

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES
DE TERCERA GENERACIÓN (UMTS Y CDMA2000) Y LA
FACTIBILIDAD DE SER IMPLEMENTADOS EN EL ECUADOR

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

DAVID ANDRÉS ARIAS BECERRA

JHONATHAN ALEXANDER GÓMEZ NARANJO

DIRECTOR: ING. SORAYA SINCHE

Quito, Diciembre 2002

DECLARACIÓN

Nosotros, David Andrés Arias Becerra y Jhonathan Alexander Gómez Naranjo declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley, Reglamento de Propiedad Intelectual y por la normatividad institucional vigente.



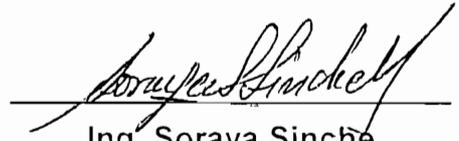
David Andrés Arias Becerra



Jhonathan Alexander Gómez
Naranjo

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por David Andrés Arias Becerra y Jhonathan Alexander Gómez Naranjo, bajo mi supervisión.



Ing. Soraya Sinche

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios

A Edwin, mis hermanos, mis tíos y primos por su cariño y comprensión.

A la Ing. Soraya Sinche por su acertada guía en este proyecto.

A mis amigos, tanto del barrio como de la universidad, en especial Daniel, Fabián y Jhonathann, por su ayuda y amistad incondicional.

Gracias totales.

David A. Arias B.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser la luz que alumbra mi camino y estar en todo momento a mi lado.

A mis padres y hermanos, a mi tío Fernando y toda mi familia por brindarme consejos y compartir su vida conmigo.

A todos mis amigos, David, Fabián, Daniel R., Daniel H., Ricardo no solo por ser con ellos con quién me forme, sino por que hemos compartido grandes momentos de mi vida.

A la Ingeniera Soraya Sinche ya que gracias a su colaboración y asesoría nos permitió culminar el presente proyecto satisfactoriamente.

Jhonathann A. Gómez N.

DEDICATORIA

*A mi madre,
que con su ejemplo, su apoyo y su amor, ha sido mi mejor referente a seguir.*

*A mi abuelita,
que con sus cuidados, enseñanzas y consejos, ha hecho de mí, una mejor persona*

A ellas les debo todo lo que soy y son la razón de mi ser.

David A. Arias B.

DEDICATORIA

A mis padres Gonzalo y María Luisa no solo por brindarme su cariño y apoyo sino por ser en mi vida un ejemplo de trabajo y honestidad.

A Paty y Henry por estar siempre a mi lado, a Ximena por su amor y comprensión.

En especial a la belleza de la vida y mi fuente de inspiración.....Josué

Jhonathann A. Gómez N.

CONTENIDO

RESUMEN	xi
PRESENTACIÓN	xiii

CAPITULO 1

MARCO GENERAL DE LAS COMUNICACIONES CELULARES

4.1. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS CELULARES	1
4.2. SISTEMAS CELULARES DE PRIMERA GENERACIÓN	7
4.2.1. AMPS – Sistema Telefónico Móvil Avanzado	8
4.2.2. N-AMPS – Sistema AMPS de Banda Estrecha	10
4.2.3. TACS – Sistema de Comunicación de Acceso Total	11
4.2.4. ETACS – Sistema de Comunicación de Acceso Total Avanzado	12
4.2.5. NMT – Teléfono Móvil Nórdico	12
4.2.6. JTACS y NTACS – Sistema de Comunicación de Acceso Total Japonés y Sistema de Comunicación de Acceso Total de Banda Estrecha	13
4.2.7. UTACS – Sistema de Comunicación de Acceso Total Universal	14
4.2.8. Sistema C-450	14
4.3. SISTEMAS CELULARES DE SEGUNDA GENERACIÓN	14
4.3.1. D-AMPS – AMPS Digital	16
4.3.2. Sistema GSM	17
4.3.3. Sistema CDMA	18
4.4. SISTEMAS CELULARES DE 2.5G	20
4.4.1. GPRS	20
4.4.2. EDGE	21
4.4.3. CDMA 1X	24
4.4.4. CDMA 1XEV	25
4.5. SISTEMAS CELULARES DE TERCERA GENERACIÓN	26

CAPÍTULO 2

SERVICIOS DE LOS SISTEMAS DE TERCERA GENERACIÓN

2.1. INTRODUCCIÓN	29
2.2. SERVICIOS GENERALES	30
2.3. SERVICIOS BÁSICOS DE TELECOMUNICACIONES	31
2.3.1. Servicios Portadores	32
2.3.2. Teleservicios	33
2.4. SERVICIOS SUPLEMENTARIOS	33
2.5. SERVICIOS PORTADORES	34
2.5.1. Definición	35
2.5.2. Descripción	35
2.5.3. Optimización de la interfaz de radio	40
2.5.4. Velocidades de transmisión soportadas	41
2.5.5. Requerimientos de calidad	42
2.5.6. Calidad de servicio (QoS) soportado por el usuario final	42
2.6. TELESERVICIOS	46
2.6.1. Definición	46
2.6.2. Descripción	46
2.6.3. Soporte de los teleservicios	47
2.6.4. Teleservicios soportados por la PLMN	47
2.6.5. Acceso a Internet	49
2.7. SERVICIOS SUPLEMENTARIOS	49
2.8. SERVICIOS QUE DEPENDEN DEL ACCESO	50
2.9. SERVICIOS BASADOS EN LAS CAPACIDADES DEL SISTEMA	50
2.9.1. Restricción de llamadas	51
2.9.2. Filtrado y envío de llamadas	51
2.9.3. Llamada en espera	52
2.9.4. Transferencia de llamadas	52
2.9.5. Marcar cuando este libre	53
2.10. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS ESQUEMAS DE COMUNICACIÓN	53
2.10.1. Esquemas de comunicación	53

2.10.2.	QoS relacionado con los requerimientos de desempeño para aplicaciones de usuario final	54
2.10.3.	Adaptabilidad y negociación de servicios portadores	66
2.11.	VENTAJAS DE LOS SERVICIOS 3G	66
2.12.	EQUIPOS TERMINALES	67

CAPÍTULO 3

ESTUDIO DE LOS SISTEMAS UMTS Y CDMA2000

3.1.	INTRODUCCIÓN	71
3.1.1.	Enfoques de las normas CDMA	75
3.1.2.	FDD y TDD	80
3.2.	CDMA2000	81
3.2.1.	Características de CDMA2000	83
3.2.2.	Entorno	84
3.2.3.	Bloques Funcionales y Estructura de capas de CDMA2000	85
3.3.	UMTS (W-CDMA)	96
3.3.1.	Características de UMTS	98
3.3.2.	Arquitectura del sistema UMTS	100
3.4.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS DE TERCERA GENERACIÓN	106
3.4.1.	Chip Rate	107
3.4.2.	Estructura del canal ascendente	109
3.4.3.	Sincronización de la estación base y móvil	111
3.4.4.	Eficiencia del espectro y capacidad	113

CAPÍTULO 4

SISTEMAS DE TERCERA GENERACIÓN PARA EL ECUADOR

4.1.	COMUNICACIONES CELULARES EN EL ECUADOR	116
4.1.1.	Organismos de control	118
4.1.2.	Operadoras celulares	118
4.1.3.	Tecnología	127

4.2. EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO	127
4.2.1. Espectro en sistemas 2G	128
4.2.2. Espectro en sistemas 3G	129
4.2.3. Evaluación de la interfaz aire	130
4.2.4. Utilización del espectro en Ecuador	131
4.3. MERCADO 3G EN EL PAÍS	138
4.4. POLÍTICAS Y MARCO LEGAL EXISTENTES	144
4.5. PROCESO PARA ESTABLECER UN SISTEMA DE TERCERA GENERACIÓN EN EL PAÍS	147
4.5.1. Operadoras actuales	147
4.5.2. Tercer operador	149
4.5.3. Mejor alternativa	154

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES	156
5.1.1. BellSouth	157
5.1.2. Porta	158
5.2. RECOMENDACIONES	160

BIBLIOGRAFÍA

162

ANEXOS

Anexo A

Generalidades de los sistemas celulares

Anexo B

Acceso múltiple por división de código (CDMA)

Anexo C

3G TS 22.004 V4.0.0: General on supplementary services

Anexo D

Spread spectrum

Anexo E

Principios de modulación digital

Anexo F

Esquema de la encuesta realizada

Anexo G

Reglamento para el servicio de telefonía móvil celular y reglamento para la prestación del servicio móvil avanzado

Anexo H

Modelos de teléfonos celulares 3G en el mercado y sus características

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1

MARCO GENERAL DE LAS COMUNICACIONES CELULARES

1.1. Dr. Martin Cooper y el primer teléfono celular de mano	1
1.2. Telefonía móvil celular por tecnologías en el mundo	6
1.3. Penetración de la telefonía móvil en el mundo	7
1.4. Tecnología de acceso FDMA	8
1.5. Técnica de acceso FDMA. Cada canal FDMA es asignado a un solo móvil	8
1.6. Localización de la banda celular de AMPS	9
1.7. Tecnología de acceso TDMA	15
1.8. Técnica de acceso TDMA. Cada canal de radiofrecuencia es asignado a tres móviles a la vez	15
1.9. Tecnología de acceso CDMA	19
1.10. Ancho de banda en sistemas CDMA2000 1x y 1xEV	25

CAPÍTULO 2

SERVICIOS DE LOS SISTEMAS DE TERCERA GENERACIÓN

2.1. Servicios Básicos de Telecomunicaciones	32
2.2. Sumario de aplicaciones en términos de los requerimientos de QoS	43
2.3. Modelo 6650 de Nokia	69
2.4. Prototipos Ericsson	70
2.5. Prototipos Mitsubishi	70

CAPÍTULO 3

ESTUDIO DE LOS SISTEMAS UMTS Y CDMA2000

3.1. Crecimiento de usuarios a redes inalámbricas e internet	71
3.2. Espectro propuesto en la WARC 92 y la WRC 2000	72
3.3. Espectro de frecuencias para 3G en el mundo	74

3.4. Camino de migración de los sistemas celulares	77
3.5. Calendario de transición a 3G	78
3.6. Capacidades de las distintas generaciones celulares	79
3.7. Comparación de FDD y TDD	80
3.8. Modelo de capas de CDMA2000	86
3.9. Subdivisión de la capa Enlace	91
3.10. Enlace directo y reverso en CDMA2000	93
3.11. Espectro de frecuencias para UMTS	96
3.12. Asignación dinámica del ancho de banda a los usuarios	98
3.13. Arquitectura del sistema UMTS	102
3.14. Operación de CDMA2000 y WCDMA en un ancho de banda de 10 MHz	110

CAPÍTULO 4

SISTEMAS DE TERCERA GENERACIÓN PARA EL ECUADOR

4.1. Número de usuarios en el período 1994 - 1999	119
4.2. Número de usuarios en el período 1994 - 2002	121
4.3. Usuarios de BellSouth en porcentajes	122
4.4. Usuarios de Porta en porcentajes	122
4.5. Cobertura celular de BellSouth	123
4.6. Cobertura celular de Porta	123
4.7. Utilización del espectro de 800 MHz a 900 MHz	133
4.8. Utilización del espectro de 1700 MHz a 1850 MHz	134
4.9. Utilización del espectro de 1850 MHz a 2200 MHz	136
4.10. Utilización del espectro de 2500 MHz a 2690 MHz	137
4.11. Resultado en porcentajes a la primera pregunta de la encuesta	140
4.12. Resultado en porcentajes a la segunda pregunta de la encuesta	140
4.13. Resultado en porcentajes a la tercera pregunta de la encuesta	141
4.14. Resultado a la cuarta pregunta de la encuesta	142
4.15. Resultado en porcentajes a la quinta pregunta de la encuesta	142
4.16. Resultado en porcentajes a la sexta pregunta de la encuesta	143
4.17. Resultado en porcentajes a la séptima pregunta de la encuesta	143

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Proyección de abonados 3G en el mundo

157

ÍNDICE DE CUADROS

CAPITULO 1

MARCO GENERAL DE LAS COMUNICACIONES CELULARES

1.1. Lugar y fecha de aparición de los primeros sistemas celulares	3
1.2. Parámetros del sistema TACS	11
1.3. Parámetros del sistema ETACS	12
1.4. Parámetros de los sistemas NTACS y JTACS	13
1.5. Cuadro comparativo de los sistemas GSM y GPRS	24
1.6. Principales sistemas celulares en el mundo y sus características	28

CAPÍTULO 2

SERVICIOS DE LOS SISTEMAS DE TERCERA GENERACIÓN

2.1. Velocidades de transmisión y del terminal en entornos radiales	41
2.2. Rangos de QoS	42
2.3. Parámetros de rendimiento para los servicios conversacionales	44
2.4. Parámetros de rendimiento para los servicios interactivos	45
2.5. Parámetros de rendimiento para los servicios de información continua	45

CAPÍTULO 3

ESTUDIO DE LOS SISTEMAS UMTS Y CDMA2000

3.1. Principales diferencias entre CDMA2000 y UMTS (WCDMA)	107
3.2. Asignación de canales en CDMA2000 y WCDMA	110
3.3. Comparación de eficiencia de espectro entre Secuencia Directa y Multicarrier en CDMA2000	111
3.4. Eficiencia de espectro para una conversación en un ambiente vehicular	113
3.5. Eficiencia de espectro para una velocidad de transición de 144 Kbps en ambiente vehicular	114
3.6. Precios de los teléfonos móviles	115

CAPÍTULO 4

SISTEMAS DE TERCERA GENERACIÓN PARA EL ECUADOR

4.1. Número de usuarios en el período 1994 - 1999	119
4.2. Número de usuarios en el año 2000	120
4.3. Número de usuarios en el año 2001	120
4.4. Número de usuarios hasta octubre del 2002	121
4.5. Estaciones instaladas por los operadores en el 2001	124
4.6. Tarifas por el consumo de tres minutos en llamadas por celular	125
4.7. Imposición sobre el valor de las llamadas	126
4.8. Empresas encuestadas en la ciudad de Quito	139

RESUMEN

El presente proyecto realiza un estudio de los sistemas celulares de tercera generación de UMTS y CDMA2000, así como también analiza la situación de los sistemas celulares en el Ecuador.

El primer capítulo trata sobre la evolución de los sistemas celulares en el mundo y los diferentes pasos que se ha dado para mejorar el servicio. Se habla de los sistemas celulares de primera generación, que características poseen éstos, en que países fueron implementados y su uso actual, dentro de estos sistemas se tiene: AMPS, NMT, TACS, UTACS, JTACS, entre otros.

También se trata los sistemas de segunda generación e igual se dan las características de éstos, y el mercado que actualmente poseen, dentro de estos sistemas tenemos: TDMA, CDMA y GSM. Los sistemas de tercera generación son tratados brevemente, ya que luego se los estudia a detalle.

En el segundo capítulo se hace una descripción detallada de los servicios que prestarán los sistemas de tercera generación, sus características principales y sus requerimientos técnicos, así también se presentan las ventajas que tendrán con respecto de los servicios de segunda generación.

El tercer capítulo trata detalladamente las tecnologías CDMA2000 y UMTS, sus principales características, su arquitectura interna y las principales diferencias entre ambas, así como una comparación para escoger a la mejor tecnología, hablando técnicamente.

El cuarto capítulo presenta una visión general de las comunicaciones celulares en el Ecuador, del uso que se da al espectro radioeléctrico en las bandas asignadas para los sistemas 3G tanto en Ecuador como en el resto del mundo. De igual forma, se presenta un estudio de mercado para la determinación de las

necesidades de los usuarios del servicio celular en el país, con el objetivo de tener una idea del futuro mercado para los servicios 3G.

Se indican los organismos de control de las comunicaciones celulares en el país, junto con las políticas actuales para estas comunicaciones. Por último se presenta un análisis del uso del espectro para la entrada de un tercer operador en el mercado celular del país.

En el último capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones a las cuales se llegó luego de haber hecho el análisis de los sistemas de tercera generación, así como de las condiciones actuales del servicio celular en el país y en el mundo, para la determinación de la mejor alternativa a ser implementada en el país.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto tiene por objetivo, analizar la situación actual y la importancia de los sistemas celulares. Así también, debido al apareamiento de nuevas tecnologías celulares y la necesidad de tener velocidades de acceso más altas para el envío y recepción de la información y al mismo tiempo poseer una gran movilidad, se analiza la mejor alternativa para una posible implementación en el Ecuador de un sistema de comunicaciones móviles celulares de tercera generación. Para lo cual se realiza un análisis de los servicios que prestarán los sistemas de comunicaciones celulares de tercera generación y sus ventajas con respecto a las tecnologías precedentes.

También se elabora un estudio de las propuestas UMTS y CDMA2000 como opciones de migración a un sistema 3G y se realiza una comparación en lo referente a las características técnicas y económicas de los sistemas de comunicaciones celulares 3G; se conocieron las políticas y reglamentos que rigen las comunicaciones celulares en el país y su importancia para la implementación de nuevas tecnologías celulares.

Por último, se presentan las opciones para un adecuado desarrollo de las comunicaciones celulares en el Ecuador, dentro de lo que son los sistemas de tercera generación y sus posibilidades de integración con las actuales tecnologías celulares en el país y el resto del mundo.

CAPÍTULO 1

MARCO GENERAL DE LAS COMUNICACIONES CELULARES

1.1 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS CELULARES¹

Si bien los orígenes de los sistemas celulares se remonta a principios del siglo XIX, no es sino desde el año de 1969 cuando Bell System lanzó el primer sistema celular que operó a bordo del tren Metroliner, que se puede hablar de los mismos, ya que en este sistema se empleó el reuso de frecuencias, concepto fundamental de los sistemas celulares. A partir de esa fecha, la evolución fue acelerada dentro de este campo de las telecomunicaciones, y más aún cuando en octubre de 1973, el Dr. Martin Cooper hizo el lanzamiento del primer prototipo de un teléfono celular de mano, es decir, un teléfono totalmente portátil, característica que los anteriores sistemas no tenían.



Figura 1.1.- Dr. Martin Cooper y el primer teléfono celular de mano²

¹ Telecom Writing, Mobil Telephone History, 1996

² The New York Times, Dr. Martin Cooper Biography, 1996

En mayo de 1978, BATELCO (*Bahrain Telephone Company*), comenzó la operación de un sistema de telefonía celular comercial. Ésta, probablemente fue la primera vez en el mundo, en que las personas comenzaron a usar lo que se conoce como el sistema de telefonía celular tradicional.

En julio de 1978, el sistema AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*), comenzó a operar en Estados Unidos. *Bell* y AT&T conjuntamente, iniciaron el servicio de telefonía celular en Chicago, Illinois, en donde el sistema usó la banda de los 800 MHz. Esta red utilizó circuitos integrados de gran escala en todos sus componentes, así como un sistema de conmutación totalmente computarizado, lo cual hacía al sistema celular muy confiable.

El desarrollo comercial de AMPS fue inmediato, por todo el mundo. En diciembre de 1979, un sistema parecido se instaló en Tokio usando equipos de Matsushita y NEC y en la ciudad de México comenzó a operar en agosto 1981.

En 1983, *Texas Instruments* introdujo el primer procesador de señales digitales que realizaba más de cinco millones de operaciones por segundo. Este circuito permitió comprimir una llamada, es decir, se podían hacer más llamadas con la misma cantidad de espectro radioeléctrico.

Europa vio la introducción del servicio celular en 1981, cuando el NMT 450 (*Nordic Mobile Telephone*) comenzó a funcionar en Dinamarca, Suecia, Finlandia y Noruega en la banda de los 450 MHz, este era el primer sistema celular multinacional. En 1985, Gran Bretaña comenzó a usar el TACS (*Total Access Communications System*) en la banda de los 900 MHz y más tarde, el sistema alemán C-Netz, el francés Radiocom 2000, y el italiano RTMI/RTMS conformaron un conjunto de sistemas de telefonía celular analógica en Europa que eran totalmente incompatibles entre sí.

Algunos de estos sistemas están aún en uso, pero otros desaparecieron totalmente. Todos estos sistemas son analógicos ya que la modulación

usada para la señal de voz era FM (*Frequency Modulation*) a pesar de que también usan modulación digital como FSK (*Frequency Shift Keying*) para lo que es señalización. La técnica de acceso al canal es FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) y los *handoffs* están basados en la medición de la potencia de la señal, excepto en C-Netz que midió el retardo de la señal de ida y vuelta. En el cuadro 1.1 se muestra un resumen de los primeros sistemas celulares que fueron implementados en diferentes países.

Nombre del Sistema o Estándar	Fecha de inicio	Región del país o regiones donde se operó
AMPS	1979 pruebas, 1983 comercial	<i>En todo los Estados Unidos</i>
AURORA-400	1983	<i>Alberta, Canadá</i>
C-Netz, C-450	Empezó en 1981, evolucionó en 1988	<i>Alemania, Austria, Portugal y Sudáfrica</i>
Comvik	Agosto de 1981	<i>Suecia</i>
ETACS	1987	<i>En toda Gran Bretaña</i>
JTACS	Junio de 1991	<i>Japón</i>
NAMPS (Narrowband Advanced Mobile Phone Service)	1993	<i>Estados Unidos e Israel</i>
NMT 450 (Nordic Mobile Telephone)	1981	<i>Suecia, Noruega, Dinamarca, Finlandia, Oman; NMT ahora existía en 30 países</i>
NMT 900 (Nordic Mobile Telephone)	1986	
NTACS/JTACS	Junio de 1991	<i>Japón</i>
NTT	Diciembre de 1979	<i>Japón</i>
NTT Hi Cap	Diciembre de 1988	<i>Japón</i>
RadioCom (RadioCom2000)	Noviembre de 1985	<i>Francia</i>
RTMS (Radio Telephone Mobile System)	Septiembre de 1985	<i>Italia</i>
TACS (Total Access Communications System)	1985	<i>Reino Unido, Italia, España, Austria, Irlanda</i>

Cuadro 1.1.- Lugar y fecha de aparición de los primeros sistemas celulares¹

En EE.UU. no se tenía el problema de la incompatibilidad de sistemas. El *roaming* de una ciudad o estado a otro, no era difícil como en Europa; es por eso que el deseo de diseñar un sistema digital, no era muy fuerte debido a que el sistema celular AMPS trabajaba bien y era muy popular, de hecho fue estandarizado con el nombre de IS-41 en 1988. Para ilustrar este punto,

¹ Telecom Writing, Mobile Telephone History, 1996

basta citar, que en 1986, el número de suscriptores no superaba los 204.000, mientras que en 1988, este número llegaba al 1'600.000. Si se deseaba implementar un sistema más avanzado, se lo tenía que hacer en base al ya existente, para mantener el uso de los mismos teléfonos.

Los europeos veían las cosas de una manera diferente. Debido a que ningún sistema nuevo de telefonía celular se podía acomodar con los usados, ellos decidieron crear un sistema totalmente nuevo y en una banda de frecuencias distinta. Este tendría la misma estructura celular pero sería totalmente digital con el fin de poderlo integrar, especialmente con ISDN (*Integrated Services Digital Network*). El nuevo sistema se denominó GSM (*Global System for Mobile Communications*). El desarrollo de GSM comenzó en 1982 con un grupo de 26 compañías nacionales de telefonía de Europa y comenzó a funcionar a mediados de 1991.

En 1990, las empresas celulares de los Estados Unidos se vieron con la necesidad de aumentar la capacidad de sus sistemas, pensando entonces en migrar hacia un sistema digital que coexistiera con su predecesor analógico, y fue así que se incorporó el estándar IS-54, conocido también como D-AMPS (*Digital AMPS*). Este permitió aumentar la capacidad del sistema reduciendo los canales de voz de 30 KHz a 10 KHz con una técnica llamada TDMA (*Time Division Multiple Access*), la cual colocaba partes de distintas conversaciones en un mismo canal de radiofrecuencia, triplicando la capacidad de llamada. El primer sistema IS-54 funcionó en 1992, y hoy en día opera con alrededor de la mitad de usuarios de telefonía celular en los EE.UU.

En 1991 Japón comenzó a manejar su propio estándar digital llamado PDC (*Personal Digital Cellular*) en la banda de 800 MHz y de 1.5 GHz el cual estaba basado en TDMA, con el cual esperaba sustituir sus viejos sistemas celulares analógicos.

En 1994, Qualcomm, propone un nuevo sistema celular para aumentar la capacidad, en base a la tecnología de espectro extendido. Este estándar fue llamado IS-95, el mismo que usa ciertos protocolos de AMPS, pero en operación normal funciona de una manera bastante diferente que un sistema analógico ó el más avanzado IS-54. El sistema está basado en CDMA (*Code Division Multiple Access*) y es completamente digital, y en sus inicios se proyectó multiplicar de 10 a 20 veces la capacidad de los existentes sistemas celulares.

En América se dio la evolución de IS-54 a IS-136 y con ello comenzaron a funcionar sistemas PCS (*Personal Communications Services*) los cuales eran completamente digitales ya que usaban TDMA o CDMA es decir sistemas IS-136 o IS-95 respectivamente. Sin embargo el sistema más usado fue GSM, llamado también PCS 1900.

Hoy en día algunos operadores usan tanto la banda de 900 MHz o de 1900 MHz en una misma área, poniendo una llamada móvil sobre la banda que mejor calidad le ofrezca.

En 1995 la NTT introdujo en Japón el PHS (*Personal Handyphone System*), el mismo que funcionó en la banda de 1900 MHz, PHS es un sistema sumamente inteligente, permitiendo al mismo teléfono de casa vagar con el suscriptor por toda la ciudad. Este sistema también se destaca por sus 32 Kbps de transferencia de datos e inclusive a 64 Kbps en áreas limitadas.

Actualmente, el despliegue telefónico celular esta muy esparcido por todo el mundo, la tecnología principal en América es IS-136, mientras que GSM domina en Europa y muchos otros países. En Japón tomaron una dirección ligeramente diferente, con el PDC y el PHS.

La demanda de nuevos servicios móviles inalámbricos parece ilimitada, sobre todo con el llamado internet móvil. Sistemas móviles nuevos como 3G llegarán a América una vez que un espectro radioeléctrico adicional sea

liberado para su empleo. Estos servicios combinarán voz y datos, tratando la transmisión de un modo diferente. La conmutación de paquetes será un cambio fundamental, ya que la telefonía celular y la pública conmutada, usan conmutación de circuitos. Aunque servicios celulares como el llamado CDPD (*Cellular Digital Packet Data*) ya emplea conmutación de paquetes.

En las figuras 1.2 y 1.3 se puede observar el porcentaje de uso de cada sistema y la penetración de la telefonía celular en el mundo, respectivamente.

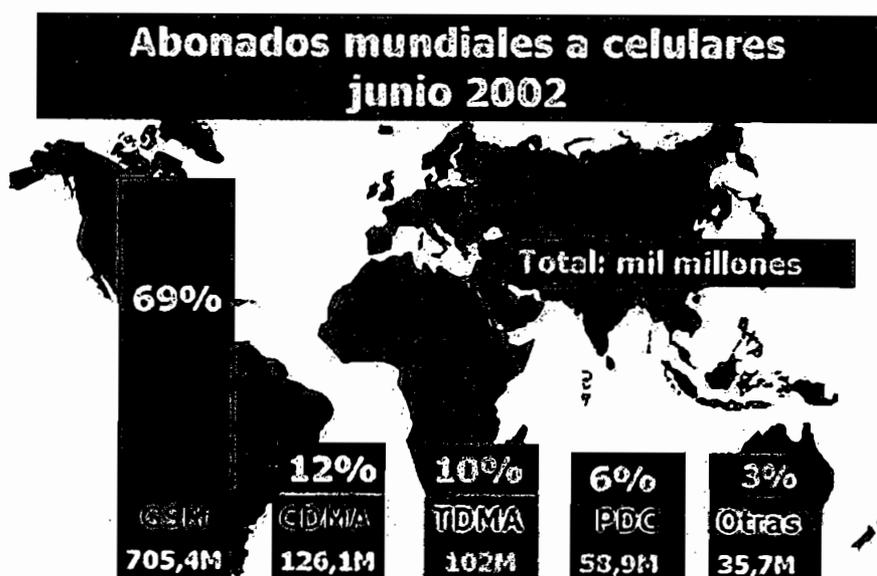


Figura 1.2.- Telefonía móvil celular por tecnologías en el mundo¹.

¹ Fuente: EMC World Cellular Database, 3G Americas, junio 2002

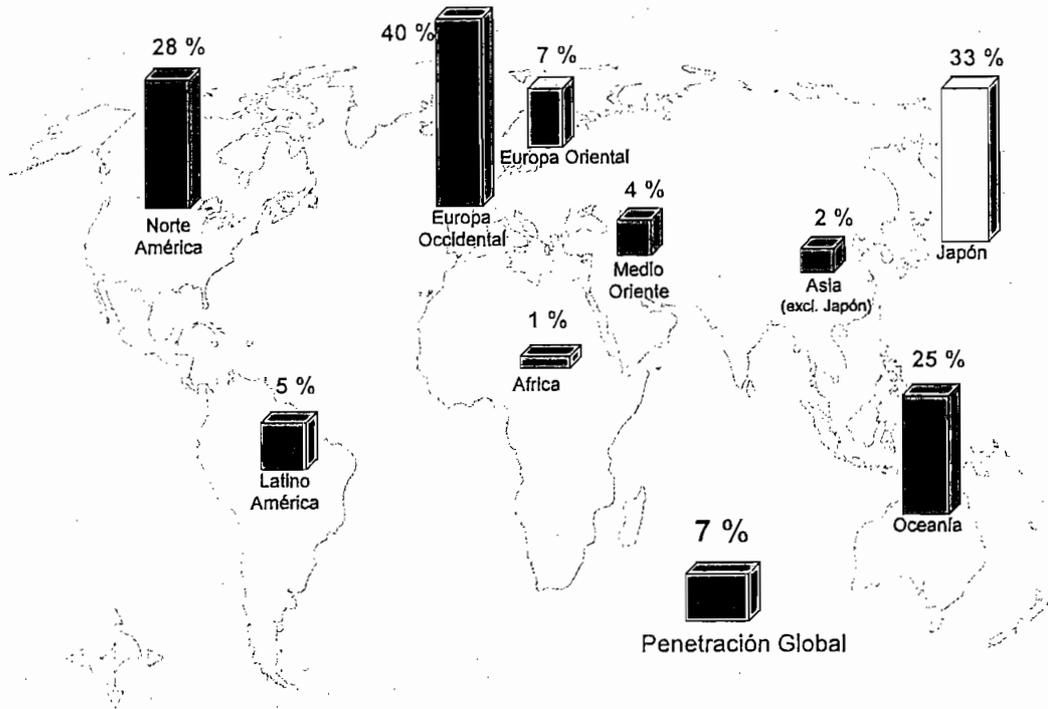


Figura 1.3.- Penetración de la telefonía móvil en el mundo¹

1.2 SISTEMAS CELULARES DE PRIMERA GENERACIÓN

La mayoría de los sistemas celulares de primera generación utilizan FM (*Frequency Modulation*) para la señal vocal y FSK (*Frequency Shift Keying*) para los datos. Las figuras 1.4 y 1.5 ilustran el uso del espectro en FDMA que muestra básicamente la asignación de cada canal de radiofrecuencia a un canal de voz o tráfico.

¹ Redes y Servicios de Telecomunicaciones, Huidrobo Moya, enero 2000

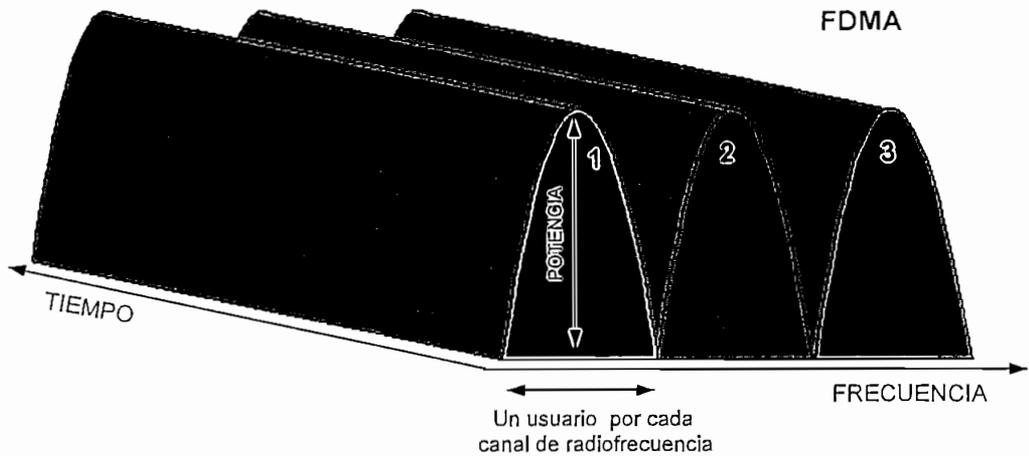


Figura 1.4.- Tecnología de acceso FDMA

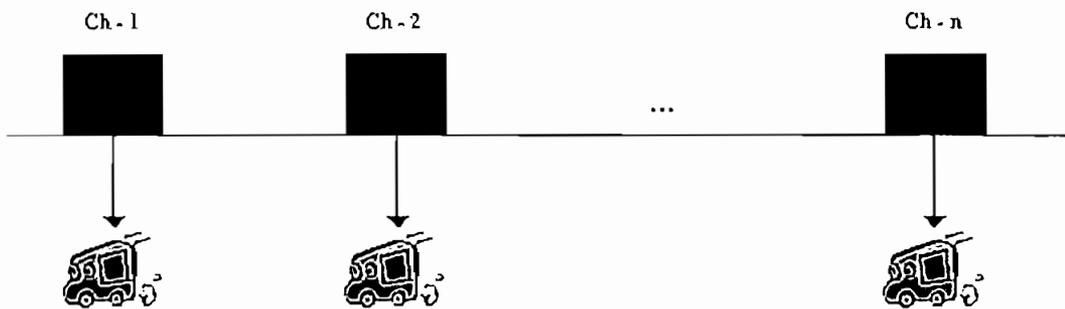


Figura 1.5.- Técnica de acceso FDMA. Cada canal FDMA es asignado a un solo móvil

Características generales de cualquier sistema celular, se hace referencia en el Anexo A.

1.2.1 AMPS – SISTEMA TELEFÓNICO MÓVIL AVANZADO

El ANSI (*American National Standards Institute*), la EIA (*Electronic Industries Association*) y la TIA (*Telecommunications Industries Association*) son los organismos que especifican actualmente la interfaz aire AMPS. La versión actual se conoce como EIA/TIA-553.

La figura 1.6 muestra el espectro de frecuencias que ocupa AMPS. La estación base transmite y recibe en bandas de frecuencias separadas por

45 MHz. Inicialmente se asignaron dos bandas de 20 MHz cada una para el funcionamiento de este sistema en el espectro de los 800 MHz, que fueron la banda A (de 825 MHz a 835 MHz y de 870 MHz a 880 MHz) y la banda B (de 835 MHz a 845 MHz y 880 MHz a 890 MHz). El ancho del canal es de 30 KHz y, típicamente, se atribuye a cada operador en una zona geográfica la mitad de los canales disponibles tanto para el control como para la señal de voz. En EE.UU., en un principio las frecuencias A se reservaban para el operador de red inalámbrica y las frecuencias B para el operador de red alámbrica, pero actualmente ese concepto ya no es válido. Los canales de las bandas A', A'' y B' se conocen como canales de ampliación AMPS (EAMPS), pues se añadieron después de la introducción comercial del AMPS.

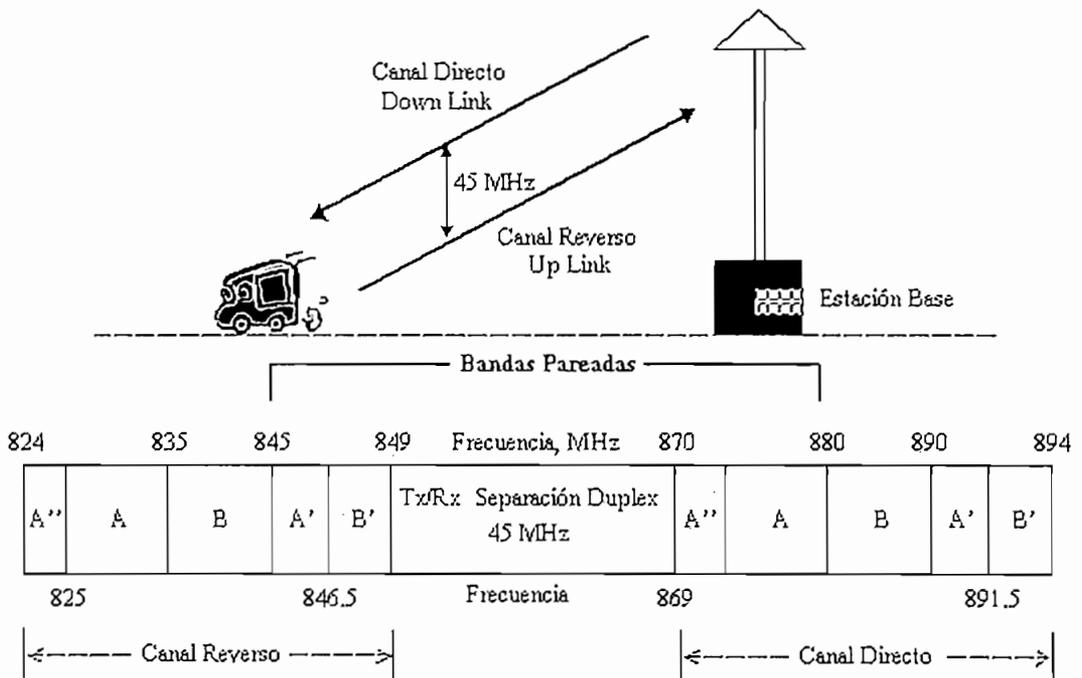


Figura 1.6.- Localización de la banda celular de AMPS¹

En su mayor parte, los estándares de otros sistemas celulares de primera generación son muy similares al estándar AMPS aquí descrito, siendo la

¹ Manual sobre desarrollo de las comunicaciones móviles, BDT, 1997

principal diferencia la banda de frecuencias en que cada sistema es implementado. Entre dichos sistemas celulares importantes están: NAMPS (*Narrow AMPS*), TACS (*Total Access Communications System*), ETACS (*Extended TACS*), JTACS (*Japanese TACS*), NTACS (*Narrow TACS*), UTACS (*Universal TACS*) y NMT (*Nordic Mobile Telephone*).

