

01130
27



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

*Estudios de factibilidad para el uso de
Servicios Multimedia en Plataformas de
Nueva Generación de Telefonía Móvil
(Mercado Mexicano)*

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

P R E S E N T A N :

Reyes Sáenz Hugo Alejandro
Rodríguez Olivares Alan Tai



ASESOR: Ing. Gustavo Adolfo Olivos Rojas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

México, D.F., 2003

A



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos.

Este trabajo quisiera agradecerlo a:

Primeramente, desde luego a esta Universidad, que me dio todos los elementos necesarios para poder desarrollarlo; además de proporcionarme las cualidades necesarias para poder desarrollarme como persona e ingeniero.

Agradezco enormemente, al Ing. Gustavo Adolfo Olivas Rojas por la oportunidad de trabajar con él para desarrollar este trabajo.

A la Ing. Irvonne Estrada Carhuño por el apoyo brindado para poder terminar el trabajo.

Reyes Sáenz, Hugo Alejandro.

Elaborar un escrito que haga mención de la tecnología actual y su impacto en la sociedad, representa una gran tarea de trabajo altamente organizado y de caducidad variable, por lo que en este espacio deseo dar las GRACIAS A:

La UNAM, en especial a la Facultad de Ingeniería, recinto forjador de excelentes ingenieros para el país.

Agradezco al Ing. Gustavo Olivas por haber aceptado dirigir esta tesis y por sus sugerencias sobre los temas, por haber tomado un proyecto planeado en sus manos y consolidarlo en un trabajo de tesis y a la Ing. Ivonne Estrada por sus oportunas observaciones y correcciones que realizó durante sus revisiones.

A los profesores de la Facultad de Ingeniería en la UNAM, quienes con sus enseñanzas consiguieron sembrar en mí, una ciencia práctica – analítica y un arte humano.

Y por supuesto gracias al lector, quien con su lectura y participación podrá darle sentido y justificación a este trabajo.

Rodríguez Olivares, Alan Tai.

Dedicatorias.

El presente trabajo quisiera dedicárselo a:

Mi familia, mis padres, Hector e Irma, quienes me han brindado su apoyo incondicional y me han impulsado a continuar mejorando académica y humanamente.

Mis hermanos, Víctor, Daniel y Quique, quienes a través de su ejemplo me han enseñado a seguirme superando y quienes han estado conmigo para jugar y estudiar, y para todo lo que he realizado.

Mis tíos, abuelitos, primos, etc., que siempre han creído en nosotros y nos han dado el aliento para continuar trabajando duro en lo que hacemos.

Mis muy buenos amigos Jonathan y Mike, que gracias a ellos la carrera fue una superautopista de cuota en vez de una carretera federal de un carril.

Mis amigos de toda la vida, y todos aquellos que por razones de espacio no puedo mencionar uno a uno.

A quienes han provocado en mí una sonrisa por su comportamiento hacia mi persona.

Desde luego, a ti, Alan, por compartir conmigo este trabajo hasta el final.

Reyes Sáenz, Hugo Alejandro.

Deseo dedicar esta obra a seres especiales que contribuyeron en mi formación:

A mis padres Alejandro Rodríguez Cruz y Dora Irma Olivares de Rodríguez y hermanos Alex Ditter, Jonathan Hanz y Danny Jefe que siempre están conmigo brindándome su amor y comprensión. Porque desde el principio de mi formación han estado apoyándome y porque los quiero mucho.

A Rubí Estrella García Morales que no dejó de creer en mí y supo dar el consejo oportuno para continuar adelante.

Gracias Preciosa.

A la generación 1998 de la carrera de Ingeniero en Telecomunicaciones, quienes opinaron sobre el desarrollo de la presente y, coadyuvaron a la formación de un espíritu humano y social; en especial a Roberto Jorge Hernández Pérez y Carlos Israel Híjar Juárez quienes compartieron su esencia, amistad y apoyo.

A todos aquellos que, por falta de espacio omití apuntar su nombre pero no por ello dejan de ser parte importante en esta meta.

Todas estas personas saben bien cuán consciente estoy de que sin su ayuda este libro nunca habría sido terminado.

Rodríguez Olivares, Alan Tai.

Índice

1. Introducción.....	1
2. Evolución de 2G a 3G.....	3
2.1. Evolución de GSM/TDMA.....	4
2.1.1. GPRS.....	4
2.1.1.1. Características.....	5
2.1.1.2. Aplicaciones.....	8
2.1.1.3. Modelo de referencia GPRS.....	8
2.1.1.4. Características de transferencia.....	10
2.1.1.5. Especificaciones técnicas.....	11
2.1.2. EDGE.....	12
2.1.2.1. Especificaciones técnicas.....	15
2.1.3. WCDMA/UMTS.....	15
2.1.3.1. Especificaciones técnicas.....	16
2.1.3.2. Aplicaciones.....	16
2.2. Evolución de CDMA.....	18
2.2.1. IS - 95B.....	18
2.2.2. CDMA2000 1x.....	19
2.2.3. CDMA2000 1xEV-DO.....	22
2.2.4. CDMA2000 1xEV-DV.....	23
3. Multimedia.....	26
3.1. Transmisión multimedia.....	26
3.1.1. Fuente multimedia.....	27
3.1.2. Conversión analógica a digital.....	27
3.1.3. Compresión y descompresión.....	31
3.1.4. Aspectos de las redes multimedia.....	33
3.1.4.1. Rendimiento de procesamiento (<i>throughput</i>).....	33
3.1.4.2. Tasa de errores.....	33
3.1.4.3. Retardos.....	34
3.1.4.3.1. Variación de retardo (<i>jitter</i>).....	34
3.1.4.4. Características de las fuentes de tráfico multimedia.....	35
3.1.4.4.1. Variación del rendimiento de procesamiento con el tiempo.....	35
3.1.4.4.2. Dependencia del tiempo.....	36
3.1.4.4.3. Simetría bidireccional.....	36
3.1.4.5. Factores que afectan el funcionamiento de la red.....	36
3.1.4.5.1. Factores del funcionamiento en el rendimiento de procesamiento.....	36
3.1.4.5.2. Problemas en función de errores de la red.....	38

3.1.4.6.	Requerimientos de tráfico multimedia para redes.....	39
3.2.	Codecs.....	39
3.2.1.	Tipos de codecs.....	40
3.2.1.1.	Codecs de voz (Vocoders).....	41
3.2.1.1.1.	Codecs G.72x.....	43
3.2.1.2.	Codecs de video.....	43
3.2.1.2.1.	Estándar H.261.....	43
3.2.1.2.2.	Estándar H.263.....	43
3.2.1.2.3.	MPEG – 1.....	44
3.2.1.2.4.	MPEG – 2.....	44
3.2.1.2.5.	MPEG – 4.....	45
3.2.1.3.	Codecs de muy baja tasa de bits.....	51
3.2.1.3.1.	CELP.....	51
3.2.1.3.4.	Codificación Lineal Predictiva<< LPC, Linear Predictive Coding>>.....	52
4.	Servicios.....	53
5.	Análisis Social.....	59
5.1.	Estadísticas.....	59
5.2.	Estudio de mercado.....	71
5.2.1.	Jóvenes.....	71
5.2.2.	Negocios.....	72
5.2.3.	Público en general.....	72
6.	Análisis y Resultados.....	73
6.1.	Tasas de transmisión.....	73
6.2.	Potencia.....	77
6.2.1.	Cálculo de enlace.....	77
6.3.	Tabla analítica.....	79
7.	Conclusiones.....	81
Apéndice A.....		83
IMT-2000.....		83
Apéndice B.....		86
Modelos de propagación.....		86

Apéndice C	90
Código fuente.....	90
Glosario	96
Bibliografía.....	105

PAGINACIÓN DISCONTINUA

1. Introducción.

A partir del auge de la telefonía celular, las grandes compañías se dedicaron a investigar sistemas y dispositivos para mejorar la calidad del servicio, así como para ofrecer nuevas aplicaciones a los usuarios con la evidente idea de los empresarios de obtener mayores ganancias.

La telefonía celular tiene actualmente tres generaciones, las cuales están claramente delimitadas por la forma en que se presta el servicio y por los servicios que se pueden ofrecer, entre otras cosas.

La primera generación se da con el surgimiento de la telefonía móvil, en esta generación la transmisión de la información se desarrollaba de manera analógica por lo que la calidad en el servicio era bastante mala, ya que se tenía una antena para proporcionar servicio a un área muy amplia por lo cual la cantidad de usuarios que se podían manejar no era muy grande; además, de que el servicio era muy costoso. Por otra parte, al tener una antena dando el servicio a una ciudad entera, las terminales móviles debían ser muy grandes ya que se requería una batería que les pudiera proporcionar la potencia adecuada para transmitir la información hacia la antena, con la inminente consecuencia de que las terminales eran muy caras.

Actualmente varios operadores trabajan con la segunda generación. A esta se le asignó el nombre por la forma en la que transmite la información. La transferencia de información en la segunda generación se da de forma digital, con lo que la calidad del servicio es mucho mejor que en la generación anterior. Se desarrolla el concepto de células, lo cual ayuda a maximizar la cantidad de usuarios, disminuyendo el costo del servicio. Además, debido a que hay más antenas por ciudad el tamaño de la terminal disminuye considerablemente contribuyendo a disminuir el costo de las terminales. Otra característica que presenta esta generación es que debido a que se trabaja con información digital, se pueden proporcionar una serie de servicios extras (o de valor agregado), para facilitar el uso del mismo al usuario y tener un servicio más completo.

La tercera generación, que es la visión futura a corto plazo de lo que será la telefonía celular, estará diferenciada de las anteriores por los servicios que brindará, además de ser digital, al igual que la generación actual. Algunas de las diferencias básicas respecto a la generación que actualmente está en uso, es que en vez de usar conmutación por circuitos usará conmutación por paquetes, con lo que se tendrá un mejor aprovechamiento del ancho de banda. Otra característica importante, y de lo más difundido para el público es el poder tener una terminal multimedia, esto es, poder transmitir voz, video y datos en tiempo real. Como es claro, una de las expectativas que se tienen es la capacidad de tener Internet en la terminal, con lo que se pretende capturar una parte importante del público. Debido a los servicios que se proporcionarán en esta generación se analiza la forma en que se cobrará cada uno de ellos, ya que cobrarlo por tiempo implica un costo exorbitante para los usuarios, por lo que la propuesta más viable hasta este momento es la de cobrar por cantidad de información que el usuario reciba. Esto representa una forma sofisticada de realizar el cobro, por lo que las compañías que ofrecerán este servicio tendrán que invertir de manera importante en el desarrollo de lo necesario para poder hacerlo.

Una de las características más importantes, referentes a la tercera generación, es el proceso que se debe llevar a cabo para llegar a lo que será la tercera generación. Debido a que implementar la tecnología necesaria para poder alcanzar esta generación sería muy costoso, se adoptó un camino para pasar de segunda a tercera generación, opcional, por medio del cual, se puede invertir poco a poco y avanzar paso a paso en la migración de una a otra. Desde luego, influye la tecnología que se encuentren usando en este momento, ya que dependiendo de esta, es el camino que deben seguir. Un aspecto importante referente a esta situación, es que únicamente se crearon trayectorias para lo que son las tecnologías más fuertes y con mayor futuro en la actualidad, como son: GSM y CDMA. A los pasos intermedios entre las dos generaciones se ha nombrado como generación 2.5. Esta generación intermedia irá adoptando poco a poco cada uno de los aspectos que determina la IMT-2000 para considerarlos como generación 3.

En esta tesis se pretende evaluar cualitativa y cuantitativamente el diseño y uso de los servicios multimedia sobre las velocidades y anchos de banda permitidos con la 3G de comunicaciones móviles. Usando como parámetros, las velocidades de transmisión de cada tecnología y la tasa de transferencia necesaria para poder proveer cada uno de los servicios analizados.

2. Evolución de 2G a 3G.

Con el fin de aprovechar al máximo las inversiones hechas por los sistemas móviles actuales, las grandes empresas buscaron la mejor manera de realizar la evolución hacia la tercera generación; de aquí que dependiendo de la tecnología con la que se encuentran trabajando, es el camino que seguirán para llegar a cumplir con el estándar de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000<< *IMT-2000, International Mobile Telecommunications 2000*>>, el cual especifica una tasa de transmisión mínima de 144 Kbps (alta movilidad) y una máxima de 2 Mbps (baja movilidad, interiores).

Dado que la tecnología más pobre en cuanto a calidad de voz ofrecida y tipo de *handoff* usado es el Acceso Múltiple por División de Tiempo<< *TDM-A, Time Division Multiple Access*>>, las empresas no diseñaron una trayectoria para evolucionar a la tercera generación; por lo cual, todos aquellos que prestan servicio de telefonía celular con este tipo de técnica de acceso, tienen un par de opciones de evolución, y estas son a través de la trayectoria que tomen aquellos con Sistema Global para las Telecomunicaciones Móviles<< *GSM, Global System for Mobile Telecommunications*>> ó con Acceso Múltiple por División de Código<< *CDMA, Code Division Multiple Access*>>.

Dado que GSM ocupa gran parte de los recursos de los cuales hace uso TDMA, la mayor parte de los prestadores de servicio que utilizan TDMA se ha inclinado por realizar el paso a la tercera generación, a través de GSM.

Desde luego, TDMA puede evolucionar a partir de la trayectoria que realiza CDMA; sin embargo, ésta resultaría mucho más costosa, ya que prácticamente habría que cambiar todo el equipo y dado que no sólo es necesario tomar el camino con mejores resultados, si no también tomar el camino que es menos costoso, es una evolución poco viable.

2.1. Evolución de GSM/TDMA.

Uno de los dos caminos más importantes en el paso de segunda a tercera generación es el que se ofrece para todos aquellos prestadores de servicio que actualmente están usando GSM. El camino a seguir con algunas variaciones dependiendo de cada operador es el que se muestra en la figura 2.1; donde los dos primeros son pasos intermedios entre segunda y tercera generación, esto es, generación 2.5 y la última, ya es propiamente, tercera generación.

En los siguientes apartados se darán una serie de datos específicos en lo que se refiere a cada una de estas tecnologías.

2.1.1. GPRS.

Servicios Generales de Paquetes de Radio<< GPRS, *General Packet Radio Services*>>, es una tecnología que incrementa el valor de las redes GSM y TDMA al introducir la transmisión de paquetes de datos de longitud variable, permitiendo movilidad "en línea". Esto significa que los usuarios pueden escoger estar registrados permanentemente a su correo electrónico, Internet y otros servicios, pero no tienen que pagar por estos servicios hasta que envíen o reciban información (*always on*). GPRS es un sistema GSM mejorado que es considerado como tecnología 2.5G. Cuando la Tasa de Datos Aumentada para Evolución de GSM<< EDGE, *Enhanced Data rates for GSM Evolution*>> se añade a una red GPRS, la velocidad de datos se incrementa hasta 384 Kbit/s. Dicha tecnología emplea Multiplexación por División de Tiempo<< TDM, *Time Division Multiple*>> y se postula como sistema de transición a los sistemas de 3ª Generación.

GPRS permite que cualquier canal libre se pueda transferir temporalmente a un canal de paquetes, el cual se utilizará por los usuarios que requieran enviar o recibir datos. Si el número de llamadas se incrementa, el ancho de banda utilizado para la transferencia de datos disminuye, volviéndose a incrementar hasta que el número de llamadas disminuye; lo cual permite que sea de 20 a 30 % más rápido que GSM.

Esta tecnología se implementa en una red mediante la actualización de los nodos o al añadir nodos que permitan el manejo de paquetes de datos para proporcionar la trayectoria de los paquetes de datos entre la terminal móvil y el *gateway* (puerta de enlace). Este nodo provee la interacción con las redes de paquetes de datos externas para el acceso a Internet e Intranets.

Además, implica nuevos servicios de portadora que proveen transmisión de paquetes con Red Pública Móvil << PLMN, *Public Land Mobile Network*>> y redes externas. Por otra parte, permite al usuario el envío y la recepción de datos sin emplear los recursos de la red realizando conmutación por circuitos.

2.1.1.1. Características.

El costo efectivo de GPRS es bajo ya que, utiliza de forma eficientemente los recursos de la red para las aplicaciones de datos como son:

- Transmisiones "intermitentes o ráfagas" (no periódicas), en donde el tiempo entre transmisiones sucesivas excede el promedio de retraso en las transferencias.
- Transmisiones frecuentes de volúmenes pequeños de datos.
- Transmisiones poco frecuentes de altos volúmenes de datos.
- Punto a Punto << PTP, *Point - To - Point*>>.- Una terminal transfiere datos a otra, esto puede ser:
 - Acceso de información a bases de datos. La información es enviada a un usuario.
 - Servicios de mensajes (*paging*) entre dos usuarios, *e-mail*.
 - Conversación.
 - Transacciones de tele acción (p.e. validaciones de cuentas bancarias).

- Velocidad

La máxima velocidad teórica que se puede alcanzar empleando las 8 ranuras de tiempo es de 171.2 Kbps. Que es mucho más rápido que las redes actuales GSM. Al transmitir más rápido se reduce el tiempo de ocupación de la red, lo que permite que otros usuarios transmitan datos, permitiendo así la reducción de los costos del operador, lo que se traduce en una reducción en las tarifas que se cobrarán a los usuarios.

Disponibilidad Inmediata

Con GPRS se pueden tener conexiones instantáneas para enviar y recibir información dentro de un área de cobertura sin la necesidad de la marcación vía *modem*. Esto debido a que los usuarios GPRS están en el modo '*always on*'.

Evolución de GSM y TDMA hacia la tercera generación de telefonía móvil.

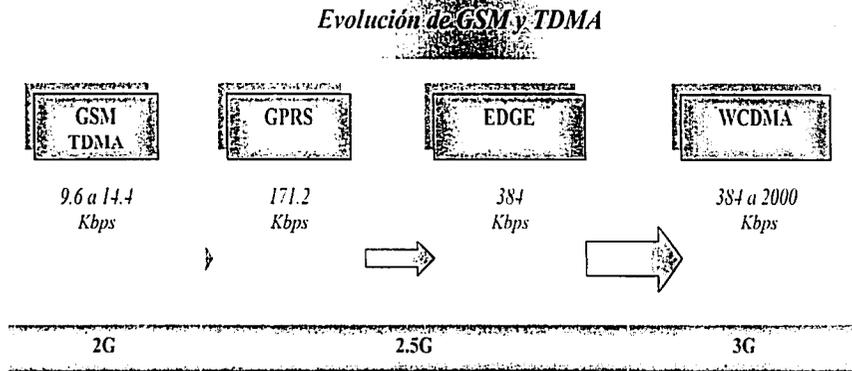


Fig. 2.1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Nuevas Aplicaciones

Las redes actuales de conmutación de circuitos y las redes GSM tienen una transferencia de 9.6 Kbps y una longitud para Servicio de Mensajes Cortos<< SMS, Short Message Service>> de 160 caracteres. Con GPRS será posible crear nuevas aplicaciones, tales como la automatización y telemando remoto del hogar, la transferencia de archivos y el uso de Internet móvil.

- Limitaciones

GPRS ofrece una mejora en el uso eficiente del espectro electromagnético, mayor capacidad y funcionalidad comparado con las redes móviles actuales; sin embargo también presenta ciertas limitantes como cualquier otra red, dichas limitaciones se mencionan a continuación:

- Capacidad limitada.- Como dentro de la célula se emplean los mismos recursos de radio para GPRS que para voz, no se puede hacer uso simultáneo dentro de la misma célula de un canal para diferentes usuarios. GPRS administra dinámicamente los canales y permite una reducción en el tiempo pico del canal de señalización, pero el uso de los recursos dependerá de la cantidad de ranuras de tiempo disponibles.
- Velocidad menor a la teórica.- De forma ideal si un usuario puede acceder a 8 ranuras de tiempo y no se tiene protección contra errores es posible alcanzar una velocidad de 171.2 Kbps. Pero en la realidad, a los operadores de redes GPRS no les conviene que un solo usuario demande por completo los recursos de la red, aunque estas políticas pueden variar para las empresas y corporativos. Las terminales GPRS están, en principio, pensadas para ocupar de 1 – 3 ranuras de tiempo, lo cual les reduce el ancho de banda del que dispondrán. A esto se le debe añadir la información de control y redundancia que llevan los paquetes con lo cual se tienen velocidades menores a las redes de comunicaciones fijas actuales. Las tasas de transferencia superiores a las actuales para redes móviles se podrán alcanzar en redes GPRS únicamente introduciendo Sistema Universal de Telecomunicación Móvil<< UMTS, Universal Mobile Telecommunication System>> o EDGE en dichas redes.
- Información no solicitada. El pago se realizará por la información transmitida y recibida y no por el tiempo de conexión, pero las terminales podrían recibir contenidos e información que no hayan solicitado debido a que se trata de tráfico IP (tipo publicidad de Internet), con el consiguiente pago de la información.
- Modulación semióptima.- GPRS está basado en la técnica de modulación de Afinar Cambio Mínimo Gaussiano<< GMSK, Gaussian Minimum Shift Keying>>. Para la transmisión de mayores tasas de información por aire, es necesaria una técnica de modulación más sofisticada como la empleada por EDGE que es la de Afinar Cambio de Fase de 8 símbolos<< 8PSK, 8 Symbol's Phase Shift Keying>>.
- Retrasos.- Los paquetes GPRS son enviados por diferentes direcciones para alcanzar un mismo destino, lo que abre la posibilidad de que alguno de esos paquetes, en su trayectoria, se pierda o corrompa. GPRS incorpora un método para mantener la integridad de los datos. En este método se solicita la retransmisión de los paquetes dañados o faltantes, lo cual puede producir retrasos significativos en la transmisión

total, lo cual resulta molesto para la transmisión de video o multimedia. La tecnología de Datos con Conmutador de Circuitos de Alta Velocidad << HSCSD, High Speed Circuit Switched Data >> permite ocupar simultáneamente 4 canales, obteniendo menores retrasos a pesar de ser una tecnología de conmutación de circuitos.

- Sin almacenamiento.- GPRS no cuenta con mecanismos de almacenamiento de mensajes como SMS.

Al igual que GSM, GPRS será introducido en 2 fases, donde la fase 1 implica una red GPRS P2P y la fase 2, implicará enlaces Punto a Multipunto << P2M, Point 2 Multipoint >> y mayores tasas de transferencia al añadirsele EDGE.

2.1.1.2. Aplicaciones.

Las terminales GPRS están enfocadas al consumidor, más que a grandes corporativos, a continuación se tiene una lista de algunas aplicaciones contempladas para las redes GPRS.

Conversar (CHAT)
Información textual o visual
Imágenes estáticas
Imágenes en movimiento.
Navegador Web.
Audio.
Mando a distancia.
E – mail.
Acceso remoto a LAN's.
Transferencia de archivos.
Automatización del hogar.

