar las tecnologías inalámbricas apropiadas para el estudio sistemas de comunicaciones móviles de nuestro país.

5.4.2.2 Realizar el estudio de los sistemas de comunicaciones utilizando la tecnología de cuarta generación LTE.

5.4.2.3 Analizar las ventajas que proporcionara el estándar LTE dentro de las redes fijas e inalámbricas.

5.4.2.4 Definir los parámetros necesarios para utilizar una nueva tecnología dentro de las comunicaciones en redes fijas y móviles.

5.5 Análisis de Factibilidad

5.5.1 Factibilidad Operativa.

LTE (Long Term Evolution) utiliza más eficientemente el espectro de radio, las posibilidades que ofrece esta nueva tecnología parecen infinitas ya que proporciona de una gran cantidad de servicios, por lo que se considera una tecnología bastante heterogénea. El mundo tendría estaciones base en todas partes, garantizando a los usuarios conexiones con redes de alta velocidad en cualquier punto del planeta, y sin los problemas de rentabilización de la tecnología UMTS.

5.5.2 Factibilidad Técnica.

Algunos de los desafíos técnicos que se plantea al utilizar LTE se podrán superar con los beneficios propuestos al utilizar redes enmarcadas con las tecnologías de cuarta generación, los usuarios que utilicen este tipo de tecnología podrán utilizar toda clase de servicios multimedia a través de su teléfono móvil, mientras que las operadoras que estén utilizando infraestructura de tercera generación podrán actualizar y será la base suficiente para funcionar ya que LTE es compatible por ser un conjunto de tecnologías 3Gy utiliza múltiples antenas.

5.6 Fundamentación

Actualmente somos testigos de una importante variedad de ofertas de redes de comunicaciones móviles inalámbricas con capacidad para ofrecer servicios basados en la Internet (comunicaciones multimedia, comercio electrónico, acceso a la Internet, etc.). Entre las tecnologías más relevantes podemos mencionar a las familias de redes de comunicaciones móviles públicas de operación concedida bajo licencia, tales como los sistemas de 2^{da} generación (GSM, CDMA, etc.) y los sucesivos estándares (GPRS, UTMS, etc.) con mayores capacidades de transmisión y conmutación por paquetes que caracterizan a los sistemas de 3^{ra} Generación (3G). Más recientemente, las redes de área local inalámbricas (WLANs) basadas en 802.11, cada vez más rápidas, ofrecen tasas de transmisión de hasta 54 Mbps a menor coste de implementación y sin requerimiento de licencia de operaciones, pero con una cobertura menor y de ámbito privado. Adicionalmente, nuevas tecnologías de conectividad más flexible, como las redes móviles Ad Hoc (MANET) y de área personal (PANs), permiten la interconexión espontánea y descentralizada entre terminales, sin la necesidad de una infraestructura de telecomunicaciones fija.

Más allá de las comunicaciones de 3G, se espera que los usuarios puedan acceder a los servicios con tasas de transmisión aún superiores, en cualquier momento y lugar. Las entidades y organizaciones de investigación, desarrollo y estandarización principales apuestan por el progreso de las tecnologías mencionadas de forma particular. Por ejemplo, en Japón se inclinan por el ulterior desarrollo de un único estándar global y público como sistema ejemplar de cuarta generación (4G), con velocidades superiores a las facilitadas por los sistemas UMTS y CDMA2000.

En Estados Unidos se impulsa el desarrollo de las WLANs privadas como principal alternativa; sin embargo, en Europa la visión de las comunicaciones de 4G se apoya en la integración de las tecnologías mencionadas, ambas, públicas y privadas, incluyendo los nuevos sistemas MANETs y PANs para escenarios específicos, de gran velocidad de transmisión y sobre una variedad de dispositivos. Esta última perspectiva europea sobre las comunicaciones de 4G, involucra a todos los sistemas y servicios, el uso eficiente del espectro radioeléctrico y la provisión integral de servicios mejorados y personalizados sobre la red más eficiente o preferida por el usuario en un momento dado. Esta visión centrada en el usuario propone que el mismo tendrá la facultad de estar “siempre conectado de la mejor manera posible” (always best connected, ABC), y de ello se deduce que entre los requisitos técnicos más importantes para este fin se encuentra la integración de todos estos sistemas.

El presente documento expone los estudios y propuesta sobre integración de sistemas y servicios para las comunicaciones de 4G realizados en el contexto del proyecto ANWIRE (acrónimo en Inglés de “Red Académica para la Investigación de la Internet Inalámbrica en Europa”) financiado en parte por la Comunidad Europea en el marco del programa de Tecnologías de la Sociedad de la Información. Ver figura 5.1.

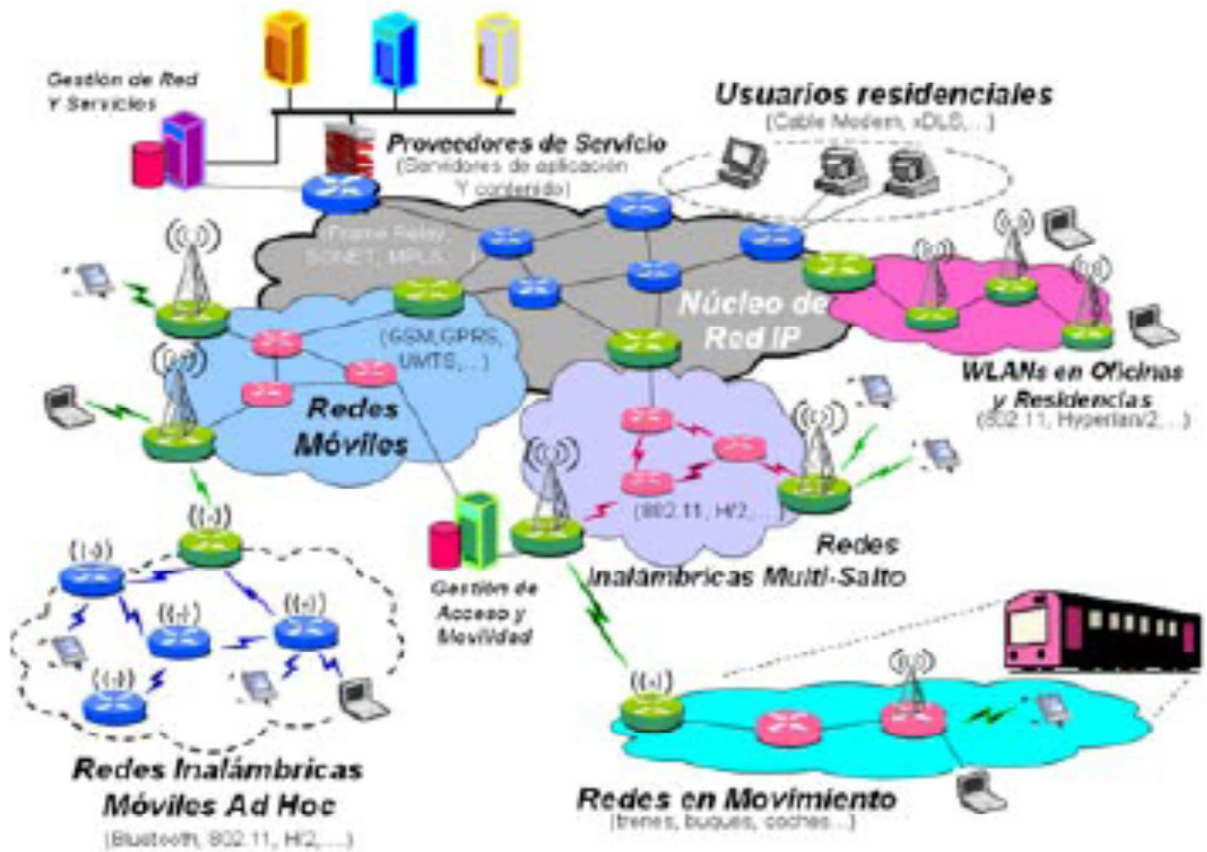


Fig. 5.1. Futuro escenario de comunicaciones móviles terrestres integradas.

5.6.1 Modelo de referencia y arquitectura de sistemas y servicios integrados

Desde el punto de vista de diseño, de los requisitos enumerados se pueden derivar tres objetivos esenciales (figura 5.2):

- Mejorar las arquitecturas existentes para proveer las características necesarias (adaptabilidad de servicios, re-configurabilidad de los sistemas, traspaso horizontal y vertical, QoS, políticas de cobro flexible, etc).
- Proponer un sistema de gestión de redes más avanzado para facilitar la integración de las arquitecturas, y
- Desarrollar la arquitectura del terminal para soportar múltiples estándares de acceso.

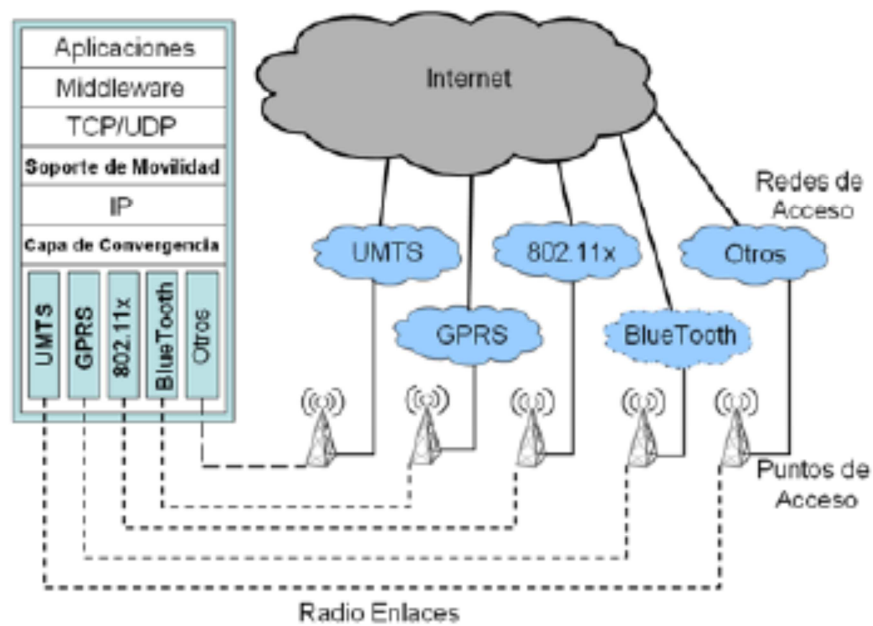


Fig. 5.2. Modelo General de Arquitectura de Integración de Sistemas de referencia para las comunicaciones móviles de 4G.

- **Perfil de Terminal:** contiene las características físicas de la terminal (pantalla, memoria, interfaces de red, etc.). El gestor se encarga de los mecanismos de coordinación.
- **Perfil de usuario:** el perfil contiene las preferencias del usuario y la descripción de los servicios (ej., tarifas y QoS preferidas, personalización de los servicios, etc.). El gestor se encarga de la autenticación, suscripción y facturación.
- **Perfil de Red y gestor de acceso:** el perfil contiene la descripción de la capacidad de la red y el gestor de acceso se encarga de la supervisión de múltiples actividades relacionadas con la red.
- **Perfil de acceso de usuario y gestor ABC:** el perfil contiene las preferencias de red de inicio del usuario. El gestor provee de la inteligencia para coordinar los mecanismos de conectividad.

- *Perfil y Gestor de Servicio*: el primero contiene la descripción de los servicios en el proveedor. El segundo está relacionado con las características de negociación, adaptabilidad del servicio y su facturación.

5.7 Metodología.

5.7.1 Evolución a Largo Plazo (LTE)

Las dos tendencias más importantes en la industria de telecomunicaciones de hoy en día, son los desarrollos importantes de redes celulares y el aumento rápido del uso de la Internet. El aumento de la movilidad y las aplicaciones orientadas a datos están cambiando el ambiente de la red de telecomunicaciones básicamente. Estos nuevos acontecimientos presentan los desafíos importantes para la industria y sus proveedores de equipo de infraestructura actuales. Estas futuras redes serán optimizadas para los datos, además de mejorar la calidad de la voz sobre unidades terminales móviles. Las futuras infraestructuras de telecomunicaciones estarán lentamente basadas en el protocolo Internet y serán el intercambio de paquetes. Los nuevos servicios como la video conferencia y otros servicios multimedia en las futuras redes de telecomunicaciones utilizarán tecnologías acorde al desarrollo tecnológico.

La figura 5.3 muestra un aumento impresionante es esperado en las comunicaciones móviles durante la próxima década con las velocidades más altas y con nuevos proveedores de sistemas para comunicaciones móviles de cuarta generación. Por lo tanto, los estudios están siendo llevados para contraer la cuarta generación de sistemas móviles en la actualidad. Las comunicaciones móviles de la cuarta generación involucran una mezcla de los conceptos y las tecnologías en potencia. Algunas pueden ser reconocidas como de 3G, mientras que las otras involucran los nuevos enfoques para redes móviles inalámbricas.

Las redes de la cuarta generación son esperadas para compartir las versiones más avanzadas y las mejoras implantadas a las redes de la tercera generación. Estas mejoras incluyen el sistema de video continuo multimedia junto a sistemas de telecomunicaciones móviles universales, y la portabilidad a los usuarios de dispositivos de toda clase. Los realces de 4G son esperados para revolucionar las comunicaciones a nivel mundial. Una característica importante en la tecnología long term evolution (LTE) es la función de transmitir y recibir los datos y video. Tanto 3G como redes de 4G pueden transmitir los datos y video pero con niveles diferentes en la calidad de servicio (QoS.)

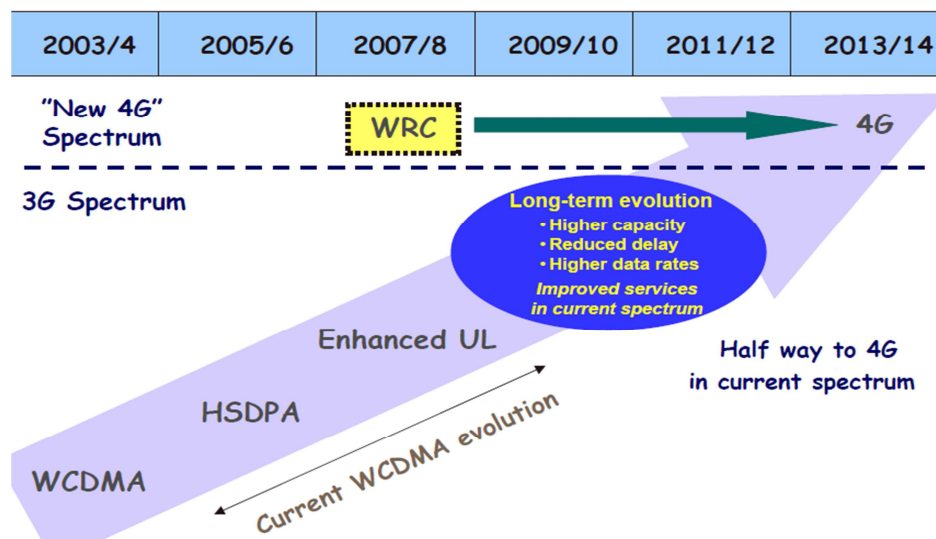


Fig. 5.3 Evolución de estándares para comunicaciones móviles

La selección de las técnicas de acceso múltiples apropiadas y los padrones de 3G serán parte fundamental para el desarrollo de 4G en las redes actuales. Muchas técnicas utilizadas incluyen radio-software, antenas inteligentes y los aspectos de procesamiento de señales digitales que están mejorando la eficiencia espectral de sistemas de 3G y están siendo opacados con tecnologías apropiadas para 4G.

Long Term Evolution es el próximo paso hacia una red gigantesca de comunicaciones móviles de cuarta generación, que eso empieza con 2G de

hoy en día y redes de 3G. Basando sobre los fundamentos técnicos de la familia de sistemas del 3GPP celulares que aceptan GSM, GPRS y las últimas tecnologías como WCDMA y HSPA (acceso de paquetes de alta velocidad), LTE ofrece una ruta evolutiva suave a las velocidades más altas y a la latencia más baja. Unido con el uso más eficiente de operadores y posesiones de espectro finitas, LTE permite un ambiente del servicio móvil más abundante e indispensable para las telecomunicaciones en nuestra actualidad.

5.7.2 Estándares hacia la versión actualizada de LTE.

Junto a la nueva interfaz avanzada de radio, se puede dar cuenta del pleno potencial para LTE que requiere una evolución de paquetes híbridos para las redes actuales con el fin de simplificar el ambiente enfocado al protocolo de Internet (Ver Fig. 5.4). Desde el punto de vista de las operadoras es un gran avance ya que será posible combinar aplicaciones de voz, video y datos de Internet Working con otras redes de comunicaciones fijas e inalámbricas.

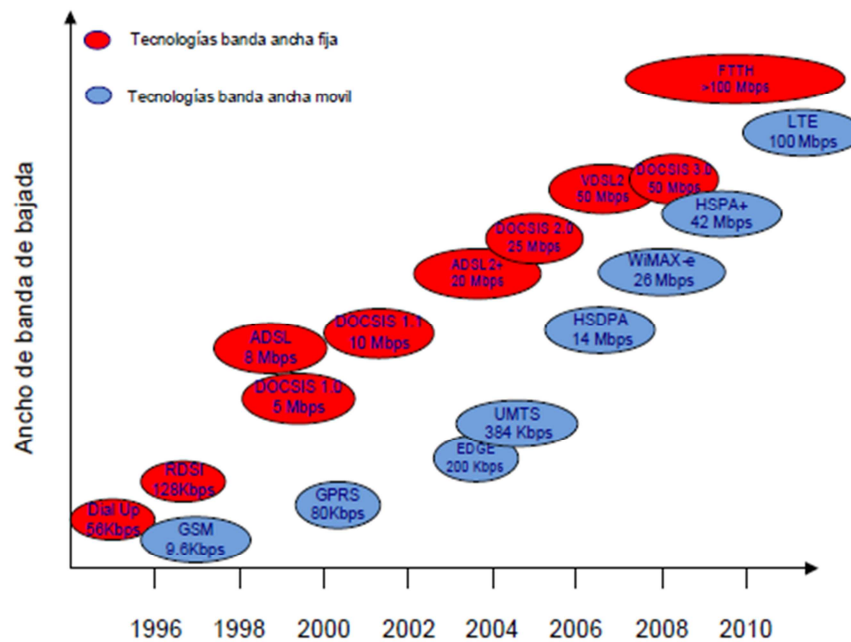


Fig. 5.4 Evolución de las tecnologías fijas e inalámbricas

Al crear este nuevo estándar las posibilidades de obtener nuevos servicios es prometedora; LTE está establecida en el proceso de crecimiento para la familia de UMTS / HSPA de sistemas de tercera generación.