A continuación se indican las características más relevantes de cada una de estos sistemas.

1.2.2 N – AMPS SISTEMA AMPS DE BANDA ESTRECHA

En noviembre de 1992, TIA elaboró una norma que se publicó como IS-88, la misma que está basada en la norma EIA/TIA-533. El propósito de dicha norma de banda estrecha fue suministrar una interfaz aire con calidad vocal comparable al sistema AMPS, pero con canales de voz que ocupen 1/3 del ancho de banda de los canales de voz en AMPS, permitiendo así mejoras importantes en la capacidad del sistema celular. IS-88 incorpora dos mejoras adicionales, a saber:

1. MRI o interferencia informada por el móvil, es una técnica que permite mantener la calidad de audio mediante la detección y el informe (por parte de la unidad móvil) de la degradación de los canales debida a la interferencia.
2. Agregado de servicios especiales, como el servicio de mensaje cortos (mensajes de texto de 14 caracteres); y CLI (indicador de línea llamante).

Esta es una norma *dual mode*, es decir, la señalización del acceso y el establecimiento de la llamada se llevan a cabo en canales de control AMPS de 30 KHz, y la asignación a canales de voz de banda estrecha sólo se efectúa si la unidad móvil y el sistema servidor pueden admitir el modo de

banda estrecha. Por tanto, la compatibilidad con sistemas AMPS existentes y el equipo de abonado se mantiene.

1.2.3 TACS – SISTEMA DE COMUNICACION DE ACCESO TOTAL

TACS es un sistema que utiliza 15 MHz del espectro radioeléctrico y se utiliza en Europa, en algunas zonas de Asia, en Medio Oriente y en África.

1.2.3.1 Propiedades del sistema celular

- Es posible el crecimiento, utilizando celdas grandes al iniciarse el servicio y pasando después a celdas pequeñas en la fase de madurez del sistema, con una combinación de varios tamaños.
- Es posible la conmutación en curso, por lo menos una vez por comunicación y por minuto.
- Por razones de eficacia en la utilización del espectro debido al reuso de frecuencias, y tomando en cuenta el desvanecimiento debido a la propagación por trayectos múltiples (Rayleigh) que es típico en los canales móviles, la variabilidad del terreno y los diagramas de radiación de antena elegidos, se utilizan valores pequeños para el ancho de los canales.
- Empleo de técnicas mejoradas de registro de las estaciones móviles, a fin de permitir su seguimiento automático tanto en el plano nacional como en el plano internacional.

Separación de canales	25 kHz
Separación Duplex	45 MHz

Rango de frecuencias para los canales de voz y de señalización:

Recepción base/transmisión móvil	890-904 MHz
Transmisión base/recepción móvil	935-949 MHz
Número total de canales vocales	558
Canales de señalización	42
Número total de canales	600

Cuadro 1.2.- Parámetros del sistema TACS¹

¹ Manual sobre desarrollo de las comunicaciones móviles, BDT, 1997

1.2.4 ETACS – SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE ACCESO TOTAL AMPLIADO

ETACS añadió otros 16 MHz de espectro al sistema TACS y se considera una ampliación de éste. No se indican canales de señalización adicionales, aunque se atribuyen 640 canales de voz: 320 para la banda A y 320 para la banda B. Las frecuencias de transmisión y de recepción están separadas 45 MHz.

Separación de canales	25 kHz
Separación Duplex	45 MHz

Rango de frecuencias para los canales vocales y de señalización:

Recepción base/transmisión móvil	872-887 MHz
Transmisión base/recepción móvil	917-932 MHz
Número total de canales vocales	640
Número total de canales vocales (TACS y ETACS combinados)	1198
Número total de canales señalización (TACS y ETACS combinados)	42
Numero total de canales	1240

Cuadro 1.3.- Parámetros del sistema ETACS¹

1.2.5 NMT – TELÉFONO MÓVIL NÓRDICO²

Los sistemas de la norma nórdica (NMT) fueron concebidos para funcionar en la banda de 400 MHz a 470 MHz. Este sistema se desarrolló al final de los años 70 y comenzaron a operar antes de que se implementasen los sistemas celulares.

NMT funciona de forma similar a un sistema celular y se utiliza en Islandia, Suecia, Finlandia, Noruega, Suiza y Holanda. Existe también una versión modificada que se usa en Dinamarca.

¹ Manual sobre desarrollo de las comunicaciones móviles, BDT, 1997

² Informe UIT-R M.742-4, Sistemas Telefónicos Móviles Terrestres de uso Público

El rápido crecimiento del número de abonados del sistema NMT-450 en los países nórdicos hizo necesaria la ampliación del sistema a la banda de 900 MHz (NMT-900). Por consiguiente, se elaboró una nueva especificación que tuvo en cuenta la experiencia adquirida con el NMT-450.

1.2.6 JTACS Y NTACS – SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE ACCESO TOTAL JAPONÉS Y SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE ACCESO TOTAL DE BANDA ESTRECHA

JTACS y NTACS son los sistemas de banda única utilizados actualmente en Japón. La totalidad de la banda ocupa 10 MHz de espectro. Con éstos se pueden establecer en total 800 canales, los mismos que no se encuentran en bandas separadas (A o B). En la especificación original JTACS se utilizaba únicamente un número par de canales y sólo cuando se implementó la especificación de banda estrecha, NTACS se utilizó un número impar de canales.

Separación de canales	25 kHz
Separación Duplex	45 MHz

Rango de frecuencias para los canales vocales y de señalización:

Recepción base/transmisión móvil	915-924 MHz	
Transmisión base/recepción móvil	860-869 MHz	
Número total de canales vocales	NTACS 752	JTACS 376
Canales de señalización	NTACS 48	JTACS 24
Número total de canales	NTACS 800	JTACS 400

Cuadro 1.4.- Parámetros de los sistemas NTACS y JTACS¹

Las celdas de los sistemas JTACS/NTACS transmiten en las frecuencias inferiores del espectro asignado y reciben en las frecuencias superiores del mismo. A la inversa, de lo que ocurre en las celdas de AMPS y de TACS, en las que, la transmisión se realiza en las frecuencias superiores y la recepción en las frecuencias inferiores. Por ello, las unidades de abonado

¹ Informe UIT-R M.742-4, Sistemas Telefónicos Móviles Terrestres de uso Público

de los sistemas JTACS/NTACS no pueden ser utilizadas en los sistemas TACS o AMPS, y viceversa.

1.2.7 UTACS - SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE ACCESO TOTAL UNIVERSAL

UTACS se utiliza en Europa, y en algunas partes de Asia, Medio Oriente, China y África. El UTACS utiliza 15 MHz del espectro radioeléctrico con una separación de canales de 25 KHz, llegándose a tener hasta 920 canales. El espectro usado y la atribución de canales en el UTACS tienen los mismos valores que la combinación TACS/ETACS, con la excepción de que UTACS tiene 8 MHz menos de espectro por lo que posee 320 canales menos.

1.2.8 SISTEMA C-450

En el diseño del sistema C-450 se combina una calidad de transmisión óptima con una utilización muy eficaz del espectro radioeléctrico. La separación de canales es de 20 KHz, además se proporcionan también en el equipo direcciones de canales para una separación de 25 KHz, y para canales entrelazados con una separación de 10 KHz y 12,5 KHz. Esto se consigue mediante un control dinámico de potencia, la medición de la distancia para la asignación y la conmutación de celdas.

1.3 SISTEMAS CELULARES DE SEGUNDA GENERACIÓN

Los estándares de la interfaz aire de segunda generación han tenido mucho éxito en la industria global de las telecomunicaciones, entregando telefonía y servicios de datos a bajas velocidades de transmisión a usuarios finales móviles.

En general los sistemas de segunda generación utilizan los estándares TDMA y CDMA.

A los usuarios de los sistemas TDMA se les asigna una parte del espectro radioeléctrico, los cuales comparten la misma portadora sobre una base de intervalos de tiempo, de esta forma, cada uno de los usuarios alterna su empleo del canal de radiofrecuencia. En TDMA se sigue empleando división de frecuencia, pero las portadoras se dividen a su vez en una serie de intervalos de tiempo para su uso. En las figuras 1.7 y 1.8 se muestra una representación gráfica del sistema TDMA.

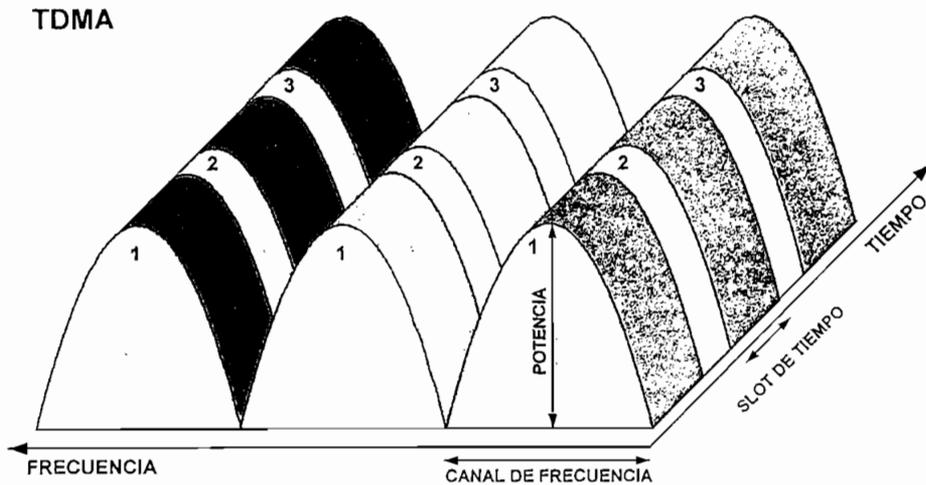


Figura 1.7.- Tecnología de acceso TDMA

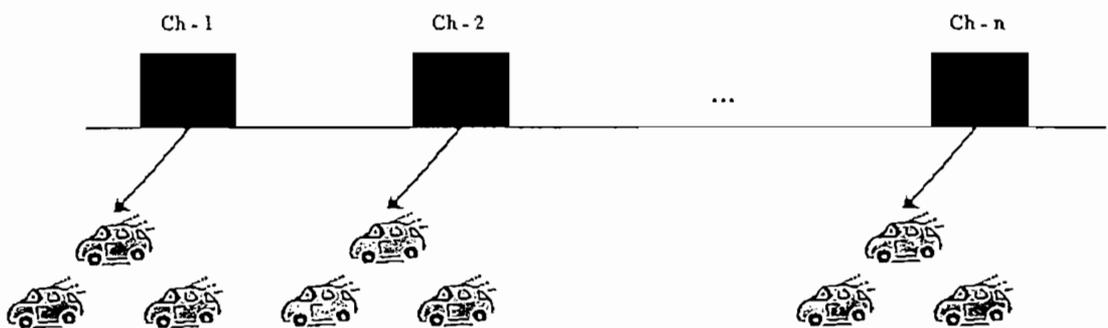


Figura 1.8.- Técnica de acceso TDMA. Cada canal de radiofrecuencia es asignado a tres móviles a la vez

Se asigna a un usuario un intervalo de tiempo para el uso de una portadora en el que puede únicamente enviar o recibir información. La condición se cumple tanto si los otros intervalos de tiempo están libres como si no. El flujo de información no es continuo para ningún usuario, sino que se envía y recibe en "ráfagas". Las ráfagas se reúnen en el extremo receptor y dan un sonido continuo debido a que el proceso es muy rápido.

1.3.1 AMPS DIGITAL (D-AMPS)

La FCC Norteamericana permitió que los dueños de licencias celulares en el rango de frecuencias de AMPS usen otras tecnologías celulares que permitan incrementar la capacidad y mejorar la seguridad. La industria adoptó un sistema híbrido FDMA/TDMA conocido con el nombre de NA-TDMA (*North American TDMA*). En 1988, la TIA desarrolló la especificación IS-54, con el objetivo de traducir a la forma digital el sistema AMPS. La especificación TDMA estipula un ancho del canal de radiofrecuencia de 30 KHz dividido a su vez en tres intervalos de 10 KHz cada con lo cual se mantenía la compatibilidad con AMPS, es decir se podía tener teléfonos *dual mode*.

En un inicio NA-TDMA usaba los canales de control directo y reverso (FOCC y RECC) para funciones de administración, pero con la introducción del estándar IS-136 que es una versión revisada del IS-54, se incluye un canal de control digital más eficiente que FOCC y RECC, además con este nuevo estándar se pudo tener teléfonos totalmente digitales. Los sistemas IS-136 son capaces de operar con terminales AMPS, ya sean estos dual mode o totalmente digitales.

1.3.1.1 Características principales:

- Un código de 64 bits llamado *A KEY* es asignado a cada usuario por la compañía operadora, siendo esta una clave de encriptación.
- Especifica la operación en la banda de AMPS y en la banda de 1.9 GHz (PCS)
- El tipo de modulación es $\pi/4$ DQPSK¹
- Especifica 11 niveles de potencia para un terminal. Desde 4 W a 0.25 mW en pasos de 4 dB
- Encriptación para la autenticación de cada llamada

1.3.2 SISTEMA GSM

El crecimiento rápido en Europa de los sistemas de telefonía celular de primera generación en los años ochenta, y la incompatibilidad entre los sistemas de los distintos países, provocaron la necesidad de encontrar una mejor solución. En 1982, la CEPT (*Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications*) constituyó un grupo de estudio denominado GSM (Group Special of Mobile Communications) para estudiar y desarrollar un sistema móvil terrestre público panauropeo. La abreviatura GSM se cambió después por la correspondiente a sistema mundial de comunicaciones móviles.

El sistema propuesto se centraba en la mejora de:

- Los servicios, por ejemplo los relacionados con la RDSI.
- La calidad y la seguridad del servicio.
- La itinerancia internacional.
- La capacidad de funcionamiento con terminales de mano.
- El reuso de frecuencias.
- Los costos

¹ $\pi/4$ Differential Quadrature Phase Shift Keying. Ver Anexo E

La responsabilidad en cuanto al GSM se transfirió al ETSI (*European Telecommunication Standards Institute*) 1989 y la Fase I de las especificaciones de GSM se publicó en 1990. La Fase II de las recomendaciones GSM que constituye ya una versión completa de la norma GSM con algunos servicios suplementarios adicionales se publicó en 1995. Las redes GSM se planifican o despliegan actualmente en una serie de lugares por todo el mundo, por ejemplo, en Europa, India, Medio Oriente, Lejano Oriente, África, América del Norte, América del Sur, Australia, etc. El sistema GSM funciona en la banda de 890 MHz a 915 MHz para el enlace ascendente (estación móvil a estación base) y en la banda de 935 MHz a 960 MHz para el enlace descendente (estación base a estación móvil). GSM también da servicio en el tramo superior de 10 MHz de cada banda, denominándose entonces sistema mundial ampliado de comunicaciones móviles (EGSM).

Otras características importantes:

- Es un sistema totalmente digital
- Los teléfonos GSM incluyen un módulo SIM (Suscribe Identity Module) que guarda información sobre el usuario, su servicio y ciertos códigos.
- Al igual que NA-TDMA es un sistema híbrido de FDMA/TDMA
- El ancho de los canales es de 200 KHz
- En GSM se especifican cinco clases de estaciones móviles de acuerdo a la potencia que pueden irradiar

1.3.3 SISTEMA CDMA

En julio de 1993, la TIA dio su aprobación a la norma digital CDMA conocida también como IS-95. Esta norma utiliza códigos digitales únicos, más que los canales para diferenciar a los abonados. La estación móvil (teléfono celular) y la estación base comparten los códigos que se denominan «secuencias de códigos pseudoaleatorios». Los sistemas

CDMA dividen el espectro radioeléctrico en portadoras con un ancho de 1250 KHz (1,25 MHz). Uno de los aspectos singulares del CDMA es que, a pesar de que existen límites inevitables en el número de llamadas telefónicas que puede aceptar una portadora, este número no es fijo. Por el contrario, la capacidad del sistema dependerá de una serie de factores. Información más detallada del sistema CDMA se encuentra en el Anexo B.

Las proyecciones teóricas de Qualcomm sugerían un aumento en la capacidad del sistema de 20 a 1 con respecto a AMPS, sin embargo experimentalmente se puede lograr incrementos de 7 a 1. Se han implementado sistemas tanto en la banda original de AMPS como en la banda de los 1900 MHz (PCS).

En la figura 1.9 se puede observar una representación del uso del espectro en CDMA.

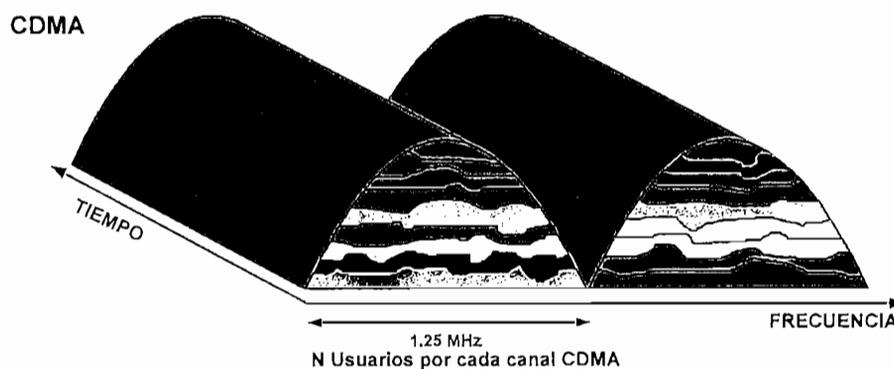


Figura 1.9.- Tecnología de acceso CDMA

1.3.3.1 Ventajas de CDMA¹

Al implementar un sistema telefónico celular, la tecnología CDMA ofrece numerosas ventajas para los operadores celulares y sus abonados. A continuación se ofrece una panorámica de dichas ventajas:

¹ Manual sobre desarrollo de las comunicaciones móviles, BDT, 1997

- La capacidad es de 8 a 10 veces mayor que la de un sistema analógico AMPS y de 4 a 5 veces que la de un sistema GSM.
- Incremento de la calidad de la llamada con un mejor sonido en comparación con el de los sistemas AMPS.
- Simplificación de la planificación del sistema mediante la utilización de la misma frecuencia en cada sector de cada célula.
- Mayor privacidad.
- Mejores características de cobertura que permiten contemplar la posibilidad de un número menor de celdas.
- Aumento del tiempo de conversación para los equipos portátiles.
- Ancho de banda asignado en función de la demanda.

1.4 SISTEMAS CELULARES DE 2.5G

Se denominan sistemas de 2.5 Generación a todos aquellos sistemas que de una u otra forma son un paso de migración de los sistemas de segunda generación hacia los de tercera generación. Las principales tecnologías se resumen a continuación:

1.4.1 GPRS

GPRS (*General Packet Radio Service*) es la evolución del sistema GSM encaminada a llegar a UMTS. Añade conmutación de paquetes a la tradicional red GSM (por definición de conmutación de circuitos de baja velocidad), permitiendo además que 8 usuarios compartan un único time-slot que antes se asignaba a uno solo. Además, cada usuario puede utilizar 8 time-slot logrando velocidades de transmisión de 115 Kbps teóricos, aunque en la práctica son bastante menos.

Requiere la instalación de nuevas entidades funcionales en la red GSM, como son los nodos SGSN y GGSN y hace un uso eficiente del ancho de banda, por lo que resulta una solución adecuada de evolución.

Una mejora de GPRS es la llamada EGPRS, capaz de ofrecer velocidades de datos de 384 Kbps y teóricamente, hasta 473,6 Kbps. Lo que hace posible estas velocidades en EGPRS, es una nueva técnica de modulación, así como nuevos métodos de transmisión tolerante a errores combinados con mecanismos mejorados de adaptación de enlace. Esta es la clave para un aumento de la eficiencia espectral y mejoras en las aplicaciones, tales como acceso inalámbrico a Internet, e-mail y transferencias de archivos.

GPRS/EGPRS será quien marcará el ritmo en la evolución global de la tecnología inalámbrica, en conjunción con WCDMA. Las velocidades de transmisión más altas con los mismos recursos de radio mejoran las capacidades al permitir más tráfico para los servicios de conmutación de circuitos y de paquetes.

1.4.2 EDGE

EDGE (*Enhanced Data Rates for Global Evolution*) es la tecnología que permitirá a los operadores 2G GSM y TDMA (IS-136) entrar en transición e incluso prestar algunos servicios de las redes 3G. Por ejemplo podrá ofrecer servicios y aplicaciones de multimedia móvil basada en IP a velocidades de 384 Kbps con una velocidad de 48 Kbps por intervalo de tiempo en condiciones de radio normales y hasta 554 Kbps en condiciones de tiempo óptimas.

EDGE está ahora sólidamente asentado en el marco de la evolución 3G, es plenamente compatible con el sistema IMT-2000.

EDGE mejora sustancialmente el ancho de banda existente a través de diversas tecnologías de radio, como GSM, TDMA y GPRS, mediante el uso de un sistema de modulación de nivel superior denominado 8-PSK (codificación octanal de cambios de fase).

Aunque EDGE reutiliza el ancho de banda de portadora GSM y la estructura de intervalos de tiempo, la técnica no queda limitada en modo alguno para utilizar los sistemas GSM: se puede considerar como una interfaz aérea genérica para ofrecer de un modo eficiente velocidades de bits superiores en todos los sistemas basados en el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). EDGE también ha sido evaluado y aceptado por el *Universal Wireless Communications Consortium* (UWCC) para la evolución del TDMA (IS-136).

En cuanto al GSM, EDGE permitirá a los operadores utilizar las bandas de radio GSM existentes para ofrecer aplicaciones IP multimedia inalámbricas a velocidades de 384 Kbps con una cuota de bits de 48 Kbps por intervalo de tiempo y, en óptimas condiciones de radio, de hasta 69,2 Kbps por intervalo de tiempo. Una de las principales ventajas de EDGE es que se puede añadir a las actuales redes GSM, TDMA y GPRS llevando a cabo inversiones de bajo riesgo y cuantía. Por ejemplo, no requiere nuevas estaciones base, sino que sólo es necesario añadir nuevos transceptores EDGE a las ya existentes. Los nuevos transceptores anexables ofrecen una gran flexibilidad, ya que pueden manejar tanto llamadas normales GSM/TDMA como tráfico de datos GPRS/EDGE. Esta posibilidad de realizar actualizaciones por etapas hace de EDGE un sistema extremadamente rentable y eficaz, puesto que la adición de nuevos transceptores es parte fundamental de los programas de ampliación de capacidad de los operadores.

EDGE va a utilizar la actual infraestructura 2G de un modo muy eficaz, la planificación de las redes de radio no se va a ver afectada en exceso, se podrán reutilizar muchos de los criterios de diseño de las estaciones base existentes y los nodos de conmutación por paquetes GPRS quedarán invariables, ya que funcionan con independencia de la tasa de bits del usuario. Además, cualquier modificación realizada en los nodos de conmutación se limitaría sólo a realizar actualizaciones del software.

Los canales compatibles con EDGE también podrán utilizarse igualmente para los servicios habituales de 2G, sin necesidad de asignar canales fijos entre EDGE, GPRS y GSM/TDMA. Desde el punto de vista del operador esto permite introducir sin obstáculos los nuevos servicios EDGE, tal vez comenzando por el despliegue de EDGE en los puntos conflictivos del servicio e ir aumentando progresivamente la cobertura de acuerdo con la demanda. El equipo necesario para la instalación de las estaciones base para EDGE deberá formar parte del proceso habitual de la ampliación y mejora de la capacidad de la red.

Además de las altas velocidades para el usuario, una de las ventajas claves de EDGE es su incremento de la capacidad. Por ejemplo, en un momento dado un usuario GPRS puede necesitar tres intervalos de tiempo de un transceptor. Con el sistema EDGE operando sobre GPRS, se puede prestar servicio a este usuario con un solo intervalo de tiempo. Los otros dos que quedarían libres se pueden emplear para otros dos usuarios adicionales a la misma velocidad, o bien triplicar la velocidad de procesamiento de los datos para el primer usuario.

EDGE también se puede introducir en el espectro existente sin necesidad de solicitar nuevas licencias ni de efectuar grandes reestructuraciones en la planificación de la red de radio. Emplea los mismos protocolos, estructura de canales y planificación de frecuencias que las redes actuales GSM/TDMA.

Los operadores de 2G que obtengan licencias de 3G pueden tener acceso a más de una banda de frecuencia de 2G, así como a la nueva banda de 2 GHz (3G). La combinación de GSM/TDMA, EDGE y WCDMA permitirá aprovechar al máximo el espectro combinado. Por ejemplo, una forma eficaz de prestar los servicios 3G sería utilizar EDGE/GSM para conseguir una cobertura inicial en todo el país para los servicios de datos de alta velocidad, centrando el despliegue del WCDMA en áreas de gran densidad de tráfico. De este modo, los operadores pueden lanzar servicios 3G a través de la red de forma muy rápida y rentable. Las principales diferencias entre GSM y GPRS se muestran en el cuadro 1.5:

GSM	GPRS
Velocidades de transmisión bajas	Puede alcanzar velocidades relativamente altas de hasta 115 Kbps
Las conexiones requieren de un tiempo de establecimiento largo	Conexión prácticamente inmediata
No se puede estar permanentemente conectado	Los usuarios se encuentran permanentemente conectados
La facturación se realiza por tiempo de conexión	La facturación se realiza en función de volumen de información descargada (en kilobytes o megabytes)
El uso de esta tecnología para la transmisión de datos es mínimo	Sus características la hacen idónea para aplicaciones que van más allá de la voz y que en forma global se conocen como Servicios Avanzados de Datos en Movilidad

Cuadro 1.5.- Cuadro comparativo de los sistemas GSM y GPRS¹

1.4.3 CDMA2000 1X

CDMA2000 1X se implanta en las actuales asignaciones del espectro de CDMA One (de primera generación) y proporciona aproximadamente el doble de capacidad vocal que CDMA One y velocidades de datos de hasta 144 Kbps. CDMA2000 1X también ofrece compatibilidad con las actuales

¹ Third Generation (3G) Mobile Communications Systems, Dr Vijay K. Garg

redes CDMA One además de otras mejoras relacionadas con el funcionamiento.

1X se refiere a la implementación de CDMA2000 dentro del espectro existente para las portadoras de 1.25MHz de CDMA One. El término técnico se deriva de $N = 1$ (es decir, el uso de la misma portadora de 1.25MHz de CDMA One) y el 1x significa una vez 1.25MHz, como se indica en la figura 1.10.

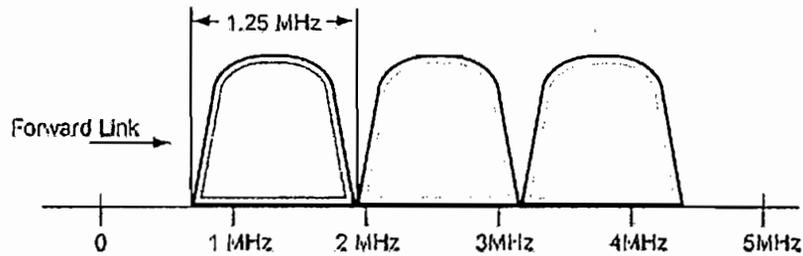


Figura 1.10.- Ancho de banda en sistemas CDMA2000 1x y 1xEV (Múltiplos de 1.25MHz)¹

CDMA2000 1X puede ser implementado en un espectro existente o en un nuevo espectro asignado

La primera red de voz y datos CDMA2000 1x en el mundo fue desarrollada por 3Com Corporation (Nasdaq: COMS) y Samsung Electronics Co. en Corea del Sur, y se encuentra prestando servicios comerciales.

1.4.4 CDMA2000 1xEV

La evolución de CDMA2000 más allá de 1X es ahora llamado CDMA2000 1xEV. 1xEV será dividido en dos pasos: 1xEV-DO y 1xEV-DV. 1xEV-DO

¹ Web Ericsson México, Características de los Sistemas CDMA

significa 1X Evolution Data Only. 1xEV-DV significa 1X Evolution Data and Voice. Ambas proveen pasos para proveer servicios avanzados CDMA2000 utilizando el estándar de portadora de 1.25MHz.

1xEV-DO estará disponible para las operadores durante el 2002. 1xEV-DV estará disponible uno y medio o dos años después que 1xEV-DO.

En cada nueva fase de la red, los operadores de redes móviles podrán ofrecer a sus suscriptores importantes beneficios adicionales, incluyendo mayor velocidad de la red (con el tiempo, hasta 2 Mbps), interoperabilidad global entre las redes y teléfonos móviles de diferentes operadores y servicios de aplicaciones más sofisticados.

1.5 SISTEMAS CELULARES DE TERCERA GENERACIÓN

Actualmente las comunicaciones celulares están centradas en ofrecer los beneficios de comunicación de voz de persona a persona en cualquier parte y en cualquier momento. Pero la necesidades de los usuarios están transformando rápidamente la telefonía personal en un mercado en masa de servicios y terminales móviles personales multimedia.

La comunicación celular de tercera generación hará mucho más que traer capacidades de comunicación de voz a los usuarios. También hará que los servicios de información se encuentren disponibles de forma instantánea, así como también Internet y servicios de entretenimiento. Por ejemplo, un terminal de tercera generación podría funcionar como una cámara de video desde la cual los usuarios finales pueden enviar postales electrónicas y archivos de video.

Para tener éxito es necesario que la comunicación celular de tercera generación proporcione servicios multimedia móviles sin hilos, de alta

calidad, eficaces y fáciles de usar. Los sistemas de tercera generación deben dar apoyo para:

- Altas tasas de transferencia de datos, de hasta por lo menos 144 Kbps (384 Kbps) en todos los ambientes de radio y de hasta 2 Mbps en ambientes de baja movilidad y de interior;
- Transmisión de datos simétrica y asimétrica;
- Servicios de conmutación por paquetes y en modo circuito, tales como tráfico Internet (IP) y video en tiempo real;
- Buena capacidad de voz (comparable a calidad de línea alámbrica);
- Mayor capacidad y mejor eficacia en el uso del espectro comparado con los sistemas actuales de segunda generación;
- Varios servicios simultáneos para usuarios finales y terminales, es decir, servicios multimedia;
- Itinerancia o roaming, tanto nacional como internacional, entre distintos operadores IMT-2000

Las normas celulares digitales de hoy siguen evolucionando, especialmente en lo que se refiere a servicios de valor agregado, capacidad, cobertura, calidad, costos, ancho de banda, y servicios de datos o multimedia. Cada norma celular principal (GSM, TDMA/IS-136, CDMA/IS-95 y PDC) está siendo desarrollada para dar capacidades de tercera generación. Los sistemas de segunda y tercera generación acomodarán terminales dual mode que trabajen con distintos sistemas terrestres y de satélite, para ofrecer cobertura completa hasta en regiones rurales y remotas.

Cuando los primeros sistemas de tercera generación lleguen a estar comercialmente disponibles, se espera que más de 700 millones de abonados estén usando servicios celulares. Unos 50 millones de éstos tendrán acceso a servicios de datos e Internet. Este número forma una importante base de clientes y representa considerables inversiones de operadores.

Dos de los requisitos más importantes para sistemas de tercera generación son por consiguiente que deben dar un camino de migración sin problemas de las actuales redes de segunda generación, y que sean capaces de interoperar con las redes existentes.

A continuación se muestra en el cuadro 1.6 un resumen de los principales sistemas celulares en el mundo.

PRINCIPALES SISTEMAS CELULARES EN EL MUNDO				
DENOMINACION	AMPS	D-AMPS	GSM	CDMA
Normalización	EIA/TIA-553	IS-136	ETSI	IS-95
Año de inicio del sistema	1983	1992	1992	1994
Banda frecuencia MHz	850	850	900	850/1800
Tipo de acceso	FDMA	FDMA/TDMA	FDMA/TDMA	FDMA/CDMA
Tipo de duplexión	FDD	FDD	FDD	FDD
Shift de duplexión MHz	45	45	45	---
Ancho del canal de radiofrecuencia kHz	30	30	200	1250
Número de portadoras	666	666	---	---
Canales por portadora	1	3	8	52-62
Número de canales de voz	666	832	124	798
Canal de voz	Analógico	Digital	Digital	Digital
Tipo de modulación	FM	$\pi/4$ DQPSK	GMSK	GMSK
Tipo de codificación	---	VSELP	RPE-LTP	QCELP

Cuadro 1.6.- Principales sistemas celulares en el mundo y sus características¹

¹ Philips Semiconductors (Innovation in Wireless Communications)

CAPÍTULO 2

SERVICIOS DE LOS SISTEMAS DE TERCERA GENERACIÓN

2.1 INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos principales de los sistemas móviles de tercera generación es el referente a la cobertura universal, la misma que debe permitir a los terminales móviles poder desplazarse entre múltiples redes sin discontinuidades en la señal. Las aplicaciones de usuario tendrán que negociarse para poder establecer un trayecto de comunicación que cuente con las características necesarias de ancho de banda, retardo y calidad, teniendo en cuenta que muchas comunicaciones multimedia serán muy asimétricas. La necesidad de ofrecer servicios futuros no normalizados que puedan crearse independientemente en un entorno de múltiples operadores en competencia, impone requisitos radicalmente innovadores con relación al concepto de interfaz radioeléctrica. Los diversos elementos de dicha interfaz (por ejemplo, el codificador de canal, el modulador, etc.) ya no tendrán parámetros fijos, sino que adquirirán la forma de "caja de herramientas" mediante la cual, los parámetros clave podrán seleccionarse, mezclarse, y adaptarse en función de los requisitos del servicio, conforme a la capacidad instantánea del canal radioeléctrico.

En las redes de tercera generación, los servicios deben ofrecerse de manera flexible para que puedan atenderse las preferencias de cada usuario, pero sin una limitación indebida de la interoperabilidad de las redes ni de la itinerancia entre las mismas. Por ejemplo, al usuario podría dársele la posibilidad de elegir un idioma en el que desea recibir avisos y anuncios de

la red. El concepto de entorno originario (o propio) virtual VHE (*Virtual Home Environment*) sirve como medio para facilitar este enfoque.

Cuando se aplica el VHE, dependiendo de los arreglos y acuerdos profesionales, existen las siguientes opciones:

- Se registran el perfil de servicio de un usuario y la interfaz hombre - máquina MMI (*Man Machine Interface*) a la que está acostumbrado el mismo, para que estos se puedan transferir electrónicamente de la red originaria (o propia) a la red visitada;
- El perfil de servicio de un usuario y/o la MMI se almacenan parcialmente en el módulo de identificación de usuario UIM (*User Identity Module*) y la información restante se almacena en las bases de datos adecuadas de la red propia;
- El perfil de servicio de un usuario y la MMI a la que está acostumbrado se almacenan completamente en el UIM.

Para los usuarios en tránsito fuera de su red originaria (o propia), cada red visitada puede proporcionar las mismas funciones relacionadas con el servicio de la misma manera que la red originaria (o propia), a condición de que ésta última haya suministrado la información suficiente.

2.2 SERVICIOS GENERALES

Los sistemas de tercera generación deben soportar servicios basados en la transmisión digital de una manera eficiente, económica y cómoda para el usuario. El solicitante del servicio debe tener la máxima libertad para comunicar a la red las características del servicio solicitado. Estas características podrían incluir una combinación de tipos de servicio y la calidad de los mismos. La red debe tratar de atender el requisito o proponer una alternativa razonable al solicitante.

Los servicios portadores universales deben permitir el interfuncionamiento con los servicios existentes de la segunda generación, por ejemplo, información digital sin restricciones de audio, multidifusión, difusión en grupo, difusión de voz, llamada de grupo.

Los diferentes tipos de servicios que se describirán más adelante pueden proporcionarse utilizando protocolos definidos por la UIT o utilizando protocolos definidos por el grupo de tareas especiales de ingeniería en Internet IETF (*Internet Engineering Task Force*). En el caso específico de IP, pueden utilizarse capacidades de direccionamiento basadas en IP estáticas y dinámicas para proporcionar el correspondiente soporte de movilidad a los servicios.

Pueden también disponerse múltiples controles de sesión concurrentes como opción del proveedor del servicio para evitar ambigüedades de encaminamiento.

2.3 SERVICIOS BÁSICOS DE TELECOMUNICACIONES

Los servicios básicos de telecomunicaciones están divididos en dos grandes categorías:

- **Servicios portadores:** los cuales son servicios de telecomunicaciones que proveen la capacidad de transmisión de señales entre dos puntos de acceso.
- **Teleservicios:** los cuales son servicios de telecomunicaciones que proveen una completa capacidad, incluyendo las funciones del equipo terminal, para la comunicación entre usuarios dependiendo de los protocolos establecidos por acuerdos entre los operadores de red.