2.1.1.3. Modelo de referencia GPRS.

GPRS provee transferencia de datos de una entidad emisora a una o varias receptoras (Estaciones Móviles << MS's, Mobile Stations >> ó Equipos Terminales << TE's, Terminal Equipments >>), posteriormente añade los datos de las redes externas a la red GPRS mediante acceso a los canales de radio en las estaciones base.

La fase I de GPRS soporta:

- Servicios de Red no Orientados a Conexión Punto a Punto << PTP – CLNS, Point To Point – Connection Less Network Service >>.
- Servicios de Red Orientados a Conexión Punto a Punto << PTP – CONS, Point To Point – Connection Oriented Network Service >>.
- Compatibilidad PTP TCP/IP.
- N.28 (funciones de control entre el adaptador de protocolos a *frme* fijo IP y el equipo terminal síncrono) de MS a Puerta de Enlace de GPRS de la Red de Soporte << GGSN,

Gateway GPRS Support Network>>; N.25 de GIGSN a Red de Paquetes de Datos<< PDN's, Packet Data Network>> externos.

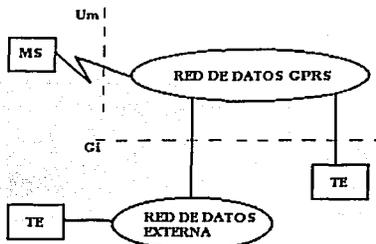


Fig. 2.2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

a) *PTP – CLNS.*

Es un servicio en el cual uno o más paquetes son enviados de un sólo suscriptor "A" a un único usuario "B", cada paquete es independiente del que le precede y sucede. Es un tipo de datagrama para ráfagas de datos. Además, permite tener un acuse de recibo. Diseñado para soportar protocolo IP exclusivamente.

b) *PTP – CONS.*

Es un servicio en el cual múltiples paquetes son enviados entre un único suscriptor "A" a uno "B", proveyendo una relación lógica entre los usuarios, la cual puede tardar algunos segundos, minutos e incluso, horas. Este servicio está diseñado para ráfagas de datos en aplicaciones interactivas, empleando acuses de recibo. Soporta protocolos de la capa de red del modelo de referencia OSI, Protocolo de Red Orientado a Conexión<< *CONP, Connection Oriented Network Protocol*>> (N.25). Con conexión por medio de circuitos virtuales y la opción de mantenerlos al cambiar de célula con la misma PLMN.

GPRS utiliza una técnica de paquetes para transferir datos a diversas velocidades y la señalización de una forma eficiente. Además, separa los recursos de los subsistemas de radio de la red, optimizándolos, ya que se permite la reutilización de subsistemas con otras tecnologías de acceso. Esta asignación se realiza dinámicamente con base en la carga de tráfico (voz o datos) y la preferencia que se le haya asignado por el operador.

Con GPRS no se requieren modificaciones al Centro de Conmutación Móvil<< *MSC, Mobile Switching Center*>>. Se definen nuevos canales de forma flexible, ya que se permiten de 1

– 8 canales de radio con acceso TDMA. Los canales activos son solo aquellos usuarios que están comunicándose; el enlace de subida está separado del enlace de bajada.

Se tienen varios esquemas de codificación para conseguir tasas de transferencia de 9 – 150 Kbps por usuario; con aplicaciones basadas en protocolos estandarizados como lo son: Protocolo de Internet<<IP, *Internet Protocol*>> y N.25. Con estas aplicaciones GPRS permitirá tener SMS sobre canales de radio.

GPRS está diseñado para soportar transferencias de datos de manera intermitente o en ráfagas y cuantificar la Calidad del Servicio<< *QoS, Quality of Service*>>; así como tener una reservación rápida (0.5 – 1 s) para el inicio de la transferencia. Además se tienen 3 clases de operación para las estaciones móviles:

Clase A.- Pueden operar los servicios GSM y otros servicios GPRS simultáneamente.

Clase B.- Monitoreo de los canales de control para servicios GPRS y GSM con el mismo equipo, pero solo uno a la vez.

Clase C.- Opera exclusivamente sistemas GPRS.

GPRS introduce 2 nodos a la red en la parte de PLMN:

Nodo de Soporte de Servicio GPRS<< *SGSN, Serving GPRS Support Node*>>.- Se encuentra al mismo nivel jerárquico que la MSC. Mantiene el trayecto individual de la localización del MS y el comportamiento de sus funciones de seguridad y control de acceso. Este es conectado a la estación base por medio de *Intra Relays*.

GGSN.- Provee interconexión con las redes de conmutación de paquetes externas y está conectado con el SGSN vía IP a una red *backbone*.

El funcionamiento del Registro de Ubicación Base<< *HLR, Home Location Register*>> el cual contiene la información de los suscriptores se encuentra mejorado mediante el SMS – GMSC y SMS – IWMSC, los cuales son actualizados para soportar la transmisión de SMS vía SGSN.

Opcionalmente MSC/VLR puede ser mejorado, al coordinarse con servicios como el *paging* para conmutación de circuitos vía SGSN.

La seguridad en GPRS es equivalente a la existente en GSM, pero SGSN añade autenticación y procedimientos de cifrado basados en algoritmos, llaves y criterios optimizados para paquetes de datos.

2.1.1.4. Características de transferencia.

Los mecanismos de multiplexaje de paquetes desarrollados por GPRS deben ser independientes del tipo de canal dado; lo que permitirá operar sobre los canales existentes de alta y baja capacidad.

ATRIBUTOS		CAPACIDADES SOPORTADAS.
Capacidad de	transferencia de información	Información Digital no restringida.
Información Transferencia Modo	Modo conexión	Conexión orientada a desconexión.
	Tipo de Tráfico ¹	Tasa variable de bit's y de retrasos.
	Temporización <i>end - to - end</i> ²	Asíncrona.
Tasa de transferencia de información ³		Máxima tasa de bit's. Valores de un TCEH inclusivo.
Estructura de información.		- Integridad del servicio de datos unitario. - Integridad en la secuencia de datos.
Configuración de comunicación.		P2P
Establecimiento de comunicación ⁴		Móvil origina demanda o la termina.
Negociación		- Fuera de banda. - En banda.
Simetría.		- Bidireccional - Unidireccional
Asignación de Canales de Radio.		Compartido, multiusuario.

Tabla 2.1

2.1.1.5. Especificaciones técnicas.

GPRS	
Conmutación	Paquetes
Generación	2.5
Frecuencias de bajada [MHz]	890 - 915, 1710 - 1785, 1850 - 1910
Frecuencias de subida [MHz]	935 - 960, 1805 - 1880, 1930 - 1990
Modulación	GMSK
Separación entre canales [KHz]	200
Duración de trama [ms]	40.615
Acceso	TDMA
Tipo de AB	Dinámico
Portadora [KHz]	200
Observaciones adicionales	<i>Always on</i> , Mínimo de 20 ó 30 Kbps
Tasa ⁵ [Kbps]	14.4 - 38.4
Separación dúplex	FDD
Canales por portadora	1 - 8

Tabla 2.2

¹ Describe las características del flujo de datos con una tasa de transferencia constante o variable.

² Describe la temporización con relación a las señales fuente y destino.

³ Canales flexibles con una tasa máxima que depende del tipo de canal y el número de ranuras de tiempo que se usen. Esta capacidad define la capacidad máxima asociada con el(los) canal(es). La tasa actual para un usuario particular puede ser cualquier valor arriba de este valor máximo.

⁴ Puede ser en demanda, reservado o permanente.

⁵ *Variable con la movilidad.*

Las tasas de transferencia son asignadas dinámicamente con base en los recursos de radio, que se ven afectados por la demanda o el tráfico de datos y por el QoS contratado. Las características que determinan esta variación son dadas por el Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeas << ETSI, *European Telecommunications Standard Institute*>>.

2.1.2. EDGE.

EDGE, es una tecnología de acceso de radio basada en TDM que proporciona la interfaz de aire para evolucionar GSM a sistemas de 3ª Generación. Esto permitirá a los operadores usar las bandas de radio ya existentes para GSM y TDMA para ofrecer servicios multimedia inalámbricos basados en IP y aplicaciones a velocidades de hasta 384 Kbit/s o mayores.

EDGE fue propuesto en 1997 por la ETSI; el Consorcio de Comunicación Universal Inalámbrica << UWC, *Universal Wireless Communication Consortium*>> lo adoptó en 1998 como el componente exterior de la interfaz de radio de Alta Velocidad 136 << 136 H.S. *136 High Speed*>> (interfaz que satisface los requisitos de Tecnología de Transmisión de Radio << RTT, *Radio Transmission Technology*>> de la IMT – 2000) que, al combinarse con GPRS, conforma HGPRES – 136.

La introducción de EDGE tendrá un impacto técnico muy pequeño, ya que esta basado completamente en GSM, por lo que requerirá cambios pequeños en la red tanto en Hardware como en Software. Esto permite que esta tecnología sea particularmente benéfica a los operadores que buscan una manera efectiva de lanzar servicios en grandes áreas de cobertura de su red, manteniendo costos de inversión bajos y con la posibilidad de ofrecer las mismas aplicaciones que en WCDMA.

EDGE se desarrolla en dos sistemas:

I. COMPACT.

Emplea una nueva estructura en su canal de control de 200 KHz. Las estaciones base están sincronizadas entre sí, para emplear un espectro de 1 MHz (tráfico en 600 KHz mas la banda de guarda) en un patrón de reutilización de frecuencia de 1/3, aunque logra uno de 3/9 ó 4/12 de forma efectiva para los canales de control empleando grupos de tiempo una vez que se sincronizaron las bases, esto evita las transmisiones simultáneas en las terminales (*cluster*), elevando el patrón de reutilización de frecuencia. La sincronización es a nivel de símbolo y se puede efectuar mediante receptores de Sistema de Posicionamiento Global << GPS, *Global Positioning System*>>.

Todos los canales de control y de tráfico de paquetes van en la portadora de 200 KHz, empleando un espectro total de 2.4 MHz más la banda de guarda, se dispone de 6.67 ranuras para tráfico, no existe transmisión de la portadora en los intervalos inactivos y se requiere

sincronización en las estaciones base (Estación Base << *BS, Base Station*>>) para proporcionar la reutilización de frecuencia en 4/12.

Las portadoras transportan el tráfico de datos, señalización de los paquetes y señalización común de control de paquetes.

Las modificaciones a los canales de control de paquetes comunes son:

- Canal de Paquetes de *Paging* << *COMPACT CPpCH, COMPACT Packet Paging CHannel*>>, para la bajada (*downlink*), transmite mensajes de censo a las MS,
- Canal de Acceso de Paquetes Aceptados << *COMPACT CPAGCH, COMPACT Packet Access Grant CHannel*>>, el cual habilita un acceso rápido de subida (*uplink*) y asigna los recursos (portadora, ranura de tiempo, USF y TFI) para los datos en curso.
- Canal de Acceso de Paquetes Aleatorios << *COMPACT CPRACH, COMPACT Packet Random Access CHannel*>>, es el canal por el cual la terminal móvil (MS) realiza una solicitud de acceso (Petición del Canal de Paquetes) a la radio base (Estación Base de Transmisión y Recepción << *BTS, Base Transceiver Station*>>), ocupando una ranura GSM, por lo que se tienen 4 oportunidades de acceder a la trama lógica por medio de Aloha ranurado.

Sirve para la subida, en donde los mensajes son transmitidos en ráfagas individuales y contiene información del TBF (TFI e información de la aplicación requerida) del enlace en proceso y, por tanto asigna de manera rápida los recursos necesarios.

- Canal de Difusión de Paquetes << *COMPACT CPBCCH, COMPACT Packet BroadCast CHannel*>>.
- Canal de Control de Avance de Temporización de Paquetes << *PTCCH, Packet Timing advance Control CHannel*>>.

Se asigna un grupo de tiempo a cada sector de la estación base, se usa un grupo de tiempo diferente en el sector vecino que usa la misma frecuencia. Diferentes grupos de tiempo comparten la misma frecuencia, pero se dividen los intervalos de tiempo para señalización de control.

II. CLASSIC

Emplea la estructura del canal de control (200 KHz) igual a GSM, pero con patrón de reutilización de frecuencia de 4/12 en la primera frecuencia; e incluso, pueden introducirse portadoras adicionales con un patrón de reutilización 1/3. También emplea la misma estructura de la portadora, que es la que proporciona el tráfico de datos y la señalización de control.

Todos los canales de control y de tráfico de paquetes van en la portadora de 200 KHz, empleando un espectro total de 2.4 MHz más la banda de guarda, se dispone de 7 ranuras para tráfico, la portadora transmite de manera constante y no requieren sincronización las estaciones base (BS).

La red suministra interconexión con el sistema TDMA para la paginación en circuitos conmutados y las funciones que se relacionan con la gestión de movilidad.

EDGE y WCDMA son tecnologías complementarias y en conjunto soportarán las necesidades de los operadores de cobertura y capacidad de una red nacional de 3G.

Para esto se cuenta con dos trabajos:

- i) EDGE Subsistema de Estación Base << *BSS, Base Station Subsystem* >> que proveerá el empleo de una plataforma con nuevas técnicas de modulación.
- ii) EDGE Subsistema de Red << *NSS, Network Sub System* >> definirá los cambios en la red para la capa física. En dos fases para permitir su rápida introducción:

Fase 1.- Provee simples servicios de conmutación de paquetes y de circuitos en multiranuras de tiempo (*multislot*) y en ranuras simples, con tasas menores a 64 Kbps (tasa máxima para Circuito Aumentado - Conmutación de Datos << *ECSD, Enhanced Circuit - Switched Data* >>). Empleando modulación de mayor nivel 8PSK. Esto permitirá la introducción de EDGE.

Fase 2.- Proveerá servicios en tiempo real e introducirá nuevas técnicas de modulación.

Las nuevas técnicas (Control de Enlace de Calidad << *LQC, Link Quality Control* >>) introducidas por EDGE optimizan el caudal de datos para cada enlace de radio. LQC combina Adaptación de Enlace (obligatorio) << *LA, Link Adaptation* >> y la Redundancia Incremental << *IR, Incremental Redundancy* >> (opcional) que es una técnica para la corrección de errores hacia atrás (Solicitar Repetición Automática mejorado << *ARQ, Automatic Repeat ReQuest* >>), por lo que puede solicitar la retransmisión de bloques para elegir la codificación a emplear: en malas condiciones de radio, se selecciona una codificación robusta y modulación GMSK; en buenas condiciones de radio, se selecciona una codificación menos robusta y modulación 8PSK.

IR codifica la información en un código convolucional a una velocidad de 1/3, en donde, si falla la decodificación en una transmisión con un esquema de punzado, la información es retransmitida automáticamente mediante otro esquema de punzado, reduciendo la tasa de transmisión. Esto facilitará la decodificación.

2.1.2.1. Especificaciones técnicas.

EDGE	
Commutación	Circuitos y Paquetes
Generación	2.5
Frecuencias [MHz]	850, 900, 1800 y 1900 (890 – 915, 1710 – 1785, 1850 – 1910)
Modulación ⁶	GMSK, 8PSK (Ambas con 271000 símbolos/s aprox.).
Separación entre canales [KHz]	200
Duración de trama [ms]	40.615
Tipo de AB	Dinámico
Portadora [KHz]	200
Tasa máxima [Kbps] ⁷	384 Kbps (48 Kbps/ranura) (3km/h – 100 km/h) 144 Kbps (18 Kbps/ranura) (250km/h)
Separación dúplex	FDD
Canales por portadora	8
Duración del ranura de tiempo [ms]	0.577
Observaciones adicionales	Always On

Tabla 2.3

2.1.3. WCDMA/UMTS.

UMTS, es el estándar para 3G desarrollado en Europa, que satisface el estándar de tercera generación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones << ITU, *International Telecommunications Union*>> (UIT – 2000). El Acceso Múltiple por División de Código en Banda Ancha << WCDMA, *Wideband Code Division Multiple Access*>> es la tecnología de acceso empleada en UMTS. Los países con sistemas móviles de Segunda Generación (2G) basado en GSM podrán migrar a WCDMA/UMTS.

WCDMA es un estándar flexible, es decir, debe permitir la conmutación de circuitos para la compatibilidad con sistemas fijos de tasas de transferencias bajas y la conmutación de paquetes para transferencias de datos mayores en la Red de Acceso de Radio Terrestre UMTS << UTRAN, *UMTS Terrestrial Radio Access Network*>>. También provee soporte

⁶ Variable con las condiciones de radio.

⁷ Variable con la movilidad.

simultáneo a una amplia variedad de servicios de portadora simple, que gradualmente mejorará las redes de informática, permitiendo a los operadores expandir los servicios que ofrecen, incrementando la demanda y los costos efectivos (misma red, múltiples servicios). Tendrá tasas de transmisión de hasta 2Mbps, lo que facilitará la transmisión de voz, video, y datos.

2.1.3.1. Especificaciones técnicas.

UMTS (WCDMA)	
Commutación	Circuitos y Paquetes
Generación	3
Acceso	WCDMA
Tipo de AB	Dinámico
Ancho de Banda (AB) [MHz]	5
Observaciones adicionales	roaming global, servicios satelitales
Tasa [Kbps]	384 ⁸ – 2000
Separación dúplex	FDD

Tabla 2.4

2.1.3.2. Aplicaciones.

Las telecomunicaciones están promoviendo la armonía entre el hogar, oficina y ambientes de entretenimiento. UMTS debe dirigir estas exigencias así como incrementar la velocidad de las redes y su capacidad móvil, implementando arquitecturas que permitan diferentes tecnologías de transporte, generando servicios como:

- Internet Móvil.
- Localización.
- Envío de fotografías e imágenes.
- Música.
- Transacciones bancarias.
- Video conferencia.
- Juegos interactivos.

Lo cual pondrá en práctica tecnologías de transporte IP y ATM, permitiendo transferencia de datos de 384 Kbps hasta 2 Mbps.

⁸ Puede ser menor, conforme la movilidad aumente.

Características técnicas de la evolución a través de GSM/TDMA

		TDMA	GSM	GPRS	HSCSD	EGPRS	WCDMA	
Generación		2	2	2.5	2.5	2.5	3	
Tasa de transmisión								
[Kbps]								
Bajada (Pico)		14.4	14.4	171.2	57.6	384	2000	
Promedio		9.6	9.6	115	14.4			
Ancho de banda								
Tipo		E	E	D	D	D	D	
[MHz]		200	200	200	200		5	
Bandas soportadas [MHz]	MS	450.4 - 457.6		824 - 849		876 - 915		1920 - 1980
		478.8 - 486		890 - 915		1710 - 1785		1850 - 1910
		777.0 - 792		880 - 915		1850 - 1910		1710 - 1785
	BS	460.4 - 467.6		869 - 894		921 - 960		2110 - 2170
		488.8 - 496.0		890 - 915		1805 - 1880		1930 - 1990
		747.0 - 762.0		925 - 960		1930 - 1990		1805 - 1880
Portadoras [MHz]		1	1	1	1	1	1	
		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	5	
Conmutación		C	C	P	C	C y P	C y P	
Modulación		GMSK	GMSK	GMSK	GMSK	GMSK, 8PSK	HPSK	
Tasa de símbolos/chips		270.833	270.833	270.833	270.833	270.833	3.84	
		[Ksps]	[Ksps]	[Ksps]	[Ksps]	[Ksps]	[Mcps]	

Tabla 2.5

2.2. Evolución de CDMA.

El otro camino de mayor importancia en la evolución hacia la tercera generación de celulares es el que utiliza como técnica de acceso CDMA, el cual pasa por un proceso más simple para llegar a lo que la ITU establece como tercera generación. A continuación, en la figura 2.2, se muestran los pasos que tiene que llevar a cabo esta tecnología para satisfacer el estándar final, con lo que llega a cumplir con las tasas de transmisión y demás requerimientos para la 3G. La primera tecnología pertenece a la llamada generación 2.5, y el resto se encuentra dentro de lo que es propiamente la tercera generación. Estas tres tecnologías que se encuentran en la 3G, van incrementando capacidades entre una y otra, de ahí que sean varias.

En los siguientes apartados se dará una breve descripción de los datos específicos que caracterizan a cada una de las tecnologías de esta evolución.

2.2.1. IS – 95B.

El primer paso para la migración de segunda a tercera generación para CDMA (IS -95) se llama IS – 95B, lo cual permite el aprovechamiento de gran parte del equipo existente, lo que implica una evolución no muy costosa.

Esta tecnología se encuentra en la llamada generación 2.5, por lo que todavía no cumple con las características principales que especifica el estándar IMT-2000.

IS – 95B proporciona un enlace de subida máximo de 115 Kbps, teniendo como promedio 64 Kbps, lo que indica un aumento del 700% respecto a la tasa de transmisión media de CDMA.

Para realizar los cambios de velocidad entre una y otra versión de CDMA, IS – 95B hace la implementación de la conmutación de paquetes además de la de circuitos, con lo cual puede cambiar de un ancho de banda estático a uno dinámico.

Además, esta tecnología puede ser implementada en cualquiera de las bandas que establece la ITU para la tercera generación, además de las ya existentes en la actualidad.

A continuación se muestra una tabla con las características principales que se han mencionado a cerca de esta tecnología:

CARACTERÍSTICAS	
Generación	2.5
Tasa de transmisión [Kbps]	
Velocidad pico	115
Velocidad promedio	64
Ancho de banda	
Tipo [MHz]	Dinámico 1.25
Bandas soportadas [MHz]	450, 700, 800, 900, 1700, 1800, 1900, 2100
Portadoras [MHz]	1 1.25
Tipo de conmutación	Circuitos y Paquetes
Tasa de Chips [Mcps]	1.2288

Tabla 2.6

2.2.2. CDMA2000 1x.

La tecnología de CDMA2000 1x es el primer paso dentro de la 3G (tercera generación) en la evolución de CDMA. Si se realizó la evolución a través de IS-95B, maximiza la reutilización del equipo existente haciendo el paso de una a otra tecnología menos costoso.

Esta tecnología proporciona una tasa de transmisión pico de bajada de 307 Kbps, y una promedio de 144 Kbps, haciendo uso de un ancho de banda de 1.25 MHz de manera dinámica, lo que implica que los usuarios tienen un ancho de banda de acuerdo a el espectro que se encuentre disponible, gracias a lo cual se incrementa la tasa de transmisión.

Es posible implementar CDMA2000 1x en cualquiera de las bandas que se encuentran en uso actualmente y las propuestas por el estándar IMT-2000. Además, mantiene la conmutación por circuitos y paquetes que especifica el estándar de 3G.