LTE es una nueva herramienta importante y poderosa para atraer a clientes que son abastecidos con un número creciente de las alternativas de tecnología para la conectividad de banda ancha en movimiento (figura 5.5).

Sobre la base de los padrones para la familia de UMTS / HSPA, LTE aumentará las capacidades de tecnologías de las redes celulares en curso, con el fin de satisfacer las necesidad en un cliente acostumbrado a los servicios de banda ancha fijos.

Las plataformas utilizadas para el desarrollo de LTE están basadas en el avance tecnologías y estándares para las transmisiones de vos y datos en rede móviles.

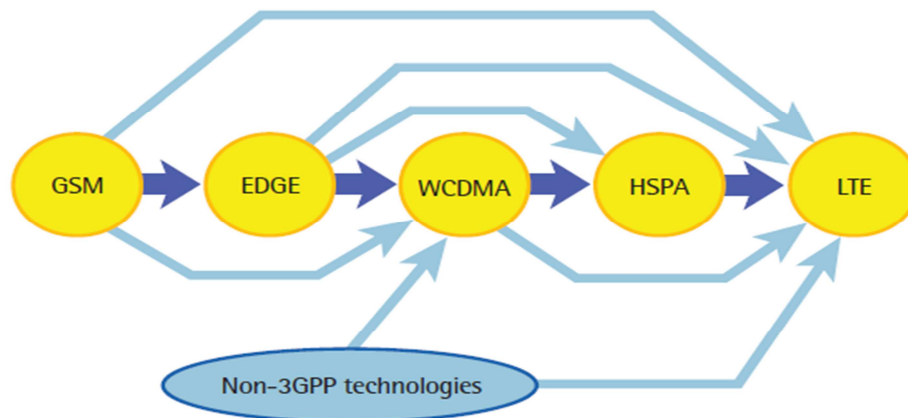


Fig. 5.5 Desarrollo de LTE

El padrón de LTE provino del sistema mundial para comunicaciones móviles (GSM) y los padrones (UMTS) del sistema de telecomunicaciones Móviles Universal, comúnmente llamado 3G. La comunicación de voz era

la solicitud principal, con los datos añadidos recientemente. La movilidad y transferencia perfecta eran requisitos desde el comienzo, como ser un requisito para la dirección principal de todos nodos.

Las velocidades de LTE serán equivalentes al lo que el usuario de la actualidad podría ver en casa sobre un módem de cable rápido. El padrón de LTE es diseñado para permitir señales de bajada 150 Mbps y enlace ascendente 50 Mbps sobre una zona extensa. Cada usuario dependerá de un ancho de banda como se despliegue en su red y ancho de banda disponible para los mensajeros.

La capa física de LTE única porque tiene tasas de modulación y datos asimétricos para enlace ascendente y señal de bajada. El padrón es diseñado para operación de dúplex completo, con la transmisión y la recepción simultánea. La radio es optimizada para el rendimiento sobre la señal de bajada, porque el transmisor en la estación base tiene alto poder. Sobre el enlace ascendente, la radio es optimizada más para el consumo de energía que la eficiencia, porque mientras el poder de procesamiento ha aumentado el poder de batería de dispositivo movable se ha quedado esencialmente constante.

El proceso de normalización para LTE sale del tercer proyecto de generación en sociedad (3GPP), que fue desarrollado afuera de padrones celulares GSM. El trabajo sobre LTE se ha estado encendiendo desde 2004, que basándose en la familia de GSM / UMTS de los padrones que data de 1990. Las descripciones funcionales que fueron terminados en 2007. El padrón de LTE fue diseñado como un totalmente nuevo padrón, con la nueva numeración y nuevo documento, no se basa en la serie previa de los padrones de UMTS. Elementos más tempranos eran solamente traído si había una razón obligatoria para ellos existir en el nuevo padrón.

No existe ningún requisito para la compatibilidad con versiones anteriores o la interoperabilidad de error, por ejemplo, porque LTE operará en espectro diferente que usará una capa física diferente de codificación. Sin embargo, la arquitectura puede aparecer similar a menudo porque los registros fueron creados por cuerpos de niveles similares.

El sistema de LTE entero es especificado por muchos como 3GPP de grupos trabajadores que supervisan toda la interfaz aérea a la fuente del protocolo y a la infraestructura conectada a una red inalámbrica. Este trabajo se concentra en protocolos especificados, LTE es una partida de las operaciones de telecomunicaciones históricas de celulares.

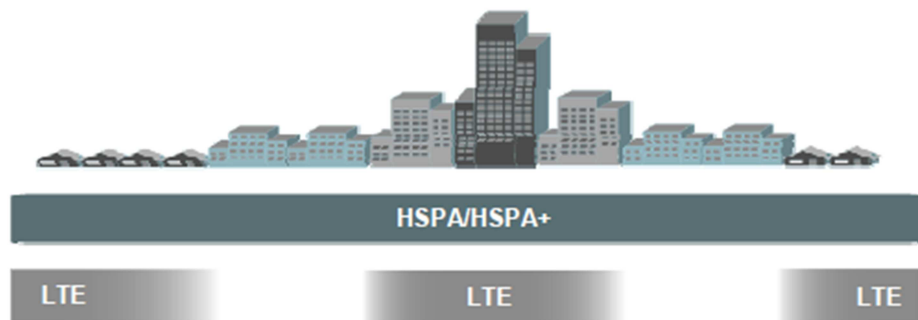


Fig. 5.6 LTE complementa HSPA

Los operadores de UMTS alrededor del mundo están experimentando el éxito tremendo con HSPA, y están iniciando servicios de HSPA que sacan provecho de las capacidades móviles de banda ancha y la capacidad de incrementar datos rápidamente. HSPA aumenta las capacidad de rendimiento más lejos a través de inversiones incrementales y dispositivos compatibles. HSPA asegura a un usuario experiencia consecuente al otro lado de la red entera, y permite que el operador lance LTE en las fases (Ver Fig. 5.6).

El sistema de Multimodo que soportarán tanto LTE como las tecnologías de 3GPP existentes asegurarán la interoperabilidad; la red de LTE apoya

las transferencias a UMTS / HSPA a redes de GSM / GPRS, proveyendo la continuidad del servicio en toda la red de operadoras.

LTE es más beneficioso en los anchos de banda más amplios, y es apropiado para el desarrollo en áreas urbanas densas donde la demanda de datos es más alta por lo tanto, la cobertura de LTE puede ser con lentitud incrementada cuando la demanda de datos aumenta en toda la área de la red. La red de servicios móviles de Internet común permite a usuarios experimentar los mismos servicios al otro lado del operador red entera, sin tener en cuenta el aire y la tecnología que utiliza la interfaz.

5.7.3 Estándares utilizados en Long Term Evolution (LTE)

5.7.3.1 Sistema Global de Telefonía Móvil (GSM).

Permite la transmisión de voz y datos siempre en formato digital encriptado, lo que hace casi imposible la intervención en las comunicaciones. La utilización de las ondas radioeléctricas se reveló desde hace mucho tiempo como el único medio eficaz de establecer comunicaciones con puntos móviles, y lo seguirá siendo durante mucho tiempo, ya que las ondas de radio gozan de la propiedad de salvar obstáculos, y el resto de las interacciones conocidas por la física actual no pueden propagarse a grandes distancias.

Desgraciadamente el espectro radioeléctrico es un recurso limitado cuya utilización racional solo ha sido posible mediante reglamentación muy estricta que permite la optimización de la asignación de frecuencias.

La idea fundamental en que se basan los sistemas móviles celulares es la reutilización de los canales mediante la división del terreno en celdas continuas que se iluminan desde una estación base con unos determinados canales.

El sistema GSM permite la conexión con la red conmutada (Telefónica) y con la RDSI (Red de servicios integrados) y permite ofrecer al usuario telefonía, transmisión de datos (hasta 9.600 bit/s), facsímil del grupo III, conexión a sistemas de correo electrónico (X-400) y envío de mensajes cortos (alfanuméricos) que permite tanto su envío como su recepción desde un terminal móvil, leyéndolos en este último caso en el visor correspondiente.

Frecuencias y Canales Lógicos

GSM emplea una modulación GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) obtenida a partir de una modulación MSK que es un tipo especial de FSK. Para el acceso en el interfaz radio o Abis se utiliza el sistema TDMA de banda estrecha (*Time Division Multiple Access*) entre la estación base y el teléfono celular utilizando 2 de canales de radio de frecuencia dúplex. Para minimizar las fuentes de interferencia y conseguir una mayor protección se utiliza el (*frequency hopping*) o salto en frecuencia entre canales, con una velocidad máxima de 217 saltos/S. y siempre bajo mandato de la red al reutilizar las frecuencias (Figura 5.7).

GSM tiene cuatro versiones principales basadas en la banda: GSM-850, GSM-900, GSM-1800 y GSM-1900. GSM-900 (900 MHz) y GSM-1800 (1,8 GHz) son utilizadas en la mayor parte del mundo, salvo en Estados Unidos, Canadá y el resto de América Latina que utilizan el CDMA, lugares en los que se utilizan las bandas de GSM-850 y GSM-1900 (1,9 GHz), ya que en EE.UU. las bandas de 900 y 1800 MHz están ya ocupadas para usos militares.

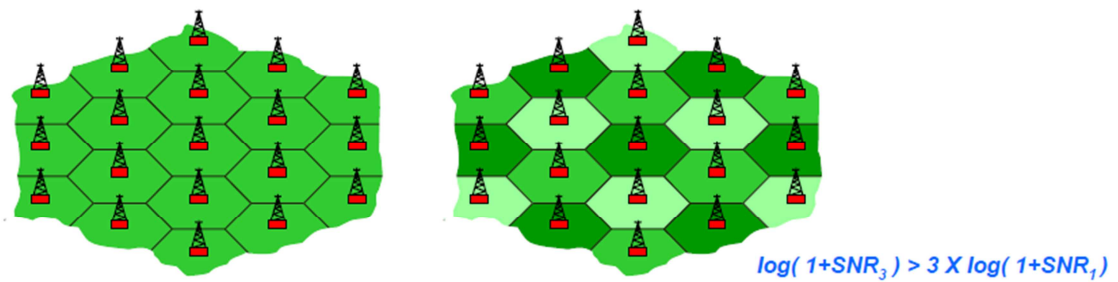


Fig. 5.7. Reutilización de las frecuencias

Inicialmente, GSM utilizó la frecuencia de 900 MHz con 124 pares de frecuencias separadas entre si por 200 kHz, pero después las redes de telecomunicaciones públicas utilizaron las frecuencias de 1800 y 1900 MHz, con lo cual es habitual que los teléfonos móviles de hoy en día sean tribanda.

5.7.3.2 EDGE.

EDGE es el acrónimo para Enhanced Data rates for GSM of Evolution (Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM).

También conocida como EGPRS (Enhanced GPRS). Es una tecnología de la telefonía móvil celular, que actúa como puente entre las redes 2G y 3G. EDGE se considera una evolución del GPRS (General Packet Radio Service). Esta tecnología funciona con redes TDMA y su mejora, GSM. Aunque EDGE funciona con cualquier GSM que tenga implementado GPRS, el operador debe implementar las actualizaciones necesarias, además no todos los teléfonos móviles soportan esta tecnología.

EDGE, o EGPRS, puede ser usado en cualquier transferencia de datos basada en conmutación por paquetes (Packet Switched), como lo es la conexión a Internet. Los beneficios de EDGE sobre GPRS se pueden ver en las aplicaciones que requieren una velocidad de transferencia de datos, o ancho de banda alta, como video y otros servicios multimediales.

Además de usar GMSK (Gaussian Minimum-Shift Keying), EDGE usa 8PSK (8 Phase Shift Keying) para los cinco niveles superiores de nueve esquemas totales de modulación y codificación. La utilización de 8PSK produce una palabra de 3 bits por cada cambio en la fase de la portadora. Con esto se triplica el ancho de banda disponible que brinda GSM.

El nivel del esquema que se utilice para transmitir depende de la relación C/I (portadora/interferente), el cual será más alto cuanto más grande sea el valor de C/I. Al igual que GPRS, EDGE usa un algoritmo de adaptación de tasas, que adapta el esquema de modulación y codificación (MCS) usado para la calidad del canal de radio y así el índice binario (bit rate) y la robustez de la transmisión de datos.

EDGE agrega una nueva tecnología que no se encuentra en GPRS, la Redundancia Incremental, la cual, en vez de re-transmitir los paquetes de información alterados, envía más información redundante que se combina en el receptor, lo cual incrementa la probabilidad de decodificación correcta.

EDGE puede alcanzar una velocidad de transmisión de 384 Kbps en modo de paquetes, con lo cual cumple los requisitos de la ITU para una red 3G, también ha sido aceptado por la ITU como parte de IMT-2000, de la familia de estándares 3G. También mejora el modo de circuitos de datos llamado HSCSD, aumentando el ancho de banda para el servicio.

Para la implementación de EDGE por parte de un operador, la red principal, o core network, no necesita ser modificada, sin embargo, las estaciones bases, BTS, sí deben serlo. Se deben instalar tranceptores compatibles con EDGE, además de nuevas terminales (teléfonos) y un software que pueda decodificar/codificar los nuevos esquemas de modulación.

La definición de EDGE, si es de 2 o 3G, depende de su implementación. Mientras la Clase 3 e inferiores, claramente no son 3G, la Clase 4 y superiores, presentan un ancho de banda superior a otras tecnologías consideradas 3G. En Clase 10, con un ancho de banda superior a 230 Kbps, EDGE logra trascender las definiciones comunes de 2G y 3G.

5.7.3.3 WCDMA.

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access - Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha), la tecnología WCDMA está altamente optimizada para comunicaciones de alta calidad de voz y comunicaciones multimedia, como pueden ser las videoconferencias. También es posible acceder a diferentes servicios en un solo terminal, por ejemplo, podemos estar realizando una videoconferencia y al mismo tiempo estar haciendo una descarga de archivos muy grande, etc.

Puede soportar completamente varias conexiones simultáneas como puede ser una conexión a internet, una conversación telefónica, videoconferencia, etc.

En esta plataforma se emplea estructuras de protocolos de red similares a la usada en GSM (Global System for Mobile communications), por lo tanto está en la capacidad de utilizar redes existentes. La figura Nro 1, muestra la evolución de los sistemas GSM y DAMPS (Digital Advanced Mobile Phone System) hacia WCDMA y los pasos en el desarrollo del radio de las nuevas tecnologías.

Aspectos Técnicos de WCDMA.

WCDMA ofrece flexibilidad en los servicios, combinando conmutación de paquetes y conmutación de circuitos en el mismo canal con un promedio de velocidad entre 8 Kbps hasta 2 Mbps.

Utiliza muy eficientemente el espectro de radio disponible, mediante la reutilización de cada celda, la cual requiere de 2 a 5 MHz por cada capa, lo que quiere decir que una red necesitará de 2 a 15 MHz, en un espectro común de banda de 2GHz.

Los terminales WCDMA son menos difíciles de fabricar, debido a que requieren muy poca señal de procesamiento, ayudando a mantener bajo costos en los terminales.

WCDMA soporta conectividad IP (Internet Protocol), permitiendo accesos más rápidos en Internet. La natural sinergia entre las comunicaciones móviles y el acceso a Internet, ha estimulado que estas sean integradas. La tecnología fundamental sobre la cual trabaja IP es Conmutación de Paquetes. El camino para la evolución de GSM hacia WCDMA, incluye un estado denominado GPRS (General Packet Radio Service) que provee conmutación de paquetes hasta 115 Kbps.

5.7.3.4 HSDPA.

La tecnología HSDPA consigue esta mejora gracias a una serie de técnicas empleadas en la interfaz radio, como son: Transmisión en canal compartido. Se introduce un nuevo canal de transporte en el enlace descendente denominado HS-DSCH (*High-Speed Downlink Shared Channel*). Con ello los usuarios comparten una serie de recursos utilizados por la radio (como los códigos de canal y la potencia) de forma dinámica en el tiempo con lo que se consigue una mayor eficiencia. Asimismo, los intervalos utilizados para cada transmisión son más cortos (2 ms).

Adaptación rápida del enlace. La velocidad de transmisión de datos varía de forma rápida según las condiciones del canal de radio. Este método es más eficiente, para los servicios que pueden tolerar este tipo de variaciones

en periodos muy cortos, que compensar las degradaciones de la radio aumentando la potencia de la señal como se indica en la figura 5.8.

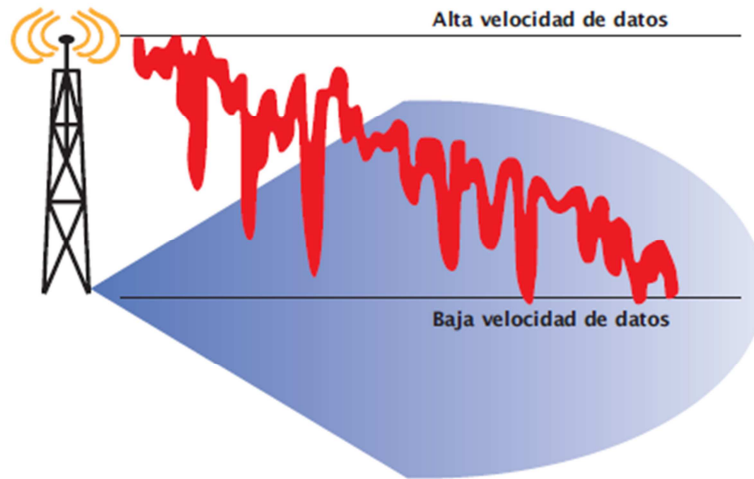


Fig. 5.8. Adaptación a las condiciones del enlace radio

Retransmisiones rápidas. Los datos que se reciben de forma errónea, debido a las condiciones de propagación, se solicitan de nuevo al transmisor para su corrección.

Programación rápida de transmisiones (*fast scheduling*). Según las condiciones radioeléctricas en las que se encuentra cada usuario, en cada momento se programa el orden en que debe transmitir cada uno. Con ello, se consigue un uso más eficiente de los recursos compartidos.

5.7.4 Sistema de modulación para LTE.

5.7.4.1 Modulación y Demodulación OFDM

La tendencia más importante en comunicaciones inalámbricas es el cambio desde modulación de portadora única a OFDM (Orthogonal Frequency Domain Modulation) y el pasar de las configuraciones SISO (Single-Input Single-Output) a las estructuras MIMO (Multiple- Input Multiple-Output). Los formatos de modulación de portadora única transmiten un símbolo de dato cada vez en una portadora de frecuencia única.