El enlace de comunicación entre los puntos de acceso puede consistir de una red móvil terrestre pública (PLMN, *Public Land Mobile Network*), una o más redes de tránsito y una red terminal. Entre los puntos de acceso, las redes usan diferentes recursos para el control de portadora. La figura 2.1 ilustra esta definición:

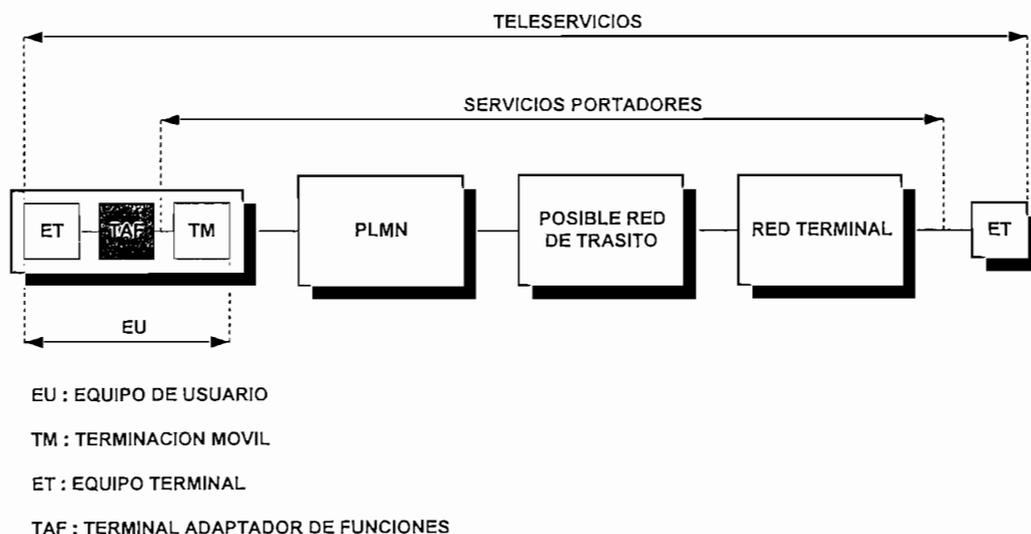


Figura 2.1.- Servicios Básicos de Telecomunicaciones¹

La red terminal puede ser otra como: una red pública de telefonía conmutada PSTN (*Public Switched Telephone Network*), una red digital de servicios integrados (ISDN), redes IP, redes de área local (LAN) o X.25.

2.3.1 SERVICIOS PORTADORES

La particularidad de un servicio portador se da por el uso de un conjunto de características que lo distinguen de otros servicios portadores. Valores particulares son asignados a cada característica cuando se describe y define un servicio portador en especial.

¹ 3G TS 22.105 V3.10.0: Services and service capabilities, 2001

En general, las redes entre los puntos de acceso usan diferentes mecanismos de control. En este caso, los servicios portadores de cada red deben ser trasladados por todo el enlace de comunicación hasta las interfaces de red para tener un servicio portador de extremo a extremo.

Los servicios portadores son negociables y pueden ser usados flexiblemente por las aplicaciones.

2.3.2 TELESERVICIOS

Algunos teleservicios son estandarizados porque éstos interactúan con otros sistemas en los cuales, la estandarización es un requerimiento. Otros teleservicios no lo son. Para el desarrollo de los teleservicios es necesario un desacoplamiento o separación entre las capacidades de las capas inferiores y superiores. Más adelante se definirán tanto los teleservicios estandarizados como los no estandarizados de una forma detallada.

2.4 SERVICIOS SUPLEMENTARIOS

Un servicio suplementario modifica o suplementa a un servicio básico de telecomunicaciones. Consecuentemente, éste no podrá ser ofrecido al usuario como un servicio independiente, sino que debe suministrarse junto o en asociación con un servicio básico de telecomunicaciones. El mismo servicio suplementario puede ser aplicable a varios servicios básicos.

Dos métodos son usados para la caracterización de los servicios suplementarios:

- El primer método es usado para la descripción de los servicios suplementarios estandarizados existentes. Estos servicios son especificados por medio de la descripción de cada una de las

operaciones involucradas en la provisión del servicio y el uso del mismo (operaciones de provisión / suspensión, activación / desactivación, registro, etc.).

- El segundo método permite la provisión de servicios suplementarios para un entorno propio virtual específico. Para hacer posible esto, los servicios pueden ser suministrados usando las capacidades de la red, a las cuales se puede acceder a través de las interfaces de las aplicaciones.

Una PLMN debe estar en la capacidad de manejar múltiples servicios suplementarios dentro de una llamada. Cuando algunos servicios suplementarios estén activados, éstos deberán interactuar de una forma adecuada, de tal forma que exista algún tipo de prioridad en los mismos, con lo cual ciertos servicios podrán imponerse o desactivar a otros servicios.

Se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos cuando los servicios interactúan entre sí:

- Las diferentes fases de una llamada.
- Cuando un servicio atraviesa más de una red.
- Las interacciones que puedan ocurrir entre los servicios ofrecidos a un usuario en particular, también pueden afectar a los servicios ofrecidos a otros usuarios.

Cabe resaltar que los métodos anteriormente citados, son métodos descriptivos, lo cual no implica o restringe diferentes implementaciones.

2.5 SERVICIOS PORTADORES

A continuación se presenta una visión detallada de los servicios portadores, su definición y descripción.

2.5.1 DEFINICIÓN

Los servicios portadores proveen la capacidad para la transferencia de información entre puntos de acceso e involucra únicamente las funciones de capa inferior. Estas funciones son, referidas como capacidades de capa inferior en referencia a las capas del modelo OSI. El usuario puede escoger cualquier conjunto de protocolos de capa superior para su comunicación, aunque la PLMN no podrá determinar la compatibilidad de dichos protocolos entre los usuarios.

En general, un enlace entre puntos de acceso provee un servicio común para el transporte de información. El enlace de comunicación puede cruzar diferentes redes tales como Internet, intranets, LANs y redes de tránsito ATM, teniendo cada red, recursos específicos para el control de portadora. Cada red contribuye para el QoS (Quality of Service) de extremo a extremo percibido por el usuario final.

2.5.2 DESCRIPCIÓN

Los servicios portadores están descritos por un conjunto de características extremo a extremo con requerimientos en la calidad del servicio. Las características y requerimientos deben cubrir la mayoría de escenarios de red, por ejemplo en los casos cuando la red de terminación es una PSTN, ISDN, redes IP, LANs, o X.25.

El QoS es la calidad de un servicio requerido (teleservicio, servicio portador, o cualquier otro servicio) que es percibida por el usuario. La calidad de servicio siempre es extremo a extremo. El rendimiento de algunos elementos pertenecientes a las redes de origen y destino contribuye al QoS percibido por el usuario, incluyendo los terminales y sus accesorios. A fin de ofrecer al usuario un determinado QoS, se debe tomar en cuenta el rendimiento de todos los componentes de la red, lo cual se ve

reflejado en el rendimiento del terminal y que debe proporcionar un margen de desempeño suficiente para aquellos casos en los cuales, los requerimientos para el rendimiento de la red no puedan ser negociados.

El QoS percibido por el suscriptor es asunto de los elementos de la red, los mismos que deben proveer el suficiente desempeño de tal forma que la PLMN no se convierta en un cuello de botella.

Esta sección describe los requerimientos de los servicios portadores en dos grupos importantes:

- Requerimientos en la transferencia de información, lo cual determina las capacidades de transferencia de las redes para el envío y recepción de datos del usuario entre dos o más puntos de acceso.
- Características de la calidad de la información, lo cual describe la calidad de la información del usuario transferida entre dos o más puntos de acceso.

Estos requerimientos son necesarios para permitir la negociación o renegociación de las características de un servicio portador en el establecimiento de la conexión y durante la sesión.

2.5.2.1 Transferencia de información

En relación a este punto, se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

2.5.2.1.1 *Servicios orientados y no orientados a conexión*

Tanto los servicios orientados a conexión como los servicios no orientados a conexión deben ser soportados por el sistema.

2.5.2.1.2 *Tipo de tráfico*

Se requiere que el servicio portador suministre uno de los siguientes tipos de tráfico:

- Tasa de bits constante garantizada
- Tasa de bits dinámicamente variable no garantizada, y
- Tasa de bits dinámicamente variable en tiempo real con un mínimo de garantía.

2.5.2.1.3 *Aplicaciones*

Aplicaciones como voz, video y audio en tiempo real deben ser soportadas por el sistema, lo cual implica:

- Proveer un flujo de datos en tiempo real con una tasa de bits garantizada junto con los retardos extremo a extremo y sus variaciones.
- Proveer un servicio de conversación en tiempo real con una tasa de bits garantizada junto con los retardos extremo a extremo y sus variaciones.

La interactividad en tiempo no real, así como el servicio de transferencia de archivos también deben ser soportados por el sistema, lo cual implica:

- Soportar el envío de mensajes con retardos, teniendo en cuenta el QoS entre los usuarios.

De igual manera, las aplicaciones multimedia también deben ser soportados por el sistema, lo cual implica:

- Dar soporte a los usuarios para conectarse con otro usuario con diferentes tipos de tráfico.

2.5.2.1.4 Características del tráfico

Cuando se requiera un servicio portador con alguna de las siguientes configuraciones:

- Punto a punto
 - Uni-direccional
 - Bi-direccional
 - Simétrico
 - Asimétrico
- Punto a Multipunto Uni-direccional
 - Multicast
 - Broadcast

La aplicación que solicite dicho servicio debe especificar sus requerimientos de tráfico en la red.

Una topología multicast es aquella en la que, las partes involucradas están especificadas antes que la conexión sea establecida, o por las subsecuentes operaciones, tales como agregar o remover partes de la conexión. El terminal o la red de origen de la conexión, siempre tendrá conocimiento de todos los elementos que forman parte de la misma.

Una topología broadcast es aquella en la que, las partes involucradas no siempre conocen el origen. La conexión a una parte en particular, no está bajo el control del origen o fuente.

En el caso de tener un terminal móvil con algunos servicios portadores activos, simultáneamente, será posible para cada servicio, tener configuraciones independientes.

2.5.2.2 Calidad de la información

La calidad de la información tiene que ver con los requerimientos de las aplicaciones en lo referente a la integridad de los bits y los retardos en la transmisión.

2.5.2.2.1 *Máximo retardo de transferencia (MRT)*

Es el tiempo que transcurre entre la petición de transferencia de información en un punto de acceso hasta su envío a otro punto de acceso. Más adelante se definen los requerimientos de este retardo.

2.5.2.2.2 *Variación del retardo*

La variación del retardo de la información recibida sobre la portadora tiene que ser controlada para poder dar soporte a los servicios en tiempo real. Los posibles valores para esta variación no están dentro de un límite definido sino en un rango de valores.

2.5.2.2.3 Tasa de bits errados

BER (*Bit Error Rate*), es la razón entre el número de bits errados y el número total de bits de información transmitidos. Los posibles valores para la tasa de bits errados no están dentro de un límite definido sino en un rango de valores.

2.5.2.2.4 Velocidad de transferencia

La velocidad de transferencia es la cantidad de datos transmitidos entre dos puntos de acceso en un período de tiempo determinado.

2.5.3 OPTIMIZACIÓN DE LA INTERFAZ DE RADIO

Para que exista una verdadera optimización de la interfaz de radio, ésta debe:

- Soportar altas velocidades de datos y la asimetría en los servicios portadores en tiempo real y tiempo no real.
- Tener la posibilidad de extender o reducir el ancho de banda asociado con los servicios portadores a fin de adaptarse a la velocidad de transmisión o a las variaciones en las condiciones de la interfaz de radio.

Sin embargo, los servicios ofrecidos por los sistemas existentes tienen que ser soportados de una manera espectralmente eficiente (por lo menos tan eficiente como en las redes de segunda generación) para una misma calidad de servicio.

2.5.4 VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN SOPORTADAS

Cuando un servicio portador sea solicitado por una aplicación, ésta debe especificar sus requerimientos de tráfico en la red con cualquiera de los tipos de tráfico, tasas de bits errados y demás parámetros especificados anteriormente. La red debe satisfacer estos requerimientos sin gastar recursos en las interfaces de la misma debido a la irregularidad en las velocidades de transmisión. Un terminal móvil podrá tener algunos servicios portadores de forma simultánea, cada uno de los cuales podría o no, ser orientado a conexión.

El único factor limitante para satisfacer los requerimientos de las aplicaciones será la velocidad de transmisión de un terminal móvil en un instante dado en cada entorno radial, en especial cuando se tiene, simultáneamente, tanto tráfico de servicios orientados a conexión como tráfico de servicios no orientados a conexión. En el cuadro 2.1 se presentan las velocidades de transmisión soportadas y las velocidades máximas del terminal, para cada entorno radial:

Entorno de Operación	Velocidad Mínima de Transmisión	Velocidad Máxima del Terminal
Satelital	144 Kbps (1)	1000 Km/h
Externo Rural	144 Kbps	500 Km/h (2)
Externo Urbano o Suburbano	384 Kbps	120 Km/h
Interno	2048 Kbps	10 Km/h

(1) Este valor únicamente puede ser alcanzado en NOM (*Nomadic Operation Mode*)

(2) El valor de 500 Km/h como valor máximo de velocidad fue seleccionado a fin de dar servicio a transportes de alta velocidad (trenes), pero en general el valor típico es de 250 Km/h

Cuadro 2.1.- Velocidades de transmisión y del terminal en entornos radiales¹

¹ 3G TS 22.105 V3.10.0: Services and service capabilities, 2001

2.5.5 REQUERIMIENTOS DE CALIDAD

Una aplicación podrá especificar sus requerimientos de QoS a la red cuando solicite un servicio portador con cualquiera de los tipos de tráfico, tasas de bits errados y demás parámetros especificados anteriormente.

El cuadro 2.2 indica el rango de valores que serán soportados. Estos requerimientos son válidos tanto para el tráfico orientado a conexión como para el que no lo es. Debe ser posible para la red, satisfacer estos requerimientos sin gastar recursos en las interfaces de la misma debido a la irregularidad en el QoS.

	Tiempo Real (Retardo Constante)	Tiempo No Real (Retardo Variable)
Entorno de Operación	BER/MRT	BER/MRT
Satelital	MRT: menor a 400 ms BER: $10^{-3} - 10^{-7}$	MRT: 1200 ms o más (1) BER: $10^{-5} - 10^{-8}$
Externo Rural	MRT: 20 – 300 ms BER: $10^{-3} - 10^{-7}$	MRT: 150 ms o más (1) BER: $10^{-5} - 10^{-8}$
Externo Urbano o Suburbano	MRT: 20 – 300 ms BER: $10^{-3} - 10^{-7}$	MRT: 150 ms o más (1) BER: $10^{-5} - 10^{-8}$
Interno	MRT: 20 – 300 ms BER: $10^{-3} - 10^{-7}$	MRT: 150 ms o más (1) BER: $10^{-5} - 10^{-8}$

(1) El MRT debe ser considerado como el objetivo para el 95% de los datos

Cuadro 2.2.- Rangos de QoS¹

2.5.6 CALIDAD DE SERVICIO (QoS) SOPORTADO POR EL USUARIO FINAL

En esta sección se presenta una visión general de los requerimientos del QoS que será suministrado al usuario final y se los describirá como requerimientos entre entidades de comunicaciones (extremo a extremo).

¹ 3G TS 22.105 V3.10.0: Services and service capabilities, 2001

Los valores de QoS en los cuadros representan el rendimiento extremo a extremo, incluyendo las llamadas de móvil a móvil y los componentes satelitales. Los valores de retardo representan los retardos en una sola vía (por ejemplo desde el terminal de origen hasta el terminal de destino). Los valores incluidos en los siguientes cuadros comúnmente son aceptados desde el punto de vista del usuario final. Los retardos dentro de la red celular, deben mantenerse en valores mínimos, debido a que pueden existir otros retardos de redes externas, los mismos que serán sumados.

En la figura 2.2 constan los mayores grupos de aplicaciones en términos de requerimientos de QoS, los mismos que serán detallados más adelante. Las actuales y futuras aplicaciones pueden ser parte de uno o más grupos.

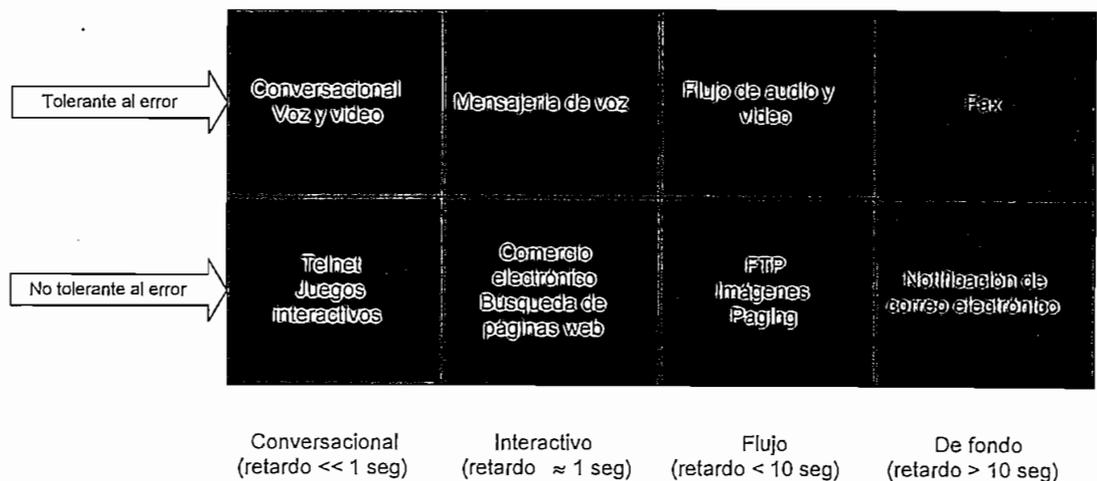


Figura 2.2.- Sumario de aplicaciones en términos de los requerimientos de QoS¹

Los siguientes cuadros presentan los requerimientos de QoS tanto para las aplicaciones como para el usuario final.

¹ 3G TS 22.105 V3.10.0: Services and service capabilities, 2001

Medio	Aplicación	Grado de simetría	Velocidad de transferencia	Parámetros de rendimiento		
				Retardo extremo a extremo en una vía	Variación del retardo durante una llamada	Pérdida de información
Audio	Conversacional de voz	Dos vías	4 – 25 Kbps	< 150 mseg (deseado) < 400 mseg (límite) (1)	< 1 mseg	< 3% FER
Vídeo	Videotelefonía	Dos vías	32 – 384 Kbps	< 150 mseg (deseado) < 400 mseg (límite) Lip-synch: < 100 mseg	NA	< 1% FER
Datos	Telemetría (control de dos vías)	Dos vías	< 28.8 Kbps	< 250 mseg	NA	Cero
Datos	Juegos interactivos	Dos vías	< 1 Kbps	< 250 mseg	NA	Cero
Datos	Telnet	Dos vías (asimétrico)	< 1 Kbps	< 250 mseg	NA	Cero
(1) El retardo total en un vía en la red celular (desde el equipo del usuario hasta el inicio de la PLMN) es aproximadamente de 100 mseg.						

Cuadro 2.3.- Parámetros de rendimiento para los servicios conversacionales¹

¹ 3G TS 22.105 V3.10.0: Services and service capabilities, 2001

Medio	Aplicación	Grado de simetría	Velocidad de transferencia	Parámetros de rendimiento		
				Retardo en una vía	Variación del retardo	Pérdida de información
Audio	Mensajería de voz	Principalmente una vía	4 – 13 Kbps	< 1 seg para la reproducción < 2 seg para la grabación	< 1 mseg	< 3% FER
Datos	Búsqueda de páginas web - HTML	Principalmente una vía		< 4 seg por página	NA	Cero
Datos	Servicio de transacciones de alta prioridad (e-commerce, ATM)	Dos vías		< 4 seg	NA	Cero
Datos	Correo electrónico (acceso al servidor)	Principalmente una vía		< 4 seg	NA	Cero

Cuadro 2.4.- Parámetros de rendimiento para los servicios interactivos¹

Medio	Aplicación	Grado de simetría	Velocidad de transferencia	Parámetros de rendimiento		
				Retardo en una vía	Variación del retardo	Pérdida de información
Audio	Vídeo de alta calidad	Principalmente una vía	32 – 128 Kbps	< 10 seg	< 1 mseg	< 1% FER
Vídeo	Una vía	Una vía	32 – 384 Kbps	< 10 seg	NA	< 1% FER
Datos	Bulk data transfer/retrieval	Principalmente una vía		< 10 seg	NA	Cero
Datos	Imagen fija	Una vía		< 10 seg	NA	Cero
Datos	Telemetría (monitoreo)	Una vía	< 28.8 Kbps	< 10 seg	NA	Cero

Cuadro 2.5.- Parámetros de rendimiento para los servicios de información continua¹

¹ 3G TS 22.105 V3.10.0: Services and service capabilities, 2001

2.6 TELESERVICIOS

A continuación se presenta una visión detallada de los teleservicios, su definición y descripción.

2.6.1 DEFINICIÓN

Los teleservicios proveen las capacidades completas para las comunicaciones por medio de los equipos terminales, las funciones de red y por las posibles funciones ofrecidas por centros dedicados.

2.6.2 DESCRIPCIÓN

La referencia básica para la descripción de los teleservicios es la recomendación ITU-T F.700¹. Dicha recomendación ofrece una descripción genérica, independiente de la red, de los servicios multimedia. La metodología usada cubre tanto servicios de un medio único como los de múltiples medios; los de un solo medio son un tipo particular de los servicios multimedia. Los servicios multimedia son clasificados en categorías con similares características funcionales.

Un teleservicio puede ser visto como un conjunto de capacidades de las capas superiores utilizando las capacidades de las capas inferiores descritas por los atributos de los servicios portadores.

Los servicios multimedia soportan la transferencia (y en algunos casos la recuperación) de varios tipos de información (componentes del servicio). Por esta razón, existen atributos del servicio (relacionando a todos los

¹ Recomendación ITU-T F.700: Marco para los servicios audiovisuales y multimedia

componentes de un teleservicio) y atributos de los componentes del servicio (relacionando un solo componente del servicio).

2.6.3 SOPORTE DE LOS TELESERVICIOS

Los teleservicios requieren la asociación de las capacidades de red y del terminal. En los terminales y en la red, son necesarias, tanto las capacidades de capa superior como las capacidades de capa inferior. El término capacidades de capa superior es usado porque está relacionado a las capas superiores del modelo OSI. Es necesario el desacoplamiento entre las capas superiores y las capas inferiores. A pesar de que el desacoplamiento puede llegar a influir en la optimización de la interfaz de radio; esto es sin embargo, el único modo de diseñar un sistema que no sea obsoleto.

2.6.4 TELESERVICIOS SOPORTADOS POR LA PLMN

Los teleservicios estandarizados son soportados por la interacción con teleservicios provistos en otras redes. Los medios deben ser estandarizados para dar soporte al siguiente conjunto de teleservicios:

- Voz
- Llamadas de emergencia
- Servicio de mensajes cortos

2.6.4.1 Voz

El servicio de voz, tiene que ser soportado de acuerdo a su definición en los estándares internacionales. La referencia internacional para el servicio

de voz es la recomendación de la ITU-T E.105¹. Las redes deberán contener unidades de interconexión, las cuales permitirán que las llamadas sean recibidas o realizadas por los usuarios de las redes existentes como PSTN o ISDN. Así mismo las redes incluirán unidades de interacción para la generación de tonos DTMF (indispensables) u otro tipo de tonos y la detección de los mismos.

El codec de voz seleccionado por defecto debe ser capaz de operar con un mínimo de pérdidas perceptibles de la voz sobre el handover entre las redes.

2.6.4.2 Llamadas de emergencia

Este servicio usa componentes de voz. Sin embargo, comparado con el servicio anterior, aquí, existen menores requerimientos en el procesamiento y establecimiento de la llamada. Adicionalmente las llamadas de emergencia pueden tener una mayor prioridad que las llamadas normales.

2.6.4.3 Servicio de Mensajes Cortos – Punto a Punto (SMS-PP)

El servicio de mensajes cortos - punto a punto será suministrado con facilidad (por lo menos en lo referente al usuario o a los equipos terminales de los mismos) a través de las redes de acceso del sistema.

2.6.4.4 Servicio de Mensajes Cortos – Broadcast Celular (SMS-CB)

De igual forma el servicio de mensajes cortos – broadcast celular será suministrado con facilidad (por lo menos en lo referente al usuario o a los

¹ Recomendación ITU-T E.105: Servicio telefónico internacional

equipos terminales de los mismos) a través de las redes de acceso del sistema.

2.6.5 ACCESO A INTERNET

Las especificaciones 3GPP¹ proveerán los medios para interactuar con redes externas de datos. Esta interacción debe satisfacer, dentro de los límites introducidos por el entorno radio móvil, los requerimientos de QoS de la red. El Internet es visto como la más importante red de interacción, por lo tanto la especificación de un acceso optimizado al Internet será parte de las especificaciones 3GPP. Los beneficios más importantes alcanzados por la definición del acceso al Internet serán:

- Transmisión optimizada de tráfico IP sobre la interfaz de radio para minimizar la cantidad de información transmitida.
- Uso optimizado de los protocolos y algoritmos de encriptación sobre la interfaz de radio.
- Mecanismos de interoperación de QoS

Para los propósitos de acceso optimizado al Internet una o más portadoras genéricas deben ser usadas. Los mecanismos de QoS definidos por el modo de acceso por paquetes tienen que estar armonizados con aquellos mecanismos definidos por Internet.

2.7 SERVICIOS SUPLEMENTARIOS

Los servicios suplementarios son usados para complementar y personalizar el uso de los servicios básicos de telecomunicación (servicios portadores y teleservicios). Las capacidades estandarizadas habilitarán todos los

¹ 3GPP: 3rd Generation Partnership Project.- Grupo encargado para las normas para UMTS

servicios suplementarios especificados en la especificación TS 22.004¹ (Ver Anexo C) para poder ser suministrados.

2.8 SERVICIOS QUE DEPENDEN DEL ACCESO.

A continuación se presentan los servicios que dependerán del modo de radio acceso. En general, diferentes redes de acceso proveen diferentes capacidades con diferente QoS.

- Las llamadas múltiples, como está especificado en TS 22.135², son soportadas únicamente a través de redes de acceso 3G.
- El tráfico por conmutación de paquetes usando GPRS sobre GERAN³ tendrá una velocidad máxima en el orden de los 384 Kbps.
- El tráfico por conmutación de paquetes usando redes de acceso 3G tendrá una velocidad máxima en el orden de los 2 Mbps.
- Los teleservicios descritos en la especificación TS 22.003⁴ son disponibles, únicamente en GERAN.
- La precisión en la determinación de la localización de un terminal puede diferir entre las diversas tecnologías de acceso.
- El servicio de fax, tal como está especificado en TS 22.003⁴ es soportado únicamente por GERAN.

2.9 SERVICIOS BASADOS EN LAS CAPACIDADES DEL SISTEMA

A continuación se presentan algunos servicios basados en las características y capacidades del sistema:

¹ 3G TS 22.004 V4.0.0: General on supplementary services, 2001

² 3G TS 22.135 V3.4.0: Multicall; Service description, 2000

³ GERAN: GSM/EDGE Radio Access Network

⁴ 3G TS 22.003 V4.0.0: Circuit Teleservices supported by a Public Land Mobile Network (PLMN), 2000

2.9.1 RESTRICCIÓN DE LLAMADAS

En los estándares de segunda generación, el servicio de restricción de llamadas permite prevenir llamadas salientes a ciertos conjuntos de destinos, basándose en el número marcado. En este caso, el propósito de este servicio es permitir bloquear las llamadas salientes basándose en un amplio rango de parámetros en el cual podrían estar incluidos factores como hora del día, día de la semana, ubicación, tipo de llamada solicitada, costo del servicio y/o destino. Esto permitiría desarrollar un servicio de restricción de llamadas adaptado a los negocios y a mercados específicos, con el objeto de evitar el abuso.

Este servicio es invocado durante el procedimiento inicial del establecimiento de la llamada saliente y permite que la misma sea bloqueada antes de incurrir en cualquier recargo por uso. Este servicio puede ser aplicado a cualquier teleservicio, ya sea este orientado a conexión o no.

2.9.2 FILTRADO Y ENVÍO DE LLAMADAS

En los estándares de la segunda generación, no existe el servicio de filtrado de llamadas. Todas las llamadas son presentadas al usuario a menos que un servicio de envío de llamadas sea usado para redireccionar las llamadas; no existe un manejo diferente de las llamadas en función de los parámetros de la llamada entrante (aunque la diferenciación del tipo de llamada (voz/datos) si es posible).

El servicio de filtrado de llamadas permite el control de las llamadas entrantes, es decir, si estas son aceptadas, transferidas o terminadas. Los parámetros que pueden ser usados para determinar el destino final de una llamada puede incluir el identificador de llamadas (*CLIP*), número original

marcado, hora del día, ubicación frecuente del usuario, perfil del usuario y estado común del terminal.

Este servicio presenta dos etapas: un filtrado de llamadas inmediato (soportado incluso si el terminal está o no en línea) y un filtrado posterior (soportado únicamente si el terminal está en línea). Es posible crear y operar nuevos servicios de filtrado de llamadas, los cuales pueden configurarse a través de cualquiera de los parámetros necesarios para el manejo de las llamadas.

2.9.3 LLAMADA EN ESPERA

Este servicio permite que a una llamada establecida se la ponga en espera, mientras se suspende el uso de la portadora desde el punto de acceso entrante de la red. Cuando una llamada está temporalmente suspendida se ahorra recursos tanto de la interfaz aire, como del tráfico de la red. El punto de acceso entrante en la red se puede referir al terminal de origen, o al punto de interacción con otra red.

2.9.4 TRANSFERENCIA DE LLAMADAS

Este servicio permite que una llamada establecida o en espera sea redireccionada a otro destino. Esto puede ser usado tanto para las nuevas llamadas que son establecidas como para redireccionar una llamada existente a un nuevo destino. Es posible revertir tales llamadas de vuelta al terminal de destino inicial en cualquier instante, antes de que ésta sea aceptada (contestada) por el nuevo destino. El sistema garantizará que una ruta óptima de tráfico sea usada después que la llamada ha sido contestada por su destino (destino final).

2.9.5 MARCAR CUANDO ESTE LIBRE

Este servicio puede ser invocado cuando un terminal no puede ser conectado con su destino debido a que éste se encuentra en uso. El sistema informará a la entidad que requirió el servicio, cuando el destino se encuentre habilitado para aceptar la llamada, permitiendo que una nueva llamada sea originada. Cuando múltiples requerimientos están pendientes para una terminal que llega a estar disponible, el sistema determinará el orden en el cual las peticiones serán manejadas, probablemente en una forma serial. Idealmente es posible crear tablas que determinarán el orden a ser usado a partir de un rango de parámetros de accesibilidad.

2.10 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS ESQUEMAS DE COMUNICACIÓN

Como se dijo anteriormente, a continuación se presenta una clasificación y descripción detallada de los requerimientos de los usuarios finales y las aplicaciones.

2.10.1 ESQUEMAS DE COMUNICACIÓN

Los requerimientos de los servicios portadores están basados en un análisis de las necesidades del usuario y de sus aplicaciones. Cuatro grupos de usuarios están identificados de acuerdo a cuatro diferentes esquemas de comunicación:

- Esquema de servicios conversacionales en tiempo real.
- Esquema de servicios interactivos.
- Esquema de servicios de información continua.
- Esquema de servicios de fondo o respaldo.

2.10.2 QoS RELACIONADO CON LOS REQUERIMIENTOS DE DESEMPEÑO PARA APLICACIONES DE USUARIO FINAL

Un usuario típico no está interesado en la forma en que cierto servicio es suministrado. Sin embargo, el usuario sí está interesado en comparar un servicio con otro en función de los parámetros de desempeño orientados al usuario que pueden ser aplicados a cualquier servicio extremo a extremo. Desde la perspectiva del usuario, el desempeño debe ser expresado por parámetros que:

- Estén enfocados en los efectos perceptibles por los usuarios, en lugar de las causas de los mismos dentro de la red.
- Sean independientes del diseño interno de las redes.
- Tomen en cuenta todos los aspectos del servicio desde el punto de vista del usuario, los mismos que deben ser objetivamente medibles en el punto de acceso al servicio.
- Puedan ser garantizados al usuario por el proveedor de servicios.

Tomando en cuenta estas consideraciones, a continuación se examinan los requerimientos de aplicaciones típicas para el usuario final que pueden ser ofrecidas.

2.10.2.1 Requerimientos de desempeño para un esquema de conversación en tiempo real¹

El uso más común de este esquema es la telefonía, pero con Internet y los servicios multimedia, nuevas aplicaciones requerirán este esquema, como por ejemplo voz sobre IP y video conferencia. La conversación en tiempo real siempre es ejecutada entre pares o grupos de personas. Este es el único esquema donde las características requeridas son

¹ Cuadro 2.3.- Parámetros de rendimiento para los servicios conversacionales

estrictamente dadas por la percepción humana. Por lo tanto en este esquema, los requerimientos de QoS son más estrictos.

El esquema de conversación en tiempo real está caracterizado por un tiempo de transferencia bajo, debido a la naturaleza misma del esquema. El máximo retardo de transferencia está dado por la percepción del audio y del video de la conversación. Por lo tanto el límite para un aceptable retardo de transferencia es muy estricto, de tal manera que el incumplimiento de esta condición, resultaría en una inaceptable falta de calidad. Los requerimientos para el retardo de transferencia son significativamente más bajos, pero a la vez más estrictos, que el retardo de ida y vuelta en el caso de tráfico interactivo.

Las características fundamentales para el QoS de un esquema de conversación en tiempo real son:

- Preservar las variaciones de tiempo constantes entre las entidades que participan en el flujo de la información.
- Mantener un patrón de conversación (retardo bajo y estricto)

El objetivo de todo este conjunto de requerimientos para este esquema de comunicación es soportar los servicios para las conversaciones en tiempo real con un bajo retardo de transferencia, el mismo que es determinado por la percepción humana.

Una aplicación con envío de información en tiempo real es aquella que envía información basada en el tiempo, la misma que son los datos del usuario que tienen un intrínseco componente de tiempo. El video, audio y animaciones son ejemplos de aquello, que son una secuencia continua de bloques de datos que son presentados al usuario en la secuencia correcta en instantes predeterminados.

2.10.2.1.1 Conversación sólo de voz

Los requerimientos de los retardos en la transferencia de audio dependen del nivel de interactividad de los usuarios finales. Para prevenir las dificultades relacionadas al dinamismo de las comunicaciones de voz, la recomendación G.114¹ de la ITU-T recomienda los siguientes límites generales de tiempo para una transmisión de una vía (asumiendo que se tenga control del eco):

- 0 a 150 ms → rango deseado (si es <30 ms, el usuario no notará ningún retardo, si es <100 ms, el usuario no notará ningún retardo, si la cancelación del eco es suministrada y no existen distorsiones en el enlace)
- 150 a 400 ms → rango aceptable (pero con incremento de la degradación)
- mayor de 400 ms → rango no aceptable

El oído humano es altamente intolerante a las variaciones en los retardos cortos (jitter) y es por lo tanto que estas variaciones sean reducidas al nivel más bajo que sea posible. Un límite tan bajo como 1 ms puede ser un objetivo deseado.

Los requerimientos para las pérdidas de información tienen que ver con el hecho de que el oído humano es tolerante a una cierta cantidad de distorsión de la señal de voz. De acuerdo a estudios, se sugiere que un desempeño aceptable es típicamente obtenido con índices de tramas perdidas FER (*Frame Erasures Rates*) de hasta un 3%.

Una conexión para una conversación sólo de voz, normalmente requiere la asignación simétrica de los recursos de comunicación, en la que, el

¹ Recomendación ITU-T G.114: Tiempo de transmisión en un sentido

promedio de tiempo de espera de una llamada debe estar en un rango de 2 minutos.

2.10.2.1.2 Videotelefonía

La videotelefonía implica un sistema full-duplex, el mismo que transmite video y audio a la vez y que está proyectado para el uso en un entorno conversacional. Los mismos requerimientos para los retardos en las conversaciones sólo de voz, serán aplicados para la videotelefonía como son, la supresión del eco y la reducción de los efectos sobre conversaciones dinámicas, con la adición de que el audio y el video deben ser sincronizados dentro de ciertos límites para proveer *lip synch* que es la sincronización de los labios de la persona que habla con las palabras que son escuchadas por el usuario final. En efecto, debido al tamaño de los retardos, hasta los más recientes codecs de video tendrán problemas para cumplir con los requerimientos.

Así mismo, el ojo humano es tolerante a ciertas pérdidas de información, de tal forma que un cierto grado de pérdida de paquetes es aceptable, dependiendo del codificador de video y del grado de corrección de errores usado. Se espera que lo más recientes codecs de video suministren una calidad aceptable de video con índices de tramas perdidas de hasta el 1%.

2.10.2.1.3 Juegos interactivos

Los requerimientos para juegos interactivos, obviamente, dependen mucho del juego en uso, pero está claro que las demandas de las aplicaciones deben tener retardos muy pequeños (250 ms), que deben ser coherentes con los requerimientos de las aplicaciones.

2.10.2.1.4 Control telemétrico de dos vías

El control telemétrico de dos vías se lo incluye como un ejemplo de un servicio de datos el cual requiere un entorno de flujo de información en tiempo real. El control de dos vías implica un rango muy estrecho en lo referente a los retardos (250 ms), pero un aspecto que lo diferencia de los servicios de voz y video en esta categoría es la no tolerancia para la pérdida de información (esto es obvio si se está controlando un importante proceso industrial, por ejemplo).

2.10.2.1.5 Telnet¹

Telnet es una aplicación en la que su principal requerimiento consiste en tener retardos cortos con el objeto de proveer, esencialmente, un retorno instantáneo de los caracteres.

2.10.2.2 Requerimientos de desempeño para un esquema de servicios interactivos²

Cuando el usuario final, que puede ser una máquina o un humano, está en línea solicitando datos del equipo remoto (por ejemplo: un servidor), este esquema es aplicado. Ejemplos de la interacción humana con equipos remotos son: búsqueda de páginas web, acceso a bases de datos y servidores. Ejemplos de la interacción de máquinas con equipos remotos son: votaciones para registros de audiencia y acceso automático a bases de datos.

El tráfico interactivo es otro esquema clásico de comunicación que en términos generales está caracterizado por un requerimiento de respuesta estandarizado del usuario final; es decir cuando se envía un mensaje, se

¹ Telnet: Aplicación que permite el acceso a terminales remotos

² Cuadro 2.4.- Parámetros de rendimiento para los servicios interactivos

espera una respuesta dentro de un tiempo determinado. Por lo tanto el tiempo de retardo de ida y vuelta es uno de los atributos claves de este esquema. Otra característica, es el hecho de que el contenido de los paquetes debe ser transferido de una forma transparente (con una baja tasa de errores).