Evolución de CDMA

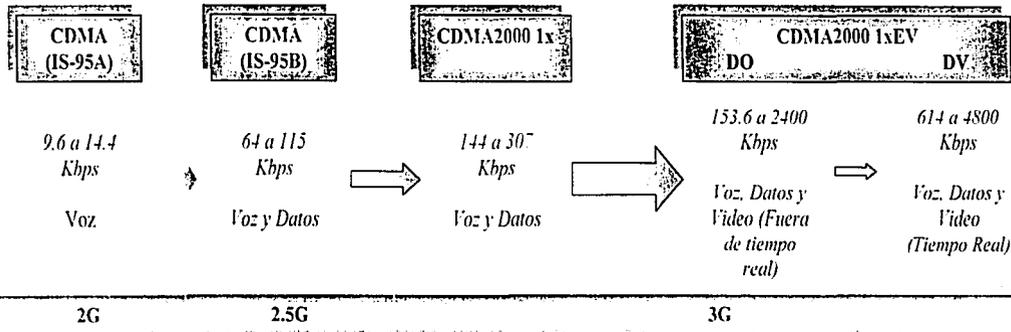


Fig. 2.3

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

A continuación se muestra una tabla con las características que se mencionaron y otras de importancia:

CARACTERÍSTICAS	
Generación	3
Tasa de transmisión [Kbps]	
Velocidad pico	307
Velocidad promedio	144
Ancho de banda	
Tipo [MHz]	Dinámico 1.25
Bandas soportadas [MHz]	450, 700, 800, 900, 1700, 1800, 1900, 2100
Portadoras [MHz]	1 1.25
Commutación	Circuitos y Paquetes
Tasa de <i>Chips</i> [Mcps]	1.2288

Tabla 2.7

2.2.3. CDMA2000 1xEV-DO.

CDMA2000 1x Evolución - Datos Únicamente << 1xEV-DO, 1x Evolution - Data Only >> es una evolución de CDMA2000 1x, de donde la arquitectura puede ser rehusada para la implementación de ésta, lo cual representa un ahorro significativo y proporciona una serie de ventajas notables.

Esta tecnología esta optimizada para soportar tasas de transmisión de hasta 2.4 Mbps para el enlace de bajada, teniendo un promedio de entre 500 y 900 Kbps, y una velocidad de 153.6 Kbps para el enlace de subida; debido a sus características, el sistema esta diseñado para aplicaciones fijas y móviles en un canal de 1.25 MHz, usando una red de conmutación de circuitos y paquetes.

CDMA2000 1xEV-DO, soporta la implementación en las bandas que se encuentran en uso para celulares, actualmente, (450, 700, 800, 900, 1700, 1800, 1900 MHz) y las que se encuentran en las especificaciones de la IMT-2000 (2100 MHz).

Otra característica importante, es la que implica su propio nombre, debido a que únicamente permite la transmisión de datos o voz, pero no de manera simultánea, con lo cual realiza la transmisión de manera más eficiente dependiendo de la transmisión que tenga que llevar a cabo.

A continuación se muestra una tabla resumiendo las características técnicas mencionadas y otras de igual importancia:

CARACTERÍSTICAS	
Generación	3
Tasa de transmisión [Kbps]	
Velocidad pico(bajada)	2400
Velocidad promedio	500 - 900
Velocidad pico(subida)	153.6
Ancho de banda	
Tipo [MHz]	Dinámico 1.25
Bandas soportadas [MHz]	450, 700, 800, 900, 1700, 1800, 1900, 2100
Portadoras [MHz]	1 1.25
Comutación	Circuitos y Paquetes
Tasa de Chips [Mcps]	1.2288

Tabla 2.8

2.2.4. CDMA2000 1xEV-DV.

El camino al punto más alto de la evolución de CDMA hacia la 3G se llama CDMA2000 1x Evolución – Datos y Voz << 1xEV-DV, *1xEvolution – Data and Voice*>>, la cual ofrece ser la mejor alternativa para la tercera generación, ya que puede transmitir voz y datos de manera simultánea; además, al igual que las otras evoluciones aprovecha la infraestructura existente.

Ofrece una velocidad pico en el enlace de bajada de 4.8 Mbps y en el enlace de subida de 614 Kbps; además, se mantiene en investigación para alcanzar un enlace de subida a una velocidad pico de 1.25 Mbps.

Esta diseñado para poder ser implementado en las bandas que usan actualmente los celulares, PC's y para las bandas especificadas en el estándar del IMT-2000.

Soporta la conmutación de paquetes, por lo cual, puede hacer uso del ancho de banda de manera dinámica, de acuerdo con el estándar de 3G.

A continuación se muestra una tabla con el resumen de las características, de esta tecnología, ya mencionadas y otras de igual importancia:

CARACTERÍSTICAS	
Generación	3
Tasa de transmisión [Kbps]	
Velocidad pico(bajada)	4800
Velocidad pico(subida)	614
Ancho de banda	
Tipo [MHz]	Dinámico
Bandas soportadas [MHz]	450, 700, 800, 900, 1700, 1800, 1900, 2100
Portadoras [MHz]	1 1.25
Conmutación	Circuitos y Paquetes
Tasa de <i>Chips</i> [Meps]	1.2288

Tabla 2.9

Características técnicas de la evolución a través de CDMA.

Generación	IS - 95 CDMA	IS - 95B	CDMA2000 1x	CDMA2000 1xEV	
	2	2.5	3	DO	DV
Tasa de transmisión [Kbps]					
Bajada (Pico)	14.4	115	307	2400	4800
Promedio	9.6	64	144	500 - 900	
Subida	9.6			153.6 - 307	614
Ancho de banda					
Tipo [MHz]	E	D	D	D	D
	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Bandas soportadas [MHz]	MS	824 - 849 887 - 925	1850 - 1910 1750 - 1780	Bandas para IS-95 y B -411 - -483 1920 - 1980	
	BS	869 - 894 832 - 870	1930 - 1990 1840 - 1870	Bandas para IS-95 y B 421 - 493 2110 - 2170	
Portadoras [MHz]	1 1.25	1 1.25	1 1.25	1 1.25	1 1.25
Commutación	C	C y P	C y P	C y P	C y P
Modulación	OQPSK	OQPSK	HPSK	HPSK	HPSK
Tasa de Chips [Mcps]	1.2288	1.2288	1.2288	1.2288	1.2288

Tabla 2.10

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3. Multimedia.

3.1. Transmisión multimedia.

En este capítulo describiremos el proceso que se lleva a cabo para la transmisión de datos y finalmente poder reproducir audio o video. La transmisión multimedia elimina la necesidad de descargar archivos enormes y asignar espacio para almacenarlos antes de reproducirlos.

En la transmisión multimedia, la información generada mediante los dispositivos con los que cuenta el teléfono tendrán un formato analógico estándar, por lo cual se debe convertir esta información a un formato digital y poder así transmitirla por Internet. Cuando se envía el contenido a un usuario, este contenido viaja como una secuencia continua de paquetes de datos. En lugar de esperar a que se descargue todo el archivo antes de empezar a reproducirlo, el equipo del usuario puede reproducir el video y el audio a medida que lo recibe.

3.1.1. Fuente multimedia.

Dado que en este caso, se pretende una transmisión multimedia a través de una red celular, la información fuente será analógica, ya que será video y audio capturado mediante los dispositivos con los que contará el teléfono, tales como el micrófono y la cámara de video.

Puesto que la información no se puede pasar de manera analógica a la red, debido a que se cuenta con una red digital para facilitar muchos de los aspectos relacionados en la transmisión de datos, como son: pérdida de información, reconstrucción de la misma, etc.; dichos datos deben ser convertidos a un formato digital, lo cual se logra mediante el muestreo, la cuantización y la codificación, que a continuación se describe.

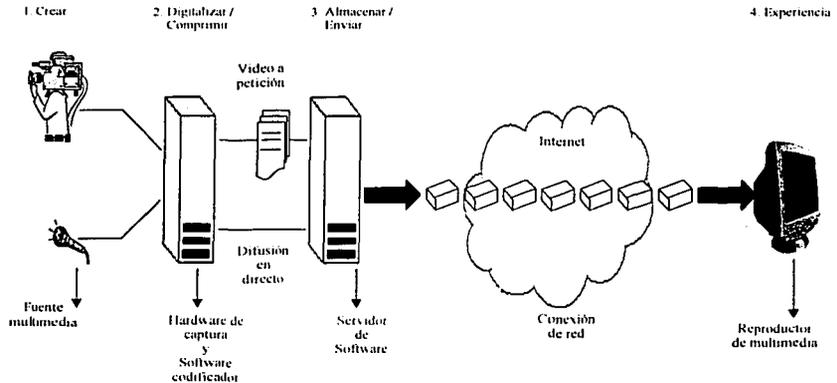


Fig. 3.1

3.1.2. Conversión analógica a digital.

El proceso a seguir para pasar la información de un formato analógico a uno digital, tal como puede ser mp3 << mp3, mpeg 3 >>, en el caso del audio, con lleva tres pasos principales, los cuales son: el muestreo, la cuantización y codificación.

a) Muestreo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El enlace entre una forma de onda y su versión muestreada, es lo que se conoce como el proceso de muestreo. Este proceso es implementado de diferentes formas, pero la más popular es mediante la operación de muestreo y retención. En tal operación, un interruptor y un mecanismo de almacenamiento forman una secuencia de muestras de la entrada continua en el tiempo. La salida del proceso de muestreo es conocida como Pulso Modulado en Amplitud << P.AM, Pulse Amplitud Modulation >> ya que los intervalos sucesivos de salida pueden ser descritos como una secuencia de pulsos cuyas amplitudes están derivadas de la forma analógica de entrada¹.

Para que una señal muestreada represente a la señal original, debe cumplir con el Teorema de muestreo, el cual dice que: una señal limitada en ancho de banda sin componentes espectrales arriba de f_m hertz, puede ser determinada en forma única por valores de muestras en intervalos uniformes de T_s segundos en donde:

$$T_s \leq \frac{1}{2f_m}$$

Esta inecuación también es conocida como el teorema del muestreo uniforme. Dicho en otras palabras el límite superior en T_s puede expresarse en términos de la tasa de muestreo, denominada $f_s = 1/T_s$. Esta restricción es conocida como el Criterio de Nyquist, y queda como sigue:

$$f_s = 2f_m$$

La tasa de muestreo $f_s = 2f_m$ es conocida también como la Tasa de Nyquist. Este criterio es una condición teórica suficiente para permitir que la señal analógica original sea completamente reconstruida a partir de un conjunto de muestras discretas en el tiempo, uniformemente espaciadas¹.

La figura 3.2 ilustra como es el muestreo mediante impulsos de una señal cualesquiera en el caso de muestreo ideal:

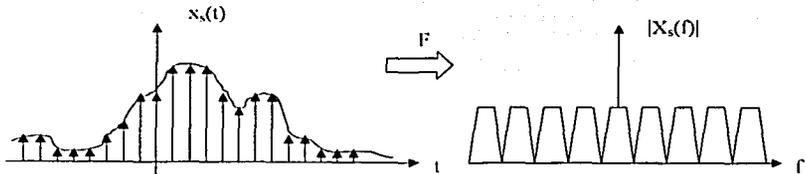


Fig. 3.2

¹ Sklar, Bernard. Digital Communications: "Fundamentals and applications", Prentice Hall.

² f se denota como la frecuencia, y es el número de ondas de una señal en la unidad de tiempo "s", cuya unidad son los Hertz "Hz".

³ Idem.

Como se puede observar, como es un caso ideal, en el dominio de la frecuencia nos quedan las señales muestreadas una después de la otra; sin embargo, en la práctica, en la práctica, el intentar usar la Tasa de Nyquist produce un efecto que es llamado *Aliasing*, que se puede ver como sigue, en la figura 3.3:

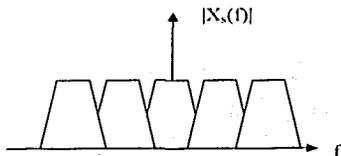


Fig. 3.3

esto es, que debido a que no se genera un impulso perfecto, las señales muestreadas en el dominio de la frecuencia se traslapan, lo cual produce una pérdida de información. Es por ello que para evitar esto, lo que se hace es incrementar la tasa de muestreo, provocando así una separación entre las señales muestreadas, como se muestra en la figura 3.4.

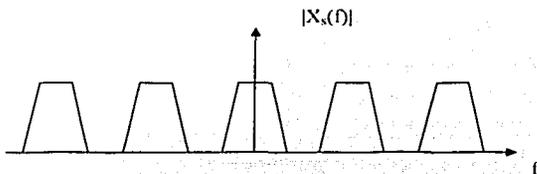


Fig. 3.4

La consecuente desventaja de realizar este procedimiento es que se requiere de un ancho de banda mayor que en el caso del muestreo ideal.

b) Cuantización.

Después de que una señal analógica es muestreada, el valor muestreado es entonces cuantizado y codificado como una cadena de bits. La cuantización es la representación de los valores muestreados en términos de valores discretos de amplitud. El número de bits usados para representar los valores muestreados, determinan la exactitud del proceso de cuantización⁴.

La figura 3.5 ilustra mejor el proceso de cuantización que se lleva a cabo con las señales muestreadas.

⁴ F. Kuo, Franklin, *Multimedia Communications: "Protocols and Applications"*. Prentice Hall.

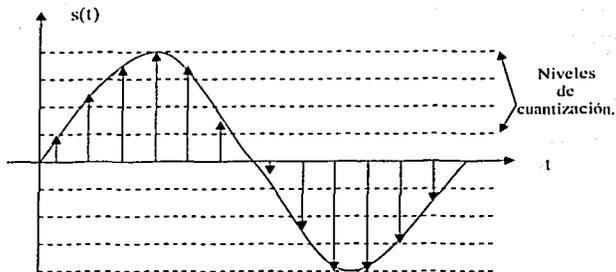


Fig. 3.5

En telefonía, el actual estándar para la digitalización de la voz es de 16 bits por muestra, lo que implica 2^{16} niveles de amplitud que pueden ser representados⁵.

c) Codificación y decodificación de la fuente.

El mensaje producido por la fuente es convertido en una secuencia de dígitos binarios. Idealmente, se busca representar la información fuente mediante la secuencia de información conteniendo el menor número de bits posible. En otras palabras, se busca una representación del mensaje con poca o nula redundancia⁶. Es por ello, que se codifica la información que será enviada a través de algún medio como puede ser el cable, la fibra óptica, el aire, etc.

El tipo de codificación depende de cada tecnología; la siguiente tabla muestra el tipo de codificación que emplean las tecnologías más importantes:

Tecnología	Codificación	Tasa [Kbps]
TDMA	VCELP	7.95
GSM	RPE - LTP	13
CDMA	QCELP	8

Tabla 3.1

⁵ F. Kuo, Franklin. Multimedia Communications: "Protocols and Applications". Prentice Hall.

⁶ Sklar, Bernard. Digital Communications: "Fundamentals and Applications". Prentice Hall.

Los requisitos básicos de cada una de estas codificaciones, para poder tener una alta eficiencia, son los siguientes:

- * Disminución de la redundancia inherente a la voz humana.
- * La calidad de la voz debe ser al menos la ofrecida por sistemas convencionales de telefonía alámbrica.
- * Debe ser capaz de detectar pausas en el flujo de conversaciones para suspender la transmisión en esos instantes.

Dado que al transmitir el mensaje se codifica para que la cantidad de datos enviada fuera más pequeña, en el receptor se deben de contar con los elementos suficientes para poder hacer la decodificación de la información y de esta forma el usuario final sea capaz de escuchar una reproducción casi exacta de la información original.

d) Codificación de canal.

El propósito de esta codificación es introducir, de manera controlada, algo de redundancia en la secuencia de información que pueda ser usada en el receptor para superar los efectos de ruido e interferencia que añade el canal. Entonces, la redundancia de la información sirve para incrementar la confiabilidad de los datos recibidos y mejorar la fidelidad de la señal enviada⁷.

3.1.3. Compresión y descompresión.

En las comunicaciones de datos, la capacidad de cualquier canal para transmitir es limitada. El volumen de datos a transmitir determina el tiempo necesario para completar la tarea. Además, se debe tener en cuenta, el tamaño de la información que se desea almacenar. Por todo esto es que a menudo se emplea la compresión de datos, para ayudar en la reducción de los costos y en la minimización del tamaño de los dispositivos de almacenamiento.

La compresión de datos significa reducir el tamaño efectivo de un archivo de datos para su almacenamiento o transmisión. Desde luego, antes de ser usada la información para cualquier aplicación, es necesaria una descompresión, esto es, expandir la información a su estado original, o prácticamente al original. A los métodos o algoritmos de este estado/descompresión se les llama *codecs* << *compression/deccompression* >>.

En general, lo que hacen los *codecs* es disminuir la redundancia de los datos; es por ello, que la eficiencia del *codec* varía dependiendo de la redundancia existente dentro de los mismos. Por ejemplo, si en un archivo la ocurrencia de los símbolos es prácticamente aleatoria, la reducción del mismo es muy difícil, a diferencia de uno en el cual los símbolos aparecen de manera periódica⁸.

⁷ Sklar, Bernard. Digital Communications: "Fundamentals and Applications". Prentice Hall.

⁸ Abernethy, Ken, Allen, Tom. Exploring the Digital Domain: "An Introduction to Computing with Multimedia and Networking". PWS Publishing Company, 1998.

Algunos codecs no garantizan la reproducción de la información original después de la descompresión. Esos métodos son llamados *lossy*. Aquellos que siempre reproducen los datos originales son llamados *lossless*. La elección del tipo de codec varía dependiendo del uso que se pretenda dar a la información. Por ejemplo, si se trata de texto o datos numéricos, se usan codecs de tipo *lossless*, ya que se requiere cada uno de los datos enviados. En el caso del video o el audio, es soportable la pérdida de algunos datos, por lo que se pueden usar codecs del tipo *lossy*.

Otro factor importante es la velocidad del codec (codificación y decodificación). La cantidad de tiempo requerida para comprimir y descomprimir datos puede ser importante para algunas aplicaciones. Respecto a esto, los codecs se pueden clasificar en simétricos y asimétricos. Un codec simétrico es uno que toma aproximadamente la misma cantidad de tiempo para comprimir como para descomprimir datos. Una aplicación importante para este tipo de codecs es la videoconferencia en tiempo real. Los codecs asimétricos, regularmente, tienen una velocidad de descompresión más alta que los simétricos, sin embargo, la compresión es usualmente más complicada y significativamente más lenta. Este tipo de codecs son comúnmente utilizados cuando lo que se requiere hacer con los datos es ser almacenados una vez y visualizados frecuentemente; por ejemplo, audio y video en un CD-ROM⁹.

Finalmente, se pueden distinguir esquemas de compresión/descompresión dependiendo en si están basados en métodos sintácticos, semánticos o híbridos. Los métodos sintácticos se refieren a reducir la redundancia de símbolos patrones sin poner atención en el tipo de información representada; esto es, tratan la información como una mera cadena de símbolos. Este método también es conocido como codificación de entropía. Los métodos semánticos consideran propiedades especiales del tipo de información representada. Este conocimiento a menudo ayuda a transformar o reducir la cantidad de información no esencial en la original. Y por último, los métodos híbridos, que combinan los dos anteriores, aunque regularmente en etapas. Una manera popular de hacer uso de los codecs es, primero, usar un método semántico, y posteriormente, uno de codificación de entropía para reducir aún más la información¹⁰.

Para aplicaciones prácticas, se considera el tipo de compresión por categorías, entre las que se encuentran las desplegadas a continuación, junto con algunos tipos de compresión correspondientes:

- Datos numéricos y caracteres "sintáctico". (RLE, *Huffman coding* y LZW).
- Imágenes "semántico". (GIF, TIFF y JPEG).
- Video y audio "híbrido". (Quick Time, DVI y MPEG).

⁹ Sklar, Bernard. *Digital Communications: "Fundamentals and Applications"*. Prentice Hall.

¹⁰ Abernethy, Ken, Allen, Tom. *Exploring the Digital Domain: "An Introduction to Computing with Multimedia and Networking"*. PWS Publishing Company, 1998.

¹¹ Idem

3.1.4. Aspectos de las redes multimedia.

Una de las características cruciales de la red es la tasa de transmisión, sin embargo, hay otros parámetros de importancia que se deben de considerar, y que se tratarán a continuación, tales como:

- Rendimiento de procesamiento.
- Tasa de errores.
- Retardos.

Cada uno de estos parámetros juega un papel vital para permitir la transmisión de señales visuales sobre la red digital¹².

3.1.4.1. Rendimiento de procesamiento (*throughput*).

El rendimiento de procesamiento de una red es su tasa efectiva de bits, o ancho de banda efectiva.

3.1.4.2. Tasa de errores.

Otro parámetro importante para redes multimedia, y en general para las redes, es la tasa de errores. Este parámetro puede ser definido de diferentes maneras, como son Tasa de Bits Erróneos <<BER, *Bit Error Rate*>>, Tasa de Paquetes Erróneos <<PER, *Packet Error Rate*>> o Tasa de Cuadros Erróneos <<FER, *Frame Error Rate*>>.

El BER está definido como la proporción del número promedio de bits erróneos al número total de bits que son transmitidos. El PER es similar al BER, la diferencia es que ahora son paquetes en lugar de bits. El FER, de igual forma que las dos anteriores, salvo que ahora son *frames*; este término es utilizado en redes ATM.

3.1.4.3. Retardos.

Los retardos son analizados desde un punto de vista punto a punto, lo cual significa el tiempo que toma transmitir un bloque de datos desde que es enviado hasta que es recibido.

Los componentes de retardo punto a punto son:

- *Retardo por tránsito.*- Es un parámetro físico que denota el tiempo de propagación requerido para enviar un bit desde un sitio hasta otro, limitado por la velocidad de la luz. Este parámetro es dependiente únicamente de la distancia recorrida, y es significativa cuando son usados enlaces satelitales.

¹² F. Kuo, Franklin, Multimedia Communications: "Protocols and Applications". Prentice Hall.

- **Retardo por transmisión.-** Es el tiempo requerido para transmitir un bloque de datos. Este parámetro es dependiente de la tasa de bits de la red y los retardos por procesamiento en los nodos intermedios, incluyendo enrutamiento y distribución.
- **Retardo de red.-** El cual esta compuesto por el retardo por tránsito y por transmisión de los componentes.
- **Retardo por la interfaz.-** Retardo transcurrido entre el tiempo que el remitente esta listo para empezar a enviar un bloque de datos y el tiempo en que la red esta lista para transmitir los datos. Este parámetro es importante en redes orientadas a conexión.

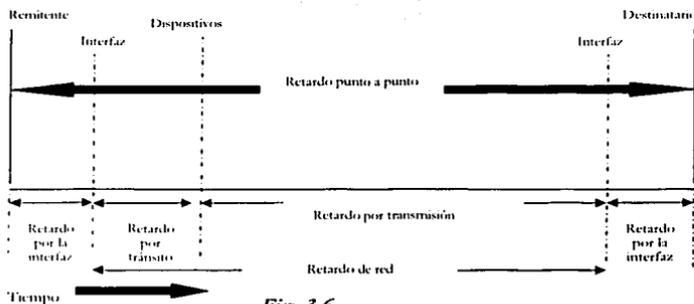


Fig. 3.6

3.1.4.3.1. Variación de retardo (jitter).

En la transmisión de video digital, el flujo de datos de video y de audio, son, a menudo, enviados de forma separada. En redes de paquetes, esos flujos son divididos en bloques discretos de datos y cada bloque es transmitido en secuencia. Si la red es capaz de transmitir todos los bloques con una secuencia uniforme, entonces cada bloque llegaría al destino después de un retardo uniforme. La mayoría de las redes de hoy no pueden garantizar un retardo uniforme a sus usuarios. Variaciones en el retardo son comunes. Para el diseño de una red multimedia, es importante poner un límite superior en esta variación¹³.