Para incrementar velocidades de transmisión de datos con este tipo de modulación es incrementada la velocidad de símbolo del dato. Sin embargo, como la velocidad de transmisión de símbolo aumenta, asuntos como el desvanecimiento de la señal por caminos múltiples ven incrementado su efecto, especialmente en aplicaciones de alta movilidad.

En modulación OFDM, son usadas muchas portadoras y los datos son transmitidos en paralelo en todas las portadoras. Esto permite para velocidades de transmisión de símbolo lentas por portadora reducir el impacto de cuestiones como desvanecimiento de señal por caminos múltiples.

La modulación OFDM requiere un nivel más alto de DSP (procesado digital de señal) en los dispositivos móviles. Sin embargo, con el avance de la tecnología DSP, este nivel de prestaciones puede ser incluido ahora en un dispositivo móvil a un precio y consumo razonables. La modulación OFDM es utilizada en WiFi, WiMAX y en el estándar emergente LTE (Long Term Evolution) para teléfonos móviles ver figura 5.9.

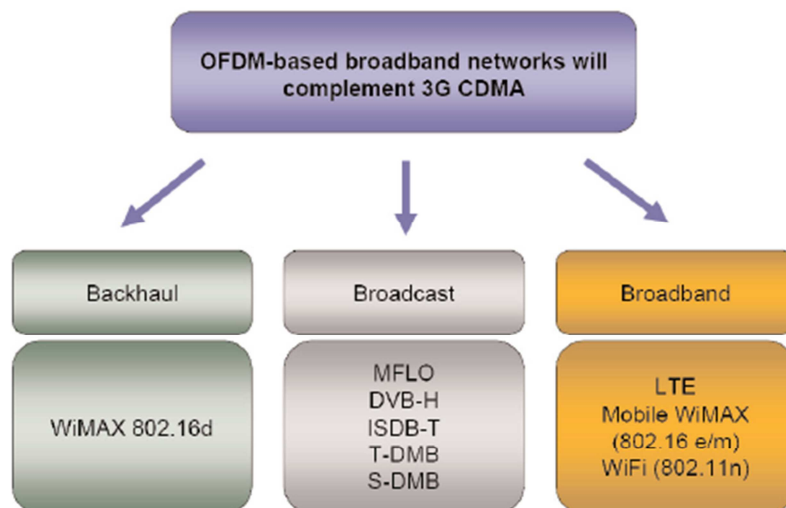


Fig. 5.9. Tecnologías con OFDM.

La técnica de modulación OFDM, constituye un caso particular de las modulaciones multiportadora MCM (*Multi-Carrier Modulation*) y puede ser vista como una técnica de modulación o como una técnica de multiplexación.

Una señal OFDM, consiste en una suma de subportadoras equidistantes en el dominio de la frecuencia y moduladas vía PSK (Phase Shift Keying) o en amplitud QAM (Quadrature Amplitude Modulation).

Su principio de funcionamiento se basa en la conversión serie-paralelo de un flujo de datos complejos de alta velocidad $\{C_n\}$ en un conjunto paralelo de N_s flujos de datos de velocidad N_s veces inferiores. Los datos C_n son el resultado de mapear un conjunto de datos binarios sobre el conjunto de valores posibles en la constelación de señal correspondiente a cada flujo.

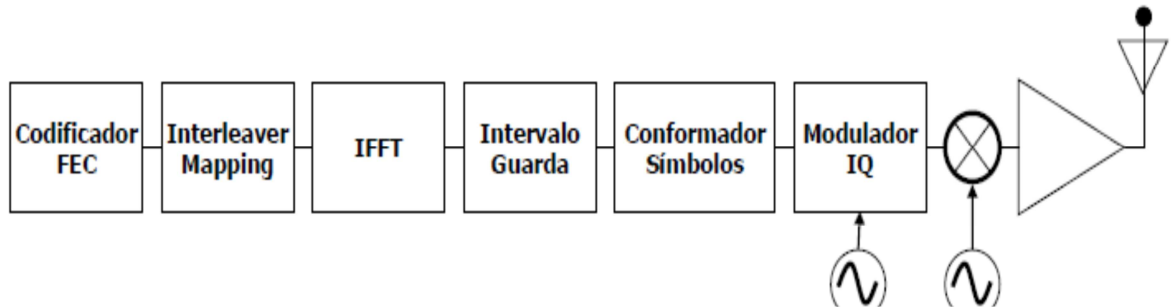
A continuación cada uno de los flujos de datos es modulado simultáneamente sobre una subportadora diferente y, en consecuencia, el tiempo del nuevo símbolo T resultante se incrementa en un factor N_s respecto al tiempo de símbolo que se necesitaría para enviar el flujo de datos serie original (Figura 5.10). Si llamamos f_c a la frecuencia portadora, un símbolo OFDM que empiece en el instante $t = t_s$ se puede escribir como:

$$x(t) = \begin{cases} \operatorname{Re} \left[\sum_{i=-\frac{N_s}{2}}^{\frac{N_s}{2}-1} C_i \left(i + \frac{N_s}{2} \right) e^{j2\pi \left(f_c + \frac{i+0.5}{T} \right) (t-t_s)} \right], & t_s \leq t \leq t_s + T \\ 0, & t < t_s \text{ y } t > t_s + T \end{cases}$$

Este esquema de modulación requiere de una precisa sincronización en frecuencia entre el receptor y el transmisor. Cualquier desviación entre las portadoras perjudica su propiedad de ortogonalidad, causando interferencia entre portadoras (ICI). Este problema se genera por el desapareamiento de

los osciladores, y el efecto Doppler, entre otros. Las técnicas para solucionar este problema agregan complejidad al receptor.

a) Transmisor de OFDM.



b) Receptor de OFDM.



Fig. 5.10. Diagramas de bloques OFDM

5.7.4.2 Ventajas y problemas

Una de las principales ventajas de la modulación OFDM con respecto a emplear una sola portadora es la robustez frente a las diferencias de retardo. La distribución del retardo de canal provoca interferencias entre símbolos que, a su vez, limitan la velocidad de los datos, al elevar el suelo de error. Pero en OFDM la duración de símbolo en cada subportadora es N veces mayor que en los sistemas monoportadora. De ahí procede la robustez del OFDM frente a las diferencias de retardo.

5.7.4.3 Prefijo Cíclico

Una técnica utilizada para solucionar los problemas descritos anteriormente es el uso de prefijo cíclico ver figura 5.11.

Dado que la duración de cada símbolo es larga, se puede introducir un intervalo de guarda entre los mismos. Este tiempo de separación soluciona el problema de la interferencia inter símbolo (ISI) al impedir que la cola de un símbolo se solape con el próximo. Así mismo, reduce los problemas de sincronización temporal.

Durante este período de guarda, se puede transmitir el prefijo cíclico, que consiste en copiar el último segmento de un símbolo al intervalo anterior al él.

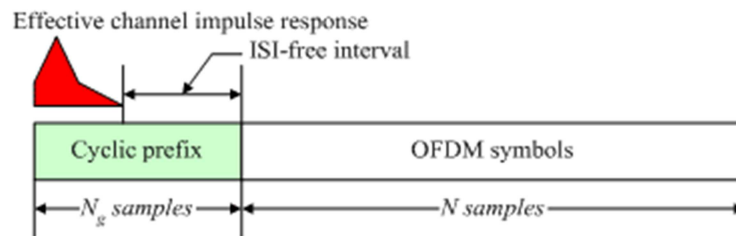


Fig. 5.11 Prefijo cíclico para evitar interferencia entre símbolos.

El prefijo cíclico, que es transmitido durante el guarda intervalo, consta del final del símbolo de OFDM copiado en el guarda intervalo, y el guarda intervalo es transmitido seguido por el símbolo de OFDM. La razón de que el guardián intervalo consta de una copia del final del símbolo de OFDM es con el propósito de que el receptor eliminará la segregación desde lo alto un número de entero de ciclos de senoide para cada uno de los multipaths cuando lleva a cabo la demodulación de OFDM con el FFT.

5.7.4.4 Capa Physical

Trabaja en la banda de los 5 Ghz, los canales se numeran cada 5 Mhz y miden 20 Mhz – cada canal ocupa cuatro identificadores de canal.

$$f_c \text{ (Mhz)} = 5000 + 5 \cdot n \quad (n = 0, \dots, 199)$$

$$f_c \text{ (Mhz)} = 5000 - 5 \cdot (256 - n) \quad (n = 240, \dots, 255)$$

Permite 8 diferentes velocidades binarias de trabajo: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps, utilizando diversas modulaciones para las portadoras (BPSK, QPSK, 16-QAM y 64-QAM)

6 Mbps (BPSK, R = 1/2)	24 Mbps (16-QAM, R = 1/2)
9 Mbps (BPSK, R = 3/4)	36 Mbps (16-QAM, R = 3/4)
12 Mbps (QPSK, R = 1/2)	48 Mbps (64-QAM, R = 2/3)
18 Mbps (QPSK, R = 3/4)	54 Mbps (64-QAM, R = 3/4)

El nuevo formato de la cabecera física ayuda a la modulación y demodulación en OFDM (Figura 5.12).

RATE: Tasa binaria

LENGTH: Bytes en la trama MAC

PARITY: Protege los 16 primeros bits

TAIL: Para el código convolucional

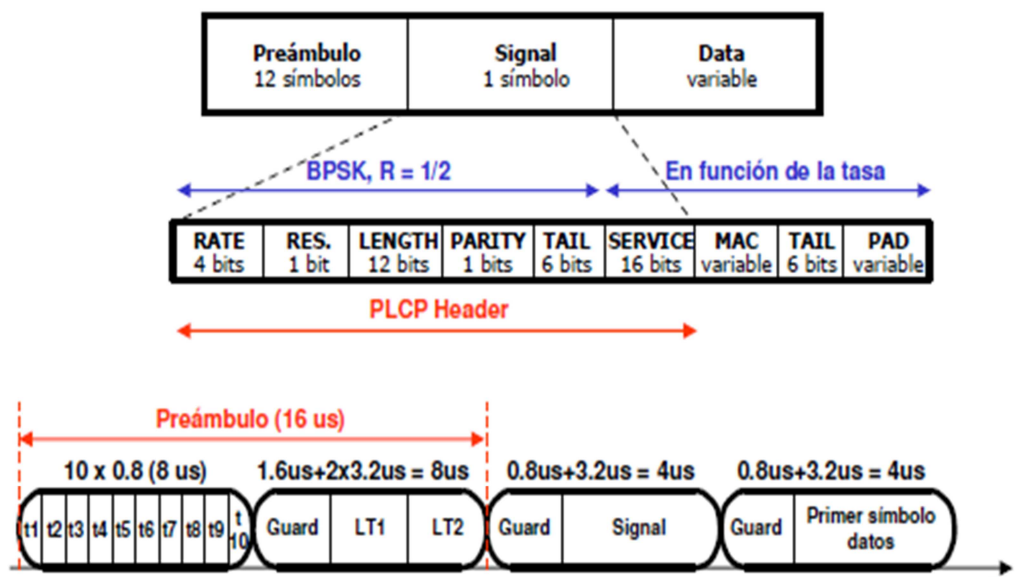


Fig. 5.12 Formato de la cabecera física.

La figura 5.13 muestra los esquemas y formas de onda de una modulación convencional y con forma de pulso.

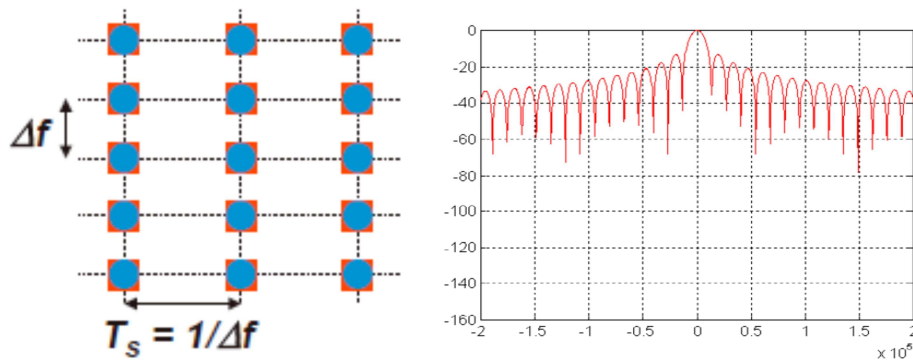


Fig5.13.a. Forma convencional de OFDM

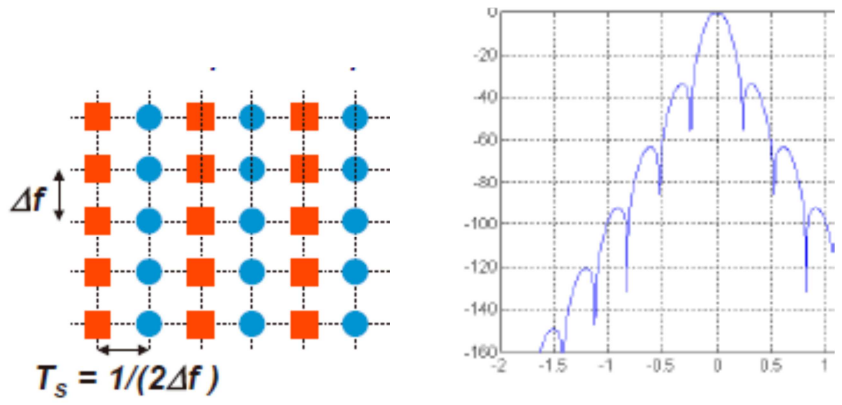


Fig. 5.13.b. Forma de pulso de OFDM

5.7.5 Multiple-Input Multiple-Output en LTE.

El paso de tecnologías SISO a MIMO permite que streams de datos múltiples sean transmitidos al mismo tiempo, usando el mismo espectro de frecuencias. Estos flujos de datos paralelos pueden ser usados bien para incrementar la transferencia de datos por transmisión de datos diferentes en cada antena o para incrementar la cobertura por envío de los mismos datos en todas las antenas.

Este cambio ha sido impulsado en su mayor parte por la demanda de consumidores para servicios móviles y por la reducción de costes de la tecnología DSP requerida para desplegar sistemas inalámbricos de gran ancho de banda ver figura 5.14. La tecnología MIMO puede ser empleada ahora en amplio rango de dispositivos de comunicaciones comerciales

incluyendo teléfonos móviles, PDAs y ordenadores portátiles. El resultado neto son altas velocidades de transmisión de datos con estos dispositivos de consumo.

Tendencias y retos en pruebas MIMO adquiere eficiencia espectral para un nuevo nivel permitiendo transmisión y recepción multi-señal. No obstante, con la alta eficiencia espectral llega un elevado nivel de complejidad.

Hay un número importante de retos implicados en el movimiento de sistemas basados en SISO a MIMO que deben considerar los ingenieros y técnicos de pruebas. Otro desafío creado por la complejidad de MIMO y OFDM es el número de streams en un mismo espacio de tiempo que pueden ser soportados por el sistema de prueba. Por ejemplo, wireless LAN (WLAN) y LTE soportan cuatro configuraciones de stream, y la tecnología WiMAX corriente soporta dos streams.

Un reto en el final del receptor de prueba es descomponer una señal mezclada en múltiples señales independientes o streams. No obstante, el mayor desafío concierne a la sincronización. La transmisión de señales múltiples requiere sincronización precisa de canales múltiples en fase y ajuste de muestreo. De esta forma, los analizadores de señal y generadores de señal deben tener ajuste preciso para así poder hacer medidas precisas y repetitivas.

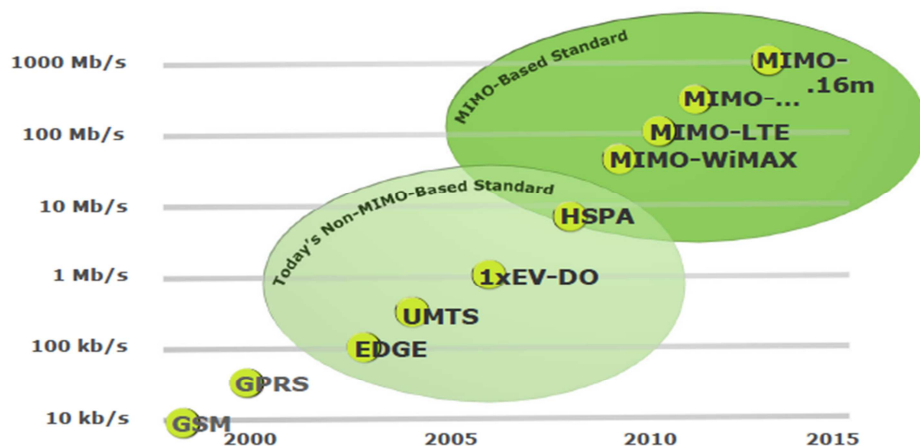


Fig. 5.14 Evolución de MIMO

Otro reto para los equipos de prueba es el ancho de banda (BW). Por ejemplo, WiMAX y LTE tienen una necesidad de ancho de banda de 20 MHz y WLAN, 802.11, la tiene de 40 MHz, de este modo, los equipos de prueba necesitan la flexibilidad para manejar anchos de banda amplios, idealmente, sin requerir la adquisición de instrumentación adicional.

Está creciendo el uso de múltiples estándares en numerosos dispositivos inalámbricos, o un fabricante puede producir dispositivos múltiples que usen diferentes estándares. Por tanto, los equipos de prueba necesitan alojar el mayor número de formatos (por ejemplo, GSM, GPRS, EDGE, WCDMA, cdmaOne y cdma2000).

La instrumentación debe hacer posible la medida necesaria para todos ellos y, con precisión, por ejemplo con pequeños errores de magnitudes vectoriales (EVMS). Cuando un fabricante adopta nuevos estándares, éste crea migraciones de equipos de prueba. Idealmente, uno quisiera mejorar equipos de prueba para nuevos formatos celulares y de modulación, fácilmente y de forma rentable –quizás con solo cambios de software.

Los diseños de equipos nunca se han encaminado en estas cuestiones. Por ejemplo, la plataforma de prueba MIMO de última generación de Keithley; hace simple y económico añadir soporte para nuevos estándares de señal y configuraciones MIMO como se muestra en la figura 5.15. Consiste en el nuevo generador de señal vectorial de RF Modelo 2920, el analizador de señal vectorial Modelo 2820, la unidad de sincronización MIMO Modelo 2895 y el software de creación de formas de onda SignalMeister™. Este sistema soporta hasta 8x8 medidas MIMO y es usado normalmente para estándares inalámbricos como 802.11n WiFi, 802.16e Mobile WiMAX Wave 2, y futuros como 3GPP Release 8 LTE y UMB (Ultra Mobile Broadband).