Las características fundamentales para el QoS en el tráfico interactivo son:

- Requerimiento de respuesta estandarizado
- Preservación de la carga útil o contenido de los paquetes

El objetivo final de los requerimientos para este esquema de comunicación es poder dar soporte a servicios interactivos en tiempo no real con un bajo retardo de ida y vuelta.

2.10.2.2.1 Mensajería de voz

Los requerimientos para las pérdidas de información son esencialmente, las mismas que para las conversaciones sólo de voz, pero con la diferencia de que aquí existe una mayor tolerancia para los retardos debido a que una conversación no está involucrada directamente. Por lo tanto el principal problema viene a ser el retardo máximo que puede ser tolerado entre el envío de un comando por parte del usuario para reproducir un mensaje de voz y el inicio del mismo. No existen datos precisos al respecto, pero un retardo en el orden de unos pocos segundos puede ser razonable para esta aplicación.

2.10.2.2.2 Transferencia de Datos

Aunque puede haber algunas excepciones, se asume como una regla general que desde el punto de vista del usuario, un requerimiento

fundamental para cualquier aplicación de transferencia de datos, es poder garantizar básicamente que las pérdidas de información sean nulas. Las diferentes aplicaciones, por lo tanto, tienden a distinguirse entre sí en base al retardo que puede ser tolerado por el usuario desde el instante en que la información es requerida hasta que es presentada al usuario.

2.10.2.2.3 Búsqueda de páginas web

Esta categoría, se refiere a la visualización de los componentes HTML de las páginas web en sí, ya que otros componentes como las imágenes o los clips de audio o video son tomados en cuenta pero dentro de sus respectivas categorías. Desde el punto de vista del usuario, el principal factor de desempeño tiene que ver con la rapidez que una página aparece después que está ha sido requerida. Un valor de 2 a 4 segundos por página es aceptado, sin embargo, las mejoras que se puedan hacer al respecto para lograr un tiempo de 0.5 segundos serían bien aceptadas.

2.10.2.2.4 Transacciones de alta prioridad (E-commerce)

El principal requerimiento de desempeño aquí, es poder proveer una sensación de rapidez para el usuario con respecto al procesamiento de la transacción que está realizando. Un valor de 2 a 4 segundos se estima que puede ser aceptado por la mayoría de usuarios.

2.10.2.2.5 Correo electrónico (servidor de acceso local)

Está, generalmente orientado a ser un servicio de almacenamiento y envío, el mismo que en un principio puede tolerar retardos de algunos minutos e incluso horas. Sin embargo, es importante diferenciar entre la

comunicación entre el usuario y el servidor de correo local y la transferencia de servidor a servidor. Cuando el usuario se comunica con el servidor de correo local, se espera que el correo va a ser transferido, en su totalidad, rápidamente, aunque esto no implica que debe ser instantáneamente.

2.10.2.3 Requerimientos de desempeño para un esquema de servicios de información continua¹

Este esquema es aplicable cuando el usuario está observando un video o escuchando algún tipo de audio. El flujo de datos en tiempo real siempre será el objetivo para el usuario.

Este esquema es uno de los más recientes dentro del mundo de las telecomunicaciones, el mismo que ha incrementado los requerimientos, tanto para los sistemas de telecomunicaciones como para los sistemas de comunicación de datos. En primer lugar, este esquema se basa principalmente en un flujo unidireccional de la información con una alta utilización del espectro de forma continua es decir con pocos períodos de silencio. También está caracterizado por el hecho de que las variaciones del tiempo entre las entidades de la información (paquetes, tramas) dentro de la comunicación deben ser preservadas, a pesar de que no existe ningún requerimiento respecto al bajo retardo en la transferencia.

La variación de los retardos en un flujo de información extremo a extremo debe ser limitada, a fin de preservar la relación de los tiempos (variaciones) entre las entidades de la información. Pero como el flujo de información, normalmente está sincronizado al receptor final (el equipo del usuario), la variación del retardo más alta que puede ser aceptada sobre los medios de transmisión, viene dada por la capacidad de la

¹ Cuadro 2.5.- Parámetros de rendimiento para los servicios de información continua

función de sincronización de la aplicación. Es por esto que una variación del retardo aceptable es mucho mejor que la variación del retardo dada por los límites de la percepción humana.

Las características fundamentales para el QoS en el flujo de información continua en tiempo real son:

- Flujo de información continuo unidireccional
- Preservación de las relaciones de los tiempos (variaciones) entre las entidades de la información

El objetivo final de los requerimientos para este esquema de comunicación es poder dar soporte a servicios que requieren una transmisión constante de la información en tiempo real teniendo un flujo de datos unidireccional permanente.

2.10.2.3.1 Audio continuo

Con el audio continuo (*audio streaming*), se espera poder ofrecer una mejor calidad que en la telefonía convencional, lo cual significa que los requerimientos respecto a las pérdidas de información en términos de paquetes perdidos serán significativamente más estrictos. Sin embargo, como ocurre en la mensajería por voz, aquí no están involucrados elementos conversacionales lo que implica que los requerimientos con relación a los retardos no son tan rígidos, e incluso son menos estrictos que en la mensajería por voz.

2.10.2.3.2 Video unidireccional

La principal característica del video unidireccional es que no existen elementos conversacionales involucrados, lo que implica que los

requerimientos con relación a los retardos no son muy estrictos, y pueden ser los mismos que para el audio continuo.

2.10.2.3.3 Datos en grandes cantidades

Esta categoría incluye la transferencia de archivos, y está claramente influenciada por el tamaño de los archivos. Mientras exista alguna indicación de que la transferencia del archivo está en proceso, es razonable asumir una mayor tolerancia a los retardos comparada con la que se necesita para una simple página web.

2.10.2.3.4 Imágenes fijas

Esta categoría incluye una variedad de formatos de codificación (.jpg, .gif y otros), algunos de los cuales pueden tolerar ciertas pérdidas de información debido a que van a ser vistos por el ojo humano. Sin embargo, dado que un simple error de bits puede causar grandes deficiencias en otros formatos de imágenes, se dice que esta categoría debe tener, en general cero pérdidas de información. A pesar de esto, los requerimientos para el retardo en la transferencia de imágenes fijas no son muy estrictos, dado que las imágenes tienden a ser presentadas según se vaya recibiendo la información, lo cual provee una indicación de que la transferencia de datos está en proceso.

2.10.2.3.5 Telemetría (monitoreo)

La telemetría cubre un amplio rango de aplicaciones, pero en esta categoría se toma en cuenta a aquellas que se usan para actividades que relativamente son de baja prioridad, como es la actualización de datos, más que el control en sí.

2.10.2.4 Requerimientos de desempeño para un esquema de servicios de fondo o respaldo¹

Este esquema es aplicado cuando el usuario final, que típicamente es una computadora, envía y recibe datos de respaldo. Ejemplos de este esquema son el envío de e-mails entre servidores, el servicio de mensajes cortos, la descarga de bases de datos y la recepción de registros de medidas.

El tráfico de trasfondo es uno de los clásicos esquemas de comunicación de datos que en términos generales está caracterizado por el hecho de que el destino no está a la espera de los datos dentro de un determinado intervalo de tiempo. Este esquema es más o menos indiferente al tiempo de transmisión. Otra característica es que, el contenido de los paquetes debe ser transferido de una forma transparente (con una baja tasa de bits errados).

Las características fundamentales para el QoS en el tráfico de respaldo o de fondo son:

- El destino no está esperando los datos dentro de un cierto tiempo.
- Preservación de la carga útil o contenido de los paquetes.

El objetivo final de los requerimientos para este esquema de comunicación es poder dar soporte a servicios en tiempo no real sin ningún requerimiento especial en lo referente al retardo.

Una aplicación de respaldo o trasfondo es aquella que no tiene retardos en la información. En principio, el único requerimiento para las aplicaciones en esta categoría es que la información debe ser, esencialmente, entregada al usuario libre de errores. Sin embargo, existe

¹ 3G TS 22.105 V3.10.0: Services and service capabilities, 2001

aún así, una limitación respecto al retardo, ya que los datos pueden llegar a ser inservibles para cualquier propósito práctico, si estos son recibidos demasiado tarde.

2.10.2.4.1 Fax

El fax está incluido en esta categoría debido a que, normalmente no está dirigido a ser parte de las comunicaciones en tiempo real. No obstante, siempre se espera, dentro de los escenarios empresariales en especial, que el fax sea recibido dentro de aproximadamente 30 segundos. Debido a que este tipo de aplicación debe suministrar la información requerida, tanto los datos como las señales de control a través de direcciones contrarias, es necesaria una conexión asimétrica.

2.10.2.4.2 Servicios o transacciones de baja prioridad

Un ejemplo de aplicación en esta categoría es el servicio de mensajes cortos SMS (*Short Messages Service*). En lo referente al valor del retardo en el envío, un tiempo de 30 segundos es aceptado.

2.10.2.4.3 Correo electrónico (servidor a servidor)

Esta categoría está incluida en su totalidad, debido a que, como se mencionó antes, el interés primordial en el correo electrónico está en el tiempo de acceso al mismo. Existe una gran diversidad, en lo referente a lo que el usuario está dispuesto a esperar hasta que reciba el correo electrónico, con un valor medio de unas cuantas horas.

2.10.3 ADAPTABILIDAD Y NEGOCIACIÓN DE SERVICIOS PORTADORES

Las aplicaciones que se encuentran dentro de los esquemas de comunicaciones interactivo y conversacional en tiempo real pueden, también ser descritas de acuerdo a sus posibilidades de adaptación a las condiciones de los diferentes entornos, es decir:

- Aplicaciones rígidas: no pueden ser adaptadas a todos los entornos como son las conversaciones que ocupan todo el ancho de banda
- Aplicaciones adaptables: pueden adaptarse a ciertos entornos, y por lo tanto requieren de la red para soportar la negociación de los servicios como son los codecs de voz de ancho de banda variable.
- Aplicaciones elásticas: se adaptan totalmente al entorno y por lo tanto, no requieren de la negociación de los servicios como es la búsqueda de páginas web.

El objetivo final de estos requerimientos es poder dar soporte a la negociación de los servicios.

2.11 VENTAJAS DE LOS SERVICIOS 3G

Luego de haber visto los servicios que prestarán los sistemas de tercera generación se pueden mencionar las siguientes ventajas de los mismos con respecto a los actuales servicios de los sistemas de segunda generación:

- **Transmisión de datos de manera rápida y efectiva:** actualmente los sistemas de segunda generación ofrecen velocidades de hasta 9.6 Kbps pero con los nuevos sistemas las velocidades serán hasta 2.4 Mbps. Estas velocidades permitirán que los servicios multimedia incluyan capacidades de descargar juegos, video, música e imágenes.

- **Acceso y navegación por Internet:** las velocidades de transmisión de datos más rápidas son fundamentales para lograr el éxito de Internet inalámbrico. La tecnología de alta velocidad de transmisión de datos ofrece una solución de Internet inalámbrica de alta velocidad y gran capacidad, lo cual permitirán aplicaciones de Internet y Multimedia que la gente demanda estén disponibles en ambientes de movilidad, portátiles y fijos.
- **Calidad de voz y claridad en las llamadas:** Excelente calidad en la comunicación eliminando casi en su totalidad cualquier interferencia, debido a que los sistemas 3G filtran el ruido de fondo, la diafonía y la interferencia en las llamadas.
- **Mayor eficiencia en el consumo de batería:** los nuevos equipos de tercera generación requieren menos energía que los equipos de tecnología actuales para enviar la misma cantidad de información. Esto significa para el usuario más tiempo de conversación y teléfonos más pequeños y livianos.
- **Provee mayor capacidad de tráfico** sobre los sistemas actuales lo que ayuda a soportar el continuo crecimiento de los servicios de voz y datos así como a los nuevos servicios de Internet celular.

2.12 EQUIPOS TERMINALES

Luego de una serie de retrasos, las primeras redes celulares de tercera generación fueron puestas en funcionamiento a finales del 2001 en Japón por las empresas NTT DoCoMo y KDDI Corp. con los sistemas UMTS y CDMA2000 respectivamente.

Sin embargo los primeros teléfonos poseían defectos técnicos, es así que en los meses siguientes más de 100.000 teléfonos celulares fabricados por las

compañías Sony y Matsushita Communications Industrial, con la marca Panasonic fueron retirados del mercado.

En Europa, el primer país en conceder licencias para sistemas 3G WCDMA y poner en operación dichos sistemas, fue Finlandia a través de la empresa Sonera, la misma que en un principio no disponía de terminales necesarios para sacar partido de los servicios multimedia y de alta velocidad relativos a la telefonía móvil de tercera generación.

En la actualidad, una de las empresas líderes en el mercado de terminales móviles como es Nokia, realizó el lanzamiento del modelo 6650. El nuevo aparato, como se muestra en la figura 2.3, opera en GSM en 900/1800 Mhz. y UMTS, y está destinado al mercado europeo y al asiático. Este modelo incorpora una cámara fotográfica y de vídeo con la cual se podrán realizar incluso pequeños clips de unos 20 segundos de duración. Sin embargo, el verdadero logro de Nokia ha sido poder unificar en un solo circuito los chips GSM y WCDMA, lo que se manifiesta en un incremento considerable de la autonomía de la batería, de hasta 14 días en stand by y de 2h 20 minutos en WCDMA y de 2h 40 minutos en modo GSM. Así también, el display es capaz de resolver 4096 colores, está equipado con un browser WAP 1.2.1 soportado vía GPRS y cuenta con tecnología Java en una memoria dinámica de 7 MB. Otra utilidad que no ha sido dejada de lado, es la conectividad, el terminal cuenta con conexión Bluetooth, USB e infrarrojos.

Los operadores con licencia para explotar el nuevo sistema comenzarán a recibir los nuevos terminales para realizarles las pruebas pertinentes de compatibilidad durante el último cuarto del año 2002, y los usuarios los podrán disponer en las tiendas a partir de la primera mitad del año 2003. Todas las características anteriormente mencionadas, son una muestra de las funcionalidades que un teléfono celular de tercera generación debe poseer para poder hacer un uso eficiente de los sistemas 3G.

En EEUU se implementó el sistema CDMA2000, en el cual, los terminales de dicho sistema superan a los terminales de WCDMA en el tiempo de duración de la batería, llegándose a tener una ventaja de 4 a 1 en algunos casos, aunque en la actualidad se están estrechando estas diferencias. Algunos de los modelos que se encuentran actualmente en el mercado junto con sus características técnicas se detallan en el Anexo H.

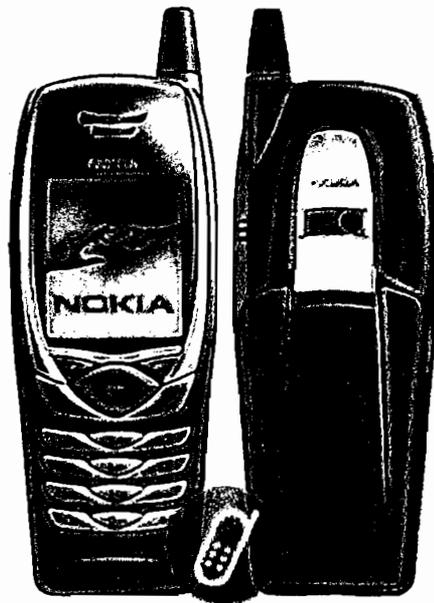


Figura 2.3.- Modelo 6650 de Nokia

En las siguientes figuras, se muestran algunos prototipos de las principales marcas de teléfonos móviles del mundo:



Figura 2.4.- Prototipos Ericsson

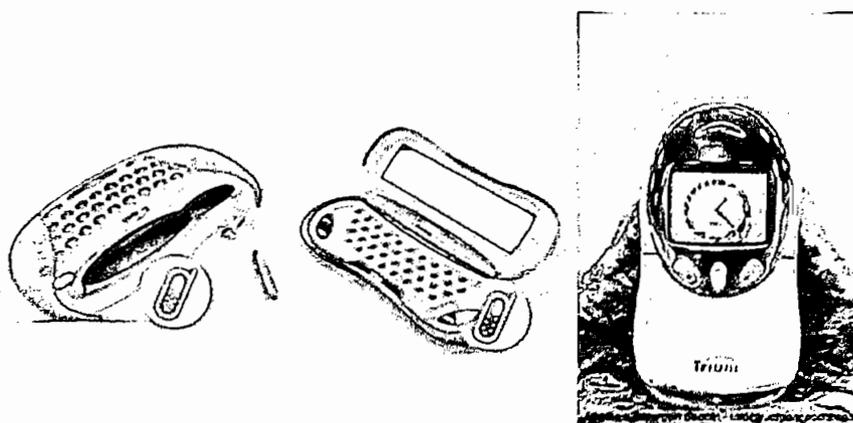


Figura 2.5.- Prototipos Mitsubishi

CAPÍTULO 3

ESTUDIO DE LOS SISTEMAS UMTS Y CDMA2000

3.1 INTRODUCCIÓN

El principal motivo para pensar en sistemas de tercera generación fue el crecimiento de usuarios a las redes inalámbricas e Internet, tal como se observa en la figura 3.1, en el futuro los usuarios conectados a redes inalámbricas superarán a los usuarios en redes fijas. Con la mentalidad de que las normas de tercera generación deben facilitar la migración eficaz del acceso de radio de segunda generación para llegar a tener éxito, se optó por aplicar un plan de migración paso a paso, cuyo inicio son los actuales sistemas de segunda generación de hoy en día.

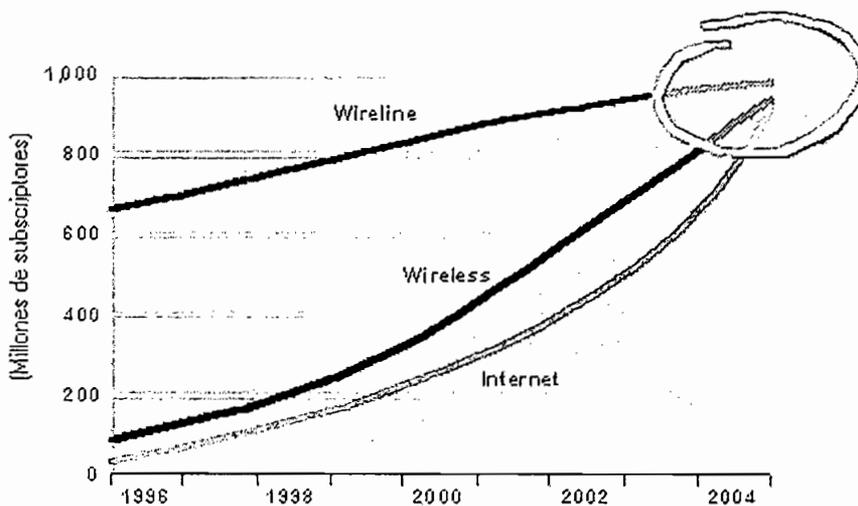


Figura 3.1.- Crecimiento de usuarios a redes inalámbricas e Internet¹

Dado que principalmente existen 3 normas de segunda generación (GSM, TDMA, y CDMA), se debe entonces ofrecer distintos caminos de migración.

¹ Ericsson Review No. 3, 1999

El organismo encargado de normalizar esta migración es la IMT2000¹, y entre los problemas que se le presentan está el de asignar nuevo espectro de frecuencias en las distintas regiones del mundo en la banda de los 2 GHz.

En el WARC 92² se definió un rango de 230 MHz de espectro radioeléctrico, sin asociarlo a ninguna determinada tecnología en las bandas que se muestra en la figura 3.2. En el WRC 2000³ la banda que presta servicios 3G fue ampliada.

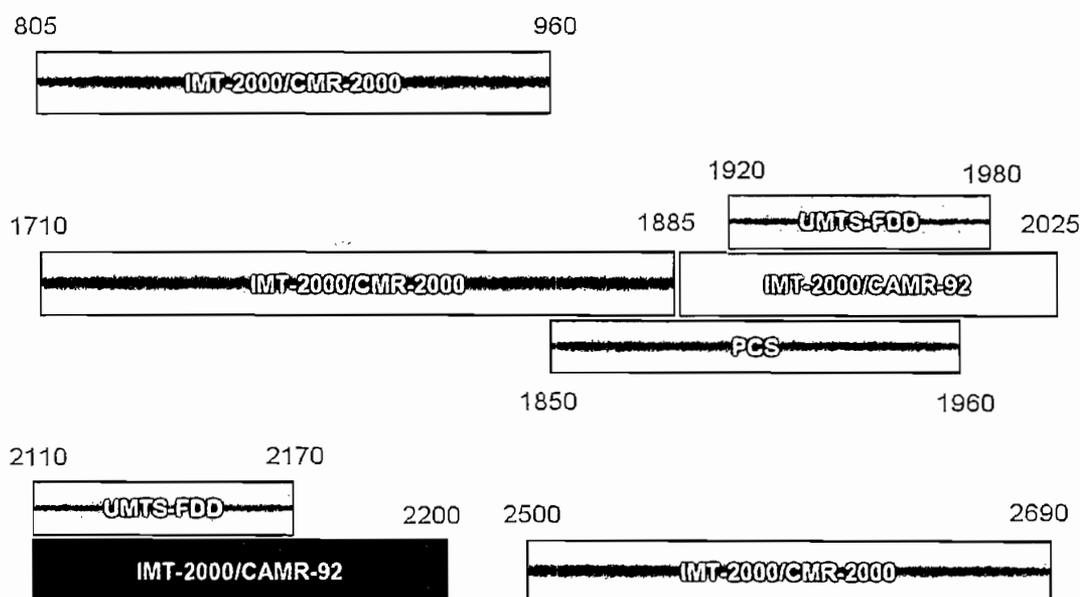


Figura 3.2.- Espectro propuesto en la WARC 92 y la WRC 2000⁴

Tal como se muestra en la figura 3.3, en Europa se asignó las bandas de 1920 a 1980 MHz y de 2110 a 2170 MHz para un modo de operación duplex de división de frecuencia (FDD⁵), y las bandas de 1900 a 1920 MHz y de

¹ Grupo de trabajo encargado de definir estándares universales

² 1992 World Administrative Radio Conference

³ 2000 World Radiofrequency Conference

⁴ Escenario para las IMT 2000, ASETA, abril 2001

⁵ Ver 3.1.2

2010 a 2025 MHz para la operación duplex con división en el tiempo (TDD¹), según la recomendación de ITU; por otro lado en Japón se hizo una asignación idéntica para el modo de operación de FDD, pero ninguna asignación para el modo de operación TDD. La asignación de espectro en los Estados Unidos es distinta a la de Europa y Japón, ya que partes de la frecuencia de 2 GHz ya han sido asignadas para uso por servicios de comunicación personal (PCS).

Aún cuando se ha reservado espectro en ciertas partes del mundo para servicios IMT-2000, no significa que no se puedan prestar servicios similares en otras bandas. Por ejemplo, EDGE y CDMA2000-1x son caminos de migración hacia la tercera generación y apoyan la mayoría de los servicios IMT-2000. Por consiguiente se consideró los siguientes delineamientos para desarrollar el mercado:

- A todos los operadores se les asigna nuevo espectro, o bandas pareadas² o no pareadas³; y
- Todos los operadores migran el espectro existente de segunda generación, apoyando servicios de tercera generación.

En resumen, las normas de tercera generación deben atender de forma eficaz a los requisitos de multimedia y flexibilidad, de migración de segunda generación a tercera generación, y la asignación de espectro.

En la década de los 80 y principios de los 90, la ITU, y especialmente la ITU-R, elaboró un marco para las normas globales de tercera generación. Por otro lado la industria investigó permanentemente el acceso de radio de tercera generación.

¹ Ver 3.1.2

² Al usar bandas pareadas, se necesita asignar una banda para transmisión y una para recepción, se encuentra relacionado con FDD (ver 3.1.2)

³ En el caso de bandas no pareadas, solo se asigna una banda para transmitir y recibir a la vez, se encuentra relacionado con TDD (ver 3.1.2)

En 1998 la ITU-R hizo un llamado para que se presenten propuestas, a la que acudieron diez candidatos, algunos de ellos similares, aunque derivados de distintos grupos de estandarización.

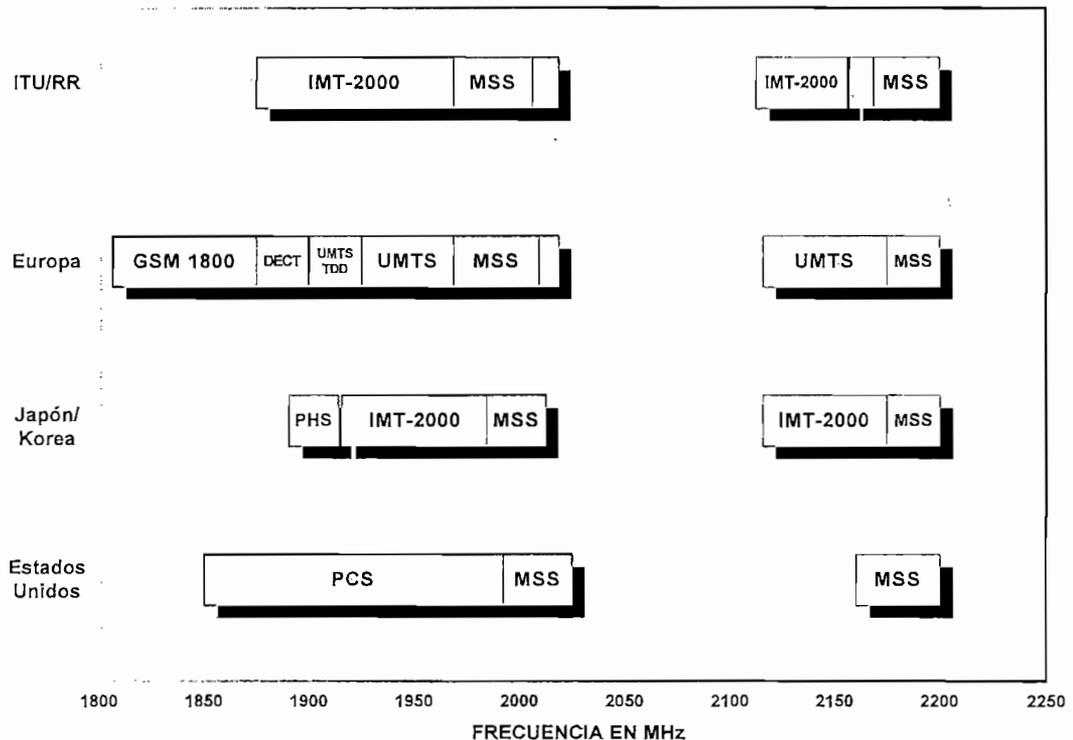


Figura 3.3.- Espectro de frecuencias para 3G en el mundo¹

El Instituto de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) en Europa, respondió con el interfaz de acceso de radio terrestre UMTS (UTRA) para IMT2000, basados en CDMA de banda ancha. En paralelo, se estaba trabajando ya en WCDMA de tercera generación en Japón, Corea y los Estados Unidos. Estos grupos de estandarización unieron fuerzas y formaron una sola norma de estandarización WCDMA.

Por otro lado grupos de estandarización de Estado Unidos y Corea propusieron el sistema CDMA2000 (con modos de dispersión directa y multiportadora). También se recibió una propuesta TDMA por parte de la

¹ Normas de Acceso de Radio de Tercera Generación, Mats Nilsson, Ericson Review No.3,1999

TIA¹ con el nombre de UWC-136, muy parecida a lo que es EDGE, pero que no tuvo mayor acogida.

Es así que CDMA (Code División Multiple Access) aparece como la base tecnológica por excelencia de la próxima generación de comunicaciones móviles 3G, habiendo entrado ya en la presente 2G. De hecho, la tendencia global en la industria es la adopción de las tecnologías CDMA.

CDMA proporciona mejores prestaciones que las tecnologías celulares convencionales tanto en calidad de la comunicación, privacidad, capacidad del sistema, flexibilidad y, por supuesto en ancho de banda.

CDMA es una tecnología genérica que puede describirse, a groso modo, como un sistema de comunicaciones por radio celular digital que permite que un elevado número de comunicaciones simultáneas de voz o datos, compartan el mismo medio de comunicación, es decir, utiliza simultáneamente un grupo común de canales de radio, de forma que cada usuario puede tener acceso a cualquier canal; el canal es un segmento del espectro de radio que se asigna temporalmente a un servicio específico, como, por ejemplo, una llamada telefónica.

En CDMA, cada comunicación se codifica digitalmente utilizando una clave de encriptación que solamente conocen los terminales involucrados en el proceso de comunicación y únicamente mientras dura esta.

3.1.1 ENFOQUES DE LAS NORMAS CDMA

Dentro de la tecnología genérica CDMA existe una variedad de diferentes enfoques generados por empresas y/o asociaciones que constituyen el abanico de opciones para implementar sistemas ya operativos; estos

¹ Asociación de Industrias de Telecomunicaciones

enfoques están estrechamente asociados al tema de las normas, es decir, de la estandarización, ya que los diferentes enfoques compiten para constituirse en estándares. Existen dos enfoques o normas fundamentales dentro de la tecnología genérica CDMA, los dos de banda ancha y que constituyen las dos únicas opciones en cuanto a elección en 3G: W-CDMA (Wideband-CDMA) y CDMA2000.

W-CDMA aparece con importantes expectativas no solo en Estados Unidos sino también en Europa donde UMTS constituye la versión europea de la norma W-CDMA. Desde un punto de vista de trayectoria evolutiva W-CDMA aparece más fuertemente asociado a Japón y Europa, mientras que Estados Unidos aparece asociado a CDMA2000, fundamentalmente porque CDMA en su forma CDMA One¹ es una tecnología 2G bien establecida en Estados Unidos; sin embargo, varias tendencias en los Estados Unidos apuntan a un posible desplazamiento hacia W-CDMA.

La ITU (*International Telecommunication Union*) ha aprobado una cantidad considerable de especificaciones para velocidades de datos y requisitos hacia 3G lo que aumenta las posibilidades de movimiento. CDMA2000 utiliza la misma tecnología subyacente y espectro de radio que CDMA One, con lo cual el proceso de migración de CDMA One a CDMA2000 aparece suficientemente viable. En este proceso de migración aparecen como primera etapa intermedia CDMA2000.1x que se inscribe en el ámbito de las tecnologías de transición hacia 3G, o sea, las tecnologías conocidas como 2.5G, donde también se encuentra GPRS cuyo origen es GSM². La figura 3.4 muestra los posibles caminos de migración de 2G a 3G.

¹ CDMA IS-95 (CDMA de la segunda generación)

² Ver 1.4.x

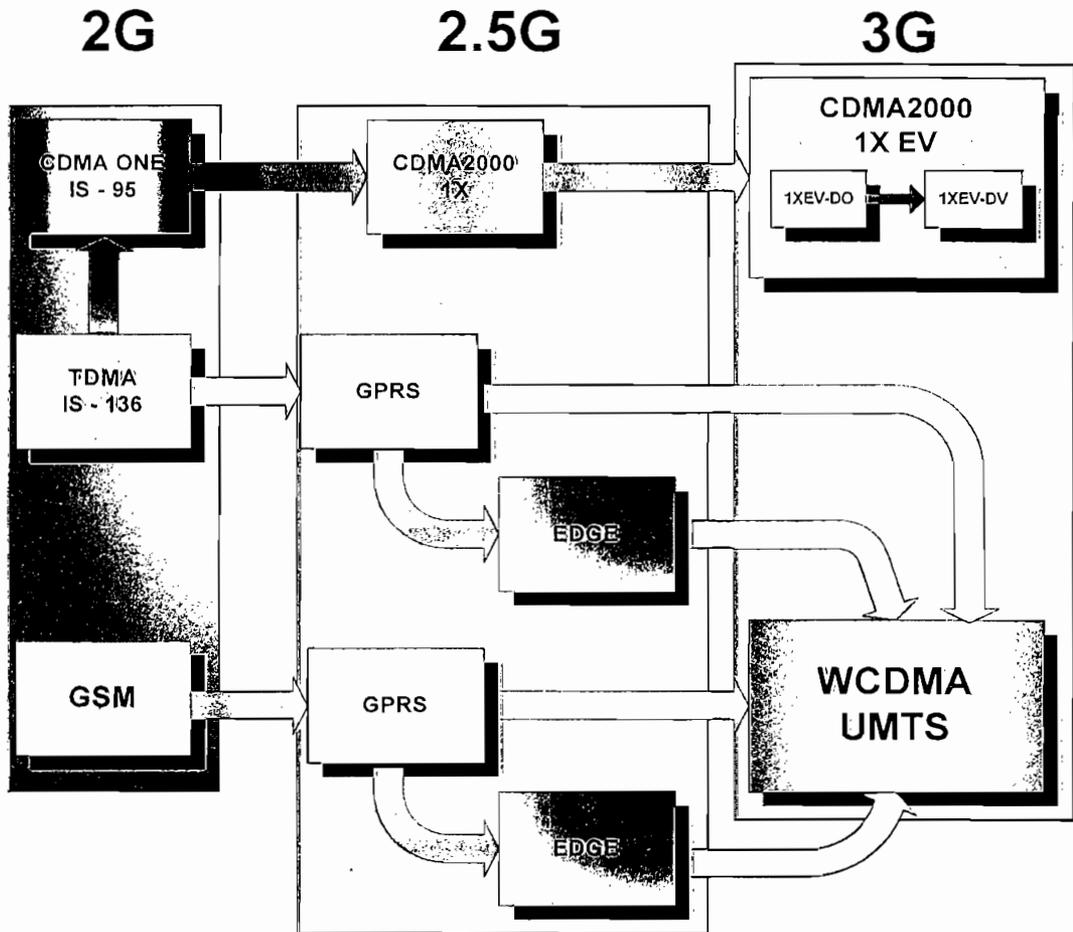


Figura 3.4.- Camino de migración de los sistemas celulares¹

CDMA2000 1x, apoyado por los fabricantes coreanos Samsung, Hyundai y LG Electronics, está funcionando ya en Corea del Sur. A CDMA2000 1x le sigue, en el proceso evolutivo hacia 3G, la versión CDMA2000 1xEV² donde, a su vez, aparecen dos etapas: la primera dedicada solamente a datos (1xEV-DO³) que probablemente esté en funcionamiento a mediados del año 2003 y la siguiente que cubre ya datos y voz (1xEV-DV⁴). Qualcomm, creador de CDMA One es, obviamente uno de los promotores

¹ Hacia la comunicación multimedia móvil de tercera generación, Torbjorn Nilsson, Ericsson Review No.3,1999

² EV viene de EVOLUTION

³ DO viene de DATA ONLY

⁴ DV viene de DATA and VOZ

de CDMA2000, pero la incertidumbre en torno a quién será la tecnología que domine el mercado, CDMA2000 o W-CDMA, hace que las diferentes compañías estén trabajando para poder funcionar con los dos sistemas.

Así, la propia Qualcomm está presente en los dos enfoques, CDMA2000 y W-CDMA (W-CDMA le permitirá entrar en el mercado europeo) y por otra parte, firmas como Motorola o Lucent están trabajando en equipos para sistemas CDMA2000, así como una parte importante de los fabricantes asociados con UMTS. El estado de la situación y el ambiente general parece indicar que W-CDMA cubrirá la mayor parte del mundo: UMTS aparece como un factor crucial en este movimiento.

		1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
IMT-2000	3G					■	■	■	■	■
Digital	2G									
Analog	1G	■	■	■	■	■				
Desarrollo de 2G					■	■				
Fase de Transición						■	■			
Consolidación de IMT-2000							■	■		

Figura 3.5.- Calendario de transición a 3G¹

Sin embargo, factores como el hecho de que la tecnología CDMA2000 estuvo disponible antes que W-CDMA, o los tiempos que toma el poder desplegar la red, pueden ayudar a inclinar la balanza en un sentido u otro. En cualquier caso, el escenario aparece aún confuso en términos de cómo se van a configurar las cuotas de mercado entre los dos contendientes: la forma y rapidez en que produzca el despliegue de las redes está fuertemente asociado a esta configuración de cuotas de mercado. También la compatibilidad entre sistemas y la cartera de servicios, dos temas

¹ Foro Hispano Andino de Nuevas Tecnologías, Julio 2001

perceptibles por el usuario, van a ser cruciales para el desarrollo del mercado y, por supuesto, el tema de los precios.

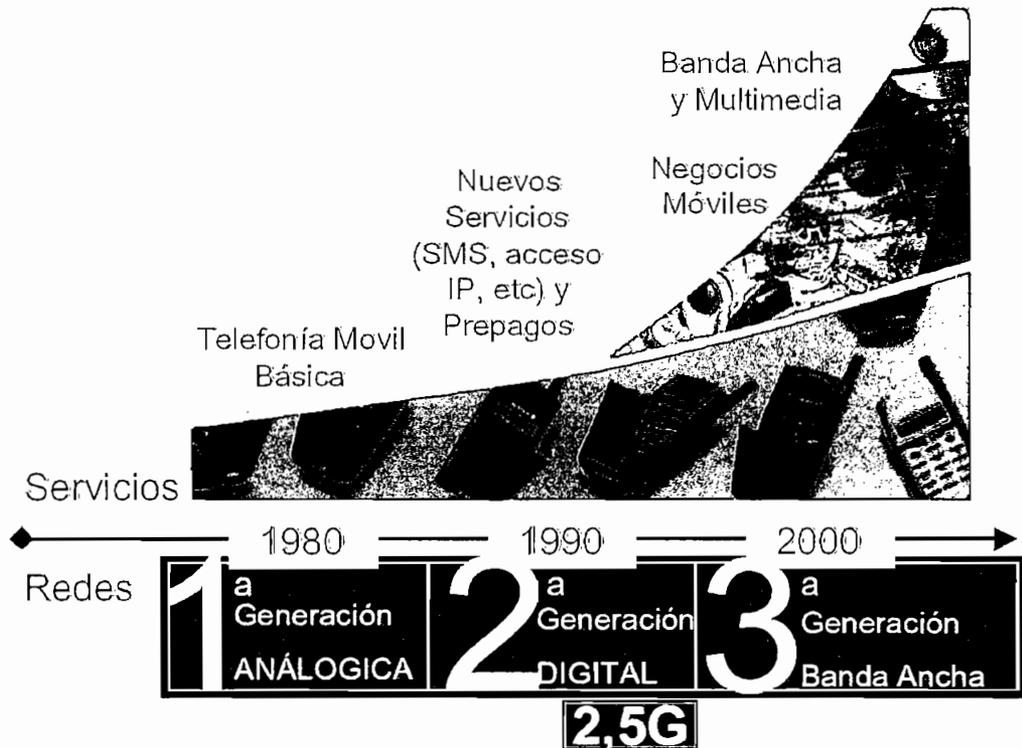


Figura 3.6.- Capacidades de las distintas generaciones celulares¹

Subyacente a todo esto aparecen los temas puramente tecnológicos: CDMA2000 presenta mejores características en compatibilidad y facilidad para la migración (bastante más económica que W-CDMA) además de que utiliza el espectro con más eficacia ya que se pueden conseguir siete portadoras en 10MHz frente a las dos de W-CDMA y, por otra parte, CDMA2000 utiliza el mismo espectro frente a W-CDMA que necesita espectro nuevo. Qualcomm no ha producido recortes masivos en su plantilla como ha ocurrido en el resto de la industria de telecomunicaciones y de la industria inalámbrica en particular y, por otra parte, el precio de sus acciones permanece con una estabilidad razonable.