3.1.4.4. Características de las fuentes de tráfico multimedia.

El tráfico multimedia consiste de flujos largos de datos generados desde fuentes de video o audio digital. Incluso si estos flujos son rotos en paquetes o *frames* para el

¹³ F. Kuo, Franklin. Multimedia Communications: "Protocols and Applications". Prentice Hall.

transporte en la red, es importante observar la integridad de los flujos por sí mismos, y esto pone alternadamente apremios en la parametrización del funcionamiento de la red.

El tráfico multimedia está compuesto de cinco categorías: audio, video, datos, imágenes de mapas de bits y gráficos. Los dos primeros son continuos, generalmente, mientras que el resto son discretos.

Los flujos de datos multimedia pueden ser caracterizados de acuerdo a lo siguiente:

- Variación del rendimiento de procesamiento con respecto al tiempo.
- Dependencia del tiempo.
- Simetría bidireccional.

3.1.4.4.1. Variación del rendimiento de procesamiento con el tiempo.

El tráfico multimedia puede ser caracterizado como una tasa de bits constante <<CBR, *Constant Bit Rate*>> o una tasa de bits variable <<VBR, *Variable Bit Rate*>>.

- *Tráfico constante de la tasa de bits.*

Muchas aplicaciones multimedia, tales como las que requieren ser en tiempo real, requieren una tasa de bits constante. No hacerlo requeriría un *buffer* extenso en cada terminal.

- *Tráfico variable de la tasa de bits.*

Este tipo de tráfico tiene una tasa de bits variable que depende del tiempo. Tal tráfico repentinamente incrementa su tasa o la disminuye.

Los avances recientes en tecnología de compresión de video han dado lugar a los flujos de tráfico variable de tasa de bits. Los flujos de video VBR presentan dos factores primarios: algoritmos de compresión y contenidos de la escena. En escenas con poco movimiento no es muy necesario retransmitir las partes estáticas de la escena, tales como el fondo. Sin embargo, en escenas con mucho movimiento los algoritmos de compresión generarán, en cada cuadro, nuevos datos representando el movimiento de los objetos. VBR puede ser usado para conservar la capacidad de transmisión o para controlar la calidad del despliegue¹⁴.

3.1.4.4.2. Dependencia del tiempo.

En aplicaciones tales como la videoconferencia, el tráfico generado es en tiempo real. La experiencia ha mostrado que el retardo puede ser de 150 ms a lo más, para que los

¹⁴ F. Kuo, Franklin. *Multimedia Communications: "Protocols and Applications"*. Prentice Hall.

participantes no se percaten de dicho efecto. Lo mismo pasa con otras aplicaciones que requieren ser en tiempo real, algunas pueden tener un retardo un poco más grande, y otras uno un poco más pequeño. Sin embargo, habrá aplicaciones que no requieran funcionar en tiempo real, por lo que no dependen del tiempo.

3.1.4.4.3. Simetría bidireccional.

Cuando dos terminales están conectadas a una red, el tráfico sobre ésta conexión es a menudo asimétrico. Esto es, en un canal bidireccional, el tráfico en una dirección puede ser significativamente más grande que el tráfico yendo en otra dirección. En muchos casos, el canal de bajada es diseñado para llevar mucho tráfico, mientras que el canal de subida es diseñado para llevar poco. Esto se hace con el fin de mantener la eficiencia de la red, ya que existen aplicaciones que requieren, prácticamente todo el tiempo que el servidor proporcione algún tipo de información, mientras que en otras, se requiere que el canal soporte un flujo de datos similar.

3.1.4.5. Factores que afectan el funcionamiento de la red.

En este apartado se hablará un poco de los factores que degradan el funcionamiento de la red, analizándolos de acuerdo a algunos parámetro de los que ya se habló anteriormente.

3.1.4.5.1. Factores del funcionamiento en el rendimiento de procesamiento.

El rendimiento de procesamiento de la mayoría de las redes, de área local o de áreas más amplias, varía con el tiempo. Algunas veces, puede cambiar muy rápidamente por fallas en nodos o líneas de la red o por congestión de tráfico cuando son introducidos grandes flujos de datos. Los factores que afectan de manera total el funcionamiento en el rendimiento de procesamiento son:

- *Fallas de modo o enlace.*
- *Congestión.*
- *Embotellamientos.*
- *Capacidad del buffer.*
- *Control de flujo.*

a) Fallas de nodo o enlace.

Los nodos de red o enlaces de transmisión cuyas operaciones son interrumpidas por alguna razón, pueden causar congestión en otros nodos o enlaces del vecindario inmediato al nodo afectado. Tales fallas pueden causar retardos o pérdidas de paquetes, errores en la transferencia de archivos o pérdida total de la conectividad. Incluso si la tasa de errores de los nodos de red o enlaces es usualmente baja, las fallas ocurren, y deben tomarse medidas para evitar problemas como los descritos.

b) Congestión de red.

Cuando una red esta cargada de manera notable, la congestión puede ser debida a tráfico pesado o a cuellos de botella. La capacidad de una red esta normalmente diseñada para acomodar demandas de tráfico promedio. En ciertas horas del día o en situaciones de emergencia, la demanda de la red excede la disponibilidad. En tales ocasiones, la tasa de rendimiento de la red se decrementa con el incremento de la carga por muchos factores:

- Muchos datagramas de red empiezan a tener problemas con los paquetes cuando el *buffer* se desborda.
- Procedimientos de administración de la red toman efecto para decrementar el tráfico sobre algunos enlaces.
- Nodos cargados con mucho tráfico llegan a ser cuellos de botella.

c) Embotellamientos.

Otra razón para decrementar el rendimiento de procesamiento es la presencia de cuellos de botella. Estos pueden ser debidos a fallas en nodos o enlaces, o debidos a una capacidad inadecuada en los enlaces o nodos. Un ejemplo es el enlace con el satélite trasatlántico que conecta las redes de datos de América con Europa. Muchos de estos enlaces satelitales tienen un rendimiento de procesamiento de 128 Kbps. Cuando estos enlaces conectan dos redes de alta velocidad sobre lados opuestos del Atlántico, representan un cuello de botella significativo.

d) Capacidad del buffer.

Para cada conexión punto a punto, hay una cantidad limitada de memoria del *buffer* en las terminales y en las interfaces de la red. Los datos son almacenados temporalmente en *buffers* cuando envían o reciben estos de la red. En la transmisión de archivos grandes, tales como tramas de video, la capacidad del buffer es, muy a menudo, inadecuada para enviar o recibir información en tiempo real.

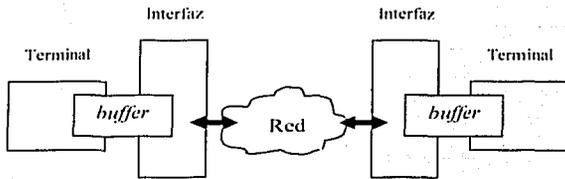


Fig. 3.7

c) Control de flujo.

Cuando la capacidad del *buffer* en alguna terminal es un problema, protocolos de control de flujo son invocados a menudo. El control de flujo es un protocolo punto a punto que limita espacio sobre la transmisión de datos entre dos terminales conectadas a través de una red. Es especialmente importante si la terminal que está recibiendo no tiene suficiente capacidad en el *buffer* para acomodar todos los datos que el remitente desea transmitir. El protocolo es invocado para limitar o medir la tasa de datos desde el remitente para prevenir pérdidas de datos en la terminal receptora. Cuando el control de flujo está en operación, el rendimiento de procesamiento punto a punto es afectado¹⁵.

3.1.4.5.2. Problemas en función de errores de la red.

Los errores en la red se presentan cuando:

- Bits individuales dentro de los paquetes son invertidos o perdidos.
- Los paquetes son perdidos en la transmisión.
- Los paquetes se caen o se retrasan.
- Los paquetes llegan fuera de orden.

3.1.4.6. Requerimientos de tráfico multimedia para redes.

Estos requerimientos son expresados en términos de las características de funcionamiento de la red de acuerdo al rendimiento de procesamiento, confiabilidad y continuidad.

a) Requisitos del rendimiento de procesamiento.

- Requisito de un gran ancho de banda para la transmisión.

Este requerimiento significa que las redes deben tener la capacidad para manejar múltiples fuentes de tráfico de video y audio en tiempo real.

¹⁵ F. Kuo, Franklin. Multimedia Communications: "Protocols and Applications". Prentice Hall.

En periodos de congestión, insuficiente ancho de banda disponible podría dejar grandes retardos punto a punto, así como pérdidas de paquetes.

- Requisito de gran almacenamiento del *buffer* para el ancho de banda.
En redes con alto rendimiento de procesamiento, es importante que la terminal que esta recibiendo tenga suficiente capacidad en el *buffer* para recibir el tráfico multimedia que esta llegando.
- Requisito de flujo.
Una red multimedia debe ser capaz de manejar grandes flujos de tráfico.

b) Requisitos de confiabilidad o control de error.

El control de error es un aspecto muy importante en las redes de hoy en día, debido a que se tiene que verificar la forma en que la trama llega. Sin embargo, en la actualidad y conforme pasa el tiempo, la cantidad de errores va disminuyendo de manera considerable, lo que implica menores cantidades de flujos de datos debidos a retransmisión por errores.

c) Requisitos de retardo.

Los datos multimedia a menudo toman la forma de flujos múltiples de datos, tal como los flujos de video y audio, los cuales forman parte de una escena de video. En aplicaciones de tiempo real, los flujos de video y audio deben ser transmitidos a través de la red con un retardo mínimo y deberían llegar al mismo tiempo. Sin embargo, con la ayuda del *buffer*, la llegada simultánea de los flujos de video y audio no es absolutamente necesaria.

3.2. Codecs.

La industria de las comunicaciones móviles ha crecido notablemente, con el surgimiento de CDMA2000 y GPRS, es posible pensar en aplicaciones más avanzadas como la transferencia de video o audio en tiempo real. El problema es que, con las tasas de transferencia actuales, el desempeño de los dispositivos sería pobre y de alto costo. Es por eso que se ha buscado un método de compresión que pueda solucionar la cantidad de flujo a transmitir. Existen muchos métodos de compresión, pero las empresas dedicadas a las comunicaciones móviles han optado por emplear un estándar internacional emitido por la Sociedad para Proyectos de Tercera Generación <<3GPP, *3rd Generation Partnership Project*>>, la Sociedad para Proyectos de Tercera Generación 2 <<3GPP2, *3rd Generation Partnership Project 2*>> o por el Foro para Multimedia Inalámbrica <<I3GPP, *Wireless Multimedia Forum*>> que garantiza el soporte y compatibilidad hacia delante y hacia atrás.

La Misión de Ingeniería de Internet de Fuerza <<IETF, *Internet Engineering Task Force*>> aprobó los protocolos multimedia tales como el Protocolo de Inicio de Sesión <<SIP, *Session Initiation Protocol*>>, Protocolo de Descripción de Sesión <<SDP, *Session*

Description Protocol>>, Protocolo de Transporte en Tiempo Real <<RTP, *Real - time Transport Protocol*>> y Protocolo de Control de Transporte en tiempo Real<< *RTCP, Real time Transport Control Protocol*>> para redes móviles. Deberán emplear codecs tipo Extensiones de Correo de Internet Multipropósito<< *MIME, Multipurpose Internet Mail Extensions*>> aprobados por la Autoridad de Números Asignados de Internet<< *IANA, Internet Assigned Numbers Authority*>>. Y los paquetes RTP deberán ser enviados vía Protocolo de Internet <<IP, *Internet Protocol*>> o Protocolo de Datagrama del Usuario <<UDP, *User Datagram Protocol*>>. A su vez, 3GPP, aceptó como estándares a RTP como protocolo de transporte, Adaptativo Multi-Tasa <<AMR, *Adaptive Multi - Rate*>> como codec de audio, JPEG2000 para compresión de imágenes y MPEG - 4 como codec de video.

RTP provee "streaming" sobre UDP (soportado por direcciones IP). El Protocolo de Transporte de HiperTexto<<HTTP, *Hyper Text Transport Protocol*>> permite visualizar texto e imágenes estáticas en redes IP a través del Protocolo de Control de Transporte <<TCP, *Transport Control Protocol*>>.

3.2.1. Tipos de codecs.

Consideraremos las técnicas principales de codificación, tanto para voz como para video, que son las que se listan a continuación:

- Codecs de voz (Vocoders).
- De forma de onda.
- De fuente.
- Híbridos.
- Codecs de video.

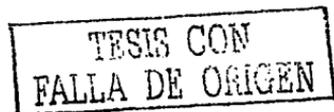
3.2.1.1. Codecs de voz (Vocoders).

Un vocoder es un codificador paramétrico, es decir se transmiten los coeficientes o parámetros que muestran como fue generada la curva codificada. Su desventaja es que su reproducción tiende a ser muy sintética y de tasas de transferencia muy reducidas. Estos se dividen en 3 clases:

a) Codecs de forma de onda.

Estos son empleados para altas tasas de transferencia de datos y proporcionan muy buena calidad de voz. La codificación de forma de onda significa que las variaciones en la amplitud de la señal analógica son descritas por valores numéricos que se transmiten como pulsos. (Modulación por Código de Pulsos<<PCM *Pulse Code Modulation*>> y PAM).

b) Codecs de fuente.



Son paramétricos y buscan la función que origina la curva. Estos manejan tasas de transferencia muy bajas, pero tienden a producir voz con sonidos sintéticos.

c) Codecs híbridos.

Son combinaciones de las características de los 2 codecs anteriores, propiciando buena calidad de voz a tasas de transferencia medianas. Un codificador híbrido envía tanto parámetros de la curva, como valores obtenidos de la forma de la onda. Este es empleado en los actuales sistemas de comunicaciones móviles ya que ejerce un compromiso satisfactorio entre las tasas de transferencia y la calidad de la voz.

El modelo general de los codecs híbridos (Análisis por Síntesis <<AbS, Analysis by Synthesis>>) es:

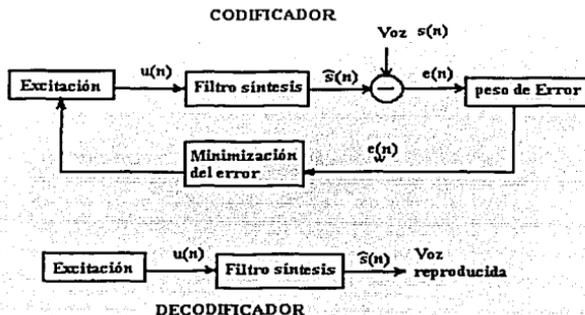


Fig. 3.8

Los codecs AbS separan la voz entrante en tramas de aproximadamente 20 ms, determinando los parámetros de cada trama por un filtro de síntesis. Posteriormente se minimiza el error.

El filtro síntesis es usualmente del tipo todos polos lineal de la forma:

$$H(z) = \frac{1}{A(z)}$$

donde:

$$A(z) = 1 - \sum_{i=1}^p a_i z^{-i}$$

p = es el orden del filtro (generalmente 10).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El bloque de peso de error es empleado para formar el espectro de la señal error para reducir su intensidad, ya que enmascara el ruido en las frecuencias donde la voz contiene mayor energía.

En el caso de codecs de audio, la multimedia inalámbrica se enfoca en los vocoders existentes en la tecnología celular (AMR y Codificador de Tasa Variable Aumentada << EVRC, Enhanced Variable Rate Coder >>).

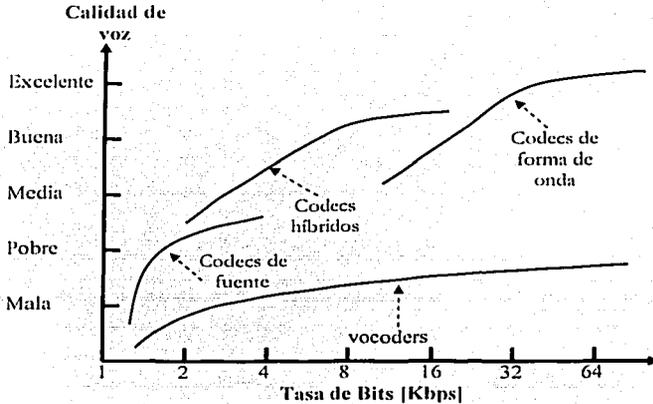


Fig. 3.9

3.2.1.1.1. Codecs G.72x.

a) G.722/G.725 y G.726.

El estándar G.722/G.725 para codificación de voz y música, en la banda de 50 – 7000 Hz, a 64 Kbps mejora la calidad de la voz en circuitos telefónicos, consiguiendo una calidad similar a la del radio FM. Estos estándares han sido empleados en videoconferencia.

PCM es empleado para grabado de música en CD's a una frecuencia de muestreo de 44.1 KHz; Modulación de Código de Pulso Diferencial Adaptativa << ADPCM, Adaptive Differential Pulse Code Modulation >> (G.726) permite hasta 32 Kbps.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

b) G.728.

Codec de AT&T (1992), usa 5 muestras en 10 bits ocasionando un retraso menor a 2 ms. 7 bits son empleados para transmitir el código y los 3 restantes para transmitir la excitación y ganancia. Esto permite mejor calidad que G.721 en tasas de hasta 16 Kbps. Solo se emplea un filtro largo para predecir, ya que el cálculo de pequeños filtros predictores ocasiona mayores retrasos (el modelo Codificación Excitada de Predicción Lineal << CELP, *Coded Excited Linear Predictive*>> alcanza de 50 – 100 ms de retraso).

3.2.1.2. Codecs de video.

La tasa de codificación está determinada por las características del video, y la calidad deseada, es por ello que para alta calidad, la tasa de compresión arroja mayor información.

3.2.1.2.1. Estándar H.261.

Ajusta automáticamente la razón de compresión del video y mantiene la tasa de *frames* baja, durante toda la duración del video. Esto ocasiona que se incrementen los bloques, debido a la baja calidad de video y a la tasa de *frames*. Es decir, en redes de baja velocidad se tiene calidad variable con tasas constantes, que es un comportamiento muy pobre cuando se tiene mucho movimiento en el video.

Muchos equipos de videoconferencia y de videoteléfono emplean este estándar recomendado por la ITU. Este puede ser usado para equipos que emplean transferencias con múltiplos de 64 Kbps desde 1 hasta 30 (64 – 1920 Kbps); trabajando con una resolución de 352×288 píxeles en tiempo real. Recientemente, también emplean codificación H.323 o H.324.

3.2.1.2.2. Estándar H.263.

Es el estándar provisional de la ITU – Telecomunicaciones << ITU - *Telecommunications*>> para videoconferencia y videoteléfono IP, similar al de H.261. Fue diseñado para tasas de transferencia bajas (menores a 64 Kbps) sobre infraestructura Red de Telefónica de Conmutación Pública << PSTN, *Public Switched Telephone Network*>>, aunque actualmente, esa restricción ha sido removida y se pretende que este estándar replazce a H.261.

H.263 soporta 5 resoluciones, las cuales son: Marco de Integración de Sector Común << QCIF, *Quarter Common Integration Framework*>> y Marco de Integración Común << CIF, *Common Integration Framework*>> (soportadas también por H.261), Marco Pequeño de Integración de Sector Común << SQCIF, *Small Quarter Common Integration Framework*>> (la mitad de la resolución de QCIF), 4CIF y 16CIF (son 4 y 16 veces la

resolución de CIF, respectivamente. Esto le permite competir con MPEG). Algunos archivos H.263 son más pequeños que los MPEG.

3.2.1.2.3. MPEG – 1.

Grupo de Exportación de Imagen en Movimiento <<MPEG. *Moving Picture Experts Group*>> es un grupo de estandarización perteneciente a la Organización de Estandarización Internacional <<ISO, *International Standardization Organization*>> y en colaboración con la Comisión Electrotécnica Internacional <<IEC, *Internacional Electrotechnical Commission*>>. Su nombre formal es ISO/IEC/JTC1 << *Joint Task Force C I*>> /SC29/WG11 << *Work Group 11*>>. Y está compuesto por un grupo de expertos dedicados al desarrollo de estándares para el video y el audio digital.

Este estándar fue el primero desarrollado por MPEG (1992), con el propósito de almacenar y recuperar video y audio en discos compactos con tasas de aproximadamente 1.5 Mbps. El estándar MPEG – 1 de capa de audio 3 (MP3) ha revolucionado la multimedia y el entretenimiento en el mundo. El sistema operativo Windows™, contiene un reproductor algo primitivo para MPEG – 1.

La capa 1 es la menos compleja, pero con el desempeño de compresión es lento, mientras que en la capa 3 la compresión es muy compleja, pero el desempeño es muy bueno.

MPEG-1, es un estándar de facto que mejora la calidad de H.261 con la misma tasa de transferencia, pero requiere mayor tiempo de procesamiento por lo que no es empleado en transmisiones de video en tiempo real, pero pueden ser almacenados videos VHS o audio con calidad de CD con una tasa de 1.5 Mbps, por lo que se puede transmitir a través de UTP.

3.2.1.2.4. MPEG – 2.

En 1994, surge este estándar como una mejora al anterior, diseñado para televisión digital y el ahora famoso DVD. Primero tuvo tasas de transferencia de 6 Mbps y fue bajando a 4 Mbps debido a lo robusto de las nuevas aplicaciones de video. MPEG-2 codifica video y aplicaciones en tiempo real, empleando tasas de 5 – 60 Mbps, por lo que se emplea en HDTV y en redes de cable o transmisión vía satélite. La ITU la ha denominado H.262.

3.2.1.2.5. MPEG – 4.

Es el tercer estándar desarrollado por MPEG (su nombre formal es ISO/IEC 14496) fue finalizado en octubre de 1998. Actualmente se trabaja en las extensiones para

televisión digital, contenido sintético (gráficos interactivos) y multimedia interactiva; éste es una tecnología abierta compatible con los estándares de compresión más comunes (H.263, Lenguaje de Modelación de Realidad Virtual << VRML, *Virtual Reality Modeling Language*>> y Lenguaje Sincronizado de Integración Multimedia << SMIL, *Synchronized Multimedia Integration Language*>>). Este es capaz de soportar video y audio sobre canales de muy baja velocidad de transferencia.

Actualmente es aceptado para soporte de excelente calidad de audio y video. Esto es porque emplea un algoritmo más sofisticado que los estándares H.261 o H.263 para codecs ampliamente usados en redes que trabajan con tasas de transferencia variables. MPEG mantiene una tasa de 25 o 30 fps (*frames* por segundo), que resulta en menos bloques, una imagen clara y un movimiento suave (variaciones ligeras). En redes de baja velocidad se tiene calidad constante con tasas variables. Escalable desde 1 Mbps a más de 15 Mbps.