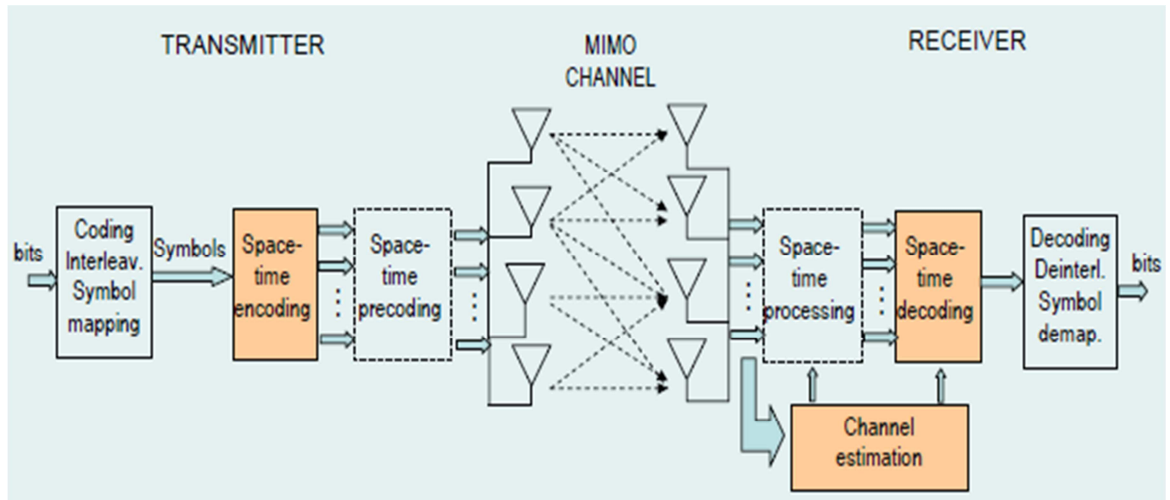


Fig. 5.15 Sistema MIMO

A la hora de estudiar la capacidad de un canal MIMO hay que distinguir varias situaciones en función de cómo varíe el canal durante la transmisión (figura 5.16):

- Canal constante: no hay fading → Capacidad instantánea
 $C(H)$
- Canal ergódico: hay fading pero podemos codificar a lo largo de un número suficiente de realizaciones del canal → Capacidad ergódica
 $C_e = E[C(H)]$
- Canal no ergódico o canal con block-fading: hay fading y solo podemos codificar en una única realización del canal → Capacidad outage

$$C_{out,p} = r \rightarrow \Pr(r > C(H)) = p$$

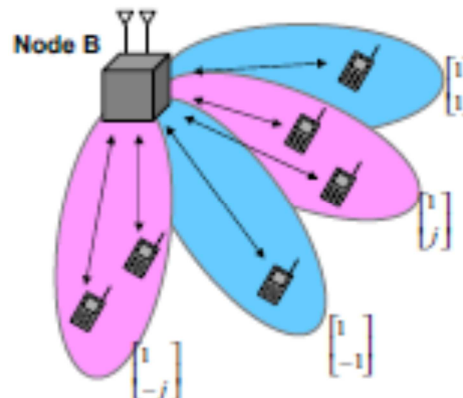


Fig. 5.16. Comunicación MIMO

5.7.6 Arquitectura de Red para LTE.

La principal característica de las propuestas de redes móviles 4G es la utilización de tecnologías IP en el núcleo y en las redes de acceso, para soportar todos los servicios. Mientras en redes 3G coexistirá un núcleo IP para la red de datos con otro núcleo basado en conmutación de circuitos para la prestación de servicios de voz, en las redes 4G sólo existirá un núcleo IP sobre el que se transportará todo el tráfico.

Una de las características deseables en las redes 4G sería que el núcleo fuese IPv6, con lo que quedarían resueltos problemas como el espacio de direcciones, vital para el despliegue de una nueva red donde sería deseable el uso de direcciones públicas, igualmente dispondríamos de Mobile IP, así como de posibilidades Multihoming. Concretamente el escenario implementado dentro del proyecto Mobydick es IPv6 nativo.

Existen diferentes tecnologías de acceso que aparecerán en un escenario 4G. No se trata de tecnologías complementarias, de manera que todas podrán coexistir, y en función de las necesidades del cliente podrá optar por alguna de las siguientes:

- WCDMA (UMTS): se trataría del medio de acceso más caro (infraestructura y consumo del terminal) pero con mayor capacidad de movilidad. En un principio ofrecería un ancho de banda algo reducido comparándolo con el resto de tecnologías, pero proporciona una cobertura y movilidad prácticamente ilimitadas.
- Wireless LAN 802.11: la cobertura vendría limitada por la situación de los puntos de acceso. De manera que resulta adecuada para cubrir determinadas zonas (aeropuertos, salas de reunión), de forma barata y con un ancho de banda considerable.

- Ethernet: con esta tecnología perdemos toda movilidad, pero podemos alcanzar el mayor ancho de banda. Resulta adecuado para zonas de acceso bien identificadas (zonas de reunión, laboratorios de trabajo) con grandes requisitos de ancho de banda.

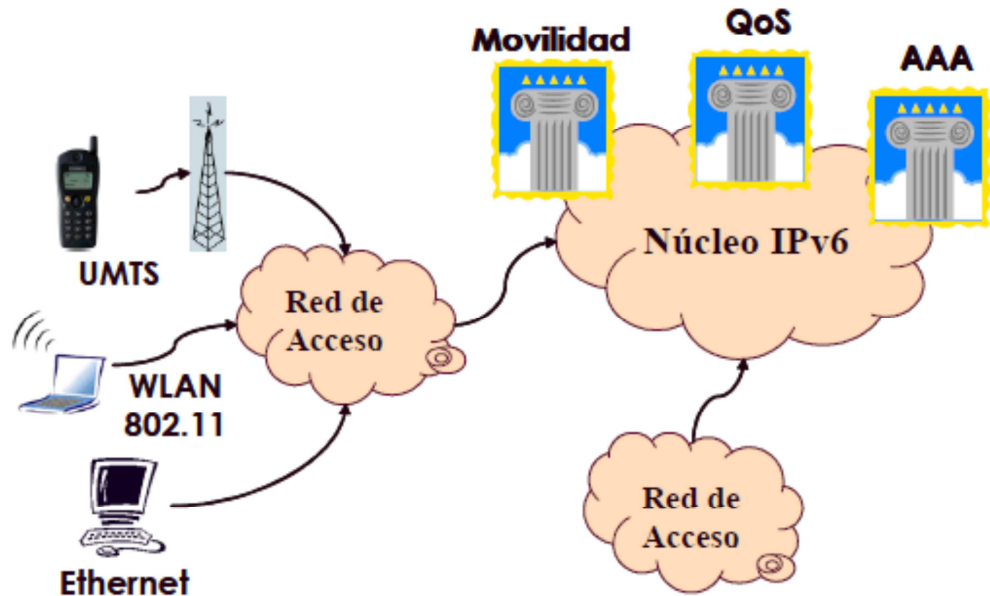


Fig. 5.17. Arquitectura de red de 4ª generación

La figura 5.17 exhibe los elementos más representativos de esta arquitectura son:

- **QoS.** La tecnología IP tal como se concibió originalmente, no ofrece ningún tipo de garantías de Calidad de Servicio. Sin embargo, existen servicios, entre ellos el telefónico, con rigurosos requisitos de retardo y variación del retardo (jitter), lo que hace necesario añadir funcionalidad a IP para que las redes basadas en este protocolo sean capaces de soportar este tipo de servicios.
- **AAA.** Los sistemas tradicionales de contabilidad basados en la generación de CDR (Call Detail Record) deben ser modificados para soportar de forma eficiente movilidad de usuarios sobre una red basada en datagramas. Adicionalmente deben soportarse mecanismos de

autenticación y autorización para ofrecer mecanismos seguros de identificación y acceso de usuarios. En este sentido el IETF ha definido los sistemas AAA, encargados de comprobar la identidad de los usuarios, de controlar los servicios que usan y de tarificarles por ello. Estos sistemas utilizan las redes IP para transportar la información de señalización necesaria. El IETF propone el protocolo DIAMETER, sustituto del tradicional RADIUS y capaz de soportar movilidad Inter Dominio (roaming) de usuarios.

- **Movilidad.** Las redes de 4G deberán soportar mecanismos eficientes que permitan la movilidad de usuarios, que utilizando el mismo o distinto terminal se conecten a la red mediante distintas redes de acceso (WCDMA, WLAN, Ethernet, etc.) operadas por distintas entidades. Esto requiere mecanismos que soporten handover entre subredes bajo igual o distinta tecnología (handover horizontal y vertical) de forma eficiente, teniendo como elemento común el transporte IP. La base del soporte de movilidad en redes IP son los protocolos Mobile IP. La propuesta de Fast Handover permitirá conseguir handovers sin interrupción apreciable de las comunicaciones. Esta movilidad requiere interaccionar con los procesos de soporte de QoS en el caso de trasposos entre áreas con distintos recursos de red disponibles y con los mecanismos de AAA para el caso de trasposos entre redes pertenecientes a distintos dominios administrativos.

5.7.6.1 Soporte de QoS en redes 4G

Existen diferentes iniciativas para proporcionar QoS en una red IP. El IETF divide sus esfuerzos en dos grupos Intserv y Diffserv. La implementación de la tecnología Intserv presenta problemas de escalabilidad. La tendencia es el uso de Diffserv en el núcleo combinado con Intserv como solución en la red de acceso.

Como los principales problemas de recursos aparecen normalmente en la red de acceso, y dado que sobredimensionar el núcleo es relativamente sencillo y barato, el uso combinado de Intserv y Diffserv en el acceso y núcleo respectivamente proporciona un buen compromiso entre coste y eficiencia.

Sin embargo esta solución como técnica de QoS presenta algunas limitaciones:

- En Diffserv, al no existir una reserva extremo a extremo, la QoS no está garantizada al 100%. Lo más que podremos alcanzar es una alta probabilidad de obtener el nivel de calidad de servicio deseado, si bien un buen dimensionado de la capa de transporte asegurará un buen servicio.
- Las reservas realizadas por el usuario se traducirán en un código (DSCP) presente en los paquetes que éste envíe, que determinará el tratamiento de nuestro tráfico. El número de códigos es limitado y será el proveedor el encargado de definir éstos así como su implementación. Aparece entonces la posibilidad de que un mismo código DSCP no tenga el mismo significado para diferentes proveedores de servicio, de manera que la calidad de servicio final vendrá determinada por la relación entre los diferentes proveedores que se atraviesen.

5.7.6.2 Proceso de registro e inicio de sesión en la red

A continuación se describe el proceso que debe seguir un terminal cuando desea registrarse en la red, así como el proceso de inicio de sesión que permite al QoSBroker mantener una gestión adecuada de los recursos de red. El proceso de registro en la red debe ser iniciado por el terminal a través de un mensaje explícito.

Para ello el usuario contacta con el sistema AAA (mensajes 1 y 2 de la figura 5.18) que verifica su identidad y, en base a su perfil, solicita una prerreserva de recursos al QoSBroker (mensajes 3 y 4).

El registro en la red no implica una reserva inmediata de recursos en el QoSBroker, ya que el usuario podría comenzar una comunicación bastante tiempo después de producirse el registro. Con los mensajes de confirmación (5 y 6) se informa al terminal de los códigos DSCP que podrá usar para conseguir la QoS deseada. El uso futuro de recursos no requiere interacción AAA-QoS como veremos a continuación. Al abandonar el sistema, el usuario lo notifica al sistema AAA y éste le indicará al sistema QoS que no atienda más peticiones del usuario.

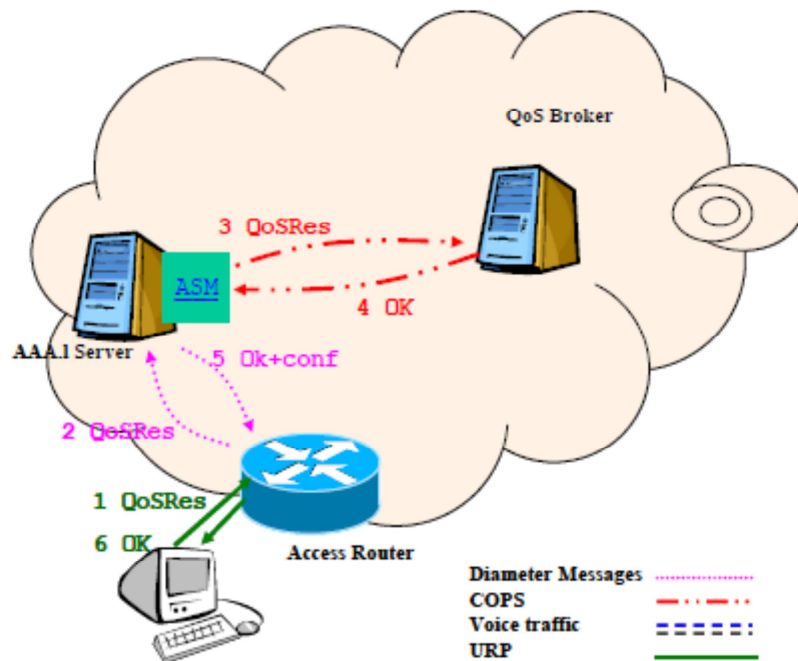


Fig. 5.18. Fase de registro en la red

Una vez finalizado el proceso de registro en la red estamos autorizados por el sistema AAA a introducir paquetes en el núcleo de red a través del Access Router. Sin embargo el QoSBroker aún no ha realizado ninguna reserva en los enlaces, si bien nos ha proporcionado los códigos DSCP

adecuados para marcar los paquetes y alcanzar el nivel de calidad de servicio deseado.

Es preciso ahora definir el concepto 'sesión' que determinará una serie de flujos de información provocados por un usuario y que deben ser tratados y tarifados de una forma concreta.

En consecuencia, una sesión vendrá determinada por el uso de una dirección origen y un código DSCP durante un periodo de tiempo. Todos los paquetes que coincidan en esta información determinarán una sesión. Ver figura 5.19.

Una sesión nace cuando el terminal comienza a generar tráfico (7), para ello marcará este flujo con uno de los DSCP proporcionados por el QoS Broker para conseguir el nivel de calidad de servicio deseada.

Este tráfico llegará al Access Router que identificará la llegada de un nuevo flujo de datos y automáticamente informará al QoS Broker para gestionar la reserva de recursos (8). Cuando reciba la autorización correspondiente (9) se cursará el tráfico a través de la red. Si bien no existen mensajes explícitos para la reserva de recursos, como sucede con RSVP, se consigue realizar una reserva de recursos a través del QoS Broker.

Este elemento conoce previamente las características (básicamente ancho de banda, si bien podría considerarse el retardo) de todos los enlaces de cada Access Router, de manera que el conocimiento de las sesiones activas generados por cada usuario le permite identificar la capacidad restante de cada enlace.

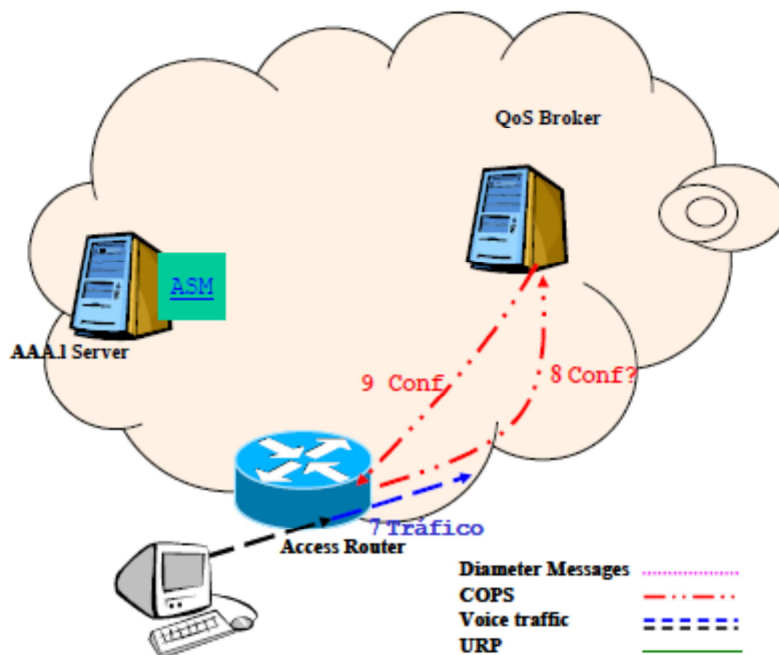


Fig. 5.19. Inicio de sesión

Interacción QoS-AAA

Como hemos visto, los sistemas QoS priorizan unos paquetes sobre otros, es decir dan prioridad al tráfico de unos usuarios sobre otros, usuarios que, por tanto, necesitarán controlar. Por otra parte, los sistemas AAA de control de usuarios deben tener muy en cuenta la QoS ya que ésta es un atributo fundamental para diferenciar los servicios ofrecidos. La mejor solución es especializar a los sistemas QoS en el control de recursos de la red y a los sistemas AAA en el control de usuarios, y definir la necesaria interacción entre ambos tipos de sistemas.

La interacción entre AAA y QoS se puede realizar por distintos motivos, pero al menos se requiere en dos casos: cuando el usuario se registra en la red, tal y como se ha indicado en el proceso de registro, y cuando la abandona (o es expulsado por falta de crédito,...).

Interacción QoS-Movilidad

La movilidad del usuario implica ciertas restricciones al sistema de QoS, además de forzar la transmisión del perfil de usuario a los componentes AAA y QoS del nuevo dominio.

En primer lugar, ante una petición de handover, es necesario comprobar si dispondremos de recursos suficientes en la nueva red de acceso, para ello es necesaria una negociación entre QoSBrokers. Por otro lado, la petición de handover puede implicar un retardo excesivo que incumpla las condiciones QoS que teníamos contratadas para el tráfico. En consecuencia, será necesario realizar un estudio sobre técnicas de Fast Handovers para caracterizar un handover en cuestión de QoS. Las técnicas de Fast Handover tratan de mejorar el tiempo de transición duplicando la conexión durante el breve periodo que dura el handover.

Cuándo se detecta que el nivel de señal disminuye notablemente antes de realizar el handover, se configura adecuadamente el enlace final, de manera que no se cancela la conexión inicial hasta que se comienza a transmitir por la nueva. Durante un breve periodo de tiempo tenemos una conexión doble, de forma que recibimos la información por ambos canales, la figura 5.20 resume la arquitectura y comunicaciones de 4G.