¹ Sistemas Móviles de Tercera Generación, Hernando López Herrera

Para entrar más profundamente en el estudio de las tecnologías de tercera generación primero se explicará lo concerniente a las tecnologías FDD y TDD

3.1.2 FDD Y TDD¹

En las comunicaciones inalámbricas existen dos métodos para conseguir un canal full duplex, la duplexación por división de tiempo (TDD) y la duplexación por división de frecuencia (FDD). Si se recibe y transmite repetidamente en intervalos muy cortos de tiempo, un canal full duplex puede ser emulado en un canal half duplex. Este es exactamente el mecanismo usado en TDD. En contraparte, un sistema FDD separa ambas direcciones en el dominio de la frecuencia, para así eliminar cross-talk o diafonía. Es decir que un canal full duplex es formado por dos canales simples independientes. El mecanismo básico de FDD y TDD se muestra en la figura 3.7.

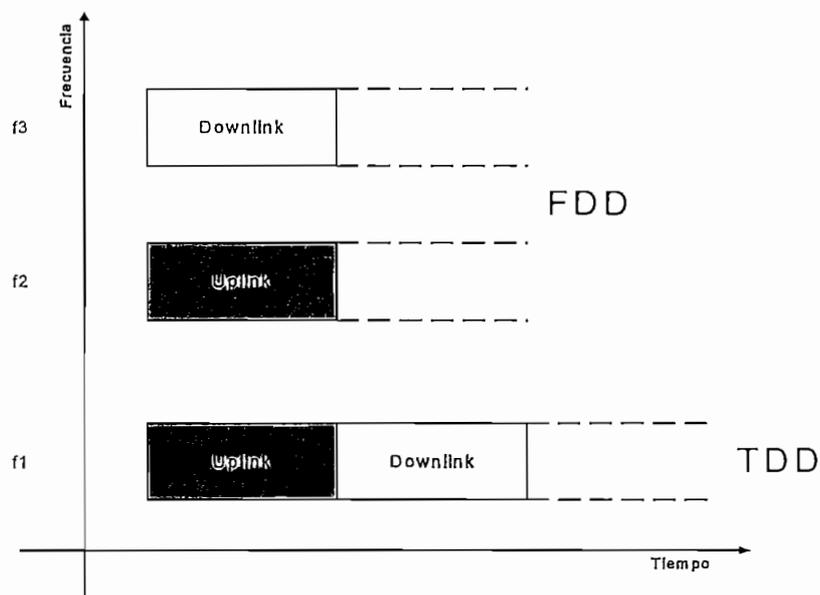


Figura 3.7.- Comparación de FDD y TDD

¹ Interference Analysis of and Dynamic Channel in TDD Systems, Harald Haas

En comunicaciones celulares, la dirección desde la estación base hacia la móvil, es referida como downlink o canal descendente. Similarmente, la dirección de la estación móvil a la estación base se denomina uplink ó enlace ascendente.

La ventaja de FDD es que presenta un verdadero canal full duplex el cual no necesita coordinación entre las transmisiones downlink y uplink. La desventaja es que son dos los canales que deben ser mantenidos. Dado que muchos servicios no requieren un canal full duplex (por ejemplo transferencia de imágenes o archivos), FDD ofrece un buen desempeño a estas necesidades. En el caso de bajar un archivo, el canal de uplink no es usado, dando esto pérdida de espectro, y por supuesto de recursos. La técnica TDD requiere de mucha coordinación (sincronismo), pero debido a su naturaleza, apoya a servicios que básicamente requieren de un canal full duplex asimétrico. Dado que las telecomunicaciones celulares se dirigen hacia el internet inalámbrico, la importancia de TDD crece.

3.2 CDMA2000

La distribución celular y la reutilización de frecuencias son dos conceptos estrechamente relacionados con la tecnología CDMA; el objetivo es realizar una subdivisión en un número importante de células para cubrir grandes áreas de servicio.

En los sistemas basados en la subdivisión celdas (típicamente celdas hexagonales) y en el principio de reutilización de frecuencias, el nivel de prestaciones depende de modo crítico del control de la interferencia mutua debida a la reutilización de frecuencias. En lo que concierne al concepto de reutilización, aunque hay cientos de canales disponibles, si cada frecuencia fuera asignada a una sola celda, la capacidad total del sistema sería igual al

número total de canales en base al concepto de probabilidad de Erlang¹, lo cual originaría que el sistema pudiera albergar solamente a unos pocos miles de abonados.

Mediante la reutilización de canales en un gran número de celdas, el sistema puede crecer sin límites geográficos. Desde un punto de vista de distribución celular, la tecnología CDMA se puede contemplar como una superación de la tradicional subdivisión en celdas hexagonales.

CDMA se fundamenta en la técnica de espectro esparcido o disperso (*Spread Spectrum*²), una técnica que se ha estado utilizando habitualmente en el sector de defensa como medio para eliminar interferencias (*anti-jamming*) o para encriptación. De hecho, CDMA fue propuesto como esquema teórico, a modo de *spy-off*³ del ámbito militar, a finales de la década de los 40 pero su aplicación práctica en el sector comercial tuvo lugar unos 40 años más tarde.

Esta técnica se basa en esparcir el espectro de frecuencias de una señal en un ancho de banda mayor que el mínimo necesario para la transmisión a lo largo de toda la transmisión, es decir, las frecuencias que componen la señal viajan esparcidas a lo largo de todo el enlace con lo cual se consigue camuflar la señal. Al llegar al receptor la señal se reensambla, es decir, las frecuencias se "juntan otra vez" para obtener la señal inicial que ha partido del emisor. De esta forma, se pueden obtener una serie de enlaces que utilizan la misma banda de frecuencia simultáneamente sin que se produzcan interferencias.

La técnica de Spread Spectrum presenta dos modalidades: FH o salto de frecuencia y DS o secuencia directa. El salto de frecuencia se puede

¹ Es el número de ocupaciones que en promedio existen simultáneamente

² Ver Anexo D

³ En contra de espías

describir en términos de que la señal se esparce transmitiendo una ráfaga corta en una frecuencia, a continuación, salta a otra frecuencia emitiendo otra ráfaga corta y así sucesivamente. Secuencia Directa se puede describir en términos de que utiliza una secuencia de códigos de alta velocidad conjuntamente con la información básica que se quiere transmitir, esta secuencia se utiliza directamente para modular la portadora de radiofrecuencia.

En este esquema de secuencia directa cada símbolo (grupo de bits) se multiplica por un código de dispersión llamado secuencia de chip de forma que la banda de frecuencias de la señal se aumenta. La razón entre el número de chips por bit, que se conoce como la relación de dispersión, constituye un factor de gran importancia para evaluar la resistencia de la señal ante interferencias. CDMA2000 utiliza el esquema de secuencia directa, a continuación se presenta sus características.

3.2.1 CARACTERÍSTICAS DE CDMA2000¹

El sistema CDMA2000 proporciona una amplia gama de velocidades de datos, (para servicios de conmutación de circuitos y paquetes), empezando desde TIA/EIA-95B (tecnología CDMA de segunda generación) con una tasa de 9.6 Kbps, hasta llegar a velocidades de superiores a 2Mbps. Proporcionan máxima flexibilidad, permitiendo a los portadores implementar tecnología entre:

- Tamaños de canal de 1,3,6,9, y 12x1.25 Mhz, por ejemplo, los canales más amplios ofrecen servicios que necesitan de tasas de datos altas, utilizar la capacidad total del canal, o incluso, combinar canales para aumentarla;

¹ The CDMA2000 ITU-R RTT Candidate Submission, Release 0.18,1999

- Tecnología avanzada de antenas, por ejemplo, soporte para enlaces de radio, con la posibilidad de mejorar el enlace con la combinación de canales de alta velocidad, incluso hasta su total capacidad;
- Tamaños de celdas, tal como se explica en el 3.2.2 (Entorno)
- Tasas de datos más altas, soportadas en todos los tamaños de canal;
- Soporte para servicios avanzados que no son posibles o prácticos en otros sistemas. (por ejemplo, alta velocidad en circuitos de datos B-ISDN)

3.2.2 ENTORNO

El sistema CDMA2000 puede operar económicamente en una amplia gama de ambientes:

- Megaceldas exteriores (radios mayores a 35 kilómetros)
- Macrocelas exteriores (radios entre 1 y 35 kilómetros)
- Microcelas Interiores o Exteriores (de hasta 1 kilómetro de radio)
- Picoceldas Interiores o Exteriores (de menos de 50 metros de radio)
- Modelos de despliegue:
 - Interior de oficina,
 - Lazo local sin hilos,
 - Vehicular, y
 - Mixto vehicular Interior y Exterior

- Variación en exigencias de movilidad (velocidades de movilidad altas, hasta 500 Kilómetros por hora).

3.2.3 BLOQUES FUNCIONALES Y ESTRUCTURA DE CAPAS DE CDMA2000

A continuación se describen las tres primeras capas (física, enlace y red) de la estructura de CDMA2000. Estas capas inferiores están diseñadas para proporcionar un alto grado de modularidad por las siguientes razones:

- Generalidad: para soportar una amplia gama de servicios como lo son: voz, datos y aplicaciones multimedia (incluyendo soporte a múltiples variedades de tipos de datos, que tienen sus respectivas exigencias de QoS).
- Eficiencia: para soportar y optimizar la señalización para todos estos servicios (por ejemplo: voz, paquetes de datos ó los dos simultáneamente).
- Flexibilidad: para permitir la integración de estas tres primeras capas de CDMA2000 a cualquier ambiente de red.
- Extensibilidad: para poder soportar la adición de nuevos servicios, protocolos y capacidades, sin la interrupción o violación de normas existentes, o poder poner en práctica estas normas o estándares.
- *Adaptabilidad*: para que pueda ser compatible con nuevas tecnologías, mejoramiento de sus equipos, a costos rentables y que de alguna forma mejoren el funcionamiento o la capacidad de su estructura.
- Reutilizabilidad: para que los estándares existentes sean implementados y luego puedan evolucionar

- *Conformidad* a la ITU M.1225¹, es decir cumple con la estructura de capas allí propuesta y
- *Evolución y transición* transparente desde el estándar existente TIA/EIA 95-B, y su normal operación.

En la figura 3.8 se observa la conformación de las tres capas inferiores. Como se puede observar en la figura, varias entidades de las capas inferiores utilizan los servicios de transporte de datos proporcionados por la capa enlace de CDMA2000.

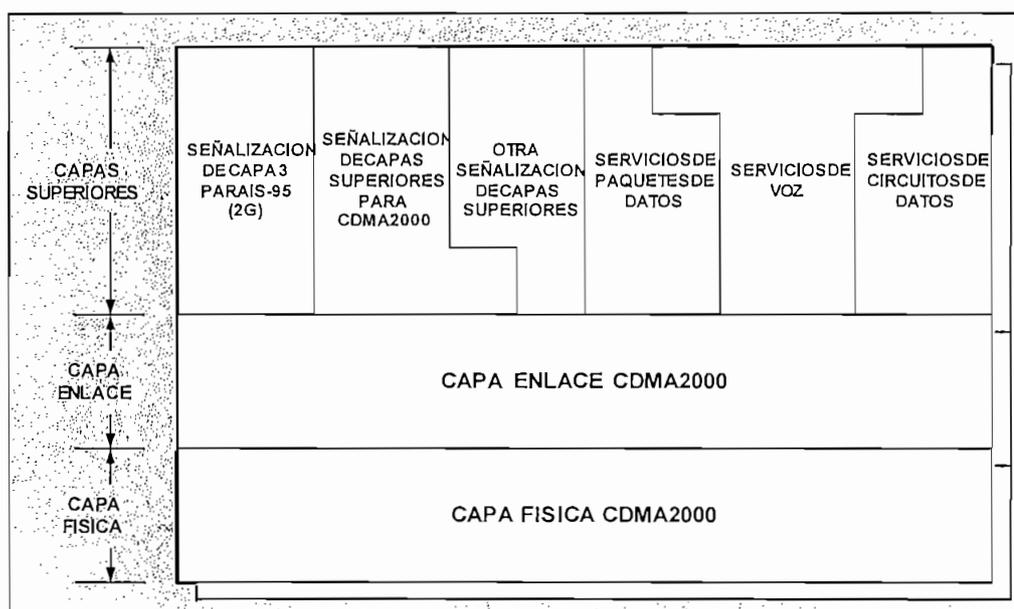


Figura 3.8.- Modelo de capas de CDMA2000²

Por motivos de simplificación, en esta parte, todos los servicios de capa que se encuentren por encima de la capa de enlace (por ejemplo, red, transporte, sesión, presentación y aplicación, del modelo ISO/OSI) en su conjunto son considerados como entidades de capas superiores. La capa

¹ Pautas de evaluación de las tecnologías de transmisión radioeléctrica para las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000)

² The CDMA2000 ITU-R RTT Candidate Submission, Release 0.18, 1999

de enlace a su vez, da soporte a los servicios de las capas superiores, y se sirve de la capa física para que esta codifique y module y los datos puedan ser enviados a través del interfaz aire.

3.2.3.1 Capas superiores

La tecnología de transmisión de radio CDMA2000 proporciona un marco flexible y abierto para la inclusión de servicios de capas superiores, en diferentes configuraciones, según las capacidades que se requieran y a que red circundante van a ser integradas. El término "servicios de capas superiores" es usado para referirse colectivamente a la capa 3 (red) del modelo ISO/OSI y a las demás que se encuentren por encima de ésta. La tecnología de transmisión de red CDMA2000, en sus capas superiores contiene varios servicios que pueden ser incluidos en tres categorías básicas:

- *Servicios de voz.*- servicios telefónicos (incluyendo acceso a PSTN, estación móvil a servicios de voz de estación móvil, y telefonía por Internet);
- *Servicios de datos para usuario final.*- encargados de entregar datos al usuario final u estación móvil, estos incluyen ya sea paquetes de datos (por ejemplo IP), servicios de circuitos de datos (por ejemplo, servicios de emulación de B-ISDN), o servicios de mensajes cortos (SMS); y
- *Señalización.*- servicios que controlan todos los aspectos de operación de la estación móvil.

En suma, CDMA2000 soporta una generalidad de servicios multimedia con su estructura de capas y control que integran todos estos tipos de servicios. Para conseguir estos objetivos, se le provee de las siguientes capacidades:

- Soporte para múltiples sesiones simultáneas activas, y entre estas cualquier combinación de tipo de servicio (voz, paquete de datos, y circuito de datos);
- Alta calidad de servicio (QoS), la cual permite controlar mecanismos para especificar, negociar, entregar, y renegociar dinámicamente (si fuera necesario) los parámetros QoS para cada sesión activa; y
- Un control de Acceso al Medio sofisticado (MAC) que asegura una operación eficiente, alto rendimiento al usuario, así como una capacidad de la interfaz aire óptima. Esta alta eficacia es posible incluso cuando muchas estaciones móviles se encuentran simultáneamente activas, con múltiples servicios activos que tienen exigencias diferentes de QoS.

3.2.3.1.1 Servicios de voz

CDMA2000 proporciona un marco flexible para la inclusión de servicios de voz en distintas configuraciones dependiendo de las capacidades que se requieran y de la red circundante a la cual se encuentra integrada. Las siguientes son las configuraciones de servicio de voz soportadas por el estándar CDMA2000 (aunque nada excluye la integración de cualquier otro servicio de voz en las a capas superiores):

- *Servicios de voz tradicionales compatibles con TIA/EIA-95-B.*- Tráfico de voz codificada con un vocoder compatible TIA/EIA-95-B (por ejemplo EVRC¹) trasportando dentro un canal fundamental sin capacidades adicionales de CDMA2000 o sus capas LAC o MAC.

¹ Bajo la norma IS-127 Enhanced Variable Rate Codec EVRC

- *Servicios de voz CDMA2000 para transporte de paquetes de datos.*- Tráfico de voz codificado con una aplicación específica de vocoder que transporten paquetes de datos usando un estándar CDMA2000 para servicios de paquetes de datos (por ejemplo telefonía por Internet, usando un codificador de voz que trabaje sobre UDP/IP); y
- *Servicios CDMA200 de transporte de voz sobre circuitos de datos.*- tráfico de voz codificada con una aplicación específica o un vocoder CDMA2000¹, transportado en un circuito de datos, usando un estándar de circuito de datos CDMA2000 que trabaje en sus capas LAC y MAC (por ejemplo voz codificada con una garantizada QoS en el circuito de conexión).

3.2.3.1.2 *Servicios de Datos*

CDMA2000 define en general dos tipos de servicios de datos (aunque prácticamente cualquier otro servicio de datos pueda ser integrado fácilmente como un servicio CDMA2000 de capa superior):

- *Servicios de Paquetes de Datos.*- Servicios portadores que utilizan estándares de servicios de paquetes de datos no orientados a conexión incluyendo el protocolos basados en Internet Protocol (IP) (por ejemplo TCP y UDP) e ISO/OSI *Connectionless Internetworking Protocol (CLIP)*; y
- *Servicios de Circuitos de Datos.*- Servicios portadores que emulan estándares internacionales de servicios orientados a conexión como los son los accesos dial-up asíncronos, FAX, ISDN V.120 de velocidad adaptable, y servicios B-ISDN.

¹ Entre los que se encuentran; Ley μ , ADPCM G.726, EVRC IS-127

3.2.3.1.3 Señalización

CDMA2000 puede soportar la integración de señalización de servicios para las capas superiores fácilmente, sin embargo se han señalado dos servicios específicos de señalización dentro de CDMA2000, y son:

- *Servicios de señalización para IS-95 2G.*- señalización para un estándar predecesor, es decir compatibilidad con TIA/EIA-95; y
- *Entidades de señalización de capas superiores para CDMA2000.*- varias prestaciones de señalización que proporcionan un completo soporte tanto para el inicio como el futuro de los servicios que requieran los usuarios finales en CDMA2000.

Además, CDMA2000 ha sido diseñada para poder acomodar otros servicios de señalización de capa superior semejantes, definidos muy bien por la ITU entre los que se encuentra la señalización emulada y la señalización encapsulada que no son referidos en este proyecto

3.2.3.2 Capa enlace

La capa enlace provee soporte y mecanismos de control a los servicios de capas superiores. La capa enlace soporta varios niveles de fiabilidad y calidad de servicios (QoS) los que van de acuerdo a necesidades específicas de las capas superiores. Finalmente, la capa de enlace ejecuta funciones que son necesarias para el transporte de los datos desde las capas superiores hasta las capacidades y características de la capa física. La capa enlace se encuentra apoyada por los servicios o funciones de codificación y modulación de la capa física. La capa enlace es dividida en dos sub capas, tal como se muestra en la figura 3.9.

- Control de Acceso al Enlace, y
- Control de Acceso al Medio

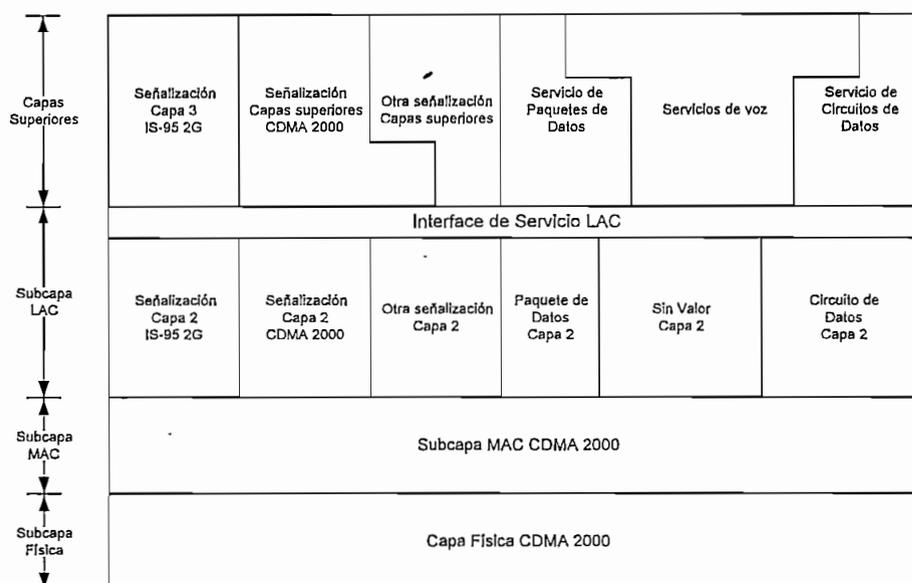


Figura 3.9.- Subdivisión de la capa Enlace¹

La subcapa LAC provee el transporte de datos sobre el interfaz aire entre las entidades pares de las capas superiores. La subcapa LAC soporta capacidades de confiabilidad de transmisión escalables en el caso de que las capacidades de las capas superiores varíen.

Para proporcionar este servicio, la capa LAC emplea un número de protocolos diferentes para poder emparejar la calidad de servicio de las entidades pares de capa superior a las características de la subcapa MAC. Para entidades de capas superiores que requieren QoS más alto que el suministrado directamente por la subcapa MAC, la subcapa LAC ofrece la confiabilidad empleando varios protocolos confiables entre entidades pares, utilizando protocolos de numeración de secuencia ARQ que utilizan Acks, es decir, la retransmisión de paquetes perdidos o dañados. Estos protocolos garantizan la entrega en secuencia y libre de errores con el costo de añadir latencia.

¹ The CDMA2000 ITU-R RTT Candidate Submission, Release 0.18, 1999

La subcapa MAC provee una función de control que administra los recursos suministrados por la capa física (por ejemplo, canales físicos codificados para la transmisión de la información sobre el interfaz aire) y coordina el uso de estos recursos solicitados por varias entidades de servicio de la subcapa LAC. Esta función de coordinación (que opera bajo el control directo de la función MAC de la estación base) resuelve cuestiones de contención entre entidades de servicio de la subcapa LAC con una estación móvil, así como competencia entre varias estaciones móviles. La subcapa MAC es también responsable de entregar los niveles de QoS requeridos por las entidades de servicio LAC (por ejemplo, reservando recursos del interfaz aire o resolviendo prioridades de competencia entre entidades de servicio LAC).

3.2.3.3 Capa física

La capa física del sistema CDMA2000 proporciona servicios de codificación y modulación para todo un conjunto de canales lógicos utilizados en la capa enlace con distintos QoS. El interfaz de servicio de la capa física está constituido fundamentalmente de los siguientes canales:

- Canal directo (Base-Móvil)
- Canal reverso (Móvil-Base)

3.2.3.3.1 Enlace directo

El enlace directo soporta Chip rates de $N \times 1.288$ Mcps ($N=1,3,6,9,12$). Para $N=1$, la dispersión es similar a TIA/EIA-95-B, no obstante se emplea la modulación QPSK. Existen dos opciones de chip rates que correspondan a $N>1$: Multi-portadora y Dispersión Directa. Cada carrier o portador es dispersado con un chip rate de 1.288 Mcps. La figura 3.10

se muestra ambas configuraciones para un sistema 3 veces el ancho de banda de IS-95-B.

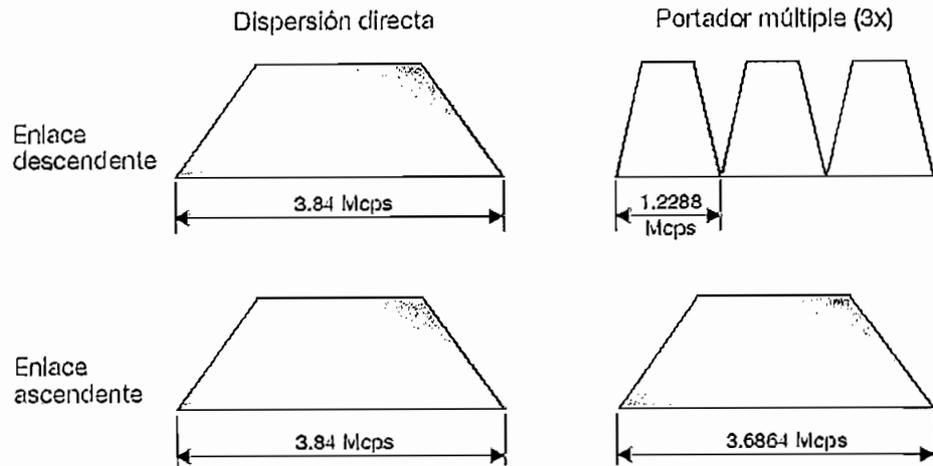


Figura 3.10.- Enlace Directo y Reverso en CDMA2000¹

Las características del enlace directo son:

- *Piloto común.*- el sistema CDMA2000 provee de un código piloto común multiplexado para todos los usuarios. Este canal piloto es compartido por todos los canales de tráfico, previendo una utilización eficiente de recursos. Además este canal se utiliza también para los siguientes propósitos:
 - Adquirir el *handoff*² de la celda
 - Búsqueda multi direccional, para detectar trayectos con señales más potentes y mejorar el rendimiento del receptor
 - Estimar el aumento de canal, si hubieren más recursos

- *Canales independientes de datos.*- el sistema CDMA2000 provee de dos tipos de enlaces físicos directos (Fundamental y Suplementario) de tal forma que cada uno se pueda adaptar a un tipo distinto de

¹ Normas de Acceso de Radio de Tercera Generación, Mats Nilsson, Ericson Review No.3,1999

² Pasar una llamada de una celda a otra sin interrumpir la comunicación

servicio. El uso de canales fundamentales y suplementarios permite al sistema optimizarse para servicios múltiples simultáneos. Los dos canales físicos se cifran por separado, y en general al transmitir tienen distintos niveles de potencia y ajuste de velocidad para reducir errores. Cada canal tiene un distinto tipo de servicio dependiente de las necesidades de las capas superiores.

- *Modulación Ortogonal.*- para reducir interferencia inter celda, cada canal físico del enlace directo es modulado por un código. Para aumentar el número de códigos usables, la modulación QPSK¹ es empleada antes de la dispersión.

- *Diversidad en la transmisión.*- puede reducir la potencia por canal requerida o mejorar su capacidad. Esta puede ser implementada de dos maneras:
 - *Diversidad de transmisión multi-carrier.*- puede ser implementado en el enlace directo sin impacto en el terminal del suscriptor, donde un conjunto de los portadores se transmite en cada antena. Esto proporciona diversidad de frecuencia mejorada, y por tanto aumenta la capacidad de conexión directa. Además las antenas se pueden separar substancialmente, de modo que proporcionan una buena diversidad espacial.

 - *Diversidad de transmisión en dispersión directa.*- diversidad de transmisión ortogonal (OTD) puede ser usada para proveer diversidad de transmisión para la dispersión directa. Se implementa de la siguiente manera: los datos codificados se reparten para ser transmitidos en antenas separadas. Un código ortogonal se asigna a cada antena separada. Esto mantiene la ortogonalidad de las dos secuencias al salir de la antena.

¹ Quadrature Phase Shift Keying. Ver Anexo E

- *Longitud de la trama.*- el sistema CDMA2000 soporta tramas de 5 y 20 ms. para el control de la información en el canal fundamental y los canales de control, y utiliza tramas de 20 ms. para otro tipo de datos (incluido voz). Esto proporciona diversidad mejorada de tiempo sobre sistemas que utilizan tramas con tiempos de duración más cortos.

3.2.3.3.2 *Enlace reverso*

El canal o enlace reverso tiene características similares al del enlace directo, principalmente en lo referente a la longitud de la trama, piloto común, modulación ortogonal, canales independientes de datos, etc. A continuación las principales características:

- *Forma de onda continua.*- el sistema CDMA2000 proporciona una forma de onda continua para todas las velocidades de datos. Esto incluye formas continuas de onda para los canales piloto y datos. Esta forma de onda continua reduce al mínimo la interferencia biomédica causados por dispositivos como marcapasos y prótesis de oído.
- *Canal dedicado de control separado.*- este canal permite una estructura flexible que no impacte la conformación de las tramas de los canales de control y piloto.
- *Chip rate de dispersión directa.*- es sistema CDMA2000 utiliza velocidades de chip rate que son múltiplos del chip rate de TIA/EIA-95-B de 1.2288 Mcps (conocido como 1X chip rate) y un espacio entre bandas de 1.25 MHz.

3.3 UMTS (W-CDMA)

La banda de frecuencias que usa el UMTS es la que está definida para IMT-2000 de la ITU. Esta banda fue definida en la WARC92, y determina un espectro mínimo de 230 MHz en la banda de los 2GHz. La banda incluye tanto las comunicaciones terrestres como las comunicaciones por satélite, tal como se puede observar en la figura 3.11.

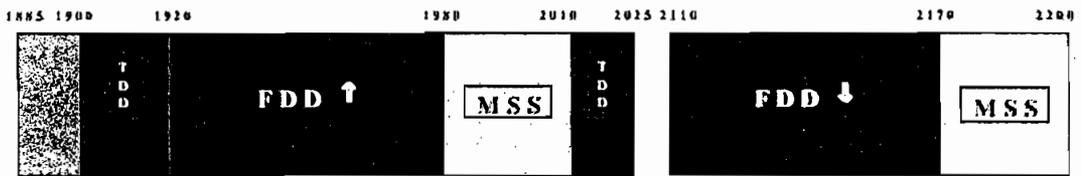


Figura 3.11 Espectro de Frecuencias para UMTS¹

El sistema de acceso que usa UMTS es DS-SS (Direct Sequence Code Division Multiple Access) con dispersión de la información en un ancho de banda de 5 MHz. Por esa razón se le llama Wideband CDMA (WCDMA).

Para el acceso radio terrestre del UMTS (UTRA) se ha definido dos modos distintos: UTRA FDD (Frequency Division Duplex) y UTRA TDD (Time Division Duplex). La posibilidad de trabajar en FDD y en TDD permite un uso más eficiente del espectro disponible. Estos modos se definen de la siguiente manera:

- FDD: es un método dúplex en el cual las transmisiones del enlace descendente (downlink) y del enlace ascendente (uplink) usan dos frecuencias radio separadas. UTRA FDD usa las siguientes bandas: 1920-1980 MHz para el ascendente 2110-2170 MHz para el descendente
- TDD: es un método dúplex en el cual las transmisiones del enlace descendente (downlink) y del enlace ascendente (uplink) usan la misma

¹ 1992 World Administrative Radio Conference (ITU)

frecuencia pero cada una durante un intervalo de tiempo distinto. UTRA TDD usa las siguientes bandas: 1900 – 1920 MHz y 2010 – 2025 MHz.

El espacio entre los canales es de 5 MHz.

En UTRA TDD hay una componente TDMA (Time Division Multiple Access) además de la DSCDMA, es por esto que se la denomina también como TDMA/CDMA. La velocidad de chip es de 3.84 Mcps. El tiempo de duración de una trama es de 10 ms, y cada trama está dividida en 15 slots (2560 chips/slot a velocidad de chip de 3.84 Mchps). Un canal físico se define como un código (o número de códigos) y adicionalmente en el modo TDD la secuencia completa de slots temporales que define el canal físico.

UMTS tendrá un papel protagónico en la creación del futuro mercado masivo para las comunicaciones multimedia inalámbricas de alta calidad que alcanzarán a 2000 millones de usuarios en todo el mundo en el año 2010. En los últimos diez años, UMTS ha sido objeto de intensos esfuerzos de investigación y desarrollo en todo el mundo, y cuenta con el apoyo de numerosos e importantes fabricantes y operadores de telecomunicaciones.

La combinación de los dos modos (FDD y TDD) ofrece la oportunidad de obtener la mayor eficiencia del mismo sistema bajo cualquier condición (urbana, suburbana, interiores y exteriores).

UMTS esta compuesto por un estructura jerárquica, de tres tipos de celdas:

- Macro Celdas.- con radios desde 1 km hasta 35 km y se destinan para ofrecer cobertura rural y carreteras para vehículos u otros objetos que se muevan a alta velocidad (transmisión de datos de 114 kbps)
- Micro Celda.- con radios desde 50 m hasta 1 km, ofrecen servicio a usuarios fijos o que se muevan lentamente con elevada densidad de tráfico (urbana) con velocidades de 384 kbps.

- Pico Celda.- con radios de hasta 50 m. Ofrecen coberturas localizadas en interiores, con velocidades del orden de los 2 Mbps.

3.3.1 CARACTERISTICAS DE UMTS

UMTS soportará las operaciones con una alta eficiencia espectral y calidad de servicio. Posiblemente las terminales UMTS no puedan operar en todo momento a las velocidades más altas de transmisión de datos, y en áreas alejados o excesivamente congestionadas los servicios del sistema pueden llegar solamente a soportar velocidades de transmisión de datos más bajas debido a limitaciones de propagación o por razones económicas.

Esto se puede observar en la figura 3.12, donde se muestra que el operador de la red puede reasignar el ancho de banda (eje vertical) según las necesidades del usuario. Los anchos de banda son actualizados cada 10ms en la figura. El ancho de banda asignado a cada canal puede cambiar independiente de los demás.

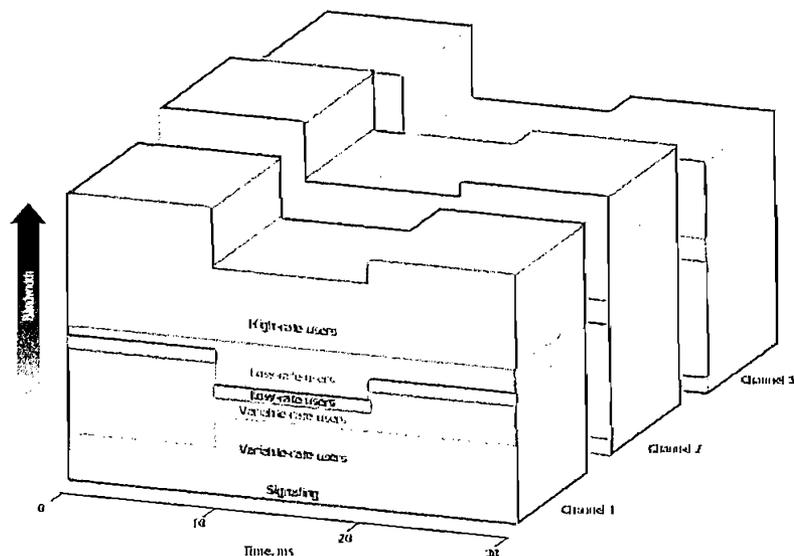


Figura 3.12.- Asignación dinámica del ancho de banda a los usuarios¹

¹ IEEE Spectrum, Octubre 2000

Con el fin de permitir a los abonados usar siempre su terminal, los servicios serán adaptados a diferentes disponibilidades de velocidad de transmisión de datos y otros parámetros de calidad de servicio. En las primeras etapas del despliegue de UMTS, la cobertura será limitada. Por consiguiente, el sistema UMTS permitirá el roaming con otras redes, por ejemplo, un sistema GSM operado por el mismo operador o con otros sistemas GSM o de 3G de otros operadores, incluyendo los satélites compatibles con UMTS. Entre las principales características se tienen las siguientes:

3.3.1.1 Medición de ambientes de radio

Esta función realiza medidas sobre los canales de radio (celda en la que se encuentra y celdas circundantes) y traduce estas medidas en estimaciones de calidad de canal. Las medidas pueden incluir:

- Fuerza de la señal recibida (celda en la que se encuentre y circundantes)
- Tasas de error por bit estimadas (celda en la que se encuentre y circundantes)
- Valoración de ambientes de propagación (por ejemplo de alta velocidad, lento, de satélite, etc.)
- Estado de sincronización
- Nivel de interferencia recibido

3.3.1.2 Decisión de *Handover*

Esta función consiste en juntar las estimaciones de calidad de los canales de radio (incluyendo las estimaciones de las celdas circundantes) y dependiendo del resultado de esta comparación, la función de macro diversidad o la función de control de handover pueden ser activadas.

3.3.1.3 Función de macro diversidad

Esta función controla la duplicación, la transmisión de la misma información por múltiples canales físicos (posiblemente en celdas diferentes), hacia un mismo terminal móvil. Esta función también controla la combinación de corrientes de información generadas por una misma fuente (enlace de diversidad), pero transportada vía varios canales físicos paralelos.

3.3.1.4 Control de *Handover*

Esta función, en el caso de que el handover necesite ser cambiado, es responsable del control total del proceso de ejecución del handover. Esto inicia el proceso de ejecución del handover en las entidades requeridas y recibe indicaciones en cuanto a los resultados. Las decisiones tomadas por esta función son fundamentalmente entre hard-handover¹ y soft-handover².