3GPP recomienda emplear *Packet - Switched Streaming Services* y 3G - 324M (ambos basados en MPEG - 4).

MPEG - 4 Visual es empleado en sistemas móviles, ya que cuenta con bajos retardos y altas técnicas para evitar errores y se recomienda el perfil más simple para evitar retrasos por procesamiento; sin embargo dependerá de las capacidades de la terminal, el perfil a emplear, donde, para el nivel 1 se emplearán imágenes tamaño QCIF y para niveles 2 y 3 el tamaño CIF.

Video MPEG - 4 con perfil simple, permite el video rectangular, flexibilidad de errores (en las primeras 3 capas del modelo OSI), compatibilidad con H.263 y permite la codificación temporal y espacial de objetos, lo cual es apropiado para comunicaciones móviles con rendimiento de procesamiento variable.

Para una buena calidad, similar o mejor a la de la TV actual, el retraso entre *frames* debe ser menor a 150 ms.

a) Características del MPEG - 4 Visual.

MPEG - 4 Visual provee de codificación de video natural con capacidad de operación de 5 Kbps y una resolución espacial QCIF (144×176 píxeles) y completamente compatible con el estándar H.263 de la ITU; es decir, MPEG - 4 puede decodificar perfectamente un *stream* H.263. Este algoritmo puede escalarse para trabajar con transferencias de algunos Mbps y con una resolución 288×720 a 50 Hz y 240×720 a 59.94 Hz. El perfil de estudio puede operar arriba de 1 Gbps. Además es capaz de codificar objetos (un elemento de la escena), no solo arreglos rectangulares de píxeles (toda la pantalla). Estos objetos pueden ser generados de forma sintética y con capacidad tridimensional (simulaciones, mapas, curvas de nivel, animaciones, etc.). Además separa texturas (video natural o sintético). Dicha capacidad de codificación independiente de objetos en una misma escena permite, al decodificador, colocar el audio en la posición del objeto dentro del video (video y audio en 3D). Por estas razones, es el que está siendo empleado en las redes móviles.

b) Características del MPEG - 4 Audio.

Proporciona cobertura total en un rango de 2 Kbps (calidad monofónica) - 64 Kbps (audio muestreado a 48 KHz y con 16 bits por muestra). Este cuenta con 3 clases de algoritmos: el primero cubre las bajas tasas (voz), el segundo se encuentra dentro del rango medio (voz y música), el tercero es para tasas muy altas (cualquier señal de audio).

Dentro del área del audio sintético existen 2 importantes tecnologías:

Lenguaje para Hablar << TTS, Text To Speech >>.- En el cual se producen sonidos a partir del texto introducido, es de mala definición pues es muy sintética la voz obtenida y de deficiente pronunciación.

Audio Estructurado.- Crea música y voz sintética a través de todo un paquete de herramientas especializadas.

El formato de archivo (MP4) facilitará el intercambio, administración, edición y presentación de la información multimedia. Este formato es independiente del protocolo de transporte.

Está provisto con Propiedad Intelectual de Administración y Protección << IPMP, Intellectual Property Management and Protection >> que ofrece la posibilidad de establecer tecnologías de propiedad para la administración y protección del contenido.

Cuenta con MPEG - J, que es un sistema programable que especifica Interfaz de Programación de Aplicaciones << API's, Application Programming Interface >> para la interacción con *applets* de Java™, proveyendo interfaces a los recursos de la red y de la terminal.

Tiene la habilidad de representar las características físicas y acústicas del ambiente (especialización ambiental).

c) Perfiles de MPEG - 4.

Para tener compatibilidad con todas las empresas interesadas en el ramo de los negocios visuales y/o de audio, se crearon perfiles aproximados (video, audio, imágenes, sistemas, etc.) a las necesidades de la mayoría de las industrias y algunas herramientas MPEG (MPEG's *tools*) para aplicaciones particulares; esto asegura la interoperabilidad de equipos. Como en las capas de audio de MPEG - 1, en donde capa 3 puede decodificar a capa 1, 2 ó 3, mientras que capa 2 solo a capas 1 y 2 y capa 1 solo a capa 1, pero economiza batería. Con esto se permite al usuario determinar, de acuerdo a las necesidades de su sistema, que aproximación necesita y con que perfiles.

c.1) Perfiles Visuales.

Visual Natural.- Es el menos complejo, con simples características de compresión, pero con opciones para escalar su complejidad.

- Sintético
- Natural / Sintético.

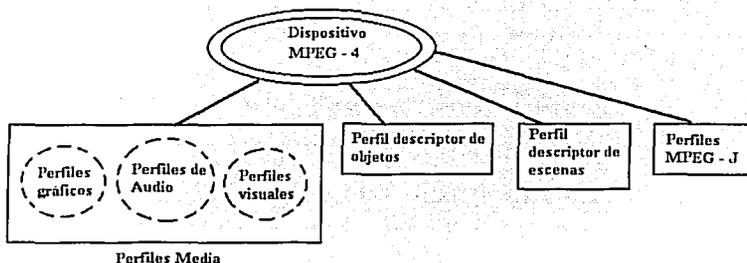


Fig. 3.10

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

c.2) Perfiles de Audio.

Voz.- Es el principal, incluye voz, audio natural y sintético.

Escalable.- Para complejidades medianas.

Sintético.- Para voz, e incluye las herramientas completas del audio estructurado.

Red de Trabajo de Audio Móvil << M/AUI, Mobile AUdio Internetworking >>.- Busca añadir audio a dispositivos que tienen integrada la voz (teléfonos móviles).

Audio de Alta Calidad.- Trabaja con Codificación de Audio Avanzado << AAC, Advanced Audio Coding >> (propuesta para reemplazar MP3) y CELP.

Audio con bajos retrasos.- Para aplicaciones de voz y audio en tiempo real.

Audio Natural.- Contiene las herramientas para el audio natural.

c.3) Perfiles Gráficos.

Simple 2D.- Poco complejo y elementos gráficos en 2D.

Completo 2D.- Contiene todos los elementos gráficos en 2D.

Completo.- Con elementos en 2D y 3D

c.3.1) Perfiles gráficos de escena (Descripción de la escena).

Audio.- Para composición exclusiva de audio.

Simple 2D.- Soporta el añadir audio y objetos visuales a una escena en 2D (como la TV).
Completo 2D.- Con baja complejidad de gráficos que sólo incluye transformación 2D y mezclas alfa.
Completo.- Soporta las herramientas del MPEG - 4 *System* y VRML.

d) Perfiles MPEG - J.

Principal.- Incluye todo el MPEG - J.
Personal.- Configuración limitada de dispositivos personales.

e) Perfiles descriptores de objeto.

Núcleo.- Permite la creación de niveles que restringen la sincronización y el tiempo base (reloj).

Con la selección adecuada de perfiles MPEG - 4 es posible crear:

Audio en demanda sobre la Web.- A 16 Kbps con calidad de audio similar a la del cable *modem* y DSL y se puede transmitir fácilmente con las tasas de transferencia de las redes móviles actuales.

Broadcasting digital para radio.- En canales angostos como los de AM.

Video en la Web.- Habilidad para componer escenas en 2D, y servicios de protección.

Multimedia interactiva móvil.- Soporta las transferencias móviles mayores (2 Mbps).

Realidad Virtual en la Web.- El entorno MPEG - 4, hace posible crear entornos virtuales.

Multimedia interactiva local.- Complejos mundos virtuales pueden ser almacenados en discos (como el DVD), con opciones para actualizaciones de la Web.

Las licencias para el desarrollo del software en esta tecnología, son otorgadas libremente por la ISO. Organismos de Internet y tecnologías móviles como Red de Flujo de Alianza Media << ISMA, *Internet Streaming Media Alliance*>>, 3GPP y WMT han seleccionado MPEG - 4 para el desarrollo de sus ambientes móviles.

f) Características de MPEG - 4.

f.1) Representa objetos en 2D y 3D.

Multicanaliza y sincroniza los datos asociados con los objetos media, lo que permite su transportación sobre canales en redes y proveer un QoS apropiado.

Interactúa con la escena audiovisual generada y el usuario final.
Selección de acciones o idiomas.

f.2) Representación codificada de objetos media.

Las escenas están compuestas por muchos objetos media organizados en jerarquías, en donde las "hojas" representan los objetos media más primitivos tales como: imágenes estáticas (p.e. fondo fijo), objetos de video (p.e. una persona hablando sin el fondo), objetos de audio (p.e. las voz asociada con la persona), etc.

Adicionalmente, define la representación codificada de objetos como: texto y gráficos, habla y sonido sintético (objetos media compuestos). Este código es una descripción del elemento que permite manejarlo independientemente en la escena como un flujo de datos asociado. Todo esto permite muchas funcionalidades como extraer, editar o escalar un objeto. Así como arrastrar objetos y colocarlos en nuevas posiciones. También es posible iniciar o detener acciones mediante selecciones de objetos.

f.3) Composición de objetos media.

Objetos individuales son agrupados en escenas complejas que pueden ser colocadas en cualquier parte dado un sistema coordinado. A estas escenas se les puede aplicar transformaciones a la apariencia geométrica y acústica. O se les puede juntar con otras escenas y crear nuevas y más complejas escenas, así como cambiar la perspectiva de la escena de forma interactiva.

g) Escena MPEG – 4th.

g.1) Descripción y sincronización del flujo de datos por medio de objetos media.

El flujo de datos en los objetos media se conoce como *objeto contenido de información*, y en este se envían los derechos de autor y la información para su óptima decodificación (tasa de transferencia, VBR, prioridad, etc.) y aplicación del QoS.

La capa de sincronía administra la identificación de cada unidad (video, audio, descripción de escena y comandos) en un flujo elemental y recupera el tiempo base.

Los objetos media pueden requerir del flujo de datos, los cuales son almacenados en flujos elementales. El descriptor de objetos identifica todos los flujos asociados con un objeto media para su posterior manejo jerárquico.

¹⁶ Tomado de <http://mpeg.telecomitalia.com/standards/mpeg-4/mpeg-4.htm>

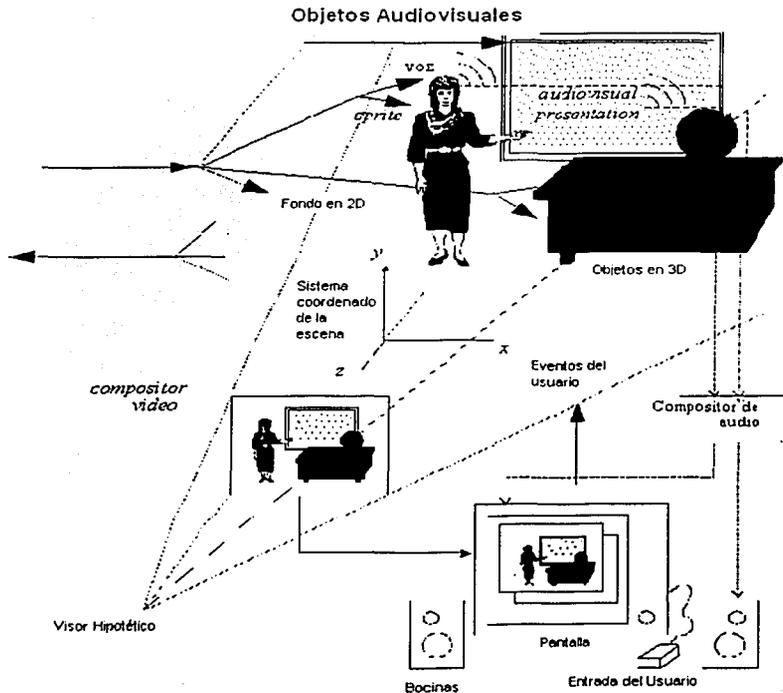


Fig. 3.11

3.2.1.3. Codecs de muy baja tasa de bits.

3.2.1.3.1. CELP.

Es un método de compresión de voz que lleva a cabo compresión de altas tasas con baja calidad de audio. Usado para cuando se tienen bajas tasas de muestreo o poco espacio de almacenamiento. Retardo Menor - CELP <<LD - CELP, Low Delay CELP>>

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

es una variante de CELP que fue desarrollada por la AT&T; este emplea pequeños muestreos, lo cual se procesa más rápido y por ello tiene menos retrasos.

a) Codec AMR.

Este opera a 13 Kbps y usa el codec híbrido Pulso Regular Excitado << RPE, *Regular Pulse Excited*>>, basado en CELP. En este, la voz se divide en 8 tramas de 20 ms con coeficientes predictores cortos cada una. Posteriormente, cada trama se divide en 4 subtramas de 5 ms con su respectivo coeficiente largo de ganancia y retraso. Después de estos 2 filtrados, se realiza la cuantización, en donde las 40 señales son decimadas dentro de 3 posibles secuencias de excitación. La secuencia con mayor energía se selecciona como la muestra representativa de excitación; cada pulso en esta secuencia es cuantizada con 3 bits. La calidad no es tan buena como el codec G.728; pero tiene como ventaja que es muy simple y trabaja bien en tiempo real a 66 MHz en una PC 486; que presenta una ventaja sobre CELP que requiere de un DSP dedicado para operar en tiempo real.

Maneja 8 diferentes tasas: 4.75, 5.15, 5.90, 6.70, 7.40, 7.90, 10.2 y 12.2 Kbps. Su entrada es PCM con 8000 muestras por segundo en canal simple, con 16 bits por muestra y 40 muestras (20 ms) por *frame*.

b) Codec del Departamento de Defensa Americano <<DoD, *American Department of Defense*>> 4.8 Kbps.

En 1991, el DoD desarrolló un codec CELP a 4.8 Kbps. El cual divide la voz en tramas de 30 ms, con 10 coeficientes pequeños de filtrado para modelar el sistema de voz, las cuales son divididas en 4 subtramas de 7.5 ms, y se sigue el proceso de codificación y decodificación CELP.

3.2.1.3.4. Codificación Lineal Predictiva << LPC, *Linear Predictive Coding*>>.

Es una técnica de análisis de voz, con buena calidad y tasas bajas.

La voz es formada por un timbre (glotis resonando (espacio entre las cuerdas vocales)) a la salida de un tubo (formantes (garganta y boca)), caracterizado por una intensidad y frecuencia. LPC analiza la voz y retira los formantes, obteniéndose el residuo (señal sin formantes de carácter sintético) a través del llamado filtrado inverso. Ambos grupos de coeficientes (formantes y residuo) son transmitidos y usados por el decodificador para transmitir el mensaje (residuo) y filtrarlo (formantes) dándole las características del origen. Como las señales de voz varían en el tiempo, las señal es dividida en 30 – 50 fps para dar una compresión de voz inteligible.

4. Servicios.

A continuación se listan los posibles servicios que pretenden ofrecer las empresas de telefonía celular para la tercera generación para posteriormente hacer una breve descripción de cada uno de estos:

- Teléfono.
- Correo de voz.
- Correo electrónico (*E-mail*).
- Radio móvil.
- Mensajes instantáneos.
- Conversar (Chat).
- Comercio electrónico (*E-commerce*).
- Internet.
- Transferencias de archivos.
- Juegos y Aplicaciones empresariales.
- Correo de video.
- Video llamada.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

a) Teléfono.

La diferencia entre el servicio de telefonía que se pretende dar en la 3G y el actual radica únicamente en la calidad de este, ya que se supone, se mejorará de manera notable, esto se deberá a que requerirán una mejor codificación y decodificación pues estarán usando Voz sobre IP <<VoIP, Voice over IP>>, que para cuando lancen sus servicios al público, dicha tecnología estará bien estudiada.



Fig. 4.1

b) Correo de voz.

Al igual que el servicio anterior, puesto que este servicio se da actualmente, lo único que podría cambiar es el lugar donde se almacenen los correos, la manera en la que el usuario accese a ellos, y por supuesto, la tecnología con la que se cuente para prestar el servicio.



Fig. 4.2

c) Correo electrónico (E-mail).

Uno de los servicios más importantes que la 3G de celulares pretende dar es el de correo electrónico, pero con todas sus capacidades, como son el envío de archivos adjuntos, y despliegue de los mismos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Fig. 4.3

d) Radio móvil.

Otro de los servicios, es éste, con el cual lo que se pretende es unificar, esto es, llevar en un sólo aparato una serie de funcionalidades como la de poder ir escuchando la radio sin la necesidad de otro dispositivo.

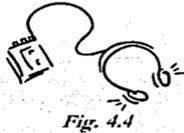


Fig. 4.4

e) Mensajes instantáneos.

Este servicio es actualmente usado por muchos de los servidores de correo, con el fin de dar cierta eficiencia a el servicio de mensajería; esto es, cuando un correo electrónico es enviado a una cuenta dentro del mismo servidor, en vez de enviar la información al tráfico de la red para que a fin de cuentas regrese, se configura el servidor para que detecte si el destinatario pertenece a su dominio para enviarlo al destinatario de manera inmediata y, en caso contrario, lo manda al tráfico de la red.



Fig. 4.5

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

contenido de las páginas para poder ser visto en una computadora y en una terminal celular.



Fig. 4.8

i) Transferencias de archivos.

Poder subir o bajar archivos de la red, así como mandarlos a otros usuarios es uno de los puntos importantes del Internet en la actualidad. El poder realizar esta actividad desde una terminal representará una ventaja importante para los empresarios que requieren enviar algún archivo relevante a un cliente, para aquellos estudiantes que tienen que enviar una tarea a su profesor, etc. Es por ello que el pretender dar este servicio representa un atractivo especial para los usuarios.



Fig. 4.9

j) Juegos y Aplicaciones empresariales.

En la actualidad, las terminales móviles permiten la ejecución de juegos simples, que no requieren de demasada definición en pantalla; sin embargo, en la nueva generación de celulares, se pretende dar aplicaciones empresariales y juegos con una buena definición, por lo que la modernización de las terminales móviles ayudará en esta fase de cambio a 3G.

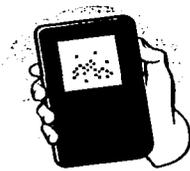


Fig. 4.10

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

k) Correo de video.

Una aplicación interesante que podrá ofrecerse en 3G, según las empresas de celulares, es la de soportar video correos o correo de video, lo cual representa una gran capacidad en el celular para poder guardar este tipo de correos, o bien, una gran base de datos en las estaciones centrales, a fin de guardar la información de todos sus usuarios.



Fig. 4.11

l) Video llamada.

Este servicio, pretende realizar una llamada con video en tiempo real, lo que representa todo un reto para las compañías de celulares. Este es uno de los servicios, por los cuales la tercera generación requiere de un gran ancho de banda.



Fig. 4.12

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5. Análisis Social.

En los últimos 6 años, la telefonía celular ha tenido un auge impresionante, en México así como en el resto del mundo se ha tenido un crecimiento superior al de la telefonía alámbrica fija. Los análisis sociales, demográficos y económicos han establecido que este crecimiento se debe a la necesidad de permanecer comunicado en todo momento y en cualquier lugar, con una conexión directa y no con un sistema de mensajes. De la misma manera atrae a los usuarios el hecho de tener un sistema portátil que puedan personalizar.

5.1. Estadísticas.

Uno de los aspectos más importantes dentro de cualquier país, empresa, o incluso, dentro de cualquier familia, es el saber de que forma se esta afectando la economía con los gastos o inversiones que se hagan. Por lo anterior, es que a continuación se muestran dos gráficas de vital importancia para el país en materia económica.

Inversiones en la Industria de Telecomunicaciones Millones de Dólares

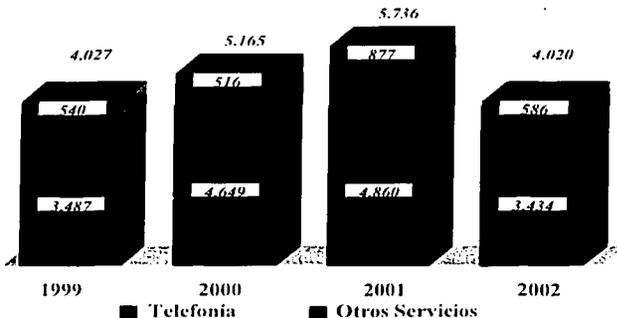


Fig. 5.1'

Como se puede observar en la figura 5.1, la mayor parte de las inversiones dentro del sector de las telecomunicaciones se da en el sector de la telefonía en cualquiera de los rubros que esta abarca.

Ingresos en la Industria de Telecomunicaciones Millones de Pesos

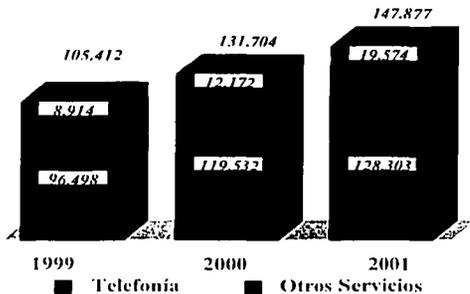


Fig. 5.2'

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

¹ Cifras estimadas con informacion de las empresas. Incluye a las empresas que prestan el servicio de telefonía local alámbrica e inalámbrica, telefonía pública y telefonía móvil. Fuente: COFETEL.

Esta figura muestra los ingresos referentes en el sector de las telecomunicaciones. Como se puede observar, al igual que en el caso de las inversiones, la mayor parte de los ingresos que se obtienen por esta área, son por parte de la telefonía.

Una vez observada la importancia de la telefonía en un país, y en este caso, de la telefonía en México, podemos empezar a enfocar y dividir el servicio en sus dos temas principales: telefonía local y telefonía inalámbrica.

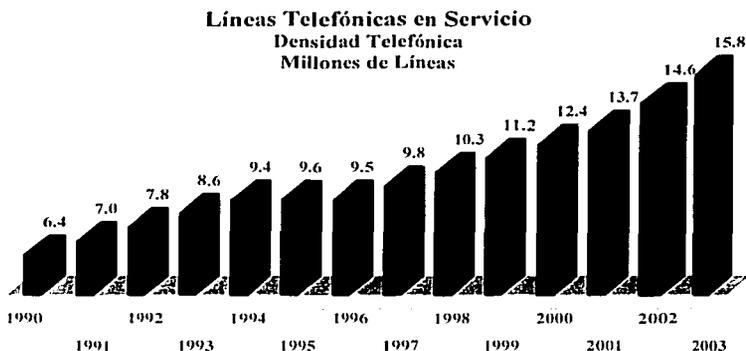


Fig. 5.3¹

En la figura anterior se observa que la telefonía local se ha mantenido en crecimiento durante su existencia dentro del país, y muestra que en el año 2002, la penetración de la telefonía fue relativamente significativa, ya que 15 de cada 100 personas cuentan con una línea telefónica en el país.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

² Incluye a las empresas de telefonía mencionadas en la nota 25, además de, las que prestan servicio de televisión restringida (Cable, MMDS y DTH), radiolocalización móvil, radiocomunicación especializada de flotillas, servicios satelitales y servicios de valor agregado. Fuente: COFETEL.