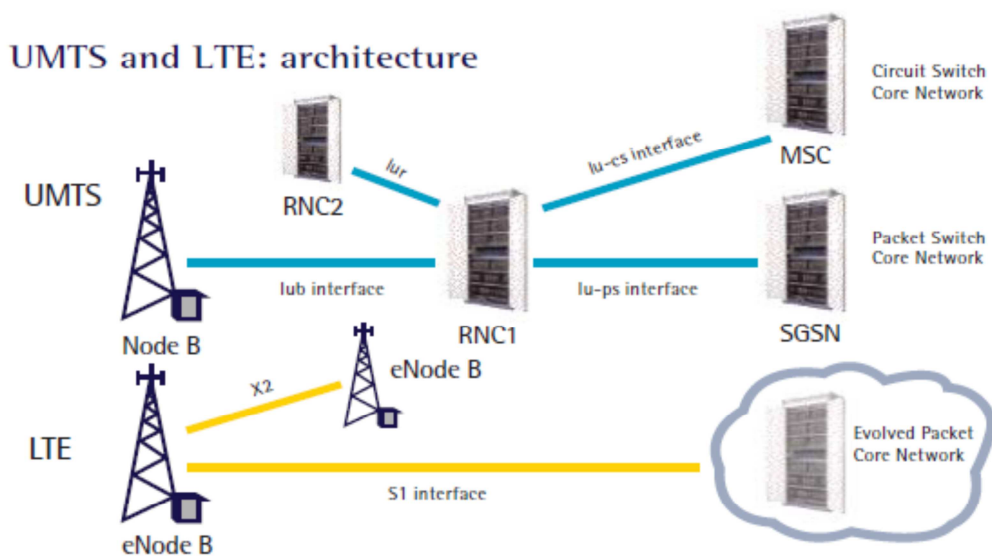


Fig. 5.20. Arquitectura UMTS - LTE

5.7.7 Parámetros de un Downlink

Transmission BW	1.25 MHz	2.5 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz	
Timeslot duration	0.675 ms						
Sub-carrier spacing	15 kHz						
Sampling frequency	1.92 MHz (1/2 × 3.84 MHz)	3.84 MHz	7.68 MHz (2 × 3.84 MHz)	15.36 MHz (4 × 3.84 MHz)	23.04 MHz (6 × 3.84 MHz)	30.72 MHz (8 × 3.84 MHz)	
FFT size	128	256	512	1024	1536	2048	
Number of occupied sub-carriers†, ††	76	151	301	601	901	1201	
Number of OFDM symbols per Timeslot (Short/Long CP)	9/8						
CP length (μs/samples)	Short	7.29/14	7.29/28	7.29/56	7.29/112	7.29/168	7.29/224
	Long	16.67/32	16.67/64	16.67/128	16.67/256	16.67/384	16.67/512
Timeslot Interval (samples)	Short	18	36	72	144	216	288
	Long	16	32	64	128	192	256

5.7.8 Parámetros de Uplink

Transmission BW	1.25 MHz	2.5 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz	
Sub-frame duration	0.5 ms						
Sub-carrier spacing	15 kHz						
Sampling frequency	1.92 MHz (1/2 × 3.84 MHz)	3.84 MHz	7.68 MHz (2 × 3.84 MHz)	15.36 MHz (4 × 3.84 MHz)	23.04 MHz (6 × 3.84 MHz)	30.72 MHz (8 × 3.84 MHz)	
FFT size	128	256	512	1024	1536	2048	
Number of occupied sub-carriers†, ††	76	151	301	601	901	1201	
Number of OFDM symbols per sub frame (Short/Long CP)	7/6						
CP length (μs/samples)	Short	(4.69/9) × 6, (5.21/10) × 1*	(4.69/18) × 6, (5.21/20) × 1	(4.69/36) × 6, (5.21/40) × 1	(4.69/72) × 6, (5.21/80) × 1	(4.69/108) × 6, (5.21/120) × 1	(4.69/144) × 6, (5.21/160) × 1
	Long	(16.67/32)	(16.67/64)	(16.67/128)	(16.67/256)	(16.67/384)	(16.67/512)

BIBLIOGRAFÍA

Referencias bibliográficas

Tesis:

DISEÑO DE UNA RED DE TELEFONÍA CELULAR PARA LA CIUDAD DE AMBATO UTILIZANDO TECNOLOGÍA 3G” elaborada por Cesar Geovanny Gaibor - Febrero del 2005.

Libros:

- TOMASI WAYNE - Sistemas de comunicaciones electrónicas, Cuarta edición. Principios de las comunicaciones.
- CASTRO LECHTALER Antonio Ricardo Telemática Aplicada. FUSARIO Rubén Jorge. Volumen I. Editorial: Mc Grawhil.
Evolución de los sistemas de comunicaciones.
- LEY ESPECIAL DE TELECOMUNICACIONES Y SU REFORMA
Ley para las telecomunicaciones.
- PÉREZ F. Fontán- Introduction to Mobile Communications Engineering, J. M. Hernando, -. Artech House, 1999.
Arquitectura de Sistemas Móviles
- VISWANATH.-Fundamentals of Wireless Communication, D. Tse, P. Cambridge University Press, 2005.
Descripción de los sistemas inalámbricos.

Internet

- http://www.mityc.es/NR/rdonlyres/BE24FB7B-BA6F-464D-8905-4BE6BABBFE2B/0/CAB_Comunidad_Valenciana.PDF
Sistemas de comunicaciones móviles.
- <http://en.wikipedia.org/wiki/2G>
Tecnologías de Segunda generación.
- <http://en.wikipedia.org/wiki/IBurst>
Evolución de las tecnologías de tercera generación.

- http://en.wikipedia.org/wiki/Long_Term_Evolution
LTE orientada a cuarta generación.
- http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n-Categor%C3%ADa:Telecomunicaciones
Medios de transmisión no guiados.
- <http://www.noticiasdot.com/publicaciones/gadgetmania/2008/02/16/tecnologia-lte-long-term-evolution-la-velocidad-es-lo-suyo/>
Nuevas normas tecnológicas para el futuro.
- http://es.wikipedia.org/wiki/3GPP_Long_Term_Evolution
Introducción de la tecnología 3GPP LTE.
- <http://www.3gpp.org/tb/ran/RAN2/RAN2.htm>.
Avances hacia la tecnología 3GPP.
- http://www.gigatronic.es/index.php?option=com_wrapper&Itemid=16
Técnicas de modulación para 4G.
- www.alcatel-lucent.com
Historia y arquitectura en redes LTE.
- <http://www.ist-mobydick.org>
Los pilares de las redes 4G - Antonio Cuevas, Carlos García, José Ignacio Moreno, Ignacio Soto.
- www.mimo.rohde-schwarz.com
Sistemas MIMO.
Introducción sistemas MIMO
- **Ericsson Research-** 3G long-term evolution.pdf
Proceso para llegar a long term evolution

ACRÓNIMOS

3GPP	Proyecto conjunto de tercera generación.	MSC	Centro de conmutación móvil
aGW	Acceso por puerta de enlace	PHY	Capa física.
BPSK	Modulación binaria por desplazamiento de fase.	OFDM	Multiplexación Ortogonal por división de frecuencia.
CDMA	Acceso múltiple por división de código.	OFDMA	Acceso múltiple por división de frecuencia
DFT	Transformada discreta de fourier	QAM	Modulación de amplitud por cuadratura
DSL	Abonado de línea digital	QoS	Calidad de servicio.
DSP	Proceso de señales digitales	QPSK	Modulación por desplazamiento de fase.
EDGE	Tasa de datos mejorada para la evolución GSM.	RAN	Red de acceso de radio.
EV-DO	Evolución de datos optimizados.	RLC	Control de enlace de radio.
FDD	Doble división de frecuencia.	RNC	Controlador de la red e radio.
FDMA	Acceso múltiple por división de frecuencia.	SC-FDMA	Acumulación simple FDMA
FFT	Transformada rápida de fourier	SDMA	Acceso múltiple por división espacial.
GPRS	Servicio general de paquetes de radio.	TDD	Time-Division Duplex
GSM	Sistema global Para comunicaciones móviles.	TTI	Intervalo de tiempo de transmisión.
HSDPA	Acceso de paquetes con alta velocidad en enlace de bajada.	UE	Equipo de usuario
HSPA	Acceso de paquete a alta velocidad.	UMB	Ultra Mobile Broadband
HSUPA	Acceso de paquetes con alta velocidad en enlace de subida.		
IP	Protocolo de internet	WAP	Protocolo de aplicación inalámbrico.

LTE	Evolución a Largo plazo	WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access.
MAC	Control de acceso al medio.	WiFi	IEEE 802.11 Tecnología inalámbrica
MIMO	Múltiples entradas múltiples salidas	WiMAX	IEEE 802.16 Tecnología inalámbrica

UMTS Long Term Evolution (LTE) Technology Overview

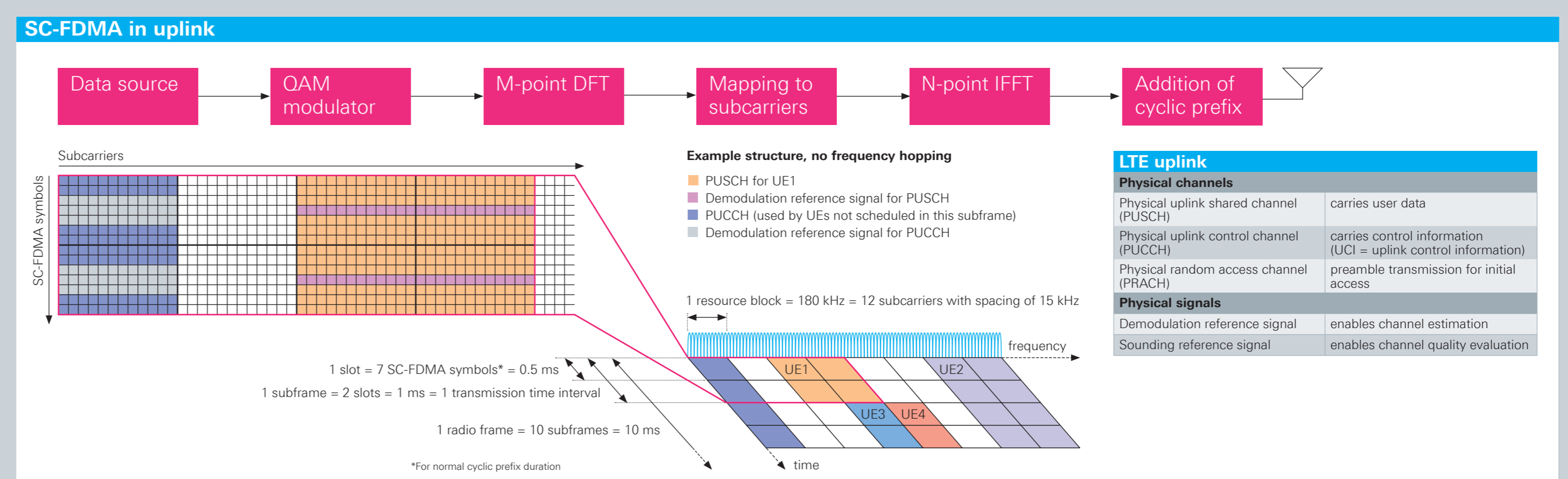
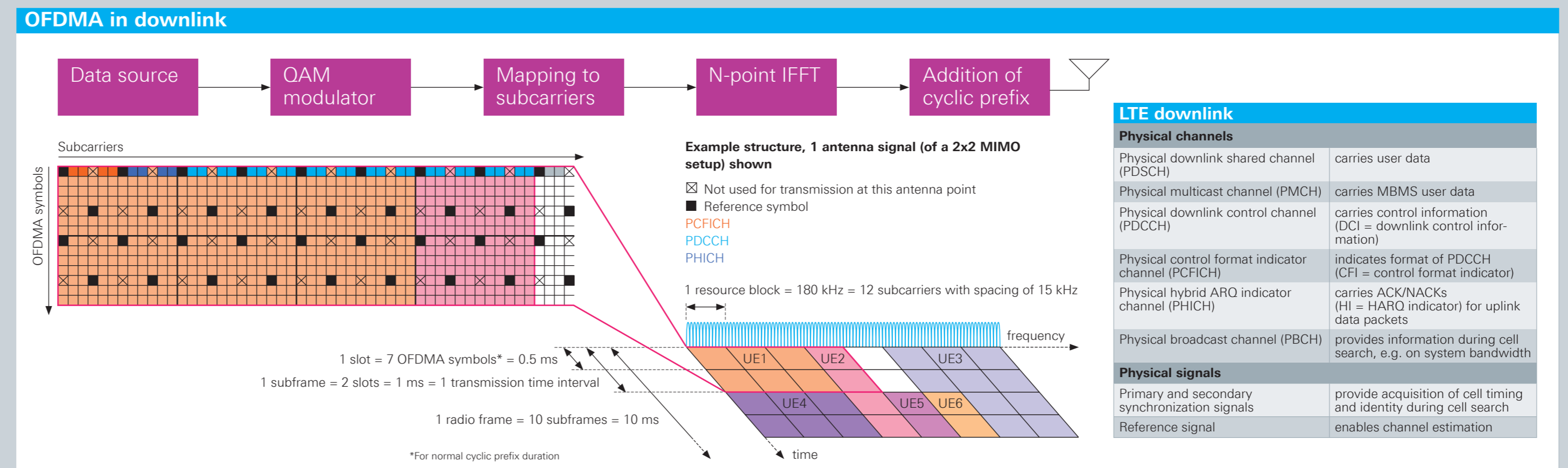
UMTS Long Term Evolution (LTE) will ensure the competitiveness of UMTS for the next ten years and beyond by providing a high-data-rate, low-latency and packet-optimized system. Also known as EUTRA (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access) and EUTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network), LTE is part of 3GPP release 8 specifications. The novelties that LTE brings to the UMTS world include:

- New multiple access schemes
- Scalable bandwidth up to 20 MHz
- MIMO antenna technology
- New data and control channels
- New network and protocol architecture
- Specific test and measurement challenges

The future will bring even more: The work on LTE-Advanced has already begun in order to pave the way to 4G.

Rohde & Schwarz is the right partner for making your LTE products happen. Our test solutions were the first on the market and since then evolved to a full product portfolio from a single-source supplier, covering applications from R&D up to conformance.

Multiple Access Schemes and Physical Layer Signal Generation

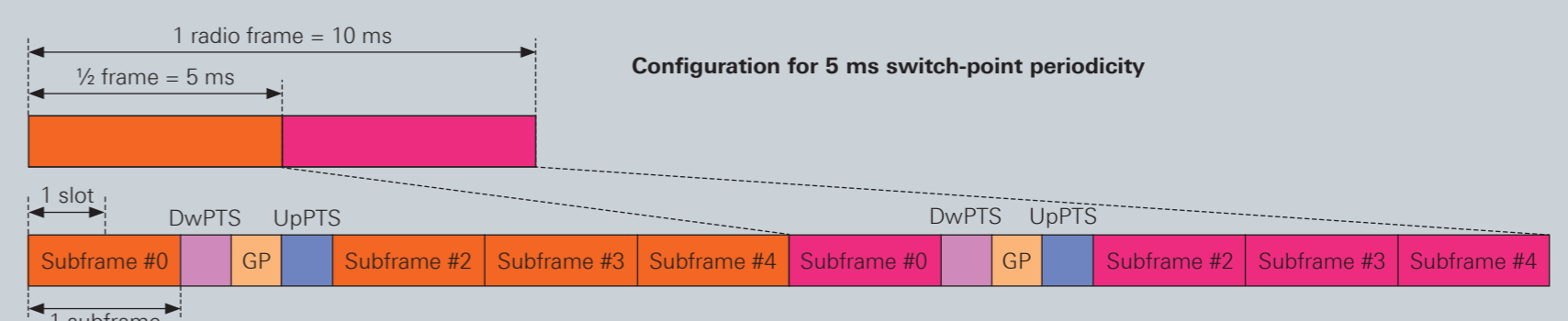


Key parameters	FDD (in MHz):	TDD (in MHz):
Frequency range (UMTS bands)		
	I) UL: 1920 to 1980 DL: 2110 to 2170	1900 to 1920 2010 to 2025
	II) UL: 1850 to 1910 DL: 1930 to 1990	1850 to 1910 1930 to 1990
	III) UL: 1710 to 1785 DL: 1805 to 1880	1910 to 1930 2570 to 2620
	IV) UL: 1710 to 1755 DL: 2110 to 2155	1880 to 1920 2300 to 2400
	V) UL: 824 to 849 DL: 869 to 894	
	VI) UL: 830 to 840 DL: 875 to 885	
	VII) UL: 2500 to 2570 DL: 2620 to 2690	
	VIII) UL: 880 to 915 DL: 925 to 960	
	IX) UL: 1749.9 to 1784.9 DL: 1844.9 to 1879.9	
	X) UL: 1710 to 1770 DL: 2110 to 2170	
	XI) UL: 1427.9 to 1452.9 DL: 1475.9 to 1500.9	
	XII) UL: 698 to 716 DL: 728 to 746	
	XIII) UL: 717 to 787 DL: 746 to 756	
	XIV) UL: 788 to 798 DL: 758 to 768	
Channel bandwidth	1.4 MHz 3 MHz 5 MHz 10 MHz 15 MHz 20 MHz	
Resource blocks (RB) (1 RB = 180 kHz)	6 15 25 50 75 100	
Modulation schemes	DL: QPSK, 16QAM, 64QAM UL: QPSK, 16QAM, 64QAM (optional for UE)	
Multiple access	DL: OFDMA UL: SC-FDMA	
Peak data rate	DL: 150 Mbit/s (UE category 4, 2x2 MIMO, 20 MHz), 300 Mbit/s (UE category 5, 4x4 MIMO, 20 MHz) UL: 75 Mbit/s (UE category 5, 20 MHz)	

MIMO Antenna Technology

LTE MIMO characteristics	
Number of BS transmit antennas	1, 2 or 4
Number of UE receive antennas	2 or 4
DL transmit diversity	space frequency block coding (SFBC)
DL spatial multiplexing	codebook-based precoding, maximum of 2 parallel code words
DL cyclic delay diversity	antenna specific cyclic shifts
UL MIMO mode	multi-user / collaborative MIMO, transmit antenna selection

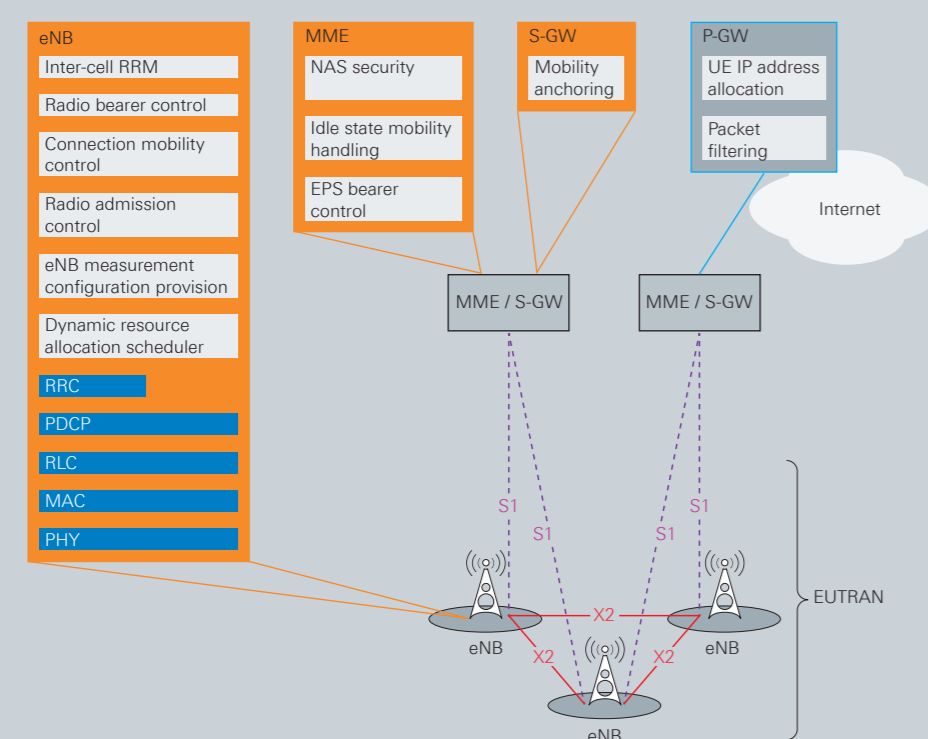
TDD Frame Structure



Selection of Rohde & Schwarz LTE Test Solutions



Network and Protocol Architecture



R&S^{SMU200A} Signal generation

- LTE downlink and uplink signal generation for terminal and base station receiver tests
- 2x2 MIMO setup including realtime fading in one box
- Expandable to 4x2 and 2x4 MIMO setups with realtime fading
- Channel coding for uplink and downlink
- Many more standards supported: HSPA/HSPA+, WiMAX, CDMA2000[®] 1xRTT/1xEV-DO*, GSM/EDGE, WLAN, etc.