3.3.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA UMTS

La arquitectura del sistema UMTS se encuentra dividida en tres capas:

- La capa física
- La capa enlace
- La capa de red

La capa 2 es dividida a su vez en Control de Acceso al Enlace (LAC) y Control de Acceso al Medio (MAC). La capa 3 se encuentra dividida a su vez

¹ Traspaso instantáneo de una llamada de una celda a otra.

² Traspaso suave de una llamada de una celda a otra, en el que las dos celdas están brindando comunicación al móvil en un intervalo de tiempo, sin que el usuario lo perciba.

en Control (C) y Usuarios (U). La figura 3.13 muestra la arquitectura de este sistema. Como se observa, existen dos planos (control y usuario) que presentan diferentes funciones.

- Plano de control.- presenta las siguientes funciones:
 - Gestor de Servicio.- Establece, modifica y mantiene las comunicaciones.
 - Función de Traslación.- Convierte los requerimientos de nivel superior o de otras redes a requerimientos de la red UMTS.
 - Control de Admisión.- Tiene información sobre los recursos disponibles y se decide si aceptar o no una petición de servicio.
 - Control de Suscripción.- verifica la suscripción del usuario frente a sus requerimientos.

- Plano de Usuario.- presenta las siguientes funciones:
 - Función de Clasificación.- asigna las unidades de datos a los portadores que estén definidos.
 - Función de Mapeo.- marca cada una de la unidades de datos para que reciba la calidad de servicio requerida.
 - Gestión de recursos.- reparte los recursos entre los usuarios, además hace un control de potencia.
 - Acondicionador de Tráfico.- acomoda el tráfico a lo ya negociado (*traffic shapping policing*)

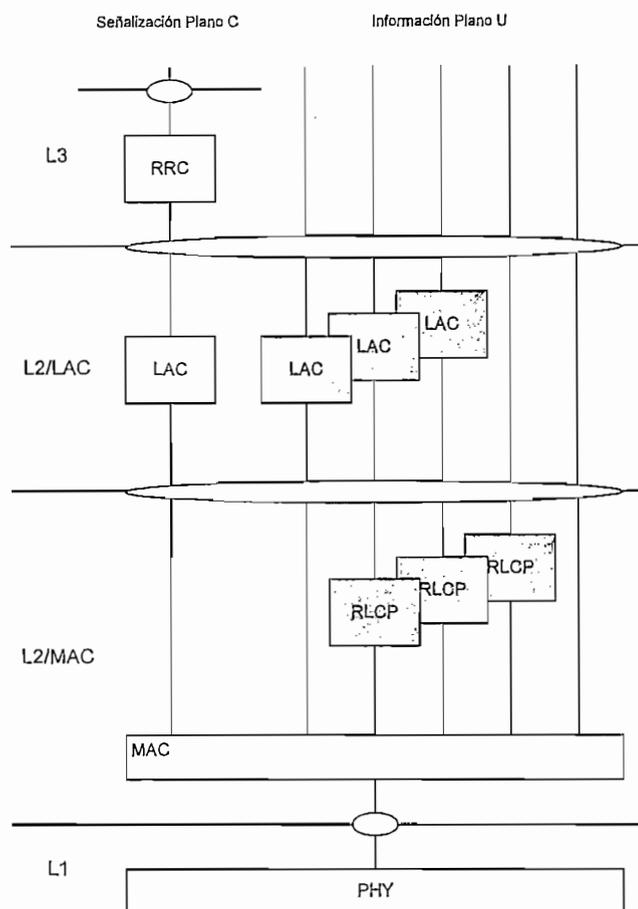


Figura 3.13.- Arquitectura del sistema UMTS¹

En la figura 3.9, RRC es el control de recursos de radio, y RLC es el control de radio enlace.

3.3.2.1 Capa Física

La capa física ofrece servicios de transferencia de la información a la capa MAC y a capas más altas. Los servicios de transporte de capa física son descritos por como los datos son enviados a través de la interfaz aire. A esta función se la denomina canales de transporte, y se la subdivide en dos grupos: canales comunes (donde hay la necesidad de la identificación en banda de la estación base) y canales dedicados (donde las estaciones

¹ Submission of Proposed Radio Transmission Technologies, 1999

base son identificadas por el canal físico, por ejemplo, el código y la frecuencia). Los tipos de canales comunes son:

- Canal de acceso aleatorio (RACH) caracterizado por:
 - Existencia solo en el uplink
 - Riesgo de colisionar
 - Control de potencia de lazo abierto, usado para controlar la potencia de transmisión con la estación base, antes del establecimiento de la comunicación
 - Campo de datos limitado
 - Exigencia de identificación en banda de la estación base.

- Canal de acceso directo (FACH) caracterizado por:
 - Existencia únicamente en el downlink
 - Posibilidad de uso de beam-forming¹
 - Posibilidad de un control de poder lento
 - Carencia de un control de poder rápido
 - Exigencia de identificación en banda de la estación base.

- Canal de control de Broadcast (BCCH) caracterizado por:
 - Existencia únicamente en el downlink
 - Tasa de transferencia bajo
 - Capacidad de transmitir el Broadcast en toda el área de cobertura de la celda

- Canal de paging (PCH) caracterizado por:
 - Existencia únicamente en el downlink
 - Posibilidad de procedimientos para entrar en modo sleep
 - Capacidad de transmitir el Broadcast en toda el área de cobertura de la celda

¹ Beam forming: En forma de onda

El único tipo de canal dedicado es:

- Canal dedicado (DCH) caracterizado por:
 - Posibilidad de uso de beam-forming
 - Posibilidad de cambiar a velocidad rápida (cada 10 ms)
 - Control de potencia rápido
 - Direccionamiento inherente de la estación base

Las funciones de la capa física entre otras son las siguientes:

- FEC encoding/decoding de canales de transporte
- Multiplexación y demultiplexación de canales físicos
- Poder de combinación de canales físicos
- Control de poder de lazo cerrado
- Procesamiento de RF

3.3.2.2 Sub-capa MAC

La responsabilidad fundamental de la subcapa MAC es manejar el acceso a la capa física, por ejemplo, trazar un mapa de la multiplexación de la información y señalización de control en los canales de la capa física. Esta capa proporciona los siguientes servicios a la subcapa LAC:

- Establecimiento y liberación de conexiones
- Transporte par a par de las entidades LAC

Entre otras las funciones de la capa MAC incluyen:

La selección de un formato de transporte entre un conjunto de formatos para cada canal activo, dependiendo de la velocidad de la fuente y las limitaciones del recurso de radio.

Manejo de prioridad, es decir esta capa puede decidir bloquear ciertas tramas o seleccionar formatos de transporte correspondientes a velocidades más bajas, en el caso de que existan tramas con prioridades más altas.

3.3.2.3 Sub-capas LAC

La subcapa LAC proporciona los siguientes servicios a la capa de red:

- Establecimiento y liberación de conexiones LAC
- Transporte de par a par inseguro de paquetes de la capa de red
- Transporte transparente de paquetes de la capa de red (sin sobrecargas)

La subcapa LAC proporciona funciones de capa enlace de transmisión a las capas más altas. La subcapa LAC es independiente de la capa física pero debe ser diseñada para características de ambiente de radio. Las funciones de la capa LAC incluyen:

- Pedido de repetición automática (ARQ)
- Control de flujo
- Entrega en secuencia de los paquetes de capas más altas
- Segmentación y reensamblaje de paquetes de capas superiores

3.3.2.4 Capa Red

Esta capa presenta las llamadas funciones RRC (Control de Recursos de Radio), las cuales prestan los siguientes servicios:

- Control General.- Proporciona el servicio de difundir la información a todos los usuarios en una determinada área geográfica. Por ser información de difusión, esta viaja de modo inseguro, es decir, puede

ser captada por usuarios a los que no les pertenece la información, además ningún esquema de retransmisión es usado.

- Control Dedicado.- Proporciona servicios para el establecimiento y liberación de una conexión, además de la transferencia de mensajes en esta conexión, pudiendo incluso transmitir mensajes durante la fase de establecimiento. Estas conexiones deben ser posibles entre dos usuarios así como entre un grupo de ellos, además los mensajes pueden tener niveles de prioridad.

- Notificación.- Estos servicios pueden ser proporcionados en forma de difusión y de busca persona (paging). Los servicios de busca persona envían información a usuarios específicos, mientras que los de difusión envían mensajes a los usuarios que se encuentren en determinada zona geográfica.

3.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS DE TERCERA GENERACIÓN

Los dos sistemas de tercera generación están basados en tecnología CDMA de banda ancha. El término CDMA de banda ancha se usa para representar bandas iguales o mayores a 5 MHz, a diferencia de bandas de 1.25 MHz utilizadas en CDMA de segunda generación (IS-95). Ambos tienen muchas similitudes como la misma técnica de modulación en el interfaz aire, QPSK en el enlace descendente y BPSK en el enlace ascendente.

A continuación en el cuadro 3.1 se muestran las principales diferencias entre WCDMA y CDMA2000.

PARAMETRO	CDMA2000	WCDMA
Chip Rate Característico (5 MHz BW)	3,6864 Mcps	4,096 Mcps or 3,84 Mcps
Spreading en el Enlace Ascendente	Multi-Carrier Spreading ó Direct Spreading	Direct Spreading
Sincronización en la Estación Base	Synchronous (GPS)	Asynchronous
Tiempo de Trama	20 ms	10ms

Cuadro 3.1.- Principales diferencias entre CDMA2000 y UMTS(WCDMA)¹

3.4.1 CHIP RATE

El parámetro chip rate (velocidades de chip) en sistemas CDMA es una medida de la cantidad de dispersión aplicada a una señal antes de ser transmitida. Altos chip rates son usados en sistemas CDMA de banda ancha debido a que son convenientes para altas tasas de transferencia de datos, ya que presentan mejores características promedio en las pérdidas por múltiples trayectos.

Algunos autores argumentan que la velocidad de chip es directamente proporcional a la capacidad del sistema, de esta manera se podría pensar que WCDMA tiene una mayor capacidad debido a un mayor chip rate que CDMA2000. La respuesta real a esta pregunta no es simple debido a las diferencias en la estructura de las tramas en los dos sistemas. Las tramas transmitidas tienen una cierta cantidad de cabecera, en la que se incluyen el control, y las señales de sincronización entre otros.

El tiempo de trama en CDMA2000 es dos veces más largo que el tiempo de trama en WCDMA, por lo tanto la proporción de cabecera total para señalización es menor en los sistemas CDMA2000. El tiempo más largo de

¹ Third Generation (3G) Mobile Communications Systems, 2000

trama de 20 ms causará un retardo mayor, sin embargo este mismo tiempo de trama ha sido usado en CDMA de segunda generación y no es considerado como una deficiencia aún para las transmisiones de voz. El tiempo de trama para señales de control en CDMA2000 es de 5 ms.

La velocidad de chip está estrechamente relacionado con el ancho de banda asignado para un canal CDMA. La señal en banda base de una unidad móvil es enviada a través de un filtro de radio frecuencia después de la dispersión. Es así que el ancho de banda (BW) total esta dado por la siguiente expresión:

$$BW = (1 + \alpha) \cdot \text{chip-rate}^1$$

donde α factor del filtro de roll-off. Para CDAM2000, el total de ancho de banda requerido es de 4.5 MHz., dejando dos canales de guarda a cada lado de la señal de 250 KHz. El chip rate original de WCDMA propuesto es de 4.096 Mcps, y consume el ancho de banda entero de 5MHz. sin canales de guarda. El chip rate revisado para WCDMA es de 3.84 Mcps causando una amplitud de banda de 4.7MHz con dos canales de guarda de 150 KHz. a cada lado. Las bandas o canales de guarda son usadas para evitar interferir con otros canales de frecuencia.

Una banda adyacente usada por un operador CDMA de banda ancha puede ser ocupada por otro tipo de servicio, como por ejemplo TDMA, haciendo que el uso de bandas de guarda sea imperativo. Diferentes chip rates en sistemas WCDMA y CDMA2000 podría requerir el uso de teléfonos duales para que usuarios de CDMA2000 tengan acceso a redes WCDMA y viceversa para así cumplir con el objetivo principal de la IMT2000 es decir el acceso global. Los teléfonos que trabajen en modo dual no son precisamente un nuevo concepto.

¹ Analysis of the CDMA2000 and UTRA Wireless 3G Proposals, Gabriel Sacripanti, 2000

Por ejemplo, teléfonos de segunda generación (TDMA, CDMA) tienen capacidades (AMPS) en áreas donde el acceso a sistemas 2G no está disponible. Sin embargo, la solución de un teléfono de modo dual, difícilmente podría complicar la puesta en práctica de un sistema global de tercera generación. En última instancia, parece ser que la selección del grupo que apoya a WCDMA de un diferente chip rate que el de CDMA2000, tiene que ver más con la política que con un mérito puramente técnico.

El escoger un chip rate por parte de CDMA2000, el cual está basado en su antecesor chip rate IS-95 (2G CDMA), es justificado, ya que es el primer sistema CDMA implantado.

Una solución a esta gran controversia fue propuesta por el "Grupo para la Armonización de Operadoras 3G", el cual fue creado para intentar resolver algunas de estas diferencias. Es así que recomendó a WCDMA el uso de "direct spread mode" (DS) y "multi-carrier spread mode" (MC) para CDMA2000.

3.4.2 ESTRUCTURA DEL CANAL ASCENDENTE

Los dos sistemas usan distintas velocidades de chip derivadas de sus propias velocidades de chip base. En WCDMA, la velocidad de chip básico está definido en 3.84 Mcps, con velocidades adicionales de 2 y 4 veces ese número, para ser usadas en bandas de 5, 10 y 20 MHz respectivamente. CDMA2000 tiene chip rates de 3X, 6X, 9X y 12X, para anchos de banda iguales a 5, 10, 15 y 20 MHz. respectivamente, siendo X igual a 1.2288Mcps. En CDMA2000 existen dos modos de dispersión en el enlace ascendente: dispersión directa DS y multi-portadora MC.

Por ejemplo, en un canal dado con 5 MHz. de ancho de banda, los datos para los usuarios en este canal podrían ser *dispersos* en el modo DS con

una velocidad de chip de 3.6864 Mcps. También podría ser multiplexado en 3 partes en la que cada dispersión en el modo MC tiene una velocidad de chip de 1.228Mcps. En el sistema WCDMA, dado el mismo ancho de banda de 5 MHz., el modo DS con un velocidad de chip de 3.84Mcps es la única opción.

El empleo del modo MC causa más flexibilidad en el empleo del ancho de banda asignado. El cuadro 3.2 muestra el número de canales que pueden ser usados para distintos anchos de banda. Se puede observar que para amplitudes iguales o mayores a 10MHz. al menos un canal 1X más puede caber en el número de canales del modo DS, esto se puede observar mejor en la figura 3.14.

ANCHO DE BANDA	NUMERO DE CANALES			
	WCDMA	CDMA2000		
	MODO DS 3,84 Mcps	MODO DS 3X	MODO DS 1X	MODO MC Solo 1X
5	1	1	0	3
10	2	2	1	7
15	3	3	1	11
20	4	4	2	14

Cuadro 3.2.- asignación de canales en CDMA2000 y WCDMA¹

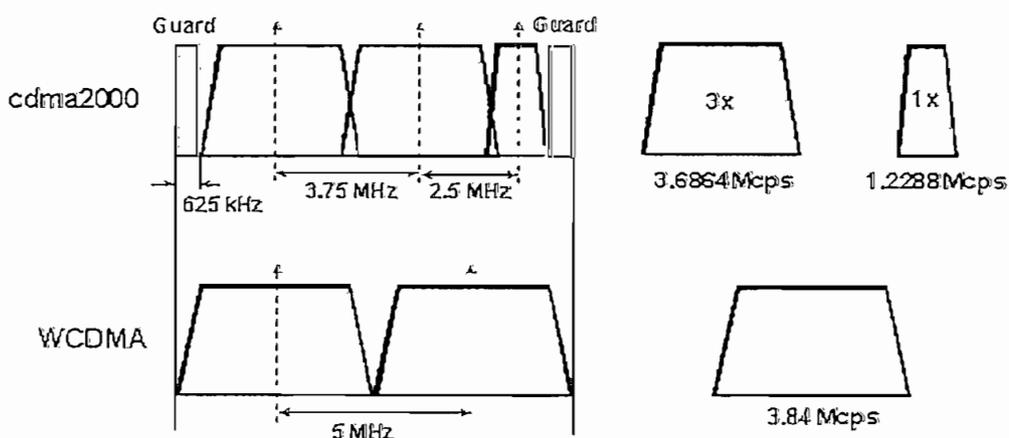


Figura 3.14.- Operación de CDMA2000 y WCDMA en un ancho de banda de 10MHz

¹ UTRA and CDMA2000, Raul Andujar

Es por esto precisamente que el modo MC permite total compatibilidad con los sistemas de segunda generación IS-95. Los usuarios CDMA2000 y 2G CDMA pueden actualmente transmitir datos sobre un mismo canal 1X (*overlay mode*), a condición de que usen códigos de dispersión diferentes. Esto es seguramente una ventaja de CDMA2000 sobre WCDMA, ya que provee un camino gradual de mejora de los sistemas 2G CDMA.

SERVICIO	ENTORNO	EFICIENCIA ESPECTRAL, Usuarios/MHz/cell: (para voz) Kbps/MHz/cell: (para datos)	
		Multi-Carrier	Dispersión Directa
VOZ	<i>Vehicular (120km/h)</i>	30,7	46,6
	<i>Transeuntes (3km/h)</i>	39,2	41,1
	<i>Interiores (3km/h)</i>	34,4	30,6
Paquetes de Datos 76,8 Kbps	<i>Vehicular (120km/h)</i>	97,0	144,5
	<i>Transeuntes (3km/h)</i>	114,0	124,5
	<i>Interiores (3km/h)</i>	64,0	67,5

Cuadro 3.3.- Comparación de eficiencia de espectro entre Secuencia Directa y Multi Carrier en CDMA2000¹

El análisis de las simulaciones hechas al sistema CDMA2000 indica que el método de dispersión MC es espectralmente menos eficiente que el modo DS, tal como se muestra en el cuadro 3.3. El modo DS es mucho mejor en ambientes vehiculares (gran movimiento), mientras que el modo DS es ligeramente mejor en ambientes interiores y de peatones.

3.4.3 SINCRONIZACIÓN DE LA ESTACION BASE Y MÓVIL

Una unidad móvil en una celda necesita sincronizarse con la estación base ubicada en esa misma celda para poder establecer una comunicación. Los móviles necesitan entender el código de *scrambling* aplicado a los datos enviados de la estación base. En CDMA2000, la sincronización es enviada

¹ CDMA2000 and the UTRA (WCDMA) RTT. UIT Study Group, 1999

dentro de la señal piloto. Todas las estaciones bases usan el mismo código para la señal piloto, pero un tiempo de compensación es aplicado a la señal piloto el cual es diferente para cada estación base. El Sistema de Posición Global (GPS) es usado para establecer un tiempo común de referencia de modo que la unidad móvil pueda entender o calcular este tiempo de compensación.

En los sistemas WCDMA, las estaciones bases no son sincronizadas con el sistema GPS, pero esto significa que las unidades móviles tienen que sincronizarse de alguna manera con la estación base que se encuentre en esa célula. Las estaciones bases de WCDMA primero envían una señal SCH1 de sincronización seguida de una señal SCH2 la cual da al móvil el código de scrambling.

La señal de sincronización enviada por los GPS es rápida, además las señales satelitales son alcanzadas en prácticamente todas partes del mundo. La desventaja esta en que la recepción de la señal GPS se dificulta en lugares subterráneos como los metros o incluso en áreas de ciudades con concentraciones altas de edificios ya que las señales GPS necesitan línea de vista.

La recepción de señales de sincronismo en WCDMA no se encuentra obstaculizada por cualquier obstrucción, aunque esto tome tiempos más largos para que se sincronicen los móviles con la estación base. Esto podría ser un potencial problema debido a los *handoffs*, incluso aún si son usados *soft handoffs*.

Un estudio¹ mostró que el tiempo de búsqueda de celda esta entre 150 y 500 ms. lo cual es equivalente de 15 a 50 tramas WCDMA. Seguramente se requiere de más investigación en esta área para desarrollar algoritmos

¹ Analysis of the CDMA2000 and UTRA Wireless 3G Proposals, Gabriel Sacripanti, 2000

de búsqueda celda más rápidos para que este sistema de sincronización sea viable.

Los europeos han estado poco dispuestos a adoptar el método de sincronización con GPS. Ellos argumentan que son los militares de los EEUU quienes desarrollaron y dan soporte a la tecnología GPS, podrían dejar de apoyarla, dejando el método de sincronización inservible. Este no es un argumento muy bueno, ya que GPS está siendo adoptado por muchos países europeos y es muy improbable que deje de ser apoyado en el futuro.

3.4.4 EFICIENCIA DEL ESPECTRO Y CAPACIDAD

Una de las mejores formas de comparar los dos sistemas es analizando la eficiencia del espectro. El cuadro 3.4 muestra la eficiencia espectral en los dos sistemas asumiendo que se trabaja en secuencia directa en ambos.

SISTEMA	CHIP RATE (Mcps)	Eficiencia del espectro en el enlace Ascendente/Descendente (Erlangs/ MHz/ Cell)	
		Evaluación Norteamericana	Evaluación China
CDMA200	3.686	36.7/29.	26.4/27.
WCDMA	4.096	17.8/22.	18.4/2

Cuadro 3.4.- Eficiencia de espectro para una conversación en ambiente vehicular¹

Este cuadro muestra que CDMA2000 es espectralmente más eficiente para transmisiones de voz que WCDMA, en particular en el enlace ascendente. Las transmisiones de conversaciones han sido transportadas en los sistemas 2G IS-95 durante años, y esto aportó con alguna experiencia a optimizar el sistema CDMA2000. El cuadro 3.5 muestra la comparación para velocidades de datos de 144 Kbps para WCDMA y CDMA2000

¹ CDMA2000 and the UTRA (WCDMA) RTT. UIT Study Group, 1999

tomada de sus propuestas respectivas. Los resultados que se muestran en la tabla siguiente muestran el desempeño comparable para transmisiones de alta velocidad.

SISTEMA	ENTORNO	Eficiencia del espectro en el enlace Ascendente/Descendente (Erlangs// MHz// Cell)
CDMA2000	<i>Retardos Prolongados</i>	108/221
WCDMA	<i>Retardos Prolongados</i>	105/204

Cuadro 3.5.- Eficiencia de espectro para una velocidad de transmisión de 144 Kbps en ambiente vehicular¹

El sistema WCDMA trabaja en los modos FDD y TDD, lo anteriormente analizado es únicamente para el modo FDD. Es indiscutible que existe la ventaja de WCDMA sobre CDMA2000 de trabajar en este modo adicional, ya que permite la aplicación de un sistema celular de tercera generación en lugares en los que no existe la disponibilidad del espectro necesaria para que trabaje FDD, es decir bandas no pareadas. Además TDD es sumamente eficiente en aplicaciones asincrónicas, es decir en aquellas en que el usuario navega o descarga archivos del Internet.

El hecho de que CDMA2000 este basado en sus predecesor CDMA 1X, hará que no se requiera teléfonos duales para estos dos sistemas. Esto no sucede con WCDMA y sus predecesores GSM y GPRS, para los cuales se hará necesario teléfono duales, que implican mayor costo de terminales para el usuario.

Comparando las características técnicas de los dos sistemas se concluye que WCDMA presenta ligeras ventajas sobre CDMA2000, por lo que es necesario tomar en cuenta otros factores tales como la penetración en el

¹ CDMA2000 and the UTRA (WCDMA) RTT. UIT Study Group, 1999

mercado, costos de terminales, disponibilidad de equipos, para poder elegir adecuadamente la mejor opción.

Si se hace referencia al número de usuarios existentes de GSM en el mundo, es fácil prever que WCDMA será el sistema que tendrá mayor acogida; por otro lado, hablar de precios de terminales es muy difícil ya que no existe aún un amplio mercado de los mismos, sin embargo si se toma en cuenta los precios de los terminales de segunda generación para GSM y CDMA, se puede ver que los primeros son más baratos como se muestra en el cuadro 3.6, pero su diferencia de precios disminuye.

AÑO	TECHNOLOGY		
	GSM	CDMA/IS95	DIFERENCIA (\$)
1998	117	191	74
1999	89	135	46
2000	95	120	25

Cuadro 3.6.- Precios de los teléfonos móviles¹

Por todas las razones expuestas anteriormente se concluye que WCDMA es la mejor opción a seguir.

¹ U.S. Market, 1998-2000

CAPÍTULO 4

SISTEMAS DE TERCERA GENERACIÓN PARA EL ECUADOR

4.1 COMUNICACIONES CELULARES EN EL ECUADOR¹

Al hablar de las comunicaciones celulares en el Ecuador, es necesario tomar en cuenta la historia de las telecomunicaciones en el país por lo menos en los últimos 10 años. Así tenemos que el 10 de agosto de 1992 se publicó la Ley Especial de Telecomunicaciones, que cambió al entonces Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones (IETEL) en la Empresa Estatal de Telecomunicaciones (EMETEL), y se dio vida a la Superintendencia de Telecomunicaciones, que se encargaría de controlar el correcto uso del espectro radioeléctrico, controlar la correcta aplicación de los pliegos tarifarios, homologar los equipos terminales de telecomunicaciones, elaborar y aprobar el plan nacional de frecuencias, supervisar y aprobar la asignación de frecuencias, entre las más importantes.

El entregar a un solo organismo tal poder, en el que el Superintendente era nombrado por el Congreso Nacional, lo único que provocó fue un total festín del espectro radioeléctrico, una rifa de este recurso agotable en compensación y pago de favores políticos. Este gravísimo error se corrigió el 30 de agosto de 1995 cuando se expidió la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones, en la cual se limitó a la Superintendencia de Telecomunicaciones el aspecto del control, y creó el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) y la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL), como los órganos de regulación y de

¹ Fuente: CONATEL

administración en el campo de las telecomunicaciones. Además creó el Consejo de Modernización de las Telecomunicaciones (COMOTEL), que se encargaría básicamente de la promoción y de la venta de las empresas Andínatel y Pacifictel, que fueron las empresas que surgieron en esa ley, en reemplazo de EMETEL, venta que no se ha dado hasta la fecha.

Un organismo que no tiene mucho que ver con las comunicaciones celulares, pero que es importante señalar es el Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL), el mismo que está encargado de aprobar el Plan Nacional de Distribución de Frecuencias para radiodifusión y televisión o sus reformas, autorizar la concesión de canales o frecuencias de radiodifusión y televisión, regular y controlar en todo el territorio nacional, la calidad artística, cultural y moral de los actos o programas de las estaciones de radiodifusión y televisión, aprobar las tarifas por las frecuencias radioeléctricas del servicio de radiodifusión y televisión entre otras.

Con respecto a las comunicaciones celulares, se puede decir que en el año de 1992 se realizó la convocatoria para la prestación del servicio de telefonía móvil celular, la misma que fue ganada por las empresas OTECEL S.A y CONECEL S.A., siendo esta última, la que primero comenzó a prestar su servicio celular a partir del año de 1994 y luego de 6 meses entró a operar la otra empresa; de ellas se hablará más adelante en detalle. Resulta irónico que primero se haya hecho una licitación y luego de 6 años se haya expedido un reglamento para el servicio de telefonía móvil celular que esté acorde a la realidad del país, el mismo que fue publicado el 24 de agosto de 1998. En la actualidad se vio frustrada una nueva licitación para la concesión de las bandas de 1895 MHz a 1910 MHz y de 1975 MHz a 1990 MHz para la prestación de servicios móviles avanzados (SMA), la misma que fue impugnada por las actuales operadoras celulares al aducir que estaban siendo perjudicadas en sus intereses, principalmente económicos.

4.1.1 ORGANISMOS DE CONTROL

Como se dijo anteriormente, en el Ecuador las telecomunicaciones y dentro de las mismas, las comunicaciones celulares, son administradas y reguladas por tres instituciones que son el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SNT) y la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTTEL); organismos que tienen funciones específicas para un adecuado manejo de las telecomunicaciones en el país.

Así tenemos que el CONATEL tiene competencia sobre la política y los mecanismos de otorgamiento y aprobación de concesiones, así como de la reglamentación de los servicios, la SNT se encarga de la elaboración de los planes de numeración, normas técnicas, tarifas y la asignación de frecuencias del espectro radioeléctrico que más tarde deben ser aprobados por el CONATEL y por último la SUPTTEL es el organismo encargado de controlar y monitorear el correcto uso del espectro radioeléctrico así como de sancionar a quienes estén haciendo un mal uso del mismo.

4.1.2 OPERADORAS CELULARES

Como se dijo anteriormente, las empresas operadoras del servicio de telefonía móvil celular son OTECEL S.A. (Cellular Power, luego BellSouth) y CONECEL S.A. (Porta), que en adelante se les llamará únicamente BellSouth y Porta.

4.1.2.1 Número de Usuarios

En un principio, la aceptación por parte de los potenciales usuarios de este servicio no fue muy buena debido básicamente al hecho de que los costos del mismo eran extremadamente altos, con el pasar de los años,

éstos se fueron reduciendo pero el país se encontraba en una grave crisis económica lo cual no permitió que exista un crecimiento considerable de este sector de las telecomunicaciones durante el período de 1994 a 1999, como se indica en el cuadro 4.1 y en la figura 4.1.

FECHA	OTECEL 	CONECEL 	TOTAL
Dic-94	5,300	13,620	18,920
Dic-95	23,800	30,548	54,348
Dic-96	23,295	36,484	59,779
Dic-97	62,845	64,160	126,505
Dic-98	115,154	127,658	242,812
Dic-99	186,553	196,632	383,185

Cuadro 4.1.- Número de usuarios en el período 1994 – 1999¹

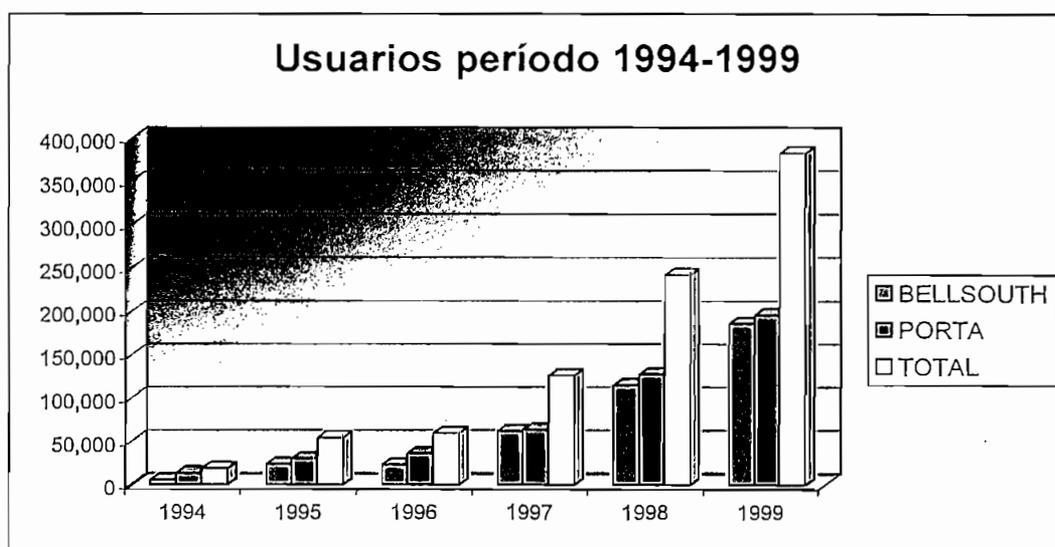


Figura 4.1.- Número de usuarios período 1994-1999¹

A partir del año 2000, con la implementación del sistema de dolarización en el país, la economía de la población comenzó a mejorar lentamente lo

¹ Fuente: Operadoras celulares BellSouth y Porta

cual se vio reflejado en un mayor consumo; el ciudadano común empezó a ver al teléfono celular ya no como un lujo sino más bien como una herramienta de trabajo importante. La compra de Porta por parte del grupo América Móvil fue un factor importante ya que trajo consigo una mayor inversión en el sector. Por todas estas razones, a partir de ese año y más específicamente a partir del año 2001, el número de usuarios del servicio celular prácticamente se duplicó y ha seguido teniendo un crecimiento constante y sostenido, como se muestra en los cuadros 4.2, 4.3 y 4.4 y la figura 4.2.

FECHA	OTECEL	CONECEL	TOTAL
			
Ene-00	193,484	204,467	397,941
Feb-00	199,508	218,161	417,669
Mar-00	195,198	227,462	422,660
Abr-00	209,392	228,580	437,972
May-00	216,127	217,332	433,459
Jun-00	218,228	219,509	437,737
Jul-00	210,886	222,275	433,161
Ago-00	201,823	225,043	426,866
Sep-00	199,018	225,441	424,459
Oct-00	216,325	227,211	443,536
Nov-00	222,057	240,032	462,089
Dic-00	233,733	248,480	482,213

Cuadro 4.2.- Número de usuarios en el año 2000¹

FECHA	OTECEL	CONECEL	TOTAL
			
Ene-01	239,238	262,647	501,885
Feb-01	243,281	273,194	516,475
Mar-01	251,065	286,679	537,744
Abr-01	258,713	301,873	560,586
May-01	269,751	323,981	593,732
Jun-01	281,699	350,420	632,119
Jul-01	293,923	363,285	657,208
Ago-01	308,671	381,738	690,409
Sep-01	321,313	401,010	722,323
Oct-01	332,835	427,088	759,923
Nov-01	343,643	453,913	797,556
Dic-01	375,170	483,982	859,152

Cuadro 4.3.- Número de usuarios en el año 2001¹

¹ Fuente: Operadoras celulares BellSouth y Porta

FECHA	OTECEL © BELLSOUTH®	CONECEL PORTA	TOTAL
Ene-02	390,987	502,997	893,984
Feb-02	411,847	520,303	932,150
Mar-02	417,650	544,134	961,784
Abr-02	424,255	580,000	1,004,255
May-02	454,507	615,720	1,070,227
Jun-02	478,720	650,827	1,129,547
Jul-02	503,124	689,270	1,192,394
Ago-02	531,902	729,838	1,261,740
Sep-02	570,425	770,284	1,340,709
Oct-02	606,120	811,855	1,417,975

Cuadro 4.4.- Número de usuarios hasta octubre del 2002¹

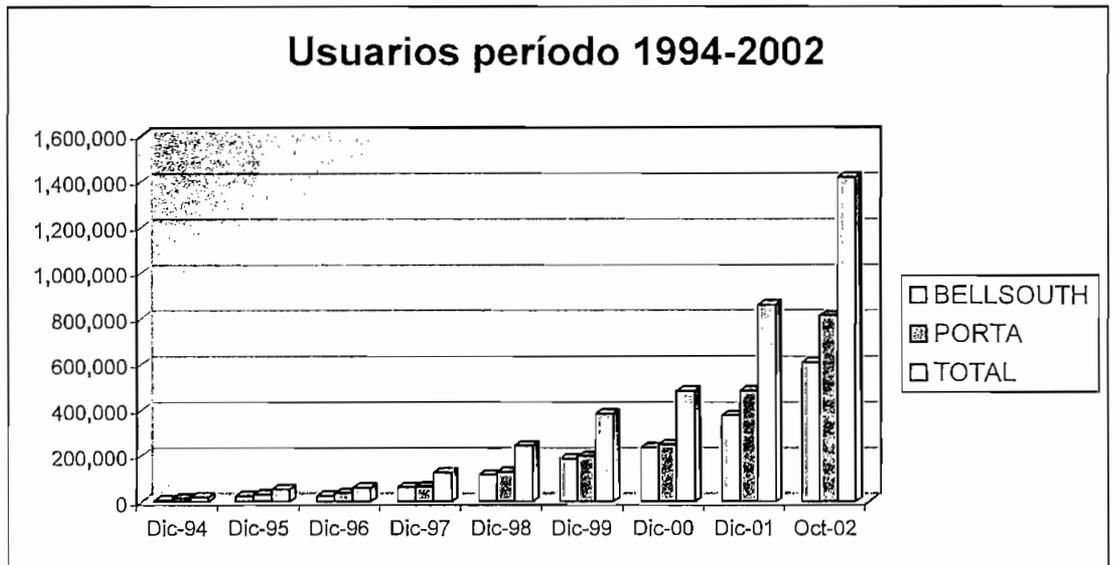


Figura 4.2.- Número de usuarios en el período 1994-2002¹

Por lo tanto, hasta el mes de octubre del 2002, BellSouth ha reportado 606.120 abonados, mientras que Porta ha reportado 811.855 abonados. Cabe mencionar que la mayor parte de este incremento en el número de abonados es en la modalidad de prepago, que hasta octubre del 2002 en

¹ Fuente: Operadoras celulares BellSouth y Porta

BellSouth representó el 74.61% y en Porta representó el 91.00% del total de abonados, datos reflejados en las figuras 4.3 y 4.4.

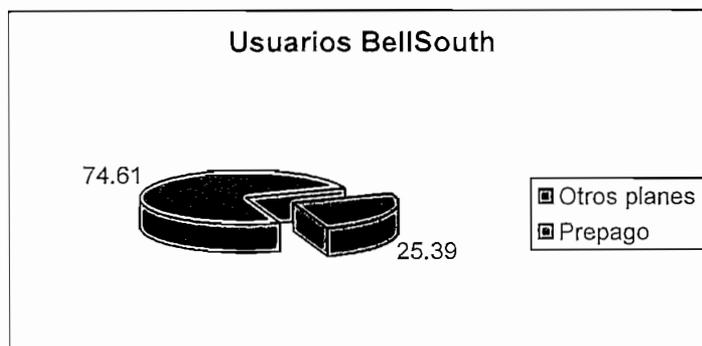


Figura 4.3.- Usuarios de BellSouth en porcentajes¹

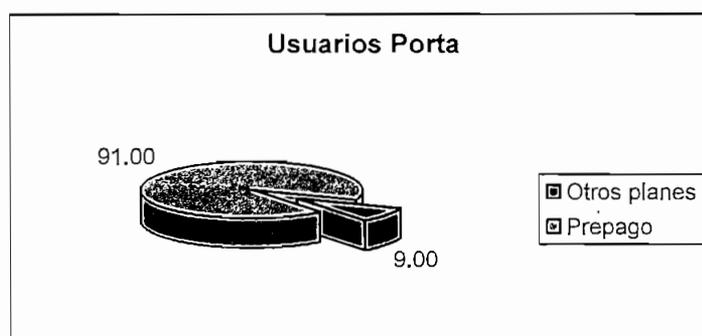


Figura 4.4.- Usuarios de Porta en porcentajes¹

4.1.2.2 Cobertura

Con relación a la cobertura, las dos operadoras, tanto BellSouth como Porta, han ido incrementando paulatinamente sus áreas de servicio, es así que en un principio sólo operaban en las ciudades de Quito y Guayaquil pero en la actualidad cubren la mayor parte del territorio continental así como del territorio insular. Las figuras 4.5 y 4.6 muestran las áreas de cobertura de BellSouth y Porta respectivamente.