³ A partir de 1999, incluye a los nuevos concesionarios de telefonía local; y las cifras de densidad telefónica se actualizan de forma semestral. Fuente: COFETEL.

Telefonía Móvil
Densidad Telefónica
Millones de Líneas



Fig. 5.4¹

En muchos países la telefonía móvil ha superado de manera notable a la local (prácticamente al doble), esto se debe a una serie de factores que no se abarcan en esta tesis, pero que sin embargo, han sido principalmente producto de dos características: la funcionalidad de la línea inalámbrica, y la rapidez de instalación o activación del servicio en comparación con la local. En este caso, se puede observar que 27 de cada 100 habitantes en el país cuentan con un teléfono móvil.

La siguiente tabla muestra la posición de México a nivel Latinoamérica en cuanto a penetración de telefonía inalámbrica se refiere.

Penetración de Telefonía Móvil
Usuarios por cada 100 habitantes

País	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Argentina		0,01	0,04	0,08	0,16	0,42	0,70	1,17	1,89	5,63	7,39	10,56	16,88	19,26	17,76
Brasil			0,00	0,01	0,02	0,12	0,37	0,83	1,58	2,68	4,45	8,92	13,66	16,73	20,06
Colombia							0,18	0,64	1,31	3,15	4,42	4,73	5,33	7,63	10,62
Chile		0,04	0,11	0,27	0,47	0,61	0,82	1,38	2,20	2,78	6,46	14,96	22,36	34,23	42,83
México		0,01	0,08	0,19	0,37	0,45	0,62	0,75	1,10	1,84	3,48	7,96	14,19	21,61	25,39
Perú			0,01	0,03	0,10	0,16	0,22	0,31	0,83	1,75	2,91	4,06	5,12	6,78	8,76
Uruguay					0,06	0,13	0,22	1,27	2,53	3,13	4,80	9,53	15,26	15,48	
Venezuela	0,01	0,02	0,04	0,08	0,39	0,86	1,27	1,78	2,24	4,83	8,62	15,92	22,47	26,18	25,64

Tabla 5.1¹

¹ A partir de 1999, se incluye a los nuevos concesionarios de PCS. Las cifras de penetración telefónica se actualizan de forma semestral. Fuente: COFETEL.

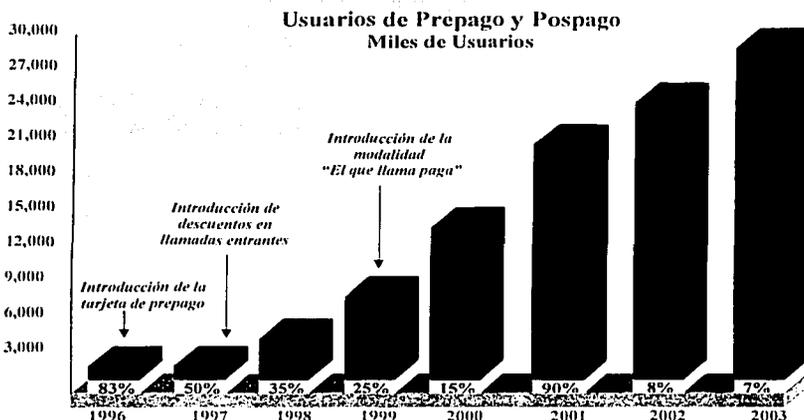


Fig. 5.5⁵

Uno de los factores que provocaron el auge de la telefonía móvil, fue la introducción de las tarjetas de prepago. Como se puede observar en la figura 5.6, la mayor parte de los usuarios de teléfonos inalámbricos, hacen uso del servicio de tarjetas de prepago, con lo cual hacen uso de la cantidad que se desee sin contar con grandes exigencias por parte de los prestadores del servicio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁵ Fuente: C'OPFETEL.

⁶ Idem.

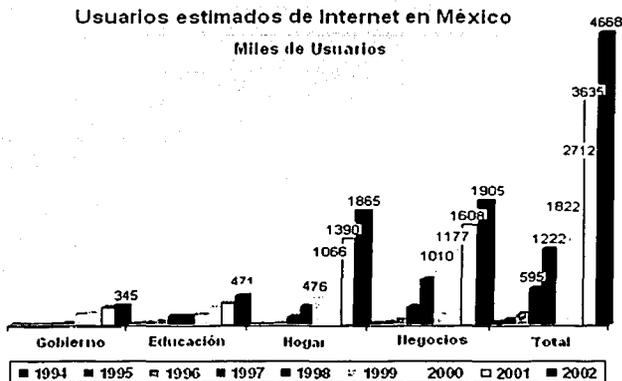


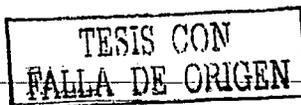
Fig. 5.6^o

En la figura anterior se muestra el crecimiento de usuarios de Internet. Se observa que durante los últimos años este crecimiento ha tenido un ascenso constante, debido a que poco a poco las personas han venido haciendo uso de las capacidades que proporciona una red de datos como esta. Otra función que tiene un efecto significativo en la red es el de las largas distancias, tal como se muestra a continuación.

Al observar el crecimiento de las cuentas de Internet en México durante los últimos 2 años, se aprecia un aumento de más del 200% (913,000); alcanzando poco más del 0.1% de la población mexicana. Esto, sin contar que en redes informáticas, con una cuenta se pueden conectar a Internet cientos (incluso miles) de usuarios, y que existen cuentas "piratas" y cuentas transferidas entre usuarios. Esto se demuestra ya que para el año 2000 existían 2, 712, 000 usuarios de Internet en el país, lo que conlleva un promedio de casi 3 usuarios por cuenta.

Si consideramos que el uso de Internet para ese año estuvo restringido a líneas telefónicas alámbricas, y que para ese mismo año se contaba con 13, 372, 000 de líneas en uso, se obtiene que casi el 7% de las líneas contaban con conexión.

Fuente: COFETEL.



Servicio Telefónico en México [miles]		
Periodo	Lineas en Servicio	Cuentas de Internet
1996/01	8,842	
1997/01	8,881	
1998/01	9,408	
1999/01	10,070	
1999/04	10,878	403
2000/01	11,205	486
2001/04	13,372	913

Tabla 5.2

Este uso de Internet se dividió por grupos de uso, resultando mayoritario en negocios con un 44% y seguido por el uso particular o en el hogar con el 39%, 10% para la educación y finalizando con el 7% para el uso del gobierno en el año 2000. Contrastando con 1995, se observa que el uso de Internet en los hogares se ha intercambiado con el destinado a educación. A partir de 1998 fue que el porcentaje de usuarios de Internet en los hogares rebasó al porcentaje de educación.

RAMO	Usuarios de Internet por sector de actividad					
	1995		1998		2000	
	[miles]	%	[miles]	%	[miles]	%
Gobierno	3	3	31	2	193	7
Hogar	10	11	297	24	1066	39
Educación	33	35	154	12	276	10
Negocios	48	51	740	60	1177	44
Total	94	100	1222	100	2712	100

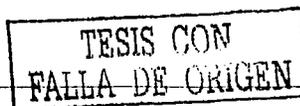
Tabla 5.3

En 1997 el 80% del tráfico de Internet en México provino del extranjero mientras que sólo el 15% fue entre ciudades del país y el 5% fue local. México recibe 5 veces más datos de los que envía al exterior.⁹

A nivel mundial, Estados Unidos es el país con mayor número de usuarios de Internet (134, 600, 000) con el 32.5% del total mundial, doblando el porcentaje de usuarios en toda Europa (17.8%) y México ocupa el 32º lugar con apenas el 0.5% mundial (2, 048, 000 usuarios).

⁹ Fuente: Teléfonos de México.

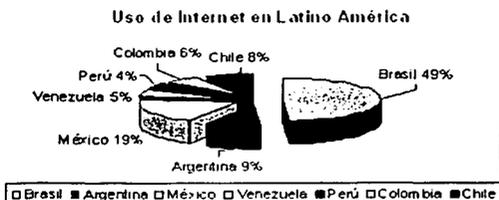
⁹ Idem.



En Latinoamérica, el país que va a la cabeza en el uso de Internet es Brasil (5, 198, 000), seguido por México (2, 048, 000); aún así Brasil sobrepasa el doble de los usuarios en México quien también dobla a Argentina, nación que le sigue en cuanto al número de usuarios de Internet (946, 000).

Uso de Internet en el mundo		
Lugar	País	Usuarios de Internet [millones]
1	Estados Unidos	134.6
2	Japón	33.9
7	China	22.5
3	Alemania	19.9
6	Corea del Sur	19.0
5	Reino Unido	16.8
4	Canadá	15.4
8	Italia	12.5
9	Francia	9.0
10	Australia	7.6
11	Rusia	7.5
12	Taiwán	7.0
13	España	5.6
14	Países Bajos	5.5
15	Suecia	4.4
	Total de los 15 países	321.2
	Total de Europa	73.7
32	México	2.048
	Total Mundial	413.7

Tabla 5.4^{III}



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 5.7^I

^{III} <http://www.e-i-a.com>

Cabe hacer la observación de que hasta 1994, México fue líder en Latinoamérica en el uso de Internet seguido por Chile pero, tan solo en un año Brasil aumento casi 25 veces su número de usuarios y México solo lo elevó a un poco más del doble y el "boom" ha continuado hasta la fecha, con crecimientos que van doblando la cantidad cada año. En otros países, el "boom" se dio a partir de 1997 (Colombia, Venezuela, Perú y Argentina).

Usuarios de Internet en América Latina (miles)					
País	1994	1995	1996	1997	2000
México	23.1	47.9	119	312	2,048
Argentina	4.4	18.2	42.6	92.8	946
Brasil	2.8	70.4	290	861	5,198
Chile	10.4	30.7	63.7	156	824
Colombia	3.9	7.7	32.4	87	671
Perú	0.57	2.77	18.1	47.6	442
Venezuela	1.81	3.96	9.38	37.6	534
Mundial	17,952	345,599	59,852	99,960	327,069

Tabla 5.5¹²

Creclimiento Latino Americano de Usuarios de Internet

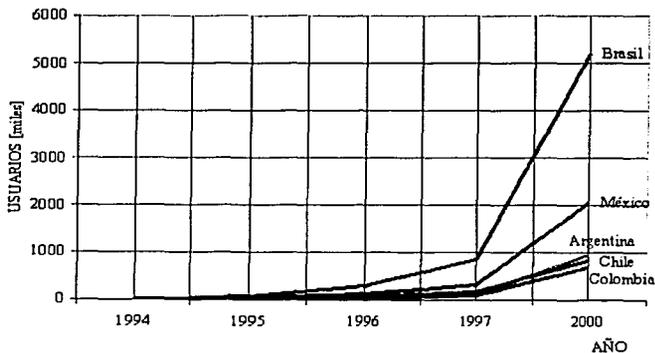


Fig. 5.8¹³

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

¹¹ Fuente: COFETEL.

¹² Ídem.

¹³ Ídem.

Cabe resaltar que el uso de Internet es mayoritariamente empleado para búsqueda y "navegación", seguido por fines laborales y correo electrónico. Aunque en países como México, el entretenimiento supera el porcentaje de uso del correo. En general, el entretenimiento sobrepasa el 10% del uso cotidiano de Internet en Latinoamérica.

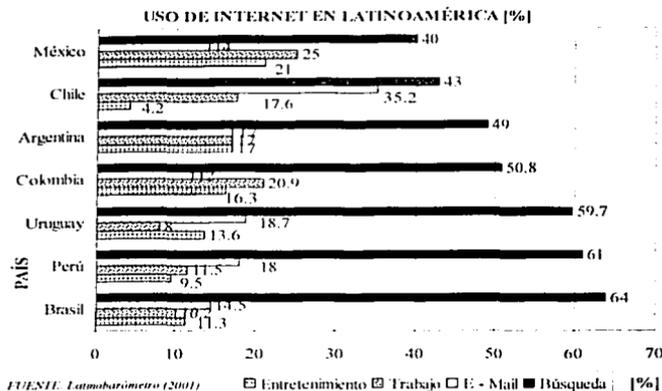
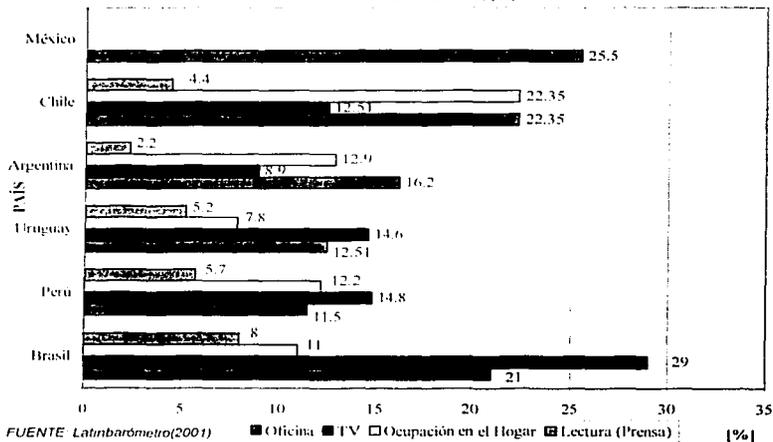


Fig. 5.9

De igual forma, con el uso masivo de Internet las actividades cotidianas han sufrido ciertas modificaciones ya que se destina cierto tiempo a la "navegación". Mayoritariamente en Latinoamérica, el tiempo destinado a la navegación se está tomando del horario destinado al trabajo en la oficina, con reducciones superiores al 20% e inferiores al 30%; mientras que el tiempo destinado a ver televisión prácticamente no se ha alterado; a excepción de Brasil, Perú y Uruguay quienes registran una alta disminución a su tiempo destinado a la televisión para el empleo de Internet. Pero también restándole mucho tiempo a sus actividades laborales para la "navegación".

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

TIEMPO QUE SE REDUJO POR EL USO DE INTERNET A ACTIVIDADES EN LATINOAMÉRICA (2000) [%]



FUENTE Latinómetro(2001)

■ Oficina ■ TV □ Ocupación en el Hogar □ Lectura (Prensa)

[%]

Fig. 5.10

**Tráfico de Larga Distancia Internacional
Crecimiento Anual**

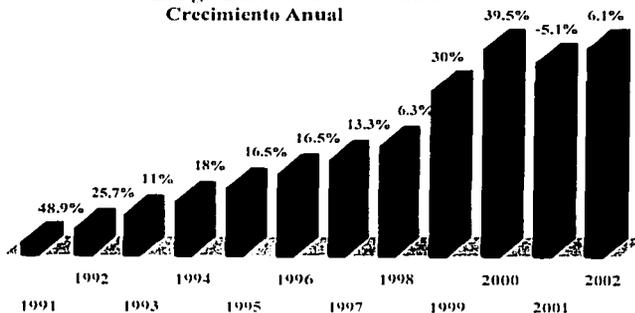


Fig. 5.11¹¹

¹¹ Incluye tráfico de entrada y salida. Fuente: COPETEL.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Debido al alto costo que representa una llamada de larga distancia, pese a las promociones y alternativas con las que se cuenta actualmente en el país, es un lujo, muchas veces necesario, esto debido a la migración de los habitantes de una ciudad a otra o de un país a otro. Ésta es una de las características que el Internet pretende ayudar a aminorar, debido a que dentro de esta red es una transmisión de datos como cualquier otro, a diferencia de la red telefónica que requiere una conexión fija permanente.

Porcentaje de Viviendas Particulares Habitadas que disponen de Computadora 2000

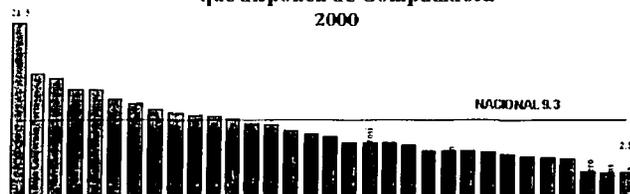


Fig. 5.12¹⁵

Como es obvio, para poder contar con Internet, es necesaria una computadora lo cual representa una inversión cada vez más pequeña, pero aun significativa. La gráfica anterior muestra como hasta el 2000, el 9.3 % de los habitantes del país contaba con una herramienta como esta, lo cual implica que prácticamente 10 de cada 100 habitantes cuentan con ella para distintas actividades, que van desde el juego, hasta labores profesionales.

En la gráfica anterior y la siguiente, se muestra que 15 de cada 100 habitantes cuentan con una línea telefónica, sin embargo, lo más normal es que por cada vivienda haya una línea de este tipo por lo cual, se muestra la figura 5.13, ya que así sea uno o diez los habitantes de la vivienda, solo tendrán una línea telefónica (en la mayoría de los casos), por lo que la estadística mostrada en esta figura pueden ser mucho más útil, puesto que se puede observar que 36 de cada 100 viviendas cuentan con este servicio, lo cual indica que el 36% de los habitantes del país se comunican por este medio; mientras que el 27% se comunican vía celular, con lo cual se podría decir que aun la mayor parte de los habitantes mantienen una comunicación de este tipo.

¹⁵ Fuente: COFETEL.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

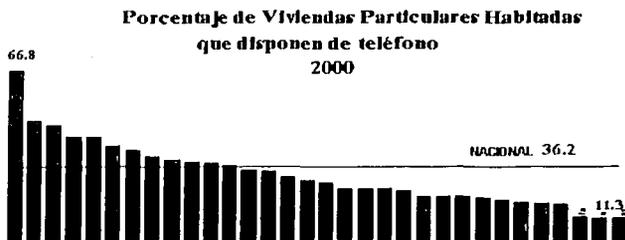


Fig. 5.13^o

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.2. Estudio de mercado.

El Internet móvil representa una revolución en las comunicaciones, ya que cambiará el estilo de vida de las personas y generará excitantes oportunidades de comercio y entretenimiento, así como de intercambio de información.

5.2.1. Jóvenes.

Tras la tendencia de consumo mostrado en Latinoamérica, el principal objetivo de penetración de esta tecnología son los jóvenes que habitan en las urbes, de condición económica media y alta. Algunos proveedores estiman que, en principio, estos servicios serán un símbolo de status y alta elite, pero posteriormente, al igual que con la telefonía celular, se llevará al dominio popular.

El hecho de enfocarse en la juventud se apoya en el hecho de que son económicamente activos y su ritmo de vida lo requiere, al menos eso se les hará creer. Además, este mercado tiende a desear inventos nuevos que les agilicen las acciones y les hagan cómoda su actividad.

Por otra parte, el entretenimiento juega un papel muy importante en toda la sociedad, de ahí que el uso de Internet esté regido por el entretenimiento. Las implicaciones para los jóvenes ciudadanos de poseer video y audio en tiempo real y de buena

^{1o} Fuente: COFETEL.

calidad, conectividad permanente y movilidad absoluta en este ambiente es un servicio difícil de despreciar.

5.2.2. Negocios.

Todo negocio debe apoyarse de las tecnologías existentes para subsistir en el mercado, independientemente de la actividad o el giro del negocio, todos los empleados, proveedores y clientes tienen la necesidad de estar comunicados entre sí constantemente. El movimiento de las empresas actualmente, requiere movilidad y contacto. Es por ello que el mercado empresarial se perfila como el principal cliente de los servicios especializados y robustos de las comunicaciones multimedia móviles.

5.2.3. Público en general.

Este es un objetivo de parte de los proveedores, ofreciendo servicios de comunicación personalizada y en forma de video de calidad en tiempo real. Se pretende ingresar a la mayor parte de los campos, el hogar, la medicina, el consumo, la educación, etc. Ofreciendo presencia en todo momento.

Como cualquier otro servicio de comunicación electrónica actual, esto implicará un costo, por lo que seguirá existiendo un mercado al cual no se tendrá acceso.

6. Análisis y Resultados.

6.1. Tasas de transmisión.

A continuación se hará un análisis de las tasas de transmisión requeridas para cada uno de los servicios listados en el apartado anterior.

Teléfono y Correo de voz.

Para el caso de la telefonía, tenemos que el ancho de banda que requiere la voz idealmente es de 3 KHz, pero de acuerdo con el teorema de Nyquist, para poder reproducir la señal es necesario muestrearla al menos al doble de la frecuencia, lo cual implica una tasa de 6 KHz, pero de acuerdo a los estándares usados, se muestrea a 8 KHz. Usando una cuantización de 8 niveles, obtenemos lo siguiente:

$$8000 \times 8 = 64 \text{ Kbps}$$

esto, sin aplicar compresión a los datos. Una vez aplicada la compresión, según el estándar G.721 desarrollado en 1984, la tasa de transmisión disminuye a 32 Kbps, y según el estándar desarrollado en 1992, G.728, la tasa baja a 16 Kbps. Actualmente se sigue trabajando en el estándar que pretende disminuir la tasa de transmisión a 8 Kbps.

Correo electrónico (*E-mail*), Comercio electrónico (*M-commerce*), Mensajes instantáneos, Internet, Transferencias de archivos.

Para este caso, a diferencia del caso anterior, los datos no son enviados en tiempo real, lo que implica que si el mensaje es de 1 MB, o la página WEB tiene gran cantidad de información, o se pretende transferir un archivo muy grande, no se requiere que sea enviado de forma instantánea, lo cual implica que puede enviarse en 1s o en 10min, dependiendo del ancho de banda disponible.

Radio móvil.

La radio móvil que pretenden ofrecer las compañías de celulares es otro caso especial, ya que la tasa de transmisión dependerá de la calidad que pretendan darle al cliente; si suponemos que se quiere dar una calidad de CD se tienen las siguientes características:

Ancho de banda de 20 KHz

Estándar de muestreo a 44.1 KHz

Cuantización a 16 niveles

Para sonido estéreo 2 canales lo cual implica:

$$44100 \times 16 \times 2 = 1411.2 \text{ Kbps}$$

Esta tasa de transmisión es antes de la compresión, usando estándares de compresión para audio, tal como son MPEG-1 o MPEG-2, con 2 y 5 canales respectivamente, se tienen tasas de transmisión de 128 – 384 Kbps o 320 Kbps, respectivamente.

Otro estándar que pudiera usarse es MP3, para el cual se presenta la siguiente tabla de información acerca de los anchos de banda, tipos de audio, y tasa de transmisión con este estándar:

Calidad del sonido	Ancho de banda [KHz]	Modo	Tasa de transmisión [Kbps]
Teléfono	3	Mono	8
Mejor que onda corta	4.5	Mono	16
Mejor que radio AM	7.5	Mono	32
Radio FM	11	Estéreo	56-64
Cercano a CD	15	Estéreo	96
CD	20	Estéreo	112-128

Tabla 6.1¹

¹ <http://www.hispamp3.com/tallermp3/como/queesunmp3.shtml>

Mensajes instantáneos (SMS).

Actualmente, a este servicio se le llama SMS; en este servicio se restringe el tamaño del mensaje a 260 caracteres para poder realizar el envío de la información de manera instantánea. Para este caso, la tasa de transmisión requerida sería:

$$260 \times 1 \times 8 = 2.08 \text{ Kbps}$$

ya que se esta tomando en cuenta que cada carácter requiere de un byte para ser interpretado. De acuerdo con esto, y a las tasas de transferencia que se pretenden tener en la tercera generación de celulares, la restricción en cuanto al tamaño de caracteres sería mucho más abierta. Sin embargo, la función elemental de este servicio no requiere de un envío de grandes cantidades de datos, por lo que el aumento de caracteres no influye en el servicio.