R&S^{FSQ / R&S FSG} Signal and spectrum analysis

- High-performance analysis of LTE RF characteristics including 4x4 MIMO capability
- LTE downlink and uplink signal analysis for base station and terminal transmitter tests
- Many more standards supported: HSPA/HSPA+, WiMAX, CDMA2000[®] 1xRTT/1xEV-DO*, GSM/EDGE, WLAN, etc.

R&S^{CMW500} Protocol testing

- One tester for all stages of wireless device testing – from R&D to conformance
- Test of layer 1 to 3 up to user plane
- Full flexibility for test scenario definition
- Scalable one-box hardware setup
- Support of all 3GPP frequency bands
- Ready for MIMO and multi-RAT testing

Glossary:
3GPP = 3rd Generation Partnership Project, ARQ = Automatic Repeat Request, BS = Base Station, DFT = Discrete Fourier Transformation, DL = Downlink, DwPTS = Downlink Pilot Timeslot, eNB = enhanced Node B, EPS = Evolved Packet System, EUTRAN = Evolved UMTS Terrestrial Radio Access (Network), FDD = Frequency Division Duplex, GP = Guard Period, HARQ = Hybrid ARQ, IFFT = Inverse Fast Fourier Transformation, IP = Internet Protocol, MAC = Medium Access Control, MBMS = Multimedia Broadcast Multicast Service, MIMO = Multiple Input Multiple Output, MME = Mobility Management Entity, NAS = Non Access Stratum, OFDMA = Orthogonal Frequency Division Multiple Access, P-GW = Packet Data Network Gateway, PDCP = Packet Data Convergence Protocol, PHY = Physical Layer, QAM = Quadrature Amplitude Modulation, RAT = Radio Access Technology, RLC = Radio Link Control, RRC = Radio Resource Control, RRM = Radio Resource Management, S-GW = Serving Gateway, SC-FDMA = Single Carrier Frequency Division Multiple Access, TDD = Time Division Duplex, UE = User Equipment, UL = Uplink, UMTS = Universal Mobile Telecommunications System, UpPTS = Uplink Pilot Timeslot.

*CDMA2000[®] is a registered trademark of the Telecommunications Industry Association (TIA – USA)

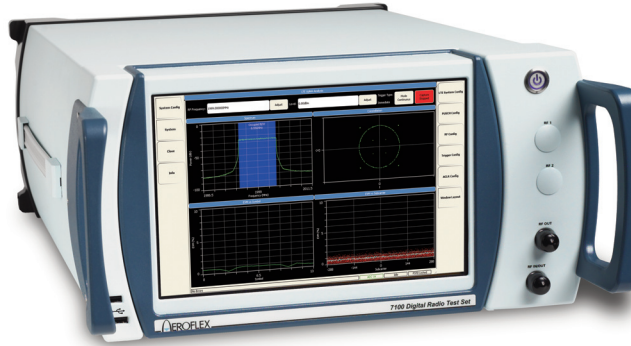
www.lte.rohde-schwarz.com
www.mimo.rohde-schwarz.com



LTE

7100 Digital Radio Test Set

AEROFLEX
A passion for performance.



Advanced R&D test tool for LTE UE

- Bench-top instrument with embedded PC and large touch-screen display
- 6 GHz frequency range, covering all LTE spectrum allocations
- Supported Modes: LTE FDD and TDD (future release)
- Integrated -3GPP Rel-8 LTE compliant Physical Layer and Protocol Stack included
- Comprehensive suite of RF parametric measurements
- Protocol logging and analysis
- Inter RAT handover support (future release)
- Automatic network simulation
- Functional testing
- End-to-end IP packet data test
- Speed and precision for end-of-production line quality tests

LTE is the standard for mobile communications developed by the 3GPP standards development organization to meet the requirements of the Next Generation of Mobile Network (NGMN) operators. The standard, Rel-8 of the 3GPP specifications and referred to as E-UTRAN (Enhanced Universal Terrestrial Radio Access Network), introduces many changes in both the radio interface and the system architecture. The purpose of the changes is primarily targeted at increasing user data rates and reducing packet latency, providing a user experience more similar to wireline broadband services. In addition, LTE addresses issues relevant to the efficient and cost-effective operation of an advanced high-speed radio network: spectrum efficiency, lower cost-per-bit, seamless mobility, reliability. In addition, co-existence and compatibility with current and legacy technologies are required, allowing for the gradual roll-out of network coverage without disrupting existing, revenue-earning service.

For the very latest specifications visit www.aeroflex.com

To achieve these requirements, a major change in technology has been required. LTE networks are entirely packet-switched, allowing a wider range of services to be readily supported through the use of TCP/IP-based standards. At the radio interface, OFDMA is used in flexible bandwidth deployments and the L2 and L3 are optimized to reduce signaling overheads. The network topology has been flattened to reduce the number of interfaces, reducing end-to-end packet delays across the system. As a result, a new generation of test equipment has emerged to meet the demands of development teams working on terminals designed to meet the requirements of the next generation networks.

7100 Overview

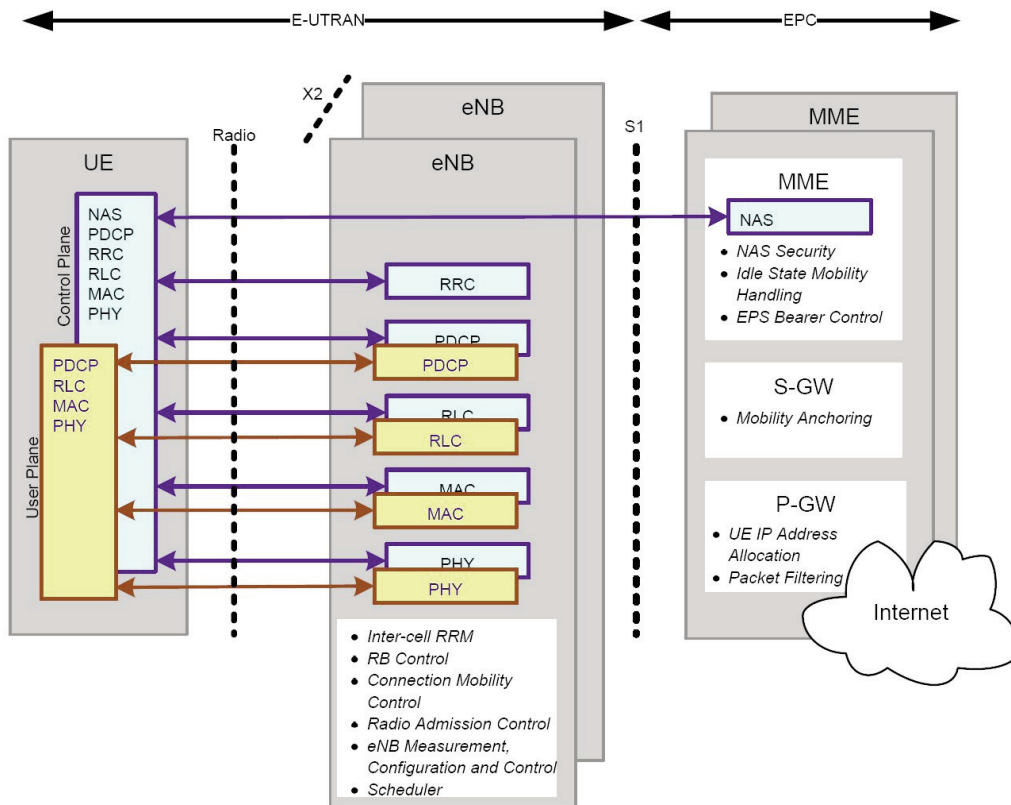
The Aeroflex 7100 LTE Digital Radio Test Set is an innovative hardware platform to support software defined instrumentation, providing a flexible platform for support of multiple wireless technologies. This combined with an intuitive touch screen GUI establishes the 7100 as the platform of choice for future wireless test technology. Released to support the design and development of LTE mobile devices it provides all the tools required during the design, development and test stages of UE chip sets and terminals meeting the new Rel-8 standards. All the key measurements are provided for characterizing the performance of LTE mobile devices, both at the radio interface and throughout the protocol stack, including the PDCP and IMS layers. With the 7100's Network Simulation mode, end-to-end performance can be accurately assessed, along with correct idle mode and connected mode behaviour.

The 7100 protocol stack has been designed to allow testing to build up in a logical fashion. Testing is possible at each sub-layer, eg MAC-to-MAC, RLC-to-RLC etc, in the absence of the upper layers.

Typical users of the 7100 LTE Digital Radio Test Set include RF developers, protocol stack teams, integration test groups and pre-conformance labs that are developing sub-systems and integrated designs that meet the requirements of the LTE standards. The 7100 also supports end-of-production-line manufacturing test, allowing sample tests on high-volume production lines to be executed. These teams benefit from the ease of use, comprehensive test capability, speed and low cost of ownership offered by the 7100.

LTE PHYSICAL LAYER FEATURES AND CAPABILITY

The 7100 simulates the E-UTRAN and EPC (Evolved Packet Core) to provide a realistic test environment for LTE terminals. Test procedures control the characteristics of the simulated network to allow a wide range of repeatable test scenarios to be created.



An RF interface, suitable for direct cable connection to the device under test is provided. The interface has the following features:

All E-UTRA frequency bands (currently Bands 1 to 40)

UE Power classes supported: 1 to 4

Channel bandwidths: 1.4, 3, 5, 10, 15 & 20 MHz

Sub-carrier bandwidths 7.5 KHz and 15 KHz

Second RF Carrier

2 × 2 MIMO (future release)

Uplink frequency hopping

Fading and AWGN

OFMDA downlink

SC-FDMA uplink

QPSK, 16QAM & 64QAM modulation schemes, downlink and uplink

One-third rate Turbo Coding

Normal and extended Cyclic Prefixes (CP)

Reference measurement channel

Loop-back mode

Physical Channels Supported

Transmits downlink physical channels and signals:

- Physical Downlink Shared Channel (PDSCH)

- Physical Multicast Channel (PMCH) (future release)

- Physical Downlink Control Channel (PDCCH)

- Physical Broadcast Channel (PBCH)

- Physical Control Format Indicator Channel (PCFICH)

- Physical Hybrid ARQ Indicator Channel (PHICH)

- Primary Synchronization signal (P-SCH)

- Secondary Synchronization signal (S-SCH)

- Reference Signals

Receives uplink physical channels and signals:

- Physical Random Access Channel (PRACH)

- Physical Uplink Shared Channel (PUSCH)

- Physical Uplink Control Channel (PUCCH)

- Sounding Reference Signal

FDD (frame structure type 1) mode

Physical layer procedures:

- Cell search

- Power control

- Uplink synchronization and timing control

- RACH

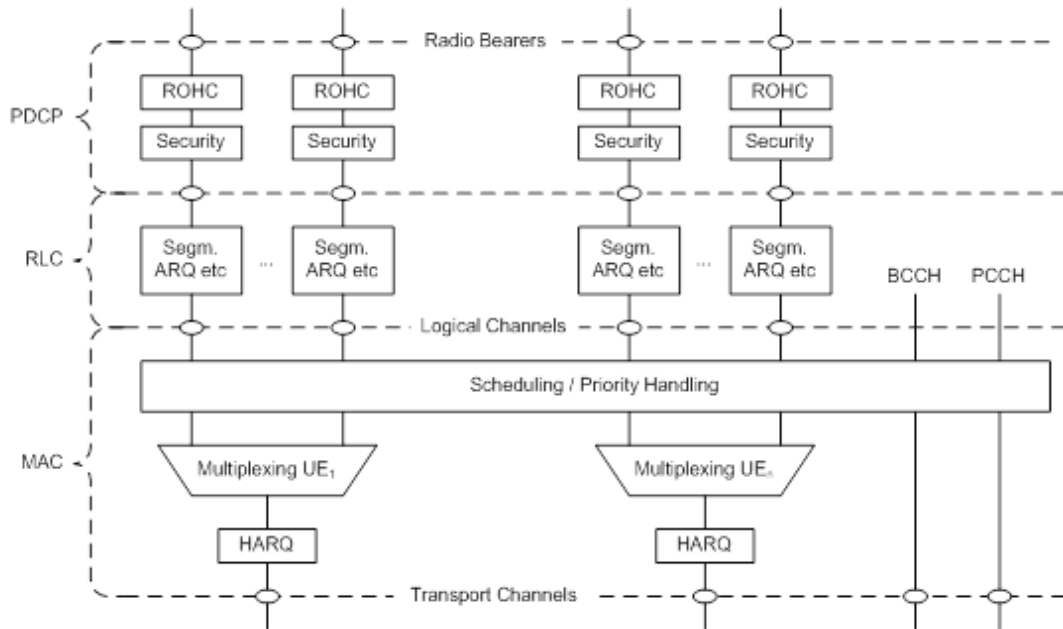
- HARQ

PROTOCOL FEATURES

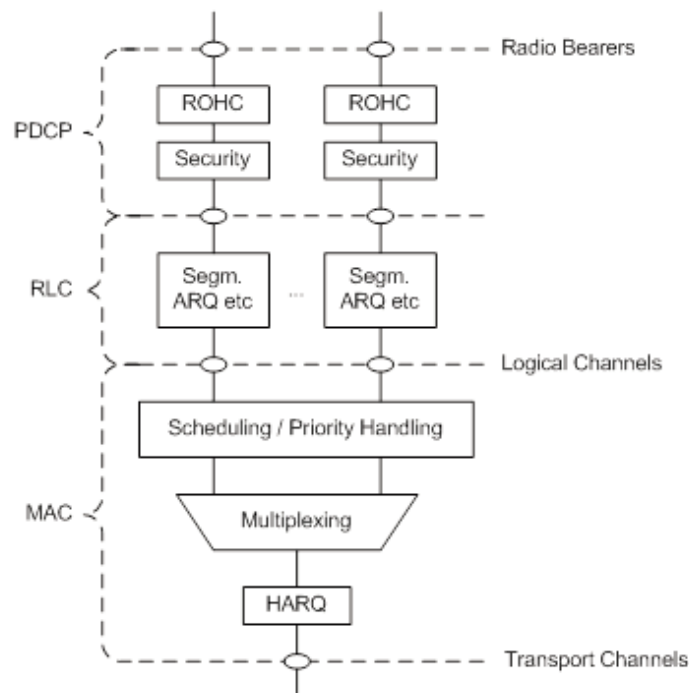
The 7100 includes an integrated LTE protocol stack that is used to establish the required signal conditions for performing RF measurements whilst a call is in process. All the required sub-layers are included in the stack, allowing the RF engineer to concentrate on the measurements without needing to have a detailed knowledge of the protocol. Test configuration options are provided, giving the user control over major parameters such as channel number and power levels.

For protocol testing, the 7100 provides three modes to give the software engineer the ability to fully exercise all aspects of the protocol stack including error handling and timeouts as well as normal behavior.

1. L1/L2 Command Line Mode: Provides precise L1/L2 control
2. Scenario Wizard: Graphical Interface for creating test scenarios using all LTE sub-layers
3. Script Editor: C++ Scripting Interface and open 7100 API for complete control



Layer 2 Downlink



Layer 2 Uplink

Protocol Sub-Layers

MAC:

1ms TTI

Type 1 frame structure

HARQ, Normal and TTI Bundling

Logical control channels:

Broadcast Control Channel (BCCH)

Paging Control Channel (PCCH)

Common Control Channel (CCCH)

Multicast Control Channel (MCCH)*

Dedicated Control Channel (DCCH)

Traffic channels:

Dedicated Traffic Channel (DTCH)

Multicast Traffic Channel (MTCH)*

RLC:

Transparent Mode (TM)

Unacknowledged Mode (UM)

Acknowledged Mode (AM)

PDCP:

Robust Header Compression (RoHC)

Ciphering and integrity protection

RRC:

Supports all RRC protocol states and state transitions

RRC_IDLE

RRC_CONNECTED

Configurable system information

NAS:

NAS message transfer with and without concatenation with RRC messages

User-defined message transfer

IMS: *

Support for VoIP call control procedures

Context establishment

CSCF discovery

Registration and de-registration

Emergency calls

Invalid behavior

IPv4 and IPv6* support

MBSFN*

* Future release

TEST FEATURES

The 7100 LTE Digital Radio Test Set provides a comprehensive range of tests covering both Protocol and RF measurements, as well as system-level functional and performance tests.