¹Fuente: Operadoras celulares BellSouth y Porta, datos hasta octubre de 2002

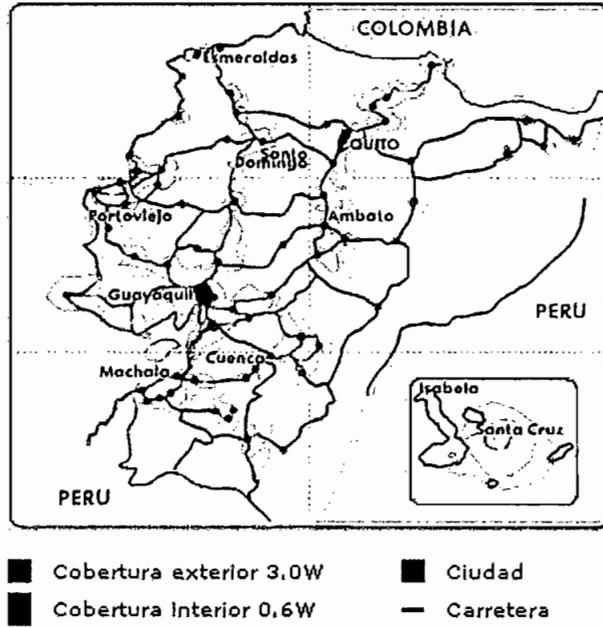


Figura 4.5.- Cobertura celular de BellSouth¹

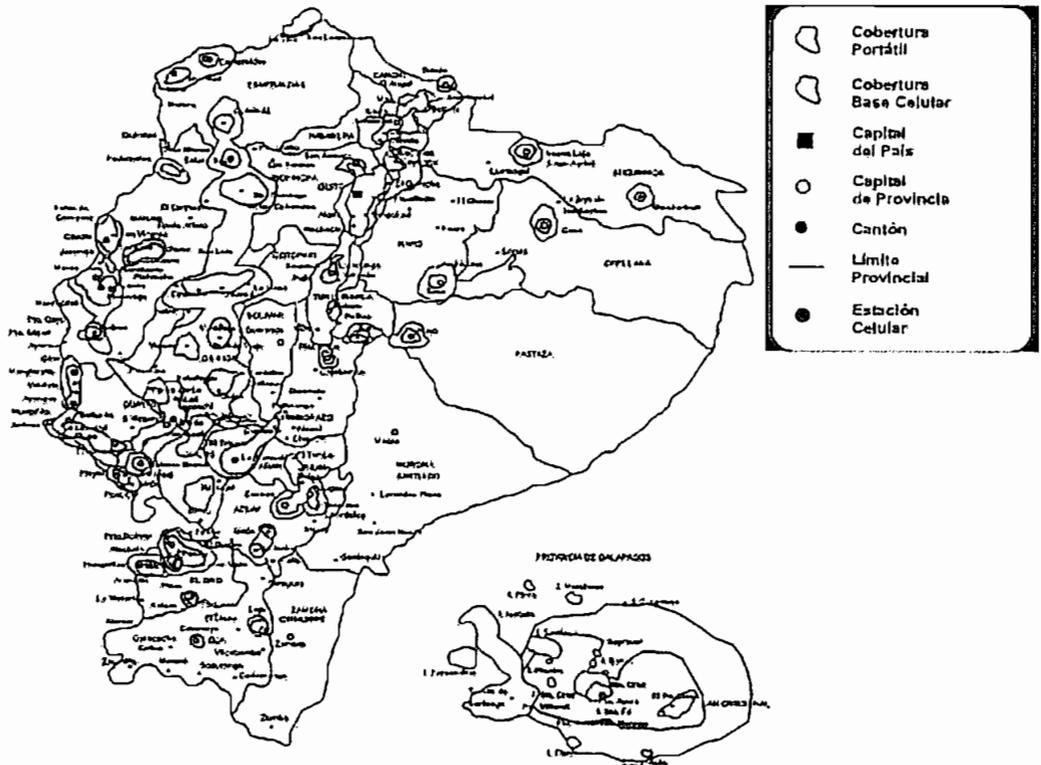
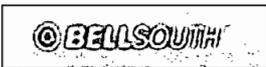


Figura 4.6.- Cobertura celular de Porta¹

¹ Fuente: Operadoras celulares BellSouth y Porta

Durante el año 2001, las operadoras de telefonía móvil celular han instalado nuevas estaciones para mejorar el servicio y ampliar la cobertura, de acuerdo con el cuadro 4.5.

PROVINCIA	OTECEL	CONECEL
		
<i>Pichincha</i>	13	5
<i>Guayas</i>	10	11
<i>Azuay</i>	1	3
<i>Galápagos</i>	1	0
<i>El Oro</i>	3	1
<i>Imbabura</i>	1	0
<i>Orellana</i>	1	0
<i>Pastaza</i>	1	1
<i>Napo</i>	1	0
<i>Cañar</i>	1	1
<i>Esmeraldas</i>	1	1
<i>Manabí</i>	1	0
<i>Bolívar</i>	0	1
<i>Sucumbíos</i>	1	0
<i>Los Ríos</i>	0	2

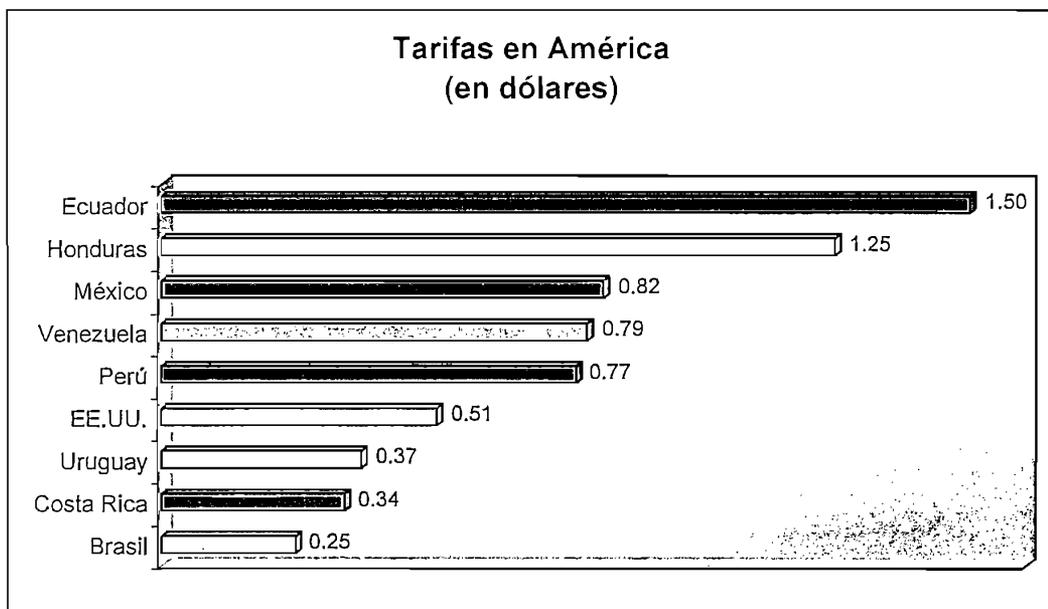
Cuadro 4.5.- Estaciones instaladas por las operadoras en el 2001¹

De acuerdo con el contrato de concesión, las operadoras de telefonía celular tienen la obligación de instalar terminales de telefonía pública, en un número de 0,5% de abonados del año "n-1", por lo que al mes de septiembre del 2002, BellSouth ha instalado un total de 4.089 cabinas y Porta, un total de 2.661 cabinas¹

¹ Fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones

4.1.2.3 Tarifas¹

Las tarifas siempre han sido un problema, cuando se habla de telefonía celular, si bien es cierto que éstas han bajado en relación a los valores cobrados en los primeros años, dichos valores aún siguen siendo altos con respecto al resto de Latinoamérica según un informe de la UIT en el cual se afirma que el país tiene el mayor precio de la región, como se puede ver en el cuadro 4.6. Por otro lado, la Asociación de Empresas de Telecomunicaciones del Ecuador (ASETEL), afirma todo lo contrario; según esta asociación, Ecuador es el tercer país más barato después de Brasil y Chile con un precio promedio de 0,24 dólares el minuto.

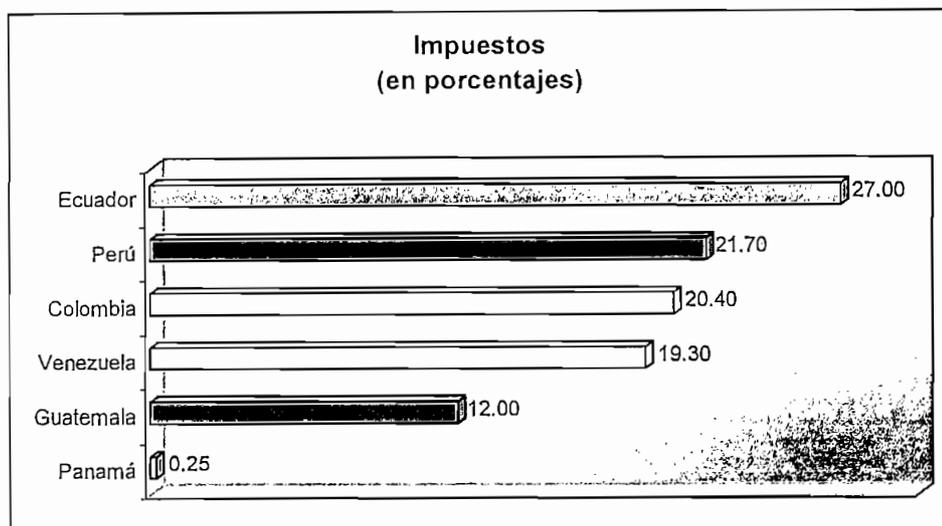


Cuadro 4.6.- Tarifas por el consumo de tres minutos en llamadas por celular²

Un aspecto que también se debe tener en cuenta es que Ecuador es uno de los países de la región que más impuestos grava sobre el consumo telefónico. Es un 27% compuesto de 12% de IVA y 15% de ICE, como se muestra en el cuadro 4.7.

¹ Fuente: ASETEL (Asociación de Empresas de Telecomunicaciones del Ecuador)

² Diario El Comercio, noviembre de 2002



Cuadro 4.7.- Imposición sobre el valor de las llamadas¹

Lo cierto es que las tarifas varían dependiendo de los planes de las dos operadoras que compiten en el país, lo cual hace difícil que se pueda sacar un valor fijo del minuto de llamada por celular, aunque en el caso de prepago se puede sacar un valor promedio del minuto de llamada, tomando en cuenta, la información obtenida de las dos operadoras, con lo cual tenemos que en BellSouth, el minuto cuesta \$0.70 y en Porta, cuesta \$0.69. Pero si realmente se quiere aumentar el número de abonados del servicio celular, será necesaria una revisión de las mismas. De igual forma, en la implementación de un sistema de tercera generación, las tarifas obviamente van a ser más altas que las existentes para un sistema de segunda generación, por lo que se hace imprescindible que los valores actuales sean mucho menores para que de esta manera en el futuro, el usuario común pueda tener acceso sin ningún tipo de restricción a todos los servicios que puede brindar un sistema de tercera de generación.

¹ Diario El Comercio, noviembre de 2002

4.1.3 TECNOLOGÍA

La evolución de la tecnología ha hecho que los sistemas celulares en el Ecuador hayan evolucionado desde la tecnología analógica, basada en la norma AMPS, a la norma digital conocida internacionalmente como TDMA IS-136. Actualmente el porcentaje de digitalización de las redes se encuentra en un 60 % en promedio, lo cual ha permitido la introducción de nuevos servicios a los usuarios tales como la identificación del número que llama, ahorro en batería de los terminales, envío de mensajes cortos, etc., y ventajas para los operadores como aumento en la capacidad de los sistemas, transferencias de llamadas asistidas por los móviles (MAHO), entre otras posibilidades. Estas normas ya fueron explicadas en detalle en el capítulo 1.

4.2 EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

Mientras que varias administraciones están asignando nuevo espectro para sistemas 3G, se espera que en el espectro existente se provean servicios 3G. Actualmente, ya se está trabajando en lo que serían los sistemas de cuarta generación (4G), pero todavía no se tiene claro que espectro será usado para estos sistemas, lo único cierto es que ocuparían por lo menos 20 veces más espectro que los sistemas 3G. Se espera que los sistemas 2G migrarán a 3G como 1G (AMPS) migró a 2G (TDMA). Las frecuencias de operación para proveer servicios en sistemas 3G no son tan importantes como el ancho de banda y la infraestructura. Se espera que la mayoría de los existentes sistemas 2G evolucionen hacia capacidades 3G a través del camino migratorio conocido como 2.5G. Este camino migratorio otorga a los operadores existentes la capacidad de mejorar sus sistemas para proveer servicios que finalmente evolucionarán hacia capacidades totales de 3G.

Obviamente, la migración de sistemas de segunda generación hacia sistemas de tercera generación pasando por 2.5G, no es obligatoria, ya que

un operador con la suficiente capacidad económica podría implementar directamente un sistema 3G sin este paso intermedio, pero no es recomendable, ya que no se estaría tomando en cuenta la evolución del mercado y sus necesidades.

4.2.1 ESPECTRO EN SISTEMAS 2G

Los sistemas de segunda generación han sido desarrollados utilizando dos técnicas con relación a los sistemas de primera generación.

En Europa donde existía muy poca estandarización, los sistemas de segunda generación fueron desarrollados en nuevo espectro coordinado a través de todo el continente europeo. Las bandas seleccionadas fueron de 890 MHz a 915 MHz y de 935 MHz a 960 MHz para sistemas GSM 900 y de 1710 MHz a 1785 MHz y de 1805 MHz a 1880 MHz para sistemas GSM 1800. Estas bandas fueron posteriormente adoptadas por la mayoría del mundo fuera de la región 2 de la UIT.

En la región 2 de la UIT, la situación era diferente porque una tecnología común para 1G fue desarrollada en la región. Inicialmente, se asignaron 40 MHz de espectro para estos sistemas en las bandas de 825 MHz a 845 MHz y de 870 MHz a 890 MHz. Posteriormente, el espectro fue incrementado en 10 MHz y las bandas se convirtieron en 824 MHz a 849 MHz y 869 MHz a 894 MHz. El espectro se dividió para dos operadores en cada mercado.

En 1995, los EE.UU. autorizaron espectro adicional en la banda de 1850 MHz a 1990 MHz para sistemas PCS. Este espectro fue canalizado en 6 bloques de frecuencias pareadas. Tres de estos bloques contenían canales pareados de 2 x 15 MHz y tres bloques contenían canales pareados de 2 x 5 MHz. En la medida que los nuevos sistemas se desarrollaban en la banda de 1850 MHz a 1990 MHz, los operadores de 850 MHz empezaron a

desarrollar sistemas 2G en sus bandas de 1G. Los sistemas 2G eran retrocompatibles con sus sistemas 1G.

En América del Sur, el sistema más implementado es TDMA, pero también existen países como Perú y Venezuela que han implementado tanto GSM como CDMA.

Según el Comité Consultivo Permanente III – Radiocomunicaciones en el reporte final de la reunión III, año 1995, se recomienda el uso de la banda de 1850 MHz a 1990 MHz para la asignación de los servicios PCS en el continente americano. Esta recomendación tiene en cuenta que la banda de 1900 MHz permite tener una posición neutral tecnológicamente hablando, ya que los operadores tienen flexibilidad en la selección de la tecnología a ser utilizada, maximizando de esta manera el uso eficiente del espectro y permitiendo una dinámica libre de competencia en el mercado.

4.2.2 ESPECTRO EN SISTEMAS 3G

Durante la Conferencia Administrativa Mundial de Telecomunicaciones (WARC-92) se asignaron 230 MHz de espectro en las bandas de 1885 MHz a 2025 MHz y de 2110 MHz a 2200 MHz para la implementación de las IMT-2000. Las sub-bandas de 1980 MHz a 2010 MHz y de 2170 MHz a 2200 MHz han sido designadas para la componente satelital de IMT-2000.

Algunas administraciones han adoptado estas bandas con pequeñas modificaciones para la implantación de las IMT-2000. En particular, la Unión Europea adoptó el sistema UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) como su respuesta a la introducción de los sistemas móviles de tercera generación en Europa.

El WRC-2000 (*World Radio Conference*) ha recomendado que las bandas principales de 1885 a 1980 MHz, 2010 a 2025 MHz y 2110 a 2170 MHz

estén disponibles para el año 2005. Adicionalmente a la banda inicial, WRC-2000 ha designado espectro adicional para las IMT-2000 en las bandas de 806 a 960 MHz, 1710 a 1885 MHz y 2500 a 2690 MHz para servicios 3G. Dentro de las bandas de 2500 a 2690 MHz, las sub-bandas de 2500 a 2520 MHz y 2670 a 2690 MHz han sido asignadas para el servicio móvil satelital y pueden ser utilizadas por las administraciones que deseen implementar el componente satelital de IMT-2000.

Los Sistemas de Plataforma de Altura (HAPS) pueden ser utilizadas como estaciones base por el componente terrestre de IMT-2000 en las bandas de 1885 a 1980 MHz, 2010 a 2025 MHz y 2110 a 2170 MHz en las regiones 1 y 3 y para la región 2 de 1885 a 1980 MHz y 2110 a 2160 MHz.

La intención del WRC de adicionar la banda de 806 a 960 MHz a la familia 3G, era la de permitir a las administraciones reasignar el espectro móvil terrestre existente para servicios 3G, puesto que se espera que los sistemas móviles que están operando en las bandas de 800 y 900 MHz migren sobre el espectro actual hacia sistemas de 3G. De igual forma, la banda de 1710 a 1885 MHz ha sido adicionada reconociendo que el mismo proceso se puede dar en estas bandas.

4.2.3 EVALUACIÓN DE LA INTERFAZ AIRE

Para cumplir con el objetivo del presente estudio, fue necesario tomar en cuenta el tema de los estándares de la interfaz aire utilizados dentro de Ecuador y fuera del país, los mismos que ya han sido descritos en el capítulo 1. El equipo disponible para las diferentes bandas de frecuencia es limitado por los estándares de la interfaz aire típicamente utilizados en esas bandas. Más aún, la capacidad de roaming internacional también está influenciada por la banda de frecuencia seleccionada y el estándar de la interfaz aire utilizado.

4.2.3.1 Interfaz aire utilizada en Ecuador

Dentro de Ecuador la interfaz aire en uso, es el estándar D-AMPS más conocido como TDMA con radio bases duales en AMPS analógico, pero éste se encuentra habilitado en pocos lugares.

4.2.3.2 Interfaz aire utilizada fuera de Ecuador

Una serie de estándares de interfaz aire son utilizados fuera del país. Para Norte y Sur América se incluyen los estándares AMPS y TDMA, el estándar GSM 1900 y el estándar IS-95 CDMA. Para el resto del mundo, los estándares GSM 900 y GSM 1800 son predominantes. Otros estándares menos comunes, como el Personal Handyphone System del Japón, no fueron descritos ampliamente debido a que no tienen mayor influencia para el país.

4.2.4 UTILIZACIÓN DEL ESPECTRO EN ECUADOR

En el Ecuador, el espectro radioeléctrico es asignado y controlado por los organismos de control existentes, es así que la SENATEL se encarga de la gestión y administración del espectro radioeléctrico, en ese sentido tiene la obligación de elaborar un adecuado plan de frecuencias; el CONATEL se encarga de la aprobación del plan de frecuencias y del uso del espectro radioeléctrico, y por último la SUPTEL se encarga del control y correcto uso del espectro radioeléctrico.

El grupo de frecuencias que fue asignado a las actuales operadoras es el siguiente: la banda A (de 825 MHz a 835 MHz y de 870 MHz a 880 MHz), la banda A' (de 845 MHz a 846.5 MHz y de 890 MHz a 891.5 MHz) y la banda A'' (de 824 MHz a 825 MHz y de 869 MHz a 870 MHz) fueron asignadas a Porta mientras que la banda B (de 835 MHz a 845 MHz y de

880 MHz a 890 MHz) y la banda B' (de 846,5 MHz a 849 MHz y de 891,5 MHz a 894 MHz) fueron asignadas a BellSouth, es decir un total de 25 MHz para cada operadora celular.

La información relativa a la utilización del espectro en Ecuador se deriva de documentos provistos por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL). En base a la misma, se presentan los diferentes servicios que ocupan el espectro radioeléctrico de nuestro interés.

4.2.4.1 Espectro de 800 MHz a 900 MHz

Los operadores existentes del servicio celular utilizan las bandas de 824 MHz a 849 MHz y de 869 MHz a 894 MHz, que incluyen el espectro normal de AMPS, así como el espectro extendido. También parte del espectro de 800 MHz está siendo utilizado por operadores de trunking. El espectro de 900 MHz está parcialmente ocupado por sistemas de acceso fijo inalámbrico trunking y sistemas de buscapersonas o paging.

En la figura 4.7, la asignación actual de la UIT para la banda de 806 MHz a 960 MHz se muestra junto con las bandas de frecuencia celular en 800 MHz de América, en 900 MHz de Europa y en Ecuador.

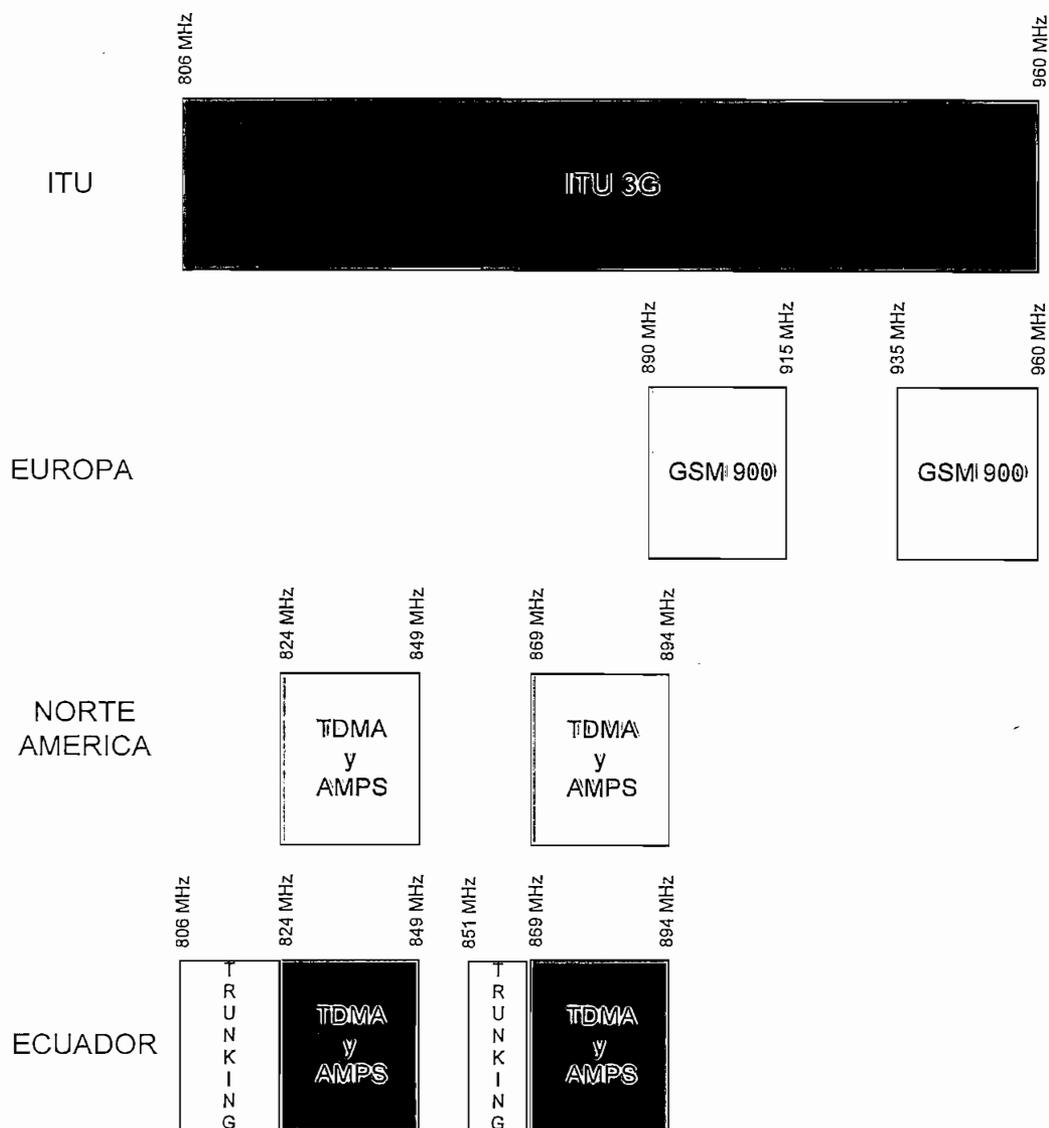


Figura 4.7.- Utilización del espectro de 800 MHz a 900 MHz

4.2.4.2 Espectro de 1700 MHz a 1850 MHz

En Ecuador, el espectro de 1700 MHz a 1850 MHz está siendo utilizado para la provisión de una variedad de servicios. Muchos de éstos son sistemas de radio punto a punto, la mayoría de los cuales son utilizados por las empresas telefónicas.

En la figura 4.8, la asignación de la UIT para la banda de 1710 MHz a 1785 MHz se muestra junto con la asignación para GSM-1800 y la porción final inferior de las bandas de frecuencia del sistema PCS de Norte América, también se muestra el espectro en Ecuador. Es interesante notar que la UIT no indica una asignación para la porción del enlace de bajada en la banda de GSM-1800.

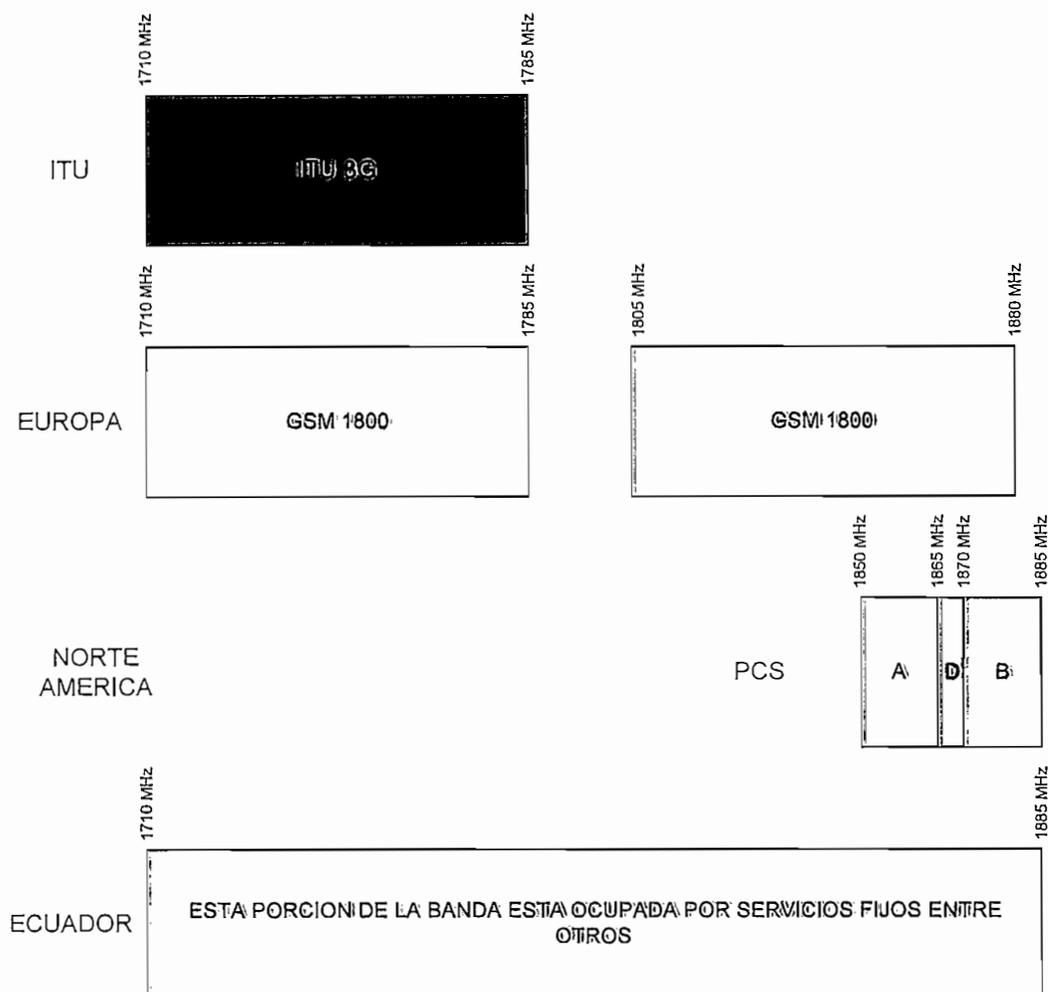


Figura 4.8.- Utilización del espectro de 1700 MHz a 1850 MHz

4.2.4.3 Espectro de 1850 MHz a 2200 MHz

En la actualidad, este espectro tiene partes libres, ya que en este grupo de frecuencias se encuentran las bandas que están en proceso de

licitación en el país, y son las bandas C (de 1895 MHz a 1910 MHz) y C' (de 1975 MHz a 1990 MHz). El espectro de 2110 MHz a 2200 MHz está siendo utilizado por varios sistemas fijos, móviles satelitales y sistemas ampliados. Hay muchos enlaces de radio punto a punto utilizados por las empresas de telefonía local y de uso militar.

La figura 4.9, muestra la porción superior de la asignación para GSM-1800. La banda central asignada en WARC-92 es de 1885 MHz a 1980 MHz, de 2010 MHz a 2025 MHz y de 2110 MHz a 2170 MHz. La mayoría de las administraciones europeas están otorgando licencias en esta porción del espectro, por encima de los 1900 MHz, debido a que los sistemas DECT están desarrollados en el segmento de 1885 MHz a 1900 MHz. El segmento de 1885 MHz a 1920 MHz es no pareado y asignado para el componente TDD de IMT-2000, tal como el segmento de 2010 a 2025 MHz. El segmento de 1920 MHz a 1980 MHz está pareado con 2110 MHz a 2170 MHz y es utilizado para el componente FDD de la IMT-2000. Es en este segmento del espectro donde la mayor cantidad de actividad 3G se está generando en el mundo.

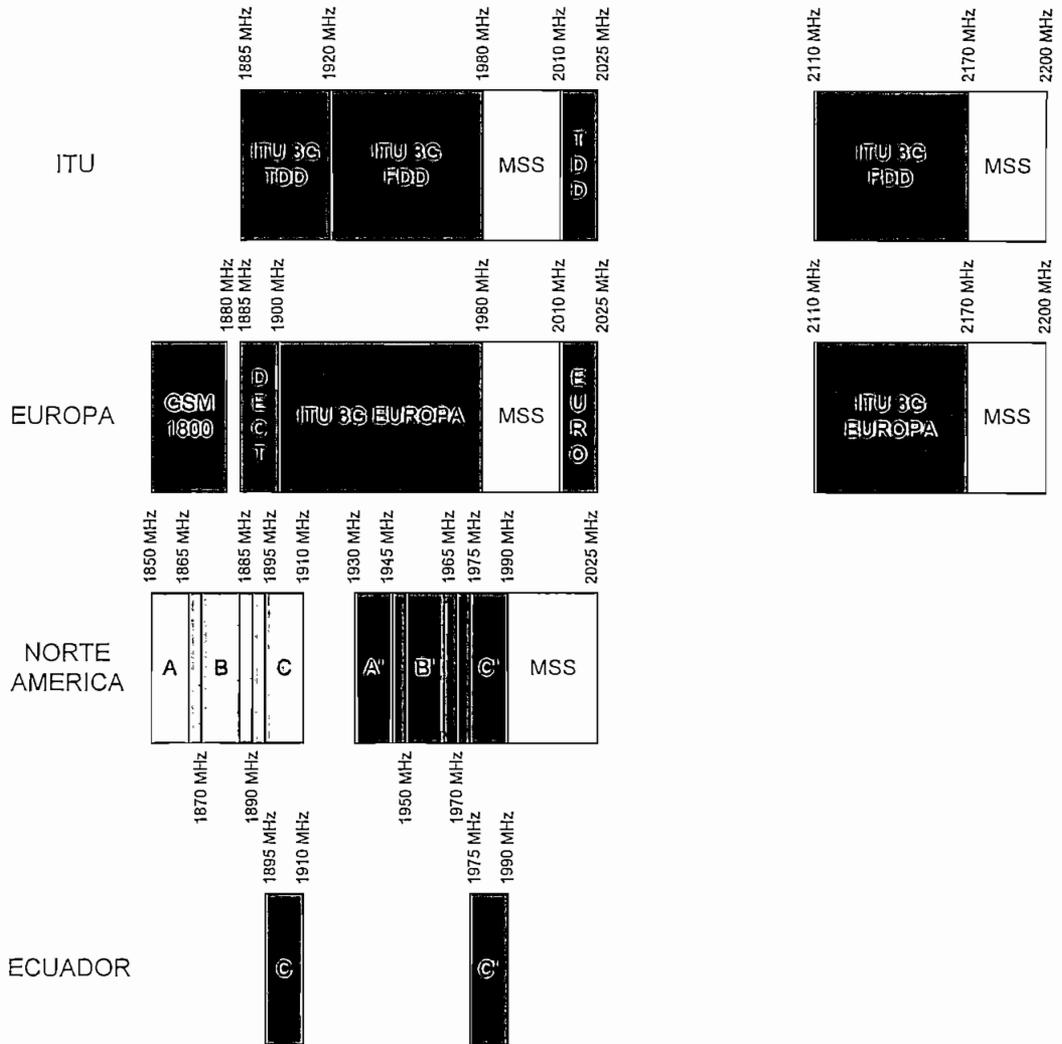


Figura 4.9.- Utilización del espectro de 1850 MHz a 2200 MHz

4.2.4.4 Espectro de 2500 a 2690 MHz

Sin ser un punto importante de análisis del presente estudio, se sabe también que en el país, el espectro de 2500 MHz a 2690 MHz está muy utilizado por una variedad de servicios. La UIT también identificó a esta banda como el lugar para la expansión de servicios 3G, aunque, aún no se tiene claro, cuándo y cómo se utilizará este espectro.

La figura 4.10, muestra esta porción del espectro en donde el país tiene asignadas frecuencias para los Servicios de Microondas de Distribución Multipunto (MMDS).

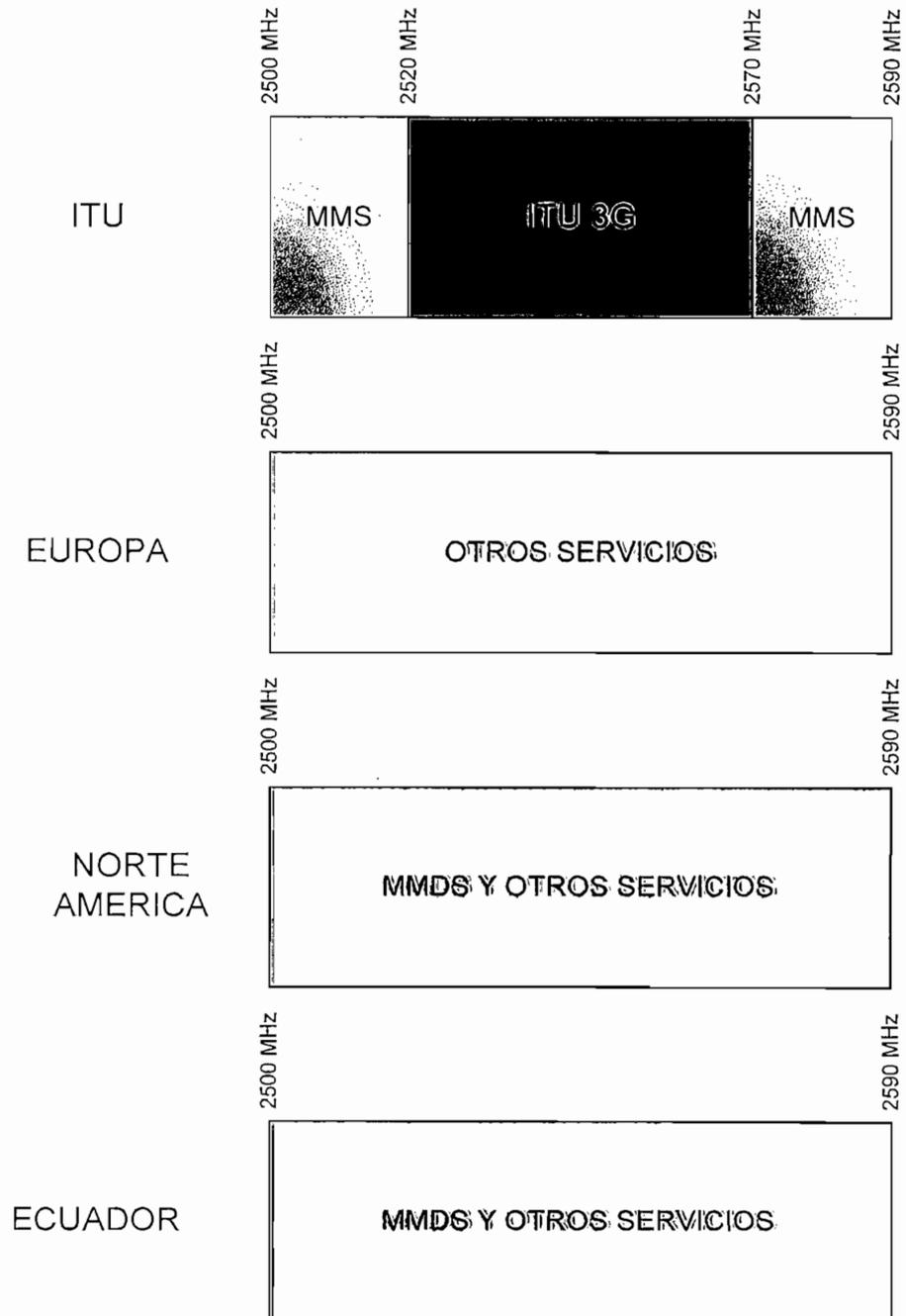


Figura 4.10.- Utilización del espectro de 2500 MHz a 2590 Mhz

4.3 MERCADO 3G EN EL PAÍS

En principio un grupo de usuarios principalmente del sector empresarial y otros usuarios que por las características de su trabajo, tengan necesidades de comunicación muy especializadas optarán por servicios de tercera generación. Esta ha sido la razón fundamental de que el sondeo realizado haya sido en el sector empresarial. Es poco probable inicialmente una masificación del servicio.