Juegos y Aplicaciones empresariales.

Respecto a los casos anteriores, éste, está agrupado aparte, ya que por un lado, se requiere que la terminal móvil cuente con las características necesarias para soportar la aplicación empresarial o el videojuego, tales como: velocidad de procesamiento, espacio para almacenamiento de información, etc.; y esto es lo que realmente es básico para estas aplicaciones. Para ambos casos, la velocidad de transferencia no es tan relevante, ya que es una transferencia de información que no se requiere en tiempo real.

Correo de video.

La diferencia entre un correo de video y una video llamada, radica en el ancho de banda que requiere cada uno de ellos. Para este caso, dado que no se requerirá una transferencia de información en tiempo real, disminuye mucho el ancho de banda. Dado que no es en tiempo real, lo que se hace es enviar los paquetes para que se almacenen, lo que implica que no se van desplegando conforme van llegando, esto quiere decir que lo único que necesitamos es que llegue la información completa al destino.

Video llamada.

Para poder dar un servicio como este, se tiene que analizar la calidad del video que se proveerá a los usuarios. De acuerdo con el estándar de MPEG4, se puede obtener una excelente calidad de video, si se eliminan objetos y se deja únicamente al usuario, lo cual es, lo que el receptor de este video espera ver; esto es debido a que al haber menos objetos que visualizar, se puede enviar únicamente la imagen del usuario que realiza la llamada, lo que implica una menor cantidad de bits a transmitir.

El estándar de MPEG4 especifica una tasa de transmisión mínima por debajo de los 64 Kbps y una máxima de 8 Mbps. Hay que recalcar el hecho de que para la tasa mínima de transmisión, únicamente se tendrá un objeto en pantalla y con una baja calidad, mientras que para la tasa máxima se pueden manejar 4 objetos y una calidad alta, además, entre una y otra tasa de transmisión, tenemos tasas en las que se pueden manejar hasta 32 objetos, pero la resolución en la pantalla baja. Por otra parte, de acuerdo al estándar de MPEG4 que se este usando se tienen diferentes niveles de resolución, estos son 144 x 176,

344 x 288, hasta llegar a 1920 x 1088, tomando en cuenta que se espera tener una resolución similar a la que tienen actualmente las PDA's (320 x 320, aprox.) en la pantalla para los celulares, lo que implica que se puede tomar el estándar QCIF o CIF (o Marco Completo de Integración de Sector Común << I-CIF, Full Common Integration Framework >>), que son el primero y segundo mencionados, respectivamente; los cuales satisfacen la calidad en cuanto a resolución se refiere.

A continuación se muestra una tabla con los diferentes niveles y perfiles de MPEG-4 que pueden ser usados para la tercera generación de celulares:

MPEG-4				
Perfil	Nivel	Resolución máxima [píxeles]	Cantidad de objetos máxima	Tasa de transferencia máxima [Kbps]
Simple	0	QCIF (144x176)	1	64
	1	QCIF	4	64
	2	CIF (344x288)	4	128
	3	CIF	4	384
Avanzado Simple	0	QCIF	1	128
	1	QCIF	4	128
	2	CIF	4	384
	3	CIF	4	768
	4	2CIF	4	3000
Escalable Simple	5	4CIF	4	8000
	1	CIF	4	128
	2	CIF	4	256
Granulado Fino	0	QCIF	1	128
	1	QCIF	4	128
	2	CIF	4	384
	3	CIF	4	768
	4	2CIF	4	3000
Base	5	4CIF	4	8000
	1	QCIF	4	384
	2	CIF	16	2000
Escalable Base	1	QCIF	4	768
	2	CIF	8	1500
	3	4CIF	16	4000
Principal	2	CIF	16	768
	3	2CIF	32	1500
	4	1920x1088	32	4000

Tabla 6.2

En esta tabla se muestran diferentes aspectos del estándar, como son, el perfil y nivel al que corresponden dentro de las especificaciones de MPEG-4, así como sus

características en cuanto a resolución, tasa de transmisión y cantidad de objetos soportados.

Otro aspecto importante referente a la tabla es que todos los perfiles en nivel 0, manejan únicamente 15 fps como máximo, mientras el resto de los niveles puede manejar hasta 30 fps.

Un punto más que se debe tomar en cuenta es que MPEG-4 recomienda el perfil simple para la IMT-2000, lo cual implica una tasa máxima de transmisión de 384 Kbps.

6.2. Potencia.

Tomando en cuenta que para realizar un enlace, se tiene un máximo y un mínimo de potencia, esto debido a que no pueden decodificar una señal si la potencia es muy baja y los dispositivos tampoco son capaces de soportar una potencia muy elevada, se tiene que establecer la potencia de transmisión necesaria para poder realizar un enlace. Con base en lo anterior, decidimos realizar los cálculos de enlace necesarios para llevar a cabo una comunicación entre un usuario y la estación base.

Para establecer los datos necesarios para realizar estos cálculos, son indispensables algunos factores, tales como: distancia entre la antena de la estación base y la antena del usuario, tasa de transmisión requerida, así como la frecuencia a la que operará el sistema. Para realizar dichos cálculos, decidimos basarnos en el estándar de una de las tecnologías que serán más importantes dentro de la tercera generación de comunicaciones móviles, la cual es CDMA2000 1x.

Con base en lo dicho en los párrafos anteriores, se obtuvieron los datos necesarios de dicho estándar y a continuación se muestran los resultados.

6.2.1. Cálculo de enlace.

Para realizar el cálculo de enlace, se seleccionó el modelo más simple, el cual es el Modelo de Propagación en el Espacio Libre, ya que es con el que se hace inicialmente el diseño de una red de comunicaciones móviles y el COST-231, ya que es el más usado en las etapas posteriores para realizar un mejor cálculo de enlace.

Este modelo de propagación, se basa en la potencia transmitida, las ganancias de la antena receptora y transmisora; así como la distancia entre las antenas y la frecuencia de operación del sistema.

Para determinar la potencia que recibiría un cliente, se asignaron un par de factores, tales como la distancia entre las antenas y las tasas de transmisión. A continuación se muestran los datos y resultados obtenidos por el programa realizado (incluido en el Apéndice C) de acuerdo con el Modelo de Propagación en el Espacio Libre y el Modelo de Propagación COST-231-Hata:

Modelo de Propagación en el Espacio Libre.

Datos:

Ganancia de la antena del suscriptor: -2.1 dB_d
Ganancia de la antena de la radiobase: 14.5 dB_d
Frecuencia de operación: 1900 MHz

Caso 1:

Tasa de transmisión: 19.2 Kbps
Potencia de transmisión: 600 mW
Distancia entre antenas: 500 m

Resultados:

$$P_R = 27.78 - 75.31 = -47.53 \text{ dB}$$

Caso 2:

Tasa de transmisión: 19.2 Kbps
Potencia de transmisión: 600 mW
Distancia entre antenas: 1000 m

Resultados:

$$P_R = 27.78 - 81.33 = -53.55 \text{ dB}$$

Caso 3:

Tasa de transmisión: 153.6 Kbps
Potencia de transmisión: 1200 mW
Distancia entre antenas: 500 m

Resultados:

$$P_R = 30.79 - 81.34 = -44.52 \text{ dB}$$

Caso 4:

Tasa de transmisión: 153.6 Kbps
Potencia de transmisión: 1200 mW
Distancia entre antenas: 1000 m

Resultados:

$$P_R = 30.79 - 75.31 = -44.52 \text{ dB}$$

Modelo de Propagación COST-231-Hata.

Datos:

Tasa de transmisión: 19.2 Kbps
Ganancia de la antena del suscriptor: -2.1 dB_s
Ganancia de la antena de la radiobase: 14.5 dB_r
Frecuencia de operación: 1900 MHz
Potencia de transmisión: 600 mW
Altura de la antena de la base: 50 m
Altura de la antena del suscriptor: 2 m
Radio de la célula: 1 Km.
Tasa de transmisión: 19.2 Kbps

Caso 1: Variación del tamaño de la ciudad.

Chica y mediana en un área rural:	$P_R = 27.78 - 83.57 = - 55.78$ [dB]
Grande en un área rural:	$P_R = 27.78 - 86.57 = - 58.78$ [dB]
Chica y mediana en un área urbana:	$P_R = 27.78 - 115.79 = - 88.01$ [dB]
Grande en un área urbana:	$P_R = 27.78 - 118.79 = - 91.01$ [dB]

Caso 2: Variación del tipo de la ciudad.

Chica y mediana en un área rural:	$P_R = 27.78 - 83.57 = - 55.78$ [dB]
Chica y mediana en un área cuasiabierta:	$P_R = 27.78 - 88.57 = - 60.78$ [dB]
Chica y mediana en un área suburbana:	$P_R = 27.78 - 103.72 = - 75.94$ [dB]
Chica y mediana en un área urbana:	$P_R = 27.78 - 115.79 = - 88.01$ [dB]

Caso 2: Variación del radio de la célula.

Chica y mediana en un área suburbana:	
Radio de 500 m :	$P_R = 27.78 - 93.56 = - 65.77$ [dB]
Radio de 1 Km:	$P_R = 27.78 - 103.72 = - 75.94$ [dB]
Radio de 3 Km:	$P_R = 27.78 - 119.84 = - 92.05$ [dB]
Radio de 5 Km:	$P_R = 27.78 - 127.33 = - 99.55$ [dB]

6.3. Tabla analítica.

Recopilando los resultados anteriores y las tasas de transmisión requeridas para ciertos servicios, podemos crear la siguiente tabla:

Tecnología	Servicio					
	Teléfono y Correo de voz	Radio móvil	Platicar (Chat)	Juegos y aplicaciones empresariales	Correo de video	Video llamada
TDMA	✓	✓ (Mono y baja calidad)	✓	✓	✓ (Asíncrono)	✗
GSM	✓	✓ (Mono y baja calidad)	✓	✓	✓ (Asíncrono)	✗
GPRS	✓	✓ (Estéreo y calidad alta)	✓	✓	✓ (Síncrono y baja calidad)	✓ (Baja calidad)
EGPRS	✓	✓ (Estéreo y calidad alta)	✓	✓	✓ (Síncrono y media calidad)	✓ (Media calidad)
WCDMA	✓	✓ (Estéreo y calidad alta)	✓	✓	✓ (Síncrono y calidad alta)	✓ (Alta calidad)
CDMA	✓	✓ (Mono y baja calidad)	✓	✓	✓ (Asíncrono)	✗
IS - 95B	✓	✓ (FM Estéreo y calidad media)	✓	✓	✓ (Síncrono y calidad baja)	✓ (Muy baja calidad)
CDMA2000 1x	✓	✓ (Estéreo y calidad alta)	✓	✓	✓ (Síncrono y calidad media)	✓ (Baja calidad)
CDMA2000 1xEV- DO	✓	✓ (Estéreo y calidad alta)	✓	✓	✓ (Síncrono y calidad alta)	✓ (Alta calidad)
CDMA2000 1xEV- DV	✓	✓ (Estéreo y calidad alta)	✓	✓	✓ (Síncrono y calidad alta)	✓ (Muy alta calidad)

Tabla 6.3

7. Conclusiones.

Los problemas que se pueden presentar para poder dar estos servicios son el ancho de banda y la potencia. Por un lado el ancho de banda, debido a que si se mantiene con el mismo se tendría que sacrificar el número de usuarios con tasas bajas dependiendo de que tan alta sea la tasa de transmisión. La potencia es otro problema debido a que la cantidad de potencia enfocada a un solo teléfono se eleva tanto que la terminal tiene que ser mucho más sofisticada para no tener una pila muy grande.

Como se puede observar en el capítulo anterior, los servicios se pueden ofrecer, puesto que al incrementar la tasa de transmisión se tiene que incrementar la potencia, con lo cual se logra una mejor recepción, incluso, que en tasas más bajas. Esto se da debido a que el aumento de la potencia es considerablemente notable al aumentar la tasa de transmisión, y esto se debe a que en el caso específico de estudio en esta tesis (CDMA2000 1x), para poder aumentar la tasa de transmisión, hay que usar canales secundarios, y cada canal secundario requiere de su propia potencia.

Un problema que se presenta con los anchos de banda disponibles para usarse, es que los rangos de frecuencias libres son tan altos que a diferencia de los que usan actualmente, la existencia de rebotes de la señal, empieza a hacer que la potencia de la

misma disminuya en vez de aumentar. Desde luego que otro de los problemas es que la penetración que se tiene en frecuencias altas es menor que a bajas frecuencias, sin embargo, la idea básica de la tercera generación, involucra microcélulas, lo que nos lleva a descartar este problema.

En la actualidad, algunos de los servicios disponibles para redes en proceso de evolución ya se están ofreciendo en el país, tal como Internet, Correo Electrónico, transmisión de imágenes, etc., sin embargo, hay que destacar que uno de los aspectos más importantes de la tercera generación es la tasa de transmisión, que involucra un servicio multimedia en el celular, lo cual aun no se ofrece en México.

La posibilidad de contar con aplicaciones empresariales y juegos de alta calidad, como se explicó en el capítulo anterior, no depende de la tecnología para comunicarse que se este usando, si no, del dispositivo móvil; y esto a su vez dependerá de los fabricantes únicamente.

Otro punto, que se puede observar en la tabla anterior, es que para la valuación de los servicios que se pueden ofrecer en cada una de las tecnologías se toma en cuenta la tasa de transmisión pico, y no la más baja probable o la promedio; es decir, que habrá servicios que se ofrezcan o no dependiendo de la calidad que la empresa proveedora de servicios le proporcione a los usuarios.

Actualmente en México, las dos empresas más fuertes, en lo que a telefonía inalámbrica móvil se refiere, realizan el proceso de migración a la tercera generación por el camino correspondiente, que cada una adoptó; por un lado, una inicializa la evolución de su red, partiendo de GSM y dirigiéndose a GPRS para finalizar con WCDMA; y por otro, comenzando en CDMA y evolucionando a CDMA2000 1x. Con esta evolución, se ofrecerán una serie de servicios extras (o de valor agregado) a los usuarios, con lo que pretenden atraer a una mayor cantidad de suscriptores, generando mayores ingresos para ellas mismas, y a la vez, introduciendo a México a la tecnología inalámbrica móvil mundial.

Apéndice A

IMT-2000

El IMT-2000 <<*Internacional Mobile Telecommunications*>>, es el nombre del estándar de comunicaciones móviles que promete revolucionar la forma en que nos comunicamos. El desarrollo de este nuevo estándar esta bajo la tutela de la UIT(Unión Internacional de Telecomunicaciones), el cual especifica que se debe suministrar el acceso inalámbrico a la infraestructura global de telecomunicaciones, mediante sistemas terrestres y satelitales, atendiendo usuarios fijos y móviles de las redes públicas y privadas.

IMT-2000 es también conocido como la tercera generación de celulares o 3G, y sus principales características son las que se listan a continuación:

- Servicios de comunicación de alta velocidad:
 - o 144 Kbps Alta movilidad (Vehículos).
 - o 384 Kbps Movilidad media (Caminando).
 - o 2 Mbps Baja movilidad (Interiores).
- Transmisión simétrica y asimétrica.
- Uso dinámico del ancho de banda.

- *Roaming* global.
- Diferentes servicios simultáneos en una sola conexión.
- Conmutación de paquetes y circuitos.
- Alta cobertura y eficiencia espectral.

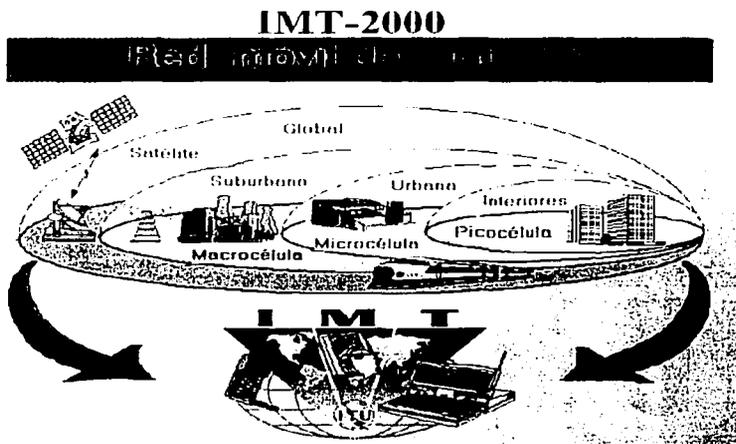


Fig. A.1

Para definir con mayor precisión la IMT-2000, la UIT ha generado una serie de recomendaciones, las que son el resultado de varias entidades que han colaborado dentro de la UIT y fuera de su organización, como por ejemplo:

- ITU-R: Aspectos relacionados con las radiocomunicaciones.
- ITU-T: Aspectos relacionados con las telecomunicaciones.
- 3GPP
- MWIF
- 3GPP: Homogeniza a ETSI(Europa), TI(USA), ARIB(Japón), TTA(Corea) y CWTS(China).
- SDO's
- OHG
- ARIB
- UWCC
- IMT-SC
- NTTA
- 3GPP2
- IMT-NC

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- IIC

Además, la UIT ha planteado el que en todo el mundo se tenga el mismo espectro disponible para poder realizar el *roaming* global sin muchas complicaciones y pensando en la cantidad de espectro necesaria para poder cumplir con las expectativas. A continuación se muestra una tabla que ilustra la manera en que se propone la división del espectro para algunos países:

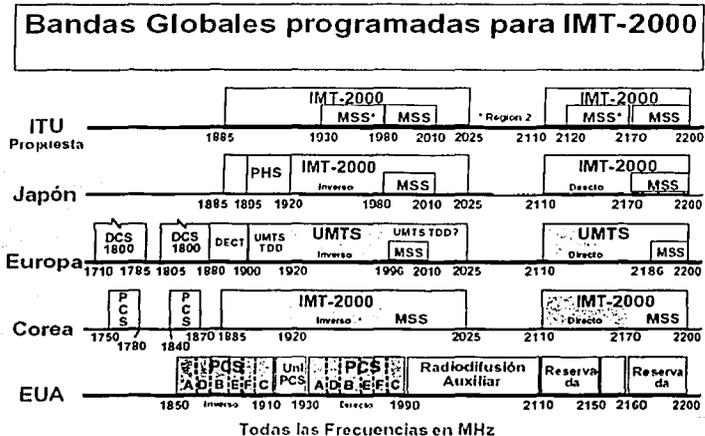


Fig. A.2

Dado que la estandarización es parte fundamental para la sobrevivencia de una u otra tecnología, se presentaron varios proyectos, y los que se aprobaron hasta el 2000, fueron los siguientes:

IMT-2000 CDMA *Direct Spread* (UTRA W-CDMA)

IMT-2000 CDMA *Multi-Carrier* (CDMA2000)

IMT-2000 CDMA TDD (UTRA TD-CDMA)

IMT-2000 TDMA *Single-Carrier* (UWC-136)

IMT-2000 FDMA/TDMA (DECT)

donde hasta el momento las más importantes han sido CDMA2000 y WCDMA.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Apéndice B

Modelos de Propagación.

El modelo de propagación es usado junto con el presupuesto del enlace para obtener un estimado del radio de la célula basado en la pérdida por trayectoria permitida de un enlace. Los modelos de propagación estáticos son usados en diseños presupuestarios para obtener estimaciones rápidas del radio de la célula con varios ambientes y para aproximar el número de células requeridas por el sistema.

Hay muchos factores de propagación para radiofrecuencia con los cuales podría extender o restringir la cobertura del sitio. Modelos más detallados de propagación, los cuales incluyen algunos o todos estos factores producirán predicciones más exactas de los radios de la célula. A continuación se muestran tres de los modelos más importantes dentro del ramo de las comunicaciones móviles.

- Modelo de Propagación en el Espacio Libre.

Este modelo es utilizado para predecir la potencia de la señal cuando entre el transmisor y el receptor existe una línea de vista. Los sistemas de comunicación satelital y

los enlaces de microondas se pueden modelar como propagación en el espacio libre; así como la mayoría de los modelos de propagación a gran escala.

El modelo de propagación en el espacio libre predice que la potencia recibida decae como función de la distancia entre el transmisor y el receptor, elevada a alguna potencia. La potencia recibida por una antena en el espacio libre, esta dada por la siguiente ecuación, conocida como la ecuación de Friis:

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L}$$

donde P_t es la potencia transmitida, P_r es la potencia recibida, G_t es la ganancia de la antena transmisora, G_r es la ganancia de la antena receptora, d es la separación entre las antenas, L es el factor de pérdida, y λ es la longitud de onda de la frecuencia de operación.

La ecuación de Friis sólo es válida para predecir la potencia recibida para valores de la distancia que estén en la región de campo lejano de la antena transmisora. Esta región también denominada de Fraunhofer de una antena transmisora se define como la distancia más allá de d_f , la cual se relaciona con la dimensión mayor de la apertura numérica de la antena transmisora y con la longitud de onda de la portadora. Esta distancia esta dada por la siguiente ecuación:

$$d_f = \frac{2D^2}{\lambda}$$

donde D es la dimensión física mayor de la antena.

La pérdida de trayectoria la cual representa la atenuación de la señal como una cantidad positiva, es definida como la diferencia entre la potencia efectiva transmitida y la potencia recibida. Esta pérdida expresada en dBms, queda de la siguiente forma:

$$L_{FS} (dB) = 10 \log \left(\frac{P_r}{P_t} \right) = 20 \log \left(\frac{4\pi}{c} f \right) + 20 \log(d)$$

donde d es la separación entre las antenas y se expresa en metros, f es la frecuencia de operación del sistema y se expresa en Hertz y c es la velocidad de la luz (3×10^8 m/s). Pero para hacer uso de los datos normalmente proporcionados, se puede trabajar con las siguientes ecuaciones:

$$L_{FS}(dB) = -147.56 + 20 \log(f_{Hz}) + 20 \log(d_m)$$

$$L_{FS}(dB) = 32.44 + 20 \log(f_{MHz}) + 20 \log(d_{km})$$

$$L_{FS}(dB) = -27.55 + 20 \log(f_{MHz}) + 20 \log(d_m)$$

Las ecuaciones de espacio libre muestran que 6dB de pérdida son asociados con el doble de la frecuencia, relación que se mantiene para el aumento de la distancia.

- Modelo de Propagación Okumura-Hata.