The RF tests are a mixture of standard parametric measurements (for example spectrum analysis) and LTE-specific, 3GPP-defined test procedures, as specified in TS 36.521. These tests use the protocol stack built into the 7100 LTE Digital Radio Test Set to configure the appropriate test conditions. The tests cover transmitter, receiver and performance measurements. The list below shows the range of tests available:

Transmitter tests

Uplink SC-FDMA signal analysis

Maximum Output Power

Complementary Cumulative Distribution Function

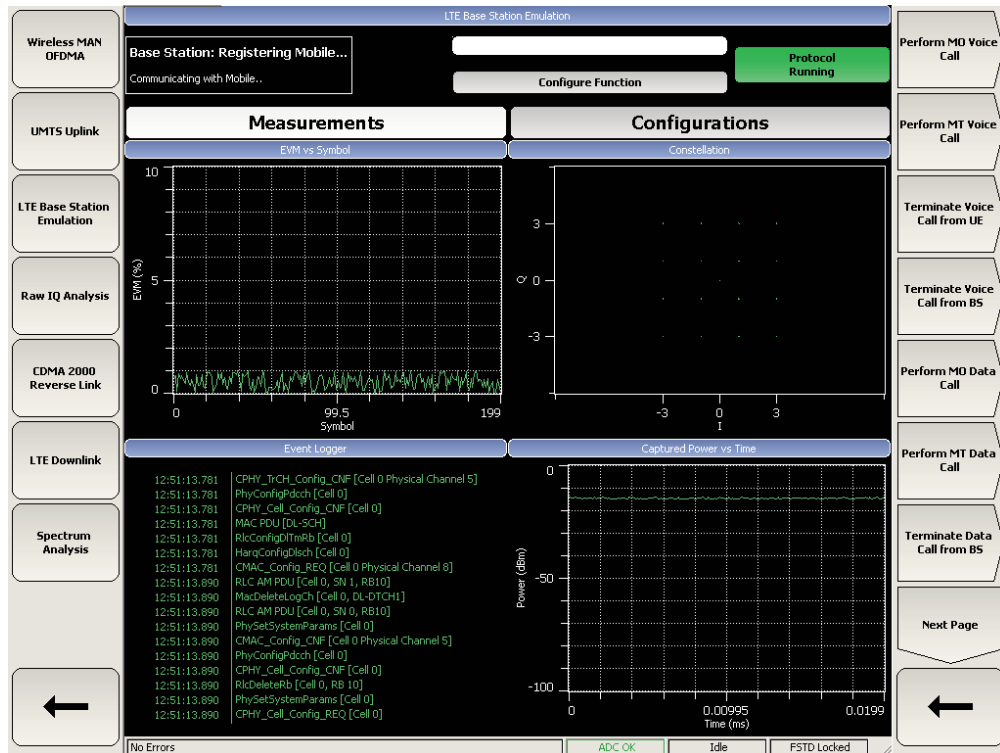
Frequency Error

Occupied Bandwidth

Spectrum Emission mask

Adjacent Channel Leakage Ratio

Transmit signal quality: Composite EVM, Data EVM, pilot EVM



Receiver Tests

Reference Sensitivity

Protocol tests

Cell selection

RRC connection & release

Context activation & release

Location update

Session establishment, UE originating, UE terminating

Session release, UE originating, UE terminating

Ciphering

Handover (channel change) interruption time

Transmit timing accuracy

Measurement reporting

NAS message transfer

End-to-end tests

Data throughput

Voice over IP call

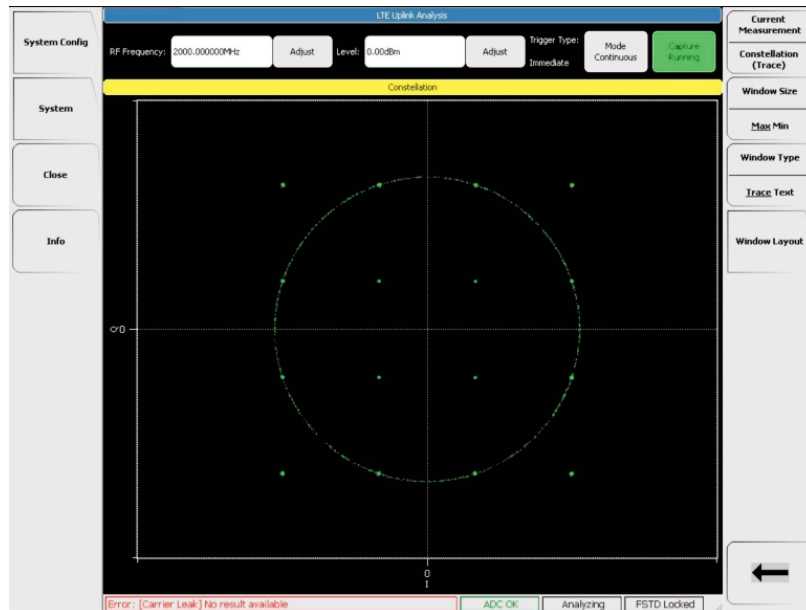
Packet latency

User-corrupted packets

Back-to-back test configuration (requires 2 units)

USER INTERFACE

The 7100 user interface is based on a large (12.1") LCD touch-screen, providing an innovative and easy-to-learn means of accessing all functionality very quickly. Large, clear screens provide clear unambiguous graphical information. Up to four measurements can be simultaneously displayed, providing comprehensive insight into the signal being analyzed.



The touch-screen interface presents familiar-looking soft 'keys' for accessing configuration menus as well as allowing easy on-screen dragging to define marker positions, zoom regions, axis re-scaling amongst other functions. The touch screen provides an intuitive and easy to use test system. In addition to the touch screen the 7100 can be fully controlled by a mouse and keyboard. A monitor port is available for other display alternatives.

Post-Sales Support

Support of the instrument is an essential element in maximizing efficiency and return on investment of your equipment. There are several features of the support available, including routine hardware calibration and warranty support for repairs plus software support, essential for keeping your equipment up to date. Hardware and software support for the first two years of ownership are included in the purchase price of the 7100.

With a new technology such as LTE it is essential to track changes in the 3GPP standards. Software updates for the 7100 are made available via the internet-based Aeroflex Customer Download Portal. Under the software support scheme you will be provided with an account, giving instant, round-the-clock access to all relevant releases, updates and release notes. Subscribing to the software support service is a very efficient and effective way to keep up to date.

The support service also provides access to the Aeroflex Helpdesk, which provides the first point of contact in case of a need for support. The Helpdesk provides a guaranteed response, allocating a reference number for internal tracking of progress and reporting.

Due to Aeroflex's global presence, technical support is available in region to help you get the best out of your instrument. Local, factory-trained Application Support Engineers keep you up to date via phone calls, e-mail or, if necessary on site visits.

Users can elect to purchase the 7100 LTE Digital Radio Test Set with optional warranty extensions. Standard Extended Warranty provides either 36 months or 60 months warranty period plus the benefits of guaranteed product repair times in the event of failure. Standard Extended Warranty can also be provided inclusive of scheduled calibration.

On request Aeroflex can provide customized Premium Warranty support designed around your specific needs.

TECHNICAL INFORMATION

SIGNAL GENERATOR

RF I/O port

Frequency range: 70 MHz to 6 GHz continuous

Output level:

CW -8 dBm to 3 GHz, -15 dBm 3 GHz – 5 GHz, -19 dBm 5 GHz – 6 GHz

PEP -11 dBm to 3 GHz, -18 dBm 3 GHz – 5 GHz, -22 dBm 5 GHz – 6 GHz

-25 dBm Modulated RMS with 14 dB PAR to 3 GHz, -32 dBm 3 GHz – 5 GHz, -36 dBm 5 GHz – 6GHz

Max reverse power: +33 dBm

VSWR

1.3:1, 70 MHz – 3 GHz

1.5:1, 3 GHz - 5 GHz

1.6:1, 5 GHz – 6 GHz

RF Out port

Frequency range: 1 MHz to 6 GHz

Output level:

CW 3 dBm to 3 GHz, -3 dBm 3GHz – 5 GHz, -4 dBm 5 GHz – 6GHz

PEP 0 dBm to 3 GHz, -6 dBm 3GHz – 5 GHz, -7 dBm 5 GHz – 6GHz

-14 dBm Modulated RMS with 14 dB PAR to 3 GHz, -20 dBm 3GHz – 5 GHz, -21 dBm 5 GHz – 6GHz

Max reverse power: +27 dBm

Output level accuracy: ± 0.3 dB typical CW

Input level measurement accuracy: ± 0.3 dB typical 500 MHz to 3 GHz

Frequency range (optional 2nd carrier): 70 MHz to 6 GHz

VSWR

1.5:1, 1 MHz – 5 GHz

1.6:1, 5 GHz - 6 GHz

SPECTRAL PURITY

SSB Phase Noise

Typical at 2 GHz and at ambient room temperature: -115 dBc/Hz at 20 kHz offset

Phase noise below 100 Hz offset is dependent upon reference phase noise.

Typical phase noise at 5 GHz -108 dBc/Hz 20 kHz offset

Noise Floor (10 MHz offset from 2 GHz)

Typically -140 dBc/Hz

Non-Harmonic Related Spurious

Typically -60 dBc at >10 kHz

Typically -70 dBc at >10 kHz offset for CW signals

Sub harmonics

-30 dBc, typically -55 dBc

Harmonics

2nd Harmonic: <-28 dBc, (typ -40 dBc)

3rd Harmonic: <-30 dBc, (typ -55 dBc)

SIGNAL ANALYZER

FREQUENCY

Range

70 MHz to 6 GHz

Resolution

Up to 3 GHz: 1 Hz

Above 3 GHz: 2 Hz

Measurement Bandwidth

Maximum instantaneous bandwidth: 90MHz

Accuracy

As per frequency reference

LEVEL

Maximum RF input

RF I/O Port:

+33 dBm

RF Input Attenuator

0 to 31 dB in 1 dB steps

IF attenuator

0 to 35 dB in 1 dB steps

Level Accuracy

RF I/O Port:

<500 MHz, typically ± 0.5 dB

500 MHz and 3 GHz, typically ± 0.3 dB

SPECTRAL PURITY

SSB Phase Noise

Typical at 2 GHz and at ambient room temperature: -116 dBc/Hz at 20 kHz offset

Phase noise below 100 Hz is dependent upon reference phase noise.

Typical phase noise at 5 GHz: -108 dBc/Hz 20 kHz offset

LINEARITY AND NOISE

Intermodulation

Typically 75 dB intermodulation free dynamic range (2 tone input with maximum +14 dBm input power for each tone)

Adjacent Channel Leakage Ratio

Better than 60 dB ACLR on 3GPP (downlink test model 1)

Typically 65 dB ACLR on 3GPP uplink

Spurious

Typically -70 dBc

Residual Responses (No input)

<-81 dBm, typically -86 dBm with RF input terminated into 50 ohms and minimum RF and IF attenuation

FREQUENCY REFERENCE

Frequency

10 MHz

Aging Rate

1 in 10^9 per day, 1 in 10^7 per year.

Temperature Stability (0 to 50°C)

Typically better than $\pm 1 \times 10^{-8}$

Warm up Time

<5 minutes

ANALOG MEASUREMENTS

SPECTRUM ANALYZER

Frequency span

Variable between 2 kHz to 200 MHz and zero span, Resolution 1 Hz

RBW

Variable between 1 Hz to 10 MHz, Resolution 1 Hz

Window Type

NEBW: Gaussian 3 dB: Gaussian fixed: Blackman Harris 5 term

Sample Time

Up to 333 seconds resolution 1 ns

LTE MEASUREMENTS

This section will be expanded as specification 3GPP TS 36.521-1 is developed.

Tx Measurements

Occupied Bandwidth

Percentage range: 1% to 99.99%

CCDF

Peak to Average power distribution

Markers

4 markers plus delta marker

Marker Functions

Marker peak search, next peak, peak track

Power and time

Frequency and time

Traces

Live, avg, max. min. hold

Spectrum trace

Power versus time trace,

ACLR

Spectrum emission mask

EVM, including EVM/Symbol and EVM/subcarrier

Frequency error

IQ component (Origin offset or carrier leakage power)

INTERFACES

RF

Front panel

RF1: Duplex port N Type

RF2: RF output N Type

Rear panel

Freq standard: 10 MHz I/O BNC rear panel

Trigger input TTL BNC

Trigger out TTL BNC

Connectivity

Front panel

2 x USB 2.0 (keyboard and mouse)

12.1" LCD touch-screen display, 1280 × 768 resolution

Ethernet

Rear Panel

VGA, 15 pin D-type connector

2x USB 2.0

Ethernet

Power Supply

Voltage range: 100 to 240 VAC

Frequency range: 50 to 60 Hz

Power consumption: 650 W

GENERAL

Standard Warranty

24 months

Calibration Interval

Recommended 24 months

Electromagnetic Compatibility

EN 61326-1:1997, Emissions Class A, Immunity Table 1 - Performance Criteria B

Safety

EN 61010-1:2001 Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use-Part 1, General requirements

Certification

CE Compliant, FCC Class A

RATED RANGE OF USE

Operating Temperature

0 to 50°C, meets IEC-60068-2-1 and 60068-2-2

Operating Humidity

10 to 90% non-condensing, meets IEC-60068-2-56

WEIGHT AND DIMENSIONS

Dimensions W×D×H: 444 mm × 623 mm × 232 mm
(17.5" x 24.5" x 9.1")

Mass: 27 Kg (59.1 lbs.)

CONDITIONS OF STORAGE AND TRANSPORT

Storage Temperature

-20 to +70°C, meets IEC-60068-2-1 and 60068-2-2

Storage Humidity

5 to 93% non-condensing, tested to IEC-60068-2-56

ORDERING INFORMATION/PRODUCT STRUCTURE

7100	Digital Radio Test Set, including LTE protocol and measurements
Option 01	Second RF transmitter/receiver
Option 100	LTE TDD Mode (future release)
Option 101	Fading and AWGN
Option 102	2x2 MIMO (future release – requires Option 01)
Option 103	GSM/GPRS/EDGE Handover (future release – requires Option 01)
Option 104	CDMA2000 (eHRPD and 1xRTT) (future release – requires Option 01)
Option 105	WCDMA Handover (future release – requires Option 01)

CHINA Beijing

Tel: [+86] (10) 6539 1166
Fax: [+86] (10) 6539 1778

CHINA Shanghai

Tel: [+86] (21) 5109 5128
Fax: [+86] (21) 5150 6112

FINLAND

Tel: [+358] (9) 2709 5541
Fax: [+358] (9) 804 2441

FRANCE

Tel: [+33] 1 60 79 96 00
Fax: [+33] 1 60 77 69 22

GERMANY

Tel: [+49] 8131 2926-0
Fax: [+49] 8131 2926-130

HONG KONG

Tel: [+852] 2832 7988
Fax: [+852] 2834 5364

INDIA

Tel: [+91] 80 [4] 115 4501
Fax: [+91] 80 [4] 115 4502

JAPAN

Tel: [+81] 3 3500 5591
Fax: [+81] 3 3500 5592

KOREA

Tel: [+82] (2) 3424 2719
Fax: [+82] (2) 3424 8620

SCANDINAVIA

Tel: [+45] 9614 0045
Fax: [+45] 9614 0047

SPAIN

Tel: [+34] (91) 640 11 34
Fax: [+34] (91) 640 06 40

UK Cambridge

Tel: [+44] (0) 1763 262277
Fax: [+44] (0) 1763 285353

UK Stevenage

Tel: [+44] (0) 1438 742200
Fax: [+44] (0) 1438 727601
Freephone: 0800 282388

USA

Tel: [+1] (316) 522 4981
Fax: [+1] (316) 522 1360
Toll Free: 800 835 2352

As we are always seeking to improve our products, the information in this document gives only a general indication of the product capacity, performance and suitability, none of which shall form part of any contract. We reserve the right to make design changes without notice. All trademarks are acknowledged. Parent company Aeroflex, Inc. ©Aeroflex 2006.

www.aeroflex.com
info-test@eroflex.com



Our passion for performance is defined by three attributes represented by these three icons: solution-minded, performance-driven and customer-focused.

AEROFLEX

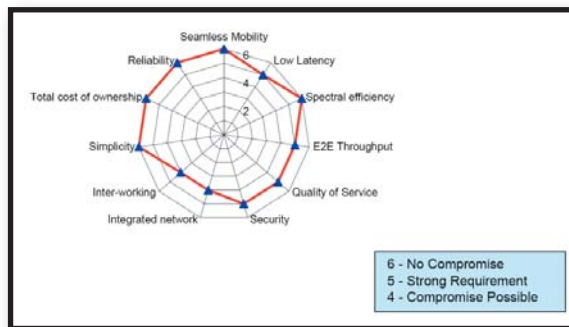
A passion for performance.



LTE PRODUCTS

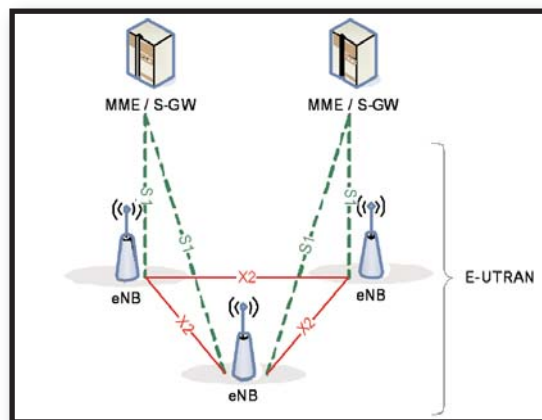
WHAT IS LTE?

LTE is the standard for mobile communications developed by the 3GPP standards development organization to meet the requirements of the next generation of mobile network operators. The first release of the standard, Rel-8 of the 3GPP standards and referred to as E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network), introduces many changes in both the radio interface and the system architecture. The purpose of the changes is primarily targeted at increasing user data rates and reducing packet latency, providing a user experience more similar to wireline broadband services. In addition, LTE addresses issues relevant to the efficient and cost-effective operation of an advanced high-speed radio network: spectrum efficiency, lower cost-per-bit, seamless mobility, reliability, see the below diagram. In addition, co-existence and compatibility with current and legacy technologies is required, allowing for the gradual roll-out of network coverage without disrupting existing, revenue-earning services.



Relative priorities of key characteristics
(NGMN White Paper 'Beyond HSPA & EVDO' v3.0)

To achieve these requirements, a major change in technology has been required. LTE networks are entirely packet-switched, allowing a wider range of services to be readily supported through the use of TCP/IP-based standards. The SAE (System Architecture Evolution) design of an all IP core network is being undertaken to provide the simplified architecture. This will result in a network topology which has been flattened to minimize the number of interfaces, reducing end-to-end packet delays across the system.

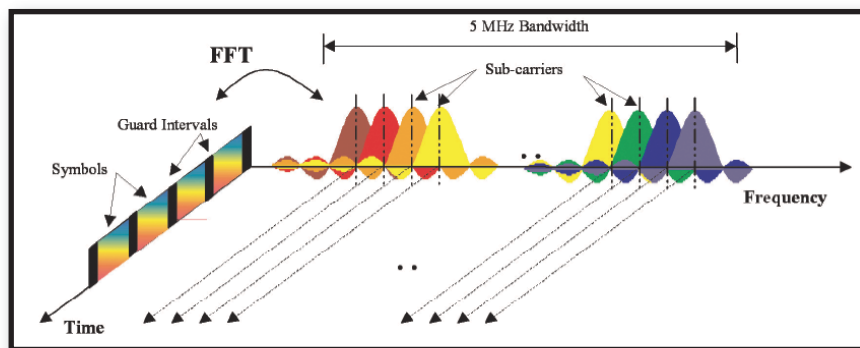


LTE network architecture from TS 36.300 V8.6.0





The radio interface uses OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) technology to provide a flexible transmission bandwidth scalable from 1.4 MHz to 20 MHz to optimally use the available spectrum. OFDM makes use of multiple, closely spaced orthogonal subcarriers each of which is modulated with a conventional digital modulation such as QPSK, 16QAM or 64QAM. The large number of subcarriers support data rates equivalent to a single carrier broadband signal of equivalent bandwidth but with a lower symbol rate. The lower symbol rate makes the signal more resistant to multi-path interference than the conventional single carrier signal. The diagram below from TS 25.892 V6.0.0 provides a graphical representation of the signal.



Frequency-time representation of an OFDM signal

The downlink transmission uses a modified form of OFDM as an access technology, OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) which allows subsets of the subcarriers to be allocated to different subscribers as required.

The uplink uses another modification of the basic OFDM concept for its access technology called SC-FDMA (Single Carrier Frequency Domain multiple Access), this differs from the uplink waveform by supporting each symbol on all the subcarriers rather than the one subcarrier in the uplink. The benefit of this technique is reduced battery power consumption due to the low Peak-to-Average Power Ratio (PAPR) uplink signal transmitted by the UE.

As a result, a new generation of test equipment has emerged to meet the demands of development teams working on terminals designed to meet the requirements of the next generation networks.

The Aeroflex 7100 LTE Digital Radio Test Set provides all the tools required during the design, development and test stages of UE chip sets and terminals meeting the new Rel-8 standards. All the key measurements are provided for characterizing the performance of LTE mobile devices, both at the radio interface and throughout the protocol stack, including the PDCP and IMS layers. End-to-end performance can be accurately assessed, along with correct idle mode and in-call behavior with the 7100's Network Simulation mode. Typical users of the 7100 LTE Digital Radio Test Set include RF developers, protocol stack teams, integration test groups and pre-conformance labs that are developing sub-systems and integrated designs that meet the requirements of the LTE standards. The 7100 also supports end-of-production line manufacturing test, allowing sample tests on high-volume production lines to be executed. These teams benefit from the ease of use, comprehensive test capability, speed and low cost of ownership offered by the 7100.

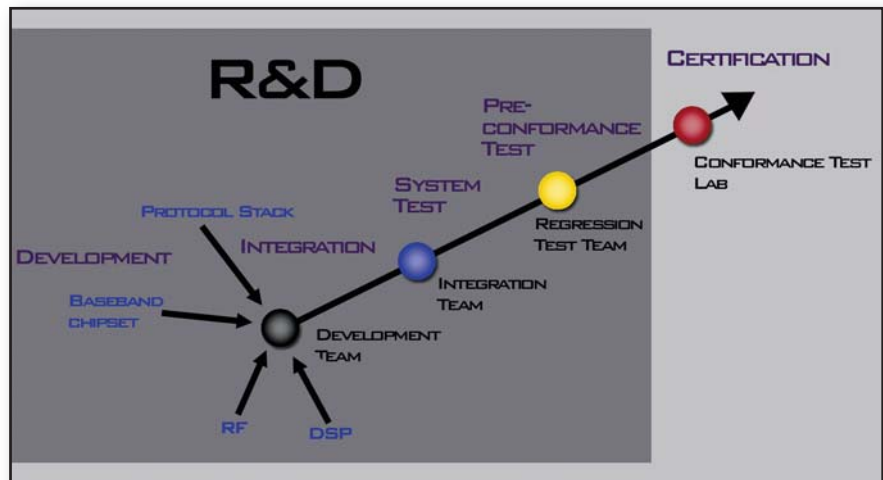


7100 LTE DIGITAL RADIO TEST SET

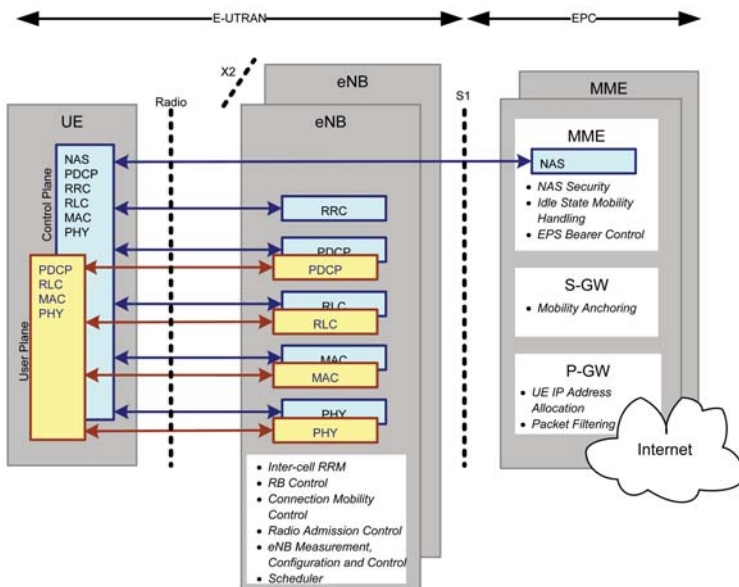


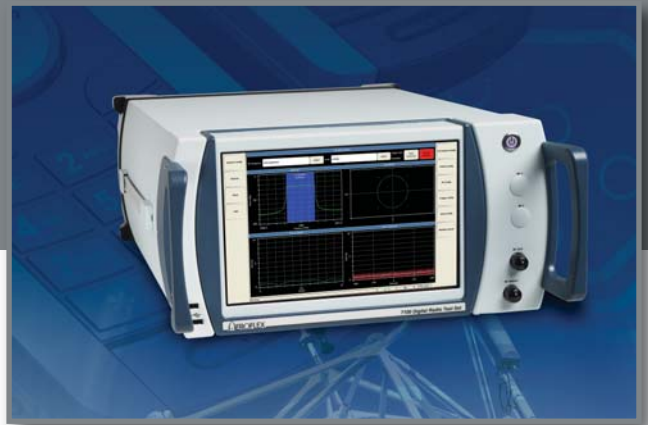
Covering All Phases of LTE Terminal Testing

The Aeroflex 7100 Digital Radio Test Set is a compact, bench top instrument that provides easy to use test features covering the entire spectrum of R&D test activities for LTE terminal devices, starting with initial RF, baseband and protocol stack development, through integration, regression and pre-certification testing.



The 7100 incorporates a 3GPP Rel-8 compliant protocol stack and physical layer to emulate an eNB (evolved Node B) and the EPC (Evolved Packet Core) network, covering all potential spectrum allocations up to 6 GHz. A comprehensive range of RF tests is included, including some based on the 3GPP TS 36.521 RF test specification, covering all key transmitter, receiver and transceiver measurements. These tests use the built-in protocol stack to configure the correct RF conditions for testing. An integrated IMS server allows complete functional testing to be performed, permitting end-to-end throughput and latency to be measured in a controlled environment.





Advanced Protocol Testing

Protocol testing is based on the Aeroflex Script Editor environment and uses a C++ API to construct signalling sequences. A message editor allows programmers to build customized messages for use in protocol test scripts. All protocol layers can be tested:

- MAC
- RLC
- RRC
- PDCP
- NAS
- IMS

Growing to Meet Your Requirements

As the LTE standards mature, additional test capability will be introduced, including:

- TDD mode, for non-paired frequency bands expected to be deployed in China
- 2x2 MIMO, for testing data throughput robustness at high data rates
- Second RF interface for handover testing between different carrier frequencies
- Built-in Fading Simulator for real-world signal simulation of actual network conditions
- Digital I/Q interface for baseband testing without the RF transceiver connected, essential in module design stages

Because LTE terminals will be combined with other access technologies, the 7100 will be extended to include these protocols, enabling comprehensive inter-system handover testing:

- WCDMA/HSPA
- GSM/GPRS/EDGE
- CDMA2000 1xRTT, EvDO

The 7100's large touchscreen display and built-in PC provides intuitive access to this comprehensive set of test features:

- RF parametric measurements
- Functional testing
- Network simulation
- Protocol testing
- End-to-end performance testing

Summary Specification

- 6 GHz frequency range as standard
- Optional second RF carrier, 3 GHz
- Integrated protocol stack
- Comprehensive RF measurements based on 3GPP TS36.521
- Functional tests built-in
- Programmable protocol testing with C++ API



TM500 LTE

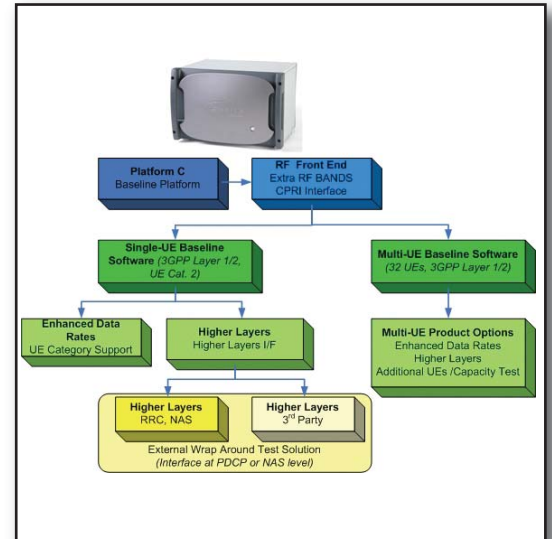


LTE Infrastructure Testing Now

The TM500 LTE product range is a major development by Aeroflex to support the current and future technologies based around 3GPP's Long Term Evolution programs. Based upon a new and scalable software defined radio platform, TM500 LTE provides a set of product options targeting development, testing and demonstration of 3GPP LTE infrastructure equipment.

Launched in 2007 the initial product in the range is the TM500 LTE FDD Single UE. This has been in use with the major infrastructure vendors worldwide, making TM500 LTE the leading product in UTRAN base station test equipment.

The range now also includes options for higher layers, higher category UEs, TDD and Multi-UE operation. With its layered operation and automation interfaces the TM500 LTE can additionally operate within an automated or wrap around test configuration. The Multi-UE test system targets scheduler, load and capacity test.



TM500 LTE product family

The figure below illustrates the current and near term product options available with the TM500 LTE product line. Further product options extend the TM500 LTE's capability by adding support for higher data rates (to UE Cat. 5).

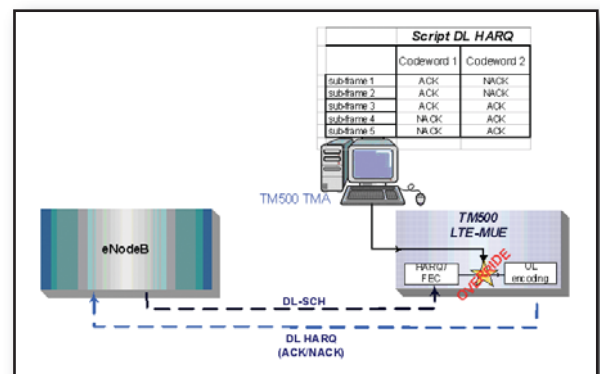
LTE Layer 1 Layer 2

The TM500 LTE FDD Layer 1/Layer 2 product provides full 3GPP LTE functionality of PHY, MAC and RLC layers supporting 3GPP category 2, 3 and 4 UEs. These provide 2x2 DL MIMO with data rates up to 150 Mbps DL, 50Mbps UL.

Through experience in WCDMA test and LTE demonstration systems, Aeroflex has developed a wide range of features and tools to support LTE eNodeB and network equipment development, integration and test. The TM500 incorporates test modes for an incremental, layered approach to development and testing of the LTE stack. Specific test modes targeting HARQ, MAC, RLC and PDCP operation are provided. These modes enable detailed functionality to be tested at a modular level, and thus very early testing of eNode B features.

Operation of the TM500 LTE is via the Aeroflex integrated and flexible control & logging user interface (the TMA). The TMA provides a set of comprehensive control, measurement, data logging, display and analysis tools for use at all layers. The TM500 LTE can also be operated via an external automated or wrap around test system.

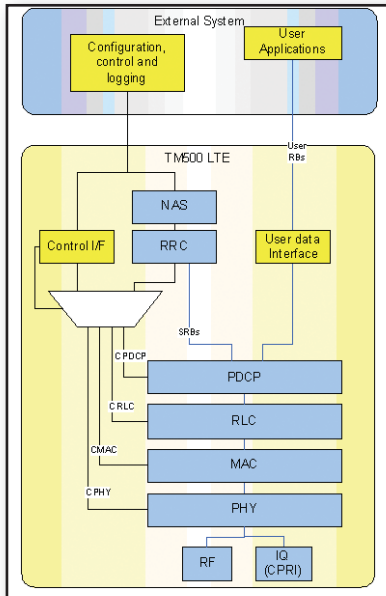
TM500 additionally supports enhanced test features, including the scripted override of L1/L2 control information enabling early test of closed control loops or to simulate error or fault conditions.



Control override of DL HARQ operation



LTE Higher Layers



TM500 LTE Higher Layers

A “single box” solution is available for 3GPP LTE testing by adding the Higher Layers option. This adds full PDCP, RRC, NAS and USIM functionality to the baseline TM500 LTE Layer 1/Layer 2 product. The full 3GPP LTE compliant stack runs internally on the TM500 LTE platform minimizing Layer 3 latencies and with real-time dynamic state behavior.

The TM500 LTE simulates the behavior of a real handset with USIM and AT command interfaces, but with the added advantage of full control and logging of all Layer 1, 2 and 3 operations via a single common front end GUI for configuration.

There are also test features including scripted control of measurement reports and negative test scenarios.

TM500's modular software design also enables it to be incorporated into automated and wrap around test systems, with control either at PDCP level or via AT commands at NAS level.



LTE Multi-UE

Aeroflex introduced the concept of “Multi-UE” testing for cellular infrastructure with the TM500 HSDPA Multi-UE product whereby the operation of large numbers of UEs are simulated within a single cost effective platform.

At layer 1/layer 2, Multi-UE testing enables load and stress testing of the eNode B as well as validation and optimization of the complex data scheduling algorithms. With the additional of higher layers and higher numbers of UEs TM500 LTE can support system load and capacity testing scenarios.

The baseline TM500 LTE Multi-UE product provides 32 UEs with PHY, MAC and RLC functionality, as well as higher layer full stack operation as an option. The scalable platform enables future options to increase the number of simulated UEs from 32 to 96 and beyond to support capacity test scenarios.

Future

As the 3GPP LTE specifications develop in the coming years to support the LTE Advanced functionality of Release 9, 10 and beyond, TM500 LTE provides both a committed roadmap and clear migration path.

The future TM500 LTE roadmap already includes enhanced Multi-UE and capacity test support plus higher data rates to DL 300 Mbps and UL 75 Mbps using 4x4 DL MIMO. Aeroflex is monitoring 3GPP LTE-A developments as well as working closely with our customers in order to develop new options and tools as the cellular technology advances.

TM500 LTE provides a clear migration path through the powerful and scalable Software Defined Radio platform. This not only supports the future LTE technology roadmap but also maximizes return on investment.



TM500 Summary Specifications

- 3GPP LTE FDD & TDD
- L1, L2, RRC and full system level modes
- Single UE, Multi-UE and Capacity test solutions
- 150 Mbps, 20 MHz, MIMO, Multiple RF bands and CPRI
- Cabled or over the air operation
- Comprehensive logging, control, display and analysis tools

CHINA Beijing	Tel: [+86] (10) 6539 1166 • Fax: [+86] (10) 6539 1778
CHINA Shanghai	Tel: [+86] (21) 5109 5128 • Fax: [+86] (21) 5150 6112
FINLAND	Tel: [+358] (9) 2709 5541 • Fax: [+358] (9) 804 2441
FRANCE	Tel: [+33] 1 60 79 96 00 • Fax: [+33] 1 60 0177 69 22
GERMANY	Tel: [+49] 8131 2926-0 • Fax: [+49] 8131 2926-130
HONG KONG	Tel: [+852] 2832 7988 • Fax: [+852] 2834 5364
INDIA	Tel: [+91] (0) 80 4115 4501 • Fax: [+91] (0) 80 4115 4502
JAPAN	Tel: [+81] 3 3500 5591 • Fax: [+81] 3 3500 5592
KOREA	Tel: [+82] (2) 3424 2719 • Fax: [+82] (2) 3424 8620
SCANDINAVIA	Tel: [+45] 9614 0045 • Fax: [+45] 9614 0047
SPAIN	Tel: [+34] (91) 640 11 34 • Fax: [+34] (91) 640 06 40
UK Cambridge	Tel: [+44] (0) 1763 262277 • Fax: [+44] (0) 1763 285353
UK Stevenage	Tel: [+44] (0) 1438 742200 • Fax: [+44] (0) 1438 727601 Freephone: 0800 282388 (UK only)
USA	Tel: [+1] (316) 522 4981 • Fax: [+1] (316) 522 1360 Toll Free: 800 835 2352 (US only)

www.aeroflex.com

info-test@eroflex.com

As we are always seeking to improve our products, the information in this document gives only a general indication of the product capacity, performance and suitability, none of which shall form part of any contract. We reserve the right to make design changes without notice. All trademarks are acknowledged. Parent company Aeroflex, Inc. ©Aeroflex 2008.



Our passion for performance is defined by three attributes represented by these three icons: solution-minded, performance-driven and customer-focused.