Este modelo es apropiado para entornos urbanos no irregulares, así como para un rango de frecuencias que se encuentran entre 150 y 1500 MHz, y a una distancia de entre 1

a 20 Km. A continuación se muestran las ecuaciones que representan las pérdidas que se presentan dependiendo de varios factores:

Área urbana:

$$L_{ur} = 69.55 + 26.16 \log(f_{MHz}) - 13.82 \log(H_b) - A_{Hm} + [44.9 - 6.55 \log(H_b)] \log(r)$$

Área suburbana:

$$L_s = L_{ur} - 2 \left[\log \left(\frac{f_{MHz}}{28} \right) \right]^2 - 5.4$$

Área quasiabierta:

$$L_q = L_{ur} - 4.78 [\log(f_{MHz})]^2 + 18.33 \log(f_{MHz}) - 35.94$$

Área rural:

$$L_r = L_{ur} - 4.78 [\log(f_{MHz})]^2 + 18.33 \log(f_{MHz}) - 40.94$$

Donde:

A_{Hm}

Factor de corrección:

Ciudades pequeñas y medianas.

$$A_{Hm} = [1.1 \log(f_{MHz}) - 0.7] H_m - [1.56 \log(f_{MHz}) - 0.8]$$

Ciudades grandes.

$$A_{Hm} = 3.2 [\log(1.75 H_m)]^2 - 4.97$$

L_{ur}, L_s, L_q Valores de pérdidas por trayectoria

f_{MHz} Frecuencia de operación del sistema.

H_b Altura de la antena base en metros (30 a 200)

H_m Altura de la antena del suscriptor en metros (1 a 10)

r Radio del sitio en kilómetros

- Modelo de Propagación COST-231-Hata.

El COST-231 es un modelo de propagación mejorado para áreas urbanas con frecuencias de operación superiores a los 1500 MHz. El COST-231 ha sido derivado del análisis de las curvas de propagación de Okumura en la banda de frecuencias más altas.

Área urbana:

$$L_{ur} = 46.3 + 33.9 \log(f_{MHz}) - 13.82 \log(H_b) - A_{Hm} + [44.9 - 6.55 \log(H_b)] \log(r)$$

Área suburbana:

$$L_s = L_{ur} - 2 \left[\log \left(\frac{f_{MHz}}{28} \right) \right]^2 - 5.4$$

Área quasiabierta:

$$L_q = L_{ur} - 4.78 [\log(f_{MHz})]^2 + 18.33 \log(f_{MHz}) - 35.94$$

Área rural:

$$L_r = L_{ur} - 4.78 [\log(f_{MHz})]^2 + 18.33 \log(f_{MHz}) - 40.94$$

Donde:

A_{10m}	Factor de corrección: Ciudades pequeñas y medianas.
	$A_{10m} = [1.1 \log(f_{MHz}) - 0.7] H_m - [1.56 \log(f_{MHz}) - 0.8]$
	Ciudades grandes.
	$A_{10m} = [1.1 \log(f_{MHz}) - 0.7] H_m - [1.56 \log(f_{MHz}) - 0.8] - 3$
L_w, L_v, L_o	Valores de pérdidas por trayectoria
f_{MHz}	Frecuencia de operación del sistema.(1500 a 2000)
H_b	Altura de la antena base en metros (30 a 200)
H_m	Altura de la antena del suscriptor en metros (1 a 10)
r	Radio del sitio en kilómetros

Este modelo es el más ampliamente usado en las comunicaciones móviles para la fase intermedia del diseño de la red, ya que contiene parámetros importantes que permiten que los resultados obtenidos mediante este modelo sean muy cercanos a los prácticos.

Este modelo se usa en vez del de Hata, debido a que el modelo de Hata no está diseñado para frecuencias por arriba de 1GHz.

Apéndice C

Código Fuente.

El código fuente mostrado abajo fue mediante el cual se hicieron los cálculos para realizar un enlace, ya sea mediante el Modelo de Propagación en el Espacio Libre, o bien, mediante el Modelo de Propagación COST-231-HATA.

```
/*  
    Contiene los prototipos de las funciones usadas  
    en el programa.  
*/  
#ifndef MODELOS_H  
#define MODELOS_H  
  
double conv_WadBm(double);  

```

```
double factor_tam_ciudad(int,int,double);
double factor_tipo_ciudad(int,int,double,double,double);
double calcular_perdidas_Lu(int,double,double,double);
int menu_modelo(void);
int menu_tam_ciudad(void);
int menu_tipo_ciudad(void);

#endif

/*
    Contiene las funciones encargadas de realizar cada
    uno de los cálculos de los Modelos correspondientes,
    así como el despliegue de los menús necesarios para
    algunas de las opciones.
*/
#include <iostream.h>
#include <math.h>
#include "modelos.h"

double conv_WadBm(double P){           //Convierte Watts a dBm
    return 10*log10(P);
}

double conv_dBdadBis(double G){       //Convierte dBds a dBis
    return G+2.14;
}

double calcular_perdidas_cost(int F,double Hb,double Hs,double R, //Calcula las pérdidas
para el modelo de COST                                     double G1,double G2,int op1,int
op2){
    double AHm,Lu,Ls;

    AHm=factor_tam_ciudad(op1,F,Hs);
    Lu=calcular_perdidas_Lu(F,Hb,AHm,R);
    Ls=factor_tipo_ciudad(op2,F,Lu,G1,G2);

    return Ls;
}

double calcular_perdidas_libre(int F,double D,double G1,double G2){ //Calcula las
pérdidas para el Modelo en el Espacio Libre
double L;

    L=32.44+20*log10(F)+20*log10(D);
    L=L-G1-G2;

    return L;
}
```

```
}  
  
double calcular_potencia(double P,double L){ //Calcula la Potencia recibida  
    return (P-L);  
}  
  
double factor_tam_ciudad(int op,int F,double Hs){ //Calcula el factor debido al tamaño  
de la ciudad  
    double AHm;  
  
    AHm=(1.1*log10(F)-0.7)*Hs-(1.56*log10(F)-0.8);  
    if(op==3)  
        AHm=AHm-3;  
  
    return AHm;  
}  
  
double factor_tipo_ciudad(int op2,int F,double Lu,double G1,double G2){ //Calcula el  
factor debido al tipo de ciudad.  
    double Ls,L1,L2;  
  
    switch(op2){  
        case 2:  
            L1=log10(F/28);  
            L1=L1*L1;  
            Ls=Lu-2*L1-5.4;  
            Ls=Ls;  
            break;  
        case 3:  
        case 4:  
            L1=log10(F);  
            L2=L1*L1;  
            Ls=Lu-4.78*L2+18.33*L1-35.94;  
            if(op2==4)  
                Ls=Ls-5;  
            break;  
        default:  
            Ls=Lu;  
    };  
    return (Ls-G1-G2);  
}  
  
double calcular_perdidas_Lu(int F,double Hb,double AHm,double R){ //Calcula una  
parte de las pérdidas para el COST  
    double Lu;  
  
    Lu=46.3+33.9*log10(F)-13.82*log10(Hb);  
    Lu=Lu-AHm+(44.9-6.55*log10(Hb))*log10(R);
```

```
        return Lu;
    }

    int menu_modelo(void) { //Despliega el menú de modelos.
        int op;

        do {
            cout<<"\n¿Cuál es el Modelo que desea usar?\n"
                <<"1)Modelo de Propagación en el Espacio Libre.\n"
                <<"2)Modelo de Propagación COST-231-Hata.\n"
                <<"Opción: ";
            cin>>op;
        }while(op!=1 && op!=2);

        return op;
    }

    int menu_tam_ciudad(void) { //Despliega el menú de tamaño de ciudades.
        int op;

        do {
            cout<<"¿Cuál es el tamaño de la ciudad?\n"
                <<"1)Chica.\n2)Mediana.\n"
                <<"3)Grande.\n"
                <<"Opción: ";
            cin>>op;
        }while((op!=1 && op!=2)&&(op!=3 && op!=4));

        return op;
    }

    int menu_tipo_ciudad(void) { //Despliega el menú del tipo de ciudad.
        int op;

        do {
            cout<<"\n¿Qué tipo de ciudad es?\n"
                <<"1) Urbana.\n2) Suburbana.\n"
                <<"3) Quasirural.\n4) Rural.\n"
                <<"Opción: ";
            cin>>op;
        }while((op!=1 && op!=2)&&(op!=3 && op!=4));
        cout<<"\n\n";

        return op;
    }
}
```

TESIS CON
FALLA DE CUBIEN

```
/*
    Éste programa realiza el cálculo del enlace por medio de
    cualquiera de los dos modelos que se presentan como opción:
    el Modelo de Propagación en el Espacio Libre y
    el Modelo de Propagación COST-231-Hata.
*/

#include <iostream.h>
#include <iomanip.h>
#include <conio.h>
#include "modelos.h"
#include "consola.h"

void main(void) {
    int f,op,op1,op2;
    double Gr,Gt,d,Pt,Pt,bb,hs,Ls;
    char res;

    do {
        clrscr();

        cout.width(45);
        cout.setf(ios::right);
        cout << "Cálculo de Enlace\n\n";
        op=menu_modelo(); //Despliega los modelos a
        elegir.

        clrscr();
        if(op==2) //Captura de los datos
        para cualquiera de los dos modelos.
            cout << "\t\t Modelo de propagación de Hata \n\n\n";
        else
            cout << "\t\t Modelo de propagación en el espacio libre \n\n\n";
        cout << "Proporcioname los siguientes datos:\n";
        cout << "Potencia de transmisión(mW): ";
        cin >> Pt;
        cout << "Ganancia de la antena del suscriptor(dBd): ";
        cin >> Gr;
        cout << "Ganancia de la antena de la estación base(dBd): ";
        cin >> Gt;
        cout << "Frecuencia de operación(MHz): ";
        cin >> f;
        if(op==2){
            cout << "Radio de la estación base(Km): ";
            cin >> d;
            cout << "Altura de la antena de la estación base(m): ";
            cin >> hb;
            cout << "Altura de la antena del suscriptor(m): ";

```

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

```
        cin >> hs;
        op1=menu_tam_ciudad();
        op2=menu_tipo_ciudad();
    } else {
        cout << "Distancia entre antenas(Km): ";
        cin >> d;
    }
    Pt=conv_WadBm(Pt);           //Convierte Watts a dBms
    Gt=conv_dBdadBi(Gt);        //Convierte dBs a dBis
    Gr=conv_dBdadBi(Gr);        //Convierte dBs a dBis

    if(op1==1){
        Ls=calcular_perdidas_libre(f,d,Gt,Gr);           //Cálculo de pérdidas.
    } else {
        Ls=calcular_perdidas_cost(f,hb,hs,d,Gt,Gr,op1,op2); //Cálculo de
pérdidas.
    }
    Pr=calcular_potencia(Pt,Ls); //Cálculo de potencia recibida.
    cout.setf(ios::fixed|ios::showpoint);
    cout.precision(2);           //Despliegue de resultados.
    cout << "\n\t\t\t\t\tPr = "<< Pt << ". "<< Ls << " =";
    cout << Pr << " [dB]\n\n";

    cout<<"\n\n¿Deseas realizar otro cálculo?(S/N): ";
    cin>>res;
} while(res=='s' || res=='S');
```

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Glosario

#

- 3G 3rd Generation mobile telecommunication system
- 3GPP 3rd Generation Partnership Project
- 8PSK 8 symbol's Phase Shift Keying

A

- AAC Advanced Audio Coding
- AbS Analysis by Synthesis
- ADPCM Adaptive Differential Pulse Code Modulation
- AH Authentication Header
- AICH Acquisition Indication Channel
- AMR Adaptive Multi-Rate
- AN Access Network
- API Application Programming Interface
- ARIB Association of Radio Industries and Businesses
- ARP Address Resolution Protocol
- ARQ Automatic Repeat on Request
- AS Access Stratum
- ATM Asynchronous Transfer Mode

B

BCCH Broadcast Channel
BER Bit Error Rate
BGW Billing Gateway
BLER Block Error Rate
BOOTP Bootstrap Protocol
BPSK Binary Phase Shift Keying
BS Base Station
BSS Base Station Subsystem
BTS Base Transceiver System

C

CA Capacity Allocation
CAA Capacity Allocation Acknowledgement
CAMEL Customised Application for Mobile Enhanced Logic
CAP CAMEL Application Part
CBR Constant Bit Rate
CC Call Control
CCCH Common Control Channel
CCN Cost Control Node
CCPCH Common Control Physical Channel
CCTCH Coded Composite Transport Channel
CD Capacity Deallocation
CDA Capacity Deallocation Acknowledgement
CDMA Code Division Multiple Access
CELP Code Exited Linear Predictive
CIF Common Integration Framework
CIM Common Information Model
CLNS Connection Less Network Service
CN Core Network
CNM Customer Network Management
CONS Connection Orientated Network Service
CONP Connection Orientated Network Protocol
COPS Common Open Policy Service Protocol
CORBA Common Object Request Broker Architecture
CPAGCH COMPACT Packet Access Grant Channel
CPBCH COMPACT Packet BroadCast Grant CHannel
CPCCH Common Packet Channel
CPP Cello Packet Platform
CPPCH COMPACT Packet paging Channel
CPRACH COMPACT Packet Random Grant Channel
CRC Cyclic Redundancy Check
CRL Certificate Revocation List
CS Circuit Switched
CSE CAMEL Service Environment
CTDMA Code Time Division Multiple Access
CWTS China Wireless Telecommunication Standards Group

D

D-AMPS Digital Advanced Mobile Phone System
DBM Device Board Module
DBMS Database Management System
DC Dedicated Control SAP
DCA Dynamic Channel Allocation
DCCCH Dedicated Control Channel
DCH Dedicated Channel
DCN Data Communications Network
DDNS Dynamic Domain Name Service
DECT Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DEN Directory Enabled Networking
DHCP Dynamic Host Configuration Protocol
DL Downlink
DNS Domain Name Service
DoD American Department of Defense
DoS Denial of Service
DPCCH Dedicated Physical Control Channel
DPCH Dedicated Physical Channel
DPDCH Dedicated Physical Data Channel
DRNS Drift RNS
DRX Discontinuous Reception
DS-SS Direct-Sequence Code Division Multiple Access
DSCH Downlink Shared Channel
DTX Discontinuous Transmission

E

ECSD Enhanced Circuit Switched Data
EDGE Enhanced Data rates for GSM Evolution
EGPRS EDGE GPRS
EM, EMS Element Manager, Element Management System
EPG Electronic Program Guides
ESP Encapsulated Security Payload
ETB Exchange Terminal Board
ETSI European Telecommunications Standards Institute
EV-DO EVolution – Data Only
EV-DV EVolution – Data and Voice
EVRG Enhanced Variable Rate Code

F

FACH Forward Access Channel
FAUSCH Fast Uplink Signaling Channel
FI Feedback Information
FD Frequency Division Duplex
FDMA Frequency Division Multiple Access
FEC Forward Error Correction
FER Frame Error Rate

FCIF Full Common Integration Framework
FNR Flexible Number Register
FR Frame Relay
FTP File Transfer Protocol

G

GC General Control
GGSN Gateway GPRS Support Node
GP Guard Period
GPRS General Packet Radio Service
GPS Global Positioning System
GSN GPRS Support Node
GSM Global System for Mobile Telecommunications
GSMK Gaussian Minimum Shift Keying
GTP GPRS Tunneling Protocol
GUI Graphical User Interface

H

HCS Hierarchical Cell Structure
HLR Home Location Register
HPLMN Home Public Land Mobile Network
HSCSD High Speed Circuit Switched Data
136HS 136 High Speed
HTTP Hypertext Transfer Protocol

I

IANA Internet Assigned Numbers Authority
ICMP Internet Control Message Protocol
IDL Interface Definition Language
IEC International Electrotechnical Comisión
IETF Internet Engineering Task Force
IF Infrastructure
IOP Internet Interoperable ORB Protocol
IKE Internet Key Exchange
IMT-2000 International Mobile Telecommunications 2000
IN Intelligent Network
IP Internet Protocol
IPMP Intellectual Property Management and Protection
IPSec IP Security Protocols
IR Incremental Redundancy
IRP Integration Reference Point
ISDN Integrated Services Digital Network
ISMA Internet Streaming Media Alliance
ISO International Standardization Organization
ISP Internet Service Provider
ISUP ISDN User Part
IT Information Technology
ITU International Telecommunication Union

Iu Interface between WCDMA RAN and Core Network
Iub Interface between RNC and RBS
Iur Interface between RNC and RNC
IWF Inter Working Function

J

JD Joint Detection
JTCTI Job Taskforce CI

K

L

L1 Layer 1
L2 Layer 2
L2F Layer 2 Forwarding Protocol
L3 Layer 3
LA Link Adaptation
LAC Link Access Control
LAN Local Area Network
LCT Local Craft Tool
LDAP Lightweight Directory Access Protocol
LD - CELP Low Delay CELP
LDP Local Decision Point
LLC Logical Link Control
LPC Linear Predictive Coding
LQC Link Quality Control

M

MA Multiple Access
MAC Medium Access Control
MAHO Mobile Assisted Handover
MAP Mobile Application Part
MAUI Mobile Audio Internetworking
Meps Mega Chip Per Second
ME Mobile Equipment
MEE Mobile Station Application Execution Environment
MGC Media Gateway Controller
MGW Media Gateway
MGWF Media Gateway Function
MIME Multipurpose Internet Mail Extensions
MM Mobility Management
MMI Man-Machine Interface
MO Mobile Originated
MOHO Mobile Originated Handover
mp3 mpeg 3
MPEG Moving Picture Exports Group
MS Mobile Station

MSC Mobile Switching Center
MT Mobile Terminated
MUI Mobile User Identifier
MWWF Mobile Wireless Internet Forum

N

NAS Non Access Stratum
NAT Network Address Translation
NBAP Node B Application Protocol
NE Network Element
NDS Novell Directory Server
NMS Network Management System
NOS Network Operating System
NRT Non-Real Time
NSS Network SubSystem
Nt Notification

O

O&M Operation & Maintenance
ODCH ODMA Dedicated Transport Channel
ODMA Opportunity Driven Multiple Access
ORACH ODMA Random Access Channel
OSA Open Service Architecture
OSI Organization Standardization International
OVSF Orthogonal Variable Spreading Factor

P

PAM Pulse Amplitude Modulation
PBX Private Branch Exchange
PC Power Control
PCH Paging Channel
PCM Pulse Code Modulation
PCPCH Physical Common Packet Channel
PCS Personal Communications System
PDN Packet Data Network
PDP Policy Decision Point
PDSCH Physical Downlink Shared Channel
PDU Protocol Data Unit
PEP Policy Enforcement Point
PER Packet Error Rate
PHS Personal Handyphone System
PI Paging Indication
PKI Public Key Infrastructure
PLMN Public Land Mobile Network
PN Pseudo Noise
PPTP Point-to-Point Tunneling Protocol
PRACH Physical Random Access Channel
PS Packet Switched

PSCHH Physical Shared Channel Control Channel
PSCH Physical Synchronization Channel
PSTN Public Switched Telephone Network
PTCCH Packet timing Advance Control Channel
PTM Point to Multipoint
PTP Point To Point

Q

QCIF Quarter Common Integration Framework
QoS Quality of Service
QPSK Quadrature Phase Shift Keying

R

RA Registration Authority
RAB Radio Access Bearer
RACH Random Access Channel
RAN Radio Access Network
RANAP Radio Access Network Application Part
RANOS Radio Access Network Operation Support
RBS Radio Base Station
R-DCHH Reverse Dedicated Control Channel
RF Radio Frequency
R-FCH Reverse Fundamental Channel
RLC Radio Link Control
RNC Radio Network Controller
RNS Radio Network Subsystem
RNSAP Radio Network Subsystem Application Part
RNTI Radio Network Temporary Identity
RPE Regular Pulse Exited
RRC Radio Resource Control
RRM Radio Resource Management
R-SCH Reverse Supplemental Channel
RT Real Time
RTCP Real time Transport Control Protocol
RTP Real-time Transport Protocol
RTT Radio Transmission Technology
RU Resource Unit
RX Receiver

S

SA Security Association
SAGCH Slow Associated Control Channel
SAP Service Access Point
SAPI Service Access Point Identifier
SCH Synchronization Channel
SCP Service Control Point
SCS Service Capability Server
SDCHH Stand-alone Dedicated Control Channel

SDO Standard Development Organization
SDP Session Description Protocol
SF Spreading Factor
SFN System Frame Number
SG Security Gateway
SGSN Serving GPRS Support Node
SIM Subscriber Identity Module
SIP Session Initiation Protocol
SIR Signal-to-Interference Ratio
SLS Single Logon Server
SMIL Synchronized Multimedia Integration Language
SMS Short Message Service
SNM Sub Network Management system
SNMP Simple Network Management Protocol
SOG Service Order Gateway
SP Service provider
SP Switching Point
SPD Security Policy Database
SPDP Security Policy Decision Point
SRNS Serving RNS
SS Supplementary Services
SS7 Common Channel Signaling System No 7
SSDT Site Selection Diversity TPC
SSL Secure Socket Layer
STTD Space Time Transmit Diversity

T

TCH Traffic Channel
TCP/IP Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TD/CDMA Time Division/Code Division Multiple Access
TDD Time Division Duplex
TDMA Time Division Multiple Access
TE Terminal Equipment
TeleVAS - Telephony Value Added Services
TFCI Transport Format Combination Indicator
TLS Transport Layer Security
TPC Transmit Power Control
TRAM Tools for Radio Access Network
TTS Text To Speech
TX Transmit

U

UDP User Datagram Protocol
UE user equipment
UI user interface
UL Uplink
UMTS Universal Mobile Telecommunication System
URAN UMTS Radio Access Network

USIM UMTS Subscriber Identity Module
USIM User Services Identity Module
USSD Unstructured Supplementary Service Data
UTRAN UMTS Terrestrial Radio Access Network
Uu interface between WCDMA RAN and UE
UWCC Universal Wireless Communication Consortium

V

VAS Value Added Service
VBR Variable Bit Rate
VBS Voice Broadcast Service
VGCS Voice Group Call Service
VHE Virtual Home Environment
VoIP Voice over IP
VPLMN Visited Public Land Mobile Network
VPN Virtual Private Network

W

WAP Wireless Application Protocol
WCDMA Wide-band Code Division Multiple Access
WG11 Work Group 11
WISE™ Ericsson's Wireless Internet Solution
W-LAN Wireless LAN
WMF Wireless Multimedia Forum
wTRU wideband Transmitter/Receiver Unit

X

Y

Z

Bibliografía.

Libros

- Sklar, Bernard. Digital Communications: "Fundamentals and applications". Prentice Hall.
- F. Kuo, Franklin. Multimedia Communications: "Protocols and Applications". Prentice Hall.
- Abernethy, Ken, Allen, Tom. Exploring the Digital Domain: "An Introduction to Computing with Multimedia and Networking". PWS Publishing Company, 1998.

Páginas

- <http://www.hispamp3.com/tallermp3/como/queesunmp3.shtml>
- <http://www.3ppp.org>
- <http://www.3ppp2.org>

- <http://www.ims-2000.org>
- <http://www.edge.org>
- <http://www.umtsworld.com>
- <http://www.gsmworld.com>
- <http://www.edge.org>
- <http://www.cfi.gob.mx>
- <http://www.mpeg4.net>
- <http://www.c-i-a.com>