Estos servicios podrán llegar a un mayor número de usuarios si existe un esfuerzo concertado por parte de los proveedores de terminales para ofrecer equipos de mejor calidad y a bajo costo, así como también dependerá del esfuerzo que hagan los operadores para analizar los requerimientos de los clientes, cubrir sus necesidades y designar paquetes de ofertas que añadan un valor agregado a los servicios prestados a costos razonables.

En cuanto a los costos de los servicios de voz, se deberá mantener criterios de facturación en función de la competencia y en cualquier caso no deben superar las tarifas actuales, mientras que para los servicios de datos se podría usar criterios basados en la cantidad de información recibida.

En este sentido las encuestas se realizaron en Quito a 30 empresas que se listan en el cuadro 4.8 que operan a nivel nacional, a una muestra de 52 personas. La encuesta consta de 7 preguntas sencillas de opción múltiple. Una copia del esquema de la encuesta realizada se encuentra en el Anexo F.

EMPRESAS EN LAS QUE SE REALIZO LAS ENCUESTAS
AGA
ANDINATEL
BANCO CENTRAL
BANCO DEL PICHINCHA
BARAINVER
CABLECOMSA
CAMINOS Y CANALES S.A.
COMANDANCIA GENERAL DEL EJERCITO
COMWARE
CORPORACIÓN FINANCIERA NACIONAL
DATARADIO TELECOMUNICACIONES
DINERS CLUB
EICOSA
ICARO
INFONET
INTEGRAL DATA
LATECH
METROPOLITANG TOURING
MOBILITY
MUNICIPIO DE QUITO
PETROCOMERCIAL
PRODUBANCO
RAM TELECOM
SATNET
SERTEM
SERVIPAGOS
SYS DATA
TELEHOLDING
TV CABLE
TV SATELITAL

Cuadro 4.8.- Empresas encuestadas en la ciudad de Quito

El detalle del análisis de estas preguntas se indica a continuación:

- La primera pregunta da una idea de la operadora que abarca o tiene más cantidad de clientes en el ambiente empresarial, y que por ende si se mantuviere esta tendencia puede ser la que dominara el mercado 3G. La pregunta fue “A cuál de las empresas que brindan servicios celulares usted está suscrito” y sus opciones fueron: Porta y BellSouth. El resultado en porcentaje se muestra en la figura 4.11.

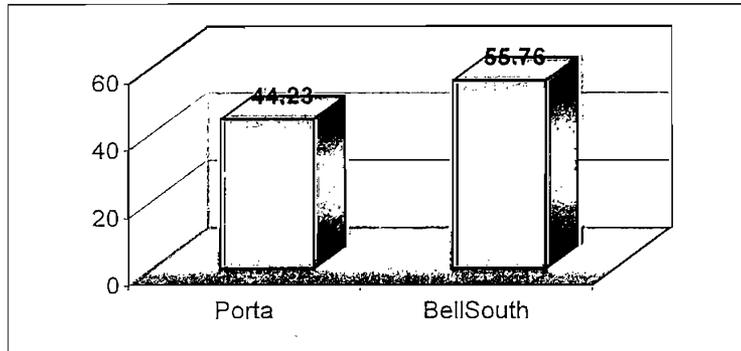


Figura 4.11.- Resultado en porcentajes a la primera pregunta de la encuesta

- La segunda pregunta junto con la tercera está encaminada a conocer el criterio con la que evalúan a los servicios celulares de la actualidad, ya que sería lógico pensar que servicios similares prestarían si estas operadoras dieran servicios de tercera generación. La pregunta fue "Considera usted que el servicio es bueno" y sus opciones fueron: Si y No. El resultado en porcentaje se muestra en la figura 4.12.

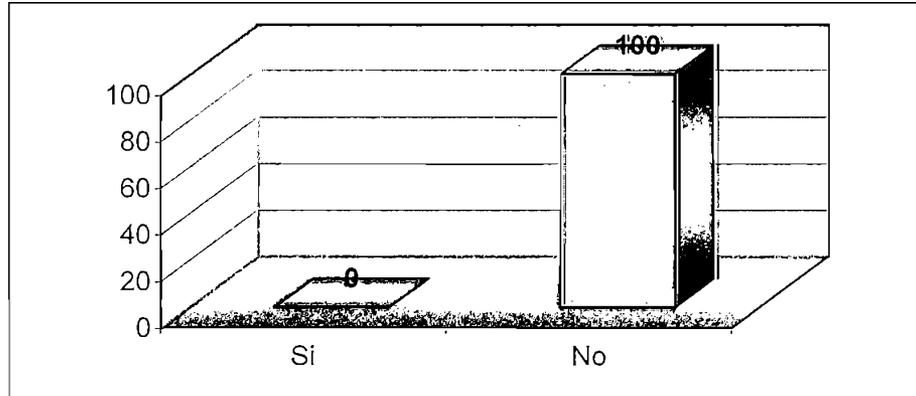


Figura 4.12.- Resultado en porcentajes a la segunda pregunta de la encuesta

- La tercera pregunta esta encaminada a conocer que problemas frecuentemente experimentan los usuarios. La pregunta fue "Si su respuesta fue no, cuál de los siguientes problemas se la ha presentado con mayor frecuencia" y sus opciones fueron: Tiene dificultades al establecer una llamada, Ruido en la conversación, La llamada se corta. El resultado en porcentaje se muestra en la figura 4.13.

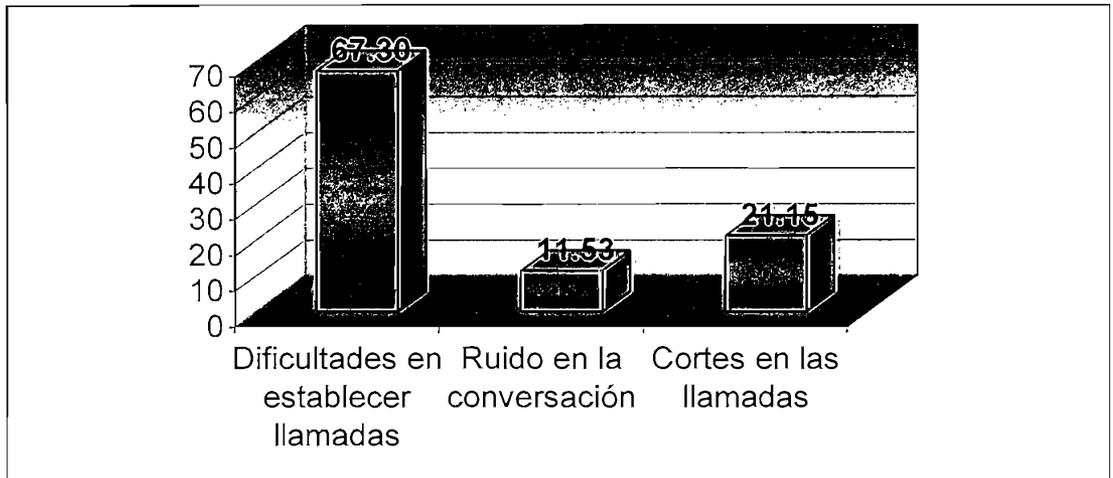


Figura 4.13.- Resultado en porcentajes a la tercera pregunta de la encuesta

La gama de servicios que realmente diferenciarán a los ofrecidos por las redes de 2G serán aquellos en los que se haga un uso importante de la conectividad que permite el uso de Internet, así como el uso de los sistemas inalámbricos. Además muchos servicios innovadores serán diseñados en los próximos años. Este tópico lo cubre la siguiente pregunta.

- La cuarta pregunta permite tener una idea del servicio predominante por el cual el usuario se suscribiría a una empresa celular con servicios de tercera generación, esta pregunta fue de opción múltiple, es decir podrían optar por una o más de las alternativas propuestas. Estos servicios son propios de los sistemas celulares 3G. La pregunta fue "Cuáles de los siguientes servicios le interesaría tener en su celular" y sus opciones fueron: Internet móvil a mayores velocidades, Transacciones bancarias, Video-Conferencia, Transferencia de archivos (mp3, imágenes, documentos, etc.), Compras en línea y, *Roaming* Internacional. El resultado se muestra en la figura 4.14.

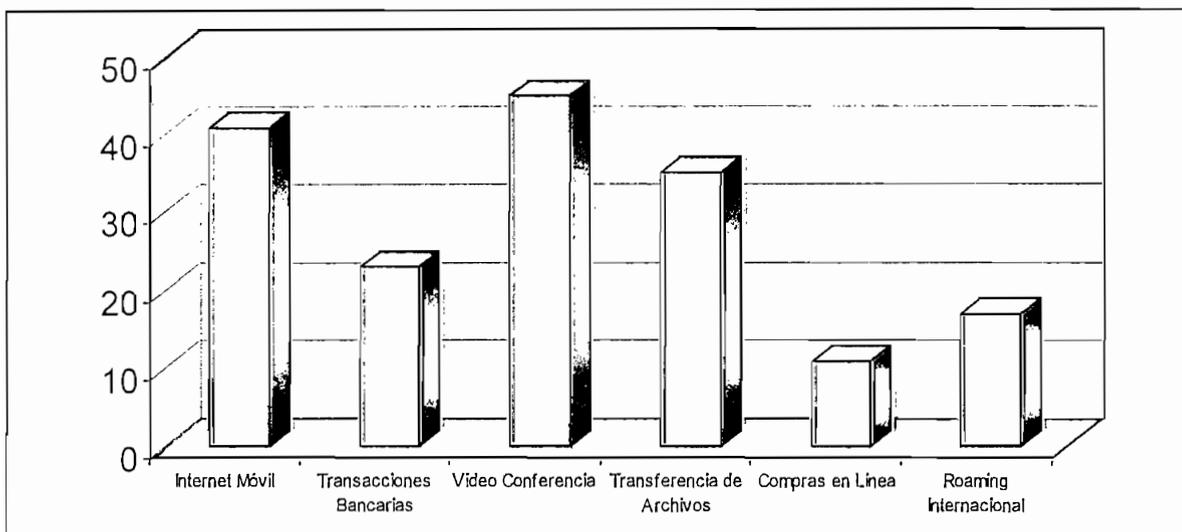


Figura 4.14.- Resultado a la cuarta pregunta de la encuesta

- La quinta pregunta da una idea de si el usuario estaría dispuesto a pagar más a las operadoras si éstas le brindasen nuevos y mejores servicios, como los de 3G. La pregunta fue “Por los servicios anteriormente descritos, usted estaría dispuesto a pagar tarifasa las actuales” y sus opciones fueron: Menores, Iguales y Mayores. El resultado en porcentaje se muestra en la figura 4.15.

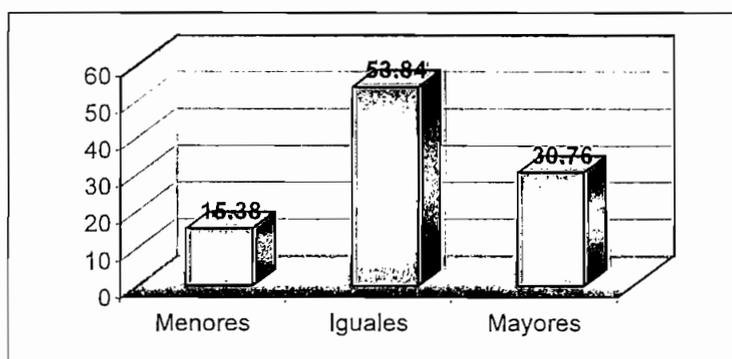


Figura 4.15.- Resultado en porcentajes a la quinta pregunta de la encuesta

- La sexta pregunta da una idea del pensamiento de las personas acerca de la entrada de un tercer operador celular que ofrecerá competencia del mercado de las comunicaciones celulares en el Ecuador. La pregunta fue “La entrada de un tercer operador permitirá:” y sus opciones fueron:

Disminuir las tarifas y, Mejorar el servicio. El resultado en porcentaje se muestra en la figura 4.16.

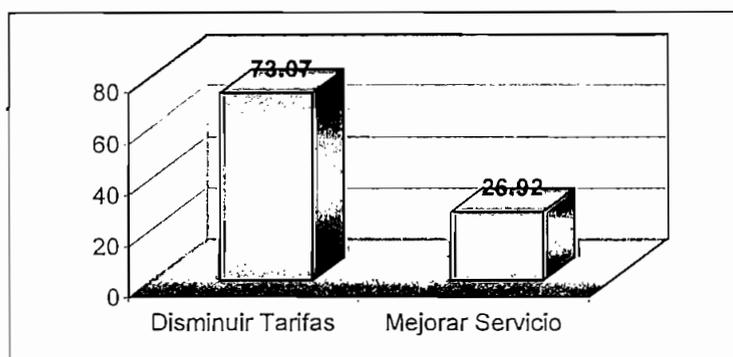


Figura 4.16.- Resultado en porcentajes al la sexta pregunta de la encuesta

- La séptima y última pregunta muestra la razón por la cual piensa la gente que las tarifas celulares no disminuyen. La pregunta fue "Cuál piensa usted que es la razón por la que las tarifas celulares no bajan" y sus opciones fueron: No hay competencia en el mercado, No hay organismos de control eficientes y, Las tarifas son justas. El resultado en porcentaje se muestra en la figura 4.17.

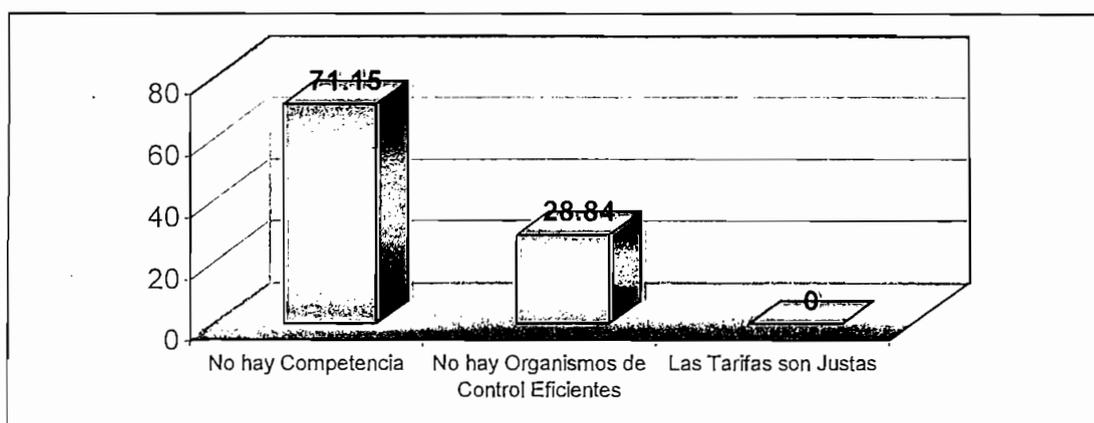


Figura 4.17.- Resultado en porcentajes al la séptima pregunta de la encuesta

Los comentarios que merecen cada una de las anteriores preguntas por nuestra parte, serán tocados en el siguiente capítulo de conclusiones y recomendaciones.

4.4 POLÍTICAS Y MARCO LEGAL EXISTENTES

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) es el organismo que tiene competencia sobre la política y los mecanismos de otorgamiento de concesiones, así como la elaboración de las leyes y reglamentos en el campo de las telecomunicaciones. En el país se busca promover la competencia, facilitar el desarrollo de nuevos servicios y tecnologías, promover la inversión y maximizar el uso eficiente del espectro radioeléctrico.

La política de acceso al mercado ecuatoriano utiliza mecanismos competitivos (subastas o concursos) para la asignación del espectro cuando la disponibilidad de frecuencias limita el número de operadores en un servicio y haya más demanda por el espectro. No existe limitación en cuanto al número de concesionarios, salvo en aquellos casos en que haya restricciones de espectro. Si no hay tal restricción se les otorgará la concesión a solicitud de parte.

En general, cuando la prestación de los servicios involucra asignación del espectro, los operadores deben cumplir con metas de uso de las frecuencias razonables y justificadas ya que su uso restringe a otro operador potencial de ofrecer servicios usando ese espectro. Tales metas de uso son propuestas por cada operador y aprobadas conjuntamente con la asignación del espectro, dichas propuestas se refieren a la forma cómo será utilizado el espectro en concordancia con el plan de expansión respectivo.

Es así que en el Reglamento para el Servicio de Telefonía Móvil Celular publicado el 24 de agosto de 1998, se establecen los parámetros *mínimos*

de calidad del servicio que las operadoras deben cumplir, los cuales son los siguientes:

1. *Reutilización de frecuencias* con un diseño de cobertura basado en una relación portadora a interferencia mayor o igual a 17 dB, para sistemas digitales y mayor o igual a 24 dB para sistemas analógicos.
2. *Grado de servicio del canal de acceso* $\leq 1\%$
3. *Grado de servicio del canal de voz* $\leq 2\%$, según la tabla de Erlang B, en la hora cargada de cada estación del sistema.
4. *Grado de servicio de las troncales hacia la red telefónica pública* $\leq 1\%$
5. *Bloqueo de llamadas transferidas (Hand-off)* $\leq 2\%$
6. *Caída de llamadas*: si durante la hora cargada se establecen Q llamadas en una hora y n llamadas se caen, con lo cual Q-n se mantienen, entonces el porcentaje de caída de llamadas es $n \times 100/Q$. Se establece un valor no mayor que el 2% para estaciones con celda o celdas adyacentes en todo su perímetro; no mayor que el 5% para estaciones con celda o celdas adyacentes, pero que éstas no cubran el perímetro total de la estación; y no mayor que 7% para estaciones sin celdas adyacentes.
7. *Llamadas completadas*: la tasa de completación de las llamadas, será superior al 60% hacia abonados fijos y superior al 80% hacia abonados celulares.

El avance de la tecnología y la convergencia de servicios han hecho que los servicios tiendan a homogenizarse, desapareciendo las líneas divisorias entre éstos, éste es el caso de los servicios móviles. En este contexto, la tendencia a nivel mundial es que los servicios móviles compitan entre sí; sin embargo para que ello sea posible es necesario que estos servicios estén sujetos a las mismas normas de regulación.

En efecto, la necesidad de estaciones radioeléctricas, enlaces de radio entre las estaciones base y las centrales de conmutación del sistema celular, incremento progresivo de cobertura, necesidad de evitar interferencias y

radiación electromagnética excesiva, entre otros, hace necesario el contar con un reglamento común aplicable a todos los servicios públicos móviles.

Es conveniente señalar que los reglamentos específicos de los servicios móviles, como en el caso del Servicio de Telefonía Móvil Celular y del Servicio de Buscapersonas, han estado vigentes desde hace varios años atrás y actualmente ya no responden a la situación actual, debido a los avances tecnológicos en la industria de telecomunicaciones. Los parámetros mínimos de calidad de servicio mencionados antes, como grado de servicio del canal de acceso, grado de servicio del canal de voz, caída de llamadas, entre otros, son aplicables para los servicios de voz, pero no existen parámetros para los servicios multimedia y de transmisión de datos que vendrán con los sistemas 3G, lo cual restringe el aprovechamiento del potencial que ofrece la tecnología actualmente, y los mayores beneficios que ésta puede representar para los usuarios.

Para el caso de la concesión de nuevas frecuencias, que se encuentra en proceso de licitación, el CONATEL expidió el reglamento para la prestación del servicio móvil avanzado (SMA), el mismo que fue publicado en el Registro Oficial del 21 de Octubre de 2002, en el cual se especifican los rangos de frecuencias asignados para dichos servicios, así como los derechos y deberes, tanto de los prestadores del servicio como de los usuarios. El servicio móvil avanzado será prestado en forma continua y eficiente de acuerdo con dicho reglamento y con los parámetros y metas de calidad del servicio establecidos en el título habilitante o licencia de concesión. Dicho reglamento se encuentra en el Anexo G.

Las restricciones que pudieran existir en la legislación pueden ocasionar dificultades para que los operadores puedan ofrecer mayores facilidades tecnológicas a sus usuarios. La incertidumbre de la legislación o las diferencias en la reglamentación entre servicios que compiten en el mismo mercado, podría inhibir la realización de inversiones en estos servicios.

En el plano internacional, cada país es libre de dictar sus propias políticas para la prestación de los servicios celulares, pero si a futuro, se desea aprovechar al máximo los servicios que prestarán los sistemas 3G, es necesario, seguir políticas parecidas en lo referente a la forma de licitar las licencias de operación, la asignación de frecuencias, los terminales a ser usados, entre las principales.

4.5 PROCESO PARA ESTABLECER UN SISTEMA DE TERCERA GENERACIÓN EN EL PAÍS

Al hablar del establecimiento de los sistemas de tercera generación, es necesario, analizar dos casos, el primero es el camino a seguir por las operadoras actuales, es decir qué opción es más conveniente tanto para sus intereses como para los intereses de los usuarios, y en ese sentido se hablará más adelante. El segundo caso es para la entrada de un tercer operador celular, el mismo que se espera ofrezca ya servicios de tercera generación.

4.5.1 OPERADORAS ACTUALES

En el caso de las operadoras celulares que operan en el país, parece que el panorama está muy claro con respecto a sus futuras redes a ser instaladas. Tanto en BellSouth como en Porta, no va a existir una migración en el sentido literal de la palabra, sino más bien van a existir y de hecho ya se están implementando redes con capacidades de tercera generación que trabajarán en las mismas frecuencias que las actuales redes.

4.5.1.1 BellSouth

En BellSouth, el sistema que están implementando y que ya está funcionando es CDMA2000 1x, el mismo que posee características de un sistema de tercera generación, pero no tan desarrolladas como en CDMA2000 3x, que se espera sea su siguiente paso. El camino que ha seguido BellSouth era de esperarse, ya que al ser una empresa de los EE.UU., optaron por un sistema que fue desarrollado en ese país. Como se dijo antes, este sistema trabaja en las mismas frecuencias del sistema TDMA actual; los dos sistemas operan en *overlay*, es decir, uno sobre otro, con lo cual se logra la interoperabilidad de ambos, y en un principio está funcionando únicamente en las ciudades de Quito y Guayaquil.

4.5.1.2 Porta

En Porta, el sistema que se espera esté funcionando para el primer trimestre del año 2003 es el de GSM, si bien es cierto éste es un sistema de segunda generación, también es cierto que éste va a incluir a GPRS, lo cual hace que este sistema sea de 2.5G con características de tercera generación, así mismo se espera que WCDMA sea su siguiente paso. GSM normalmente opera en las bandas de 900 MHz y 1800 MHz, pero también existe una versión para la banda de 800 MHz que opera en países como Venezuela, que es la que se va a implementar, con el fin de trabajar en las mismas frecuencias de TDMA y de esta manera tener los dos sistemas en *overlay*. El camino que ha seguido Porta, que tiene influencia europea, talvez no era el esperado pero aún así sigue siendo una excelente opción para la prestación de mejores servicios.

Es necesario indicar que estos nuevos sistemas, en la actualidad no son compatibles, es decir, un mismo terminal no puede ser activado en ambos sistemas como ocurre con TDMA. De igual forma el roaming solo podrá hacerse en países con estos sistemas, es decir, los usuarios de BellSouth

podrán usar su terminal en países con CDMA, pero no lo podrían usar en Europa, mientras que los usuarios de Porta podrán usar su terminal pero en sentido contrario.

A largo plazo se espera que estas desventajas desaparezcan debido a los adelantos tecnológicos; anteriormente se consideraba que el roaming entre sistemas CDMA y GSM no se daría, creando dos bloques aislados de servicios celulares (América/Japón y Europa/Australia/Asia) pero diferentes proveedores han trabajado en tecnología que habilita la interoperabilidad. El 26 de Octubre de 2000 la empresa Zongxing Telecom Equipment Co. (ZTE) con colaboración del CDMA Development Group (CDG) lanzó el primer Módulo de Identificación de Suscriptor (SIM): Gemplus GemXplore World totalmente inter operable con CDMA-GSM en la banda de 1900MHz. Otras empresas como Schlumberger han anunciado sus nuevos productos como la tarjeta SIM - Simera Airflex para este mismo propósito. Estos desarrollos en realidad permitirán al usuario inalámbrico hacer realidad el concepto de roaming mundial en un mediano plazo.

4.5.2 TERCER OPERADOR

Después de analizar la información obtenida, algunas opciones parecen viables para el establecimiento de un tercer operador en el país:

1. Utilizar espectro en 1900MHz de la misma forma que lo hizo el FCC en los Estados Unidos de América.
2. Utilizar espectro en 900 MHz de acuerdo al plan europeo para GSM-900 en las Regiones 1 y 3.
3. Utilizar espectro en 1800 MHz de acuerdo al plan europeo para GSM-1800 en las Regiones 1 y 3.
4. Utilizar espectro UMTS.
5. Utilizar frecuencias compatibles con los planes de Norte América y Europa.

Cada una de estas opciones se discuten en los párrafos siguientes, con el objetivo de ver, el por qué se designó a las bandas C y C', como la mejor opción para ser licitada:

4.5.2.1 Seguir el plan norteamericano

Algunos países de Sur América como Chile, Uruguay, Paraguay, Bolivia, han seguido el liderazgo de los Estados Unidos y han asignado espectro para sus sistemas móviles en las bandas de 1850 MHz a 1910 MHz y 1930 MHz a 1990 MHz. Este enfoque tiene algunas ventajas muy atractivas y una seria desventaja.

4.5.2.1.1 *Ventajas*

Las ventajas son:

- La infraestructura y el equipo terminal están disponibles
- Provee un camino migratorio coordinado hacia 3G
- El roaming entre Ecuador, los EE.UU. y el resto de Sur América es de fácil acceso, debido a que la mayor parte del equipo terminal está disponible en versión dual mode que es compatible con el estándar TDMA.

4.5.2.1.2 *Desventajas*

Las desventajas son:

- Las frecuencias asignadas para la utilización de este plan interfieren con las frecuencias de la banda central recomendada por la UIT para 3G

- Sería necesaria una extensiva relocalización de los servicios que actualmente se prestan en dicha banda.
- La principal desventaja es que si se desarrollan sistemas CDMA, no podrá haber roaming a países que no hayan implementado TDMA o CDMA, lo cual representa a la mayoría de los países del mundo.

4.5.2.2 Seguir el plan europeo para GSM-900

De acuerdo a la investigación desarrollada por este estudio, seguir el plan europeo para la asignación de espectro para sistemas 2G y 3G tiene dos ventajas y cuatro desventajas

4.5.2.2.1 Ventajas

Las ventajas de utilizar el plan para GSM-900 son:

- Habría un desarrollo de los sistemas 2G proveyendo la mayor capacidad para roaming a nivel mundial
- Provee una migración coordinada para el desarrollo de sistemas 3G con la versión europea

En esta opción, el espectro de la banda central par 3G europeo no es bloqueado por la asignación de nuevo espectro, aún más, las unidades de abonado iniciales 3G serán retrocompatibles con 2G, facilitando la transición al 3G europeo.

4.5.2.2.2 Desventajas

Hay cuatro desventajas asociadas con la utilización de este plan:

- La porción inferior del espectro de GSM-900 se sobrepone con las frecuencias de TDMA en 800 MHz.
- Actualmente no es posible el roaming en los sistemas TDMA en Norte y Sur América si se utiliza este plan.
- Sería necesaria una extensiva relocalización de los servicios que actualmente se prestan en dicha banda.
- La asignación no será tecnológicamente neutra y favorecerá a la infraestructura GSM.

4.5.2.3 Seguir el plan europeo para GSM-1800

De acuerdo a la investigación desarrollada, seguir el plan europeo para la asignación de espectro para sistemas 2G y 3G tiene algunas ventajas y desventajas.

4.5.2.3.1 Ventajas

Las ventajas para la utilización de este plan son:

- Desarrollo de los sistemas de 2G con buenas capacidades de roaming mundial
- Provee una migración coordinada hacia el desarrollo de sistemas 3G

En esta opción, el espectro de la banda central de 3G europeo, tampoco está bloqueado por la asignación de nuevo espectro. Aún más, los terminales de 3G serán retrocompatibles con los sistemas 2G, facilitando la transición.

4.5.2.3.2 Desventajas

Las desventajas de este plan son:

- Los sistemas GSM-1800 no han experimentado un amplio desarrollo comercial comparado con los de GSM-900.
- Con este plan, en la actualidad no es posible el roaming en los sistemas TDMA en Norte y Sur América.
- Sería necesaria una extensiva relocalización de los servicios que actualmente se prestan en la banda de 1710 MHz a 1880 MHz.
- La asignación no será tecnológicamente neutra y favorecerá a la infraestructura GSM.

4.5.2.4 Seguir el plan europeo para UMTS

De acuerdo al estudio desarrollado, seguir el plan europeo para la asignación de espectro para sistemas 3G tiene algunas ventajas y desventajas.

4.5.2.4.1 Ventajas

Las ventajas para la utilización de este plan son:

- Sigue las recomendaciones de la WARC-92 para IMT-2000
- Se tendrá una nueva y amplia gama de servicios.

4.5.2.4.2 Desventajas

Las desventajas de este plan son:

- Las redes UMTS no están del todo operables en el mundo
- No está consolidado el futuro de UMTS, en especial en el continente americano.

- Sería necesaria una extensiva relocalización de los servicios que actualmente se prestan en la banda de 1900 MHz a 2170 MHz

4.5.2.5 Adoptar un plan compatible con Norte América y Europa

El plan disponible más atractivo a ser adoptado es el que es compatible con Norte América y Europa. En este plan, parte del espectro de 1900 MHz es asignado de tal forma que está en conformidad con el plan norteamericano y deja una porción de frecuencias, abierta de forma que se alinea con la banda principal del plan europeo.

La elección del bloque C en canalización PCS, permitirá la neutralidad tecnológica, de forma que será el operador quien decida que tecnología utilizar, al tiempo que ofrece menor solapamiento con la atribución de espectro IMT-2000 permitiendo que el gobierno tenga mayor flexibilidad a futuro para elegir el camino a seguir en sus nuevas atribuciones de espectro.

4.5.3 MEJOR ALTERNATIVA

Por estas razones, la mejor opción es la adopción de un plan compatible con Norte América y Europa, así que para las concesiones iniciales, se utilizarán las bandas C y C' en la banda de 1900 MHz, de acuerdo con la canalización recomendada por CITEL (Comisión Interamericana de Telecomunicaciones) para PCS, de manera que para las subsiguientes el país pueda realizar un arreglo de frecuencias de acuerdo con los planes europeo o americano, según se de la evolución de los servicios móviles en ese momento.

Las bandas C y C' ya se encuentra en proceso de licitación, las mismas que una vez que sean atribuidas al operador, podrán ser usadas para prestar servicios, ya sean de segunda o tercera generación.

Las frecuencias de PCS en 1900 MHz ya están consolidadas en América y está claro que también en estas frecuencias se desarrollará la tecnología 3G, si es de interés del operador. De esta manera no se han introducido limitantes de ninguna índole. Si a futuro, el Ecuador desea promover el uso de las frecuencias UMTS ya habrá transcurrido suficiente tiempo para que éstas se encuentren limpias y se las pueda utilizar si el caso amerita.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El presente proyecto abarcó un estudio de las diferentes tecnologías existentes tanto de segunda como de tercera generación, así como una revisión de las tecnologías de primera generación. Las condiciones de los sistemas celulares en nuestro país, así como en otros países de la región y de Europa, también fueron analizadas en función de las tecnologías usadas y su aceptación por parte de los usuarios.

Se puede decir que en el Ecuador el camino hacia el uso de los sistemas de tercera generación ya se ha empezado a recorrer, ya que tanto BellSouth como Porta han comenzado a mejorar sus sistemas actuales así como a implementar otros sistemas cuyas características los convierten en una primera versión de un sistema 3G.

Si bien es cierto que un sistema que sea totalmente de tercera generación no se verá sino dentro de unos 5 años, también es cierto que su implementación dependerá de algunos factores como son: las condiciones económicas del país, la calidad del servicio celular, el costo que tendrán determinados servicios y la aceptación y uso por parte de los usuarios de los mismos.

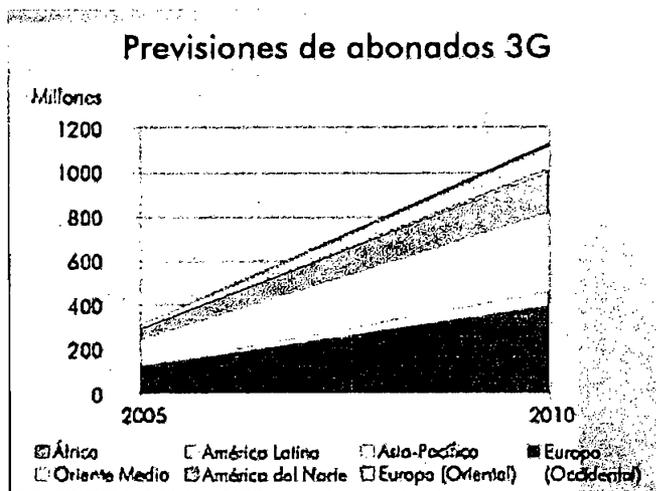


Figura 5.1.- Proyección de abonados 3G en el mundo¹

En la figura 5.1 se observa que para América Latina y por ende para el Ecuador las proyecciones del mercado 3G son muy reducidas en comparación con el resto del mundo por lo que la implementación de estos sistemas tardará algunos años.

Por los sistemas que están implementando cada operadora es posible prever cuales serán sus futuros pasos a seguir hacia un sistema 3G, es así que se tiene:

5.1.1 BELLSOUTH

BellSouth escogió el camino de CDMA2000 1x. Esta tecnología es un primer paso para un sistema completamente 3G en la versión norteamericana conocida como CDMA2000. Se ofrecerán servicios que requieran un mayor ancho de banda con mayores velocidades de transmisión pero no se llegará a los valores máximos especificados para 3G. La elección hecha por BellSouth implica que a futuro migrará a lo que se conoce como CDMA2000 3x, es decir un sistema de tercera generación.

¹ Fuente: Global Mobile Forecasts to 2010

5.1.2 PORTA

Porta escogió el camino de GSM junto con GPRS. Debido a este particular, también se ofrecerán servicios que requieran un mayor ancho de banda con mayores velocidades de transmisión pero de igual manera, no se llegará a los valores máximos. La elección hecha por Porta implica que a futuro migrará a lo se conoce como WCDMA, conocido también como UMTS en Europa, es decir un sistema de tercera generación.

Debido a las diferentes implementaciones hechas por las operadoras, está claro que los terminales no podrán ser usados en ambos sistemas, lo cual será, en un principio un inconveniente, pero como se dijo en el presente proyecto, existen algunas empresas que están trabajando al respecto para la creación de terminales compatibles con ambas tecnologías.

Es importante también recalcar, que los sistemas actuales de TDMA y AMPS, no van a desaparecer, sino que van a seguir funcionando en las mismas frecuencias junto con los nuevos sistemas, y a futuro, dependiendo de la evolución del mercado y la aceptación de los nuevos sistemas, se decidirá si es conveniente o no continuar con la operación de los mismos.

En cuanto al sondeo de mercado podemos llegar a las siguientes conclusiones:

Con respecto a la primera pregunta, si bien es cierto Porta tiene mayor cantidad de usuarios suscritos a nivel nacional, tal como se muestra en el cuadro 4.4, en la muestra analizada BellSouth tiene una leve ventaja sobre Porta, aunque esto no implica que este predominio se mantenga en otros entornos empresariales, dicha ventaja seguramente se debe a que BellSouth ofrece planes empresariales más atractivos.

Existe una desconfianza por parte de los usuarios, debido a que todos los encuestados opinan que el servicio es malo, esta pregunta se complementa con la tercera, en la que se puede observar que la mayoría de los usuarios presentan problemas al intentar establecer llamadas, una consecuencia de esto son las acciones que se han tomado en los últimos días, como es el traspaso de los usuarios de post pago a la nueva red CDMA implementada por BellSouth, debido a que la cantidad de usuarios ha sobrepasado la capacidad de las redes en funcionamiento.

Esto es preocupante ya que las normas que se emplean por parte de las entidades de control para la regulación del actual servicio celular, podría ser el mismas si nuevos servicios son implantados, causando la desconfianza y disconformidad por parte de los usuarios y afectando de alguna manera que nuevas tecnologías sean implantadas. Por supuesto parte de la solución sería que las entidades reguladoras, actualicen el presente reglamento para que vaya acorde con la realidad de nuestro país y de esa forma poder ofrecer al usuario una calidad de servicio mínima mucho mejor.

En cuanto al servicios de preferencia que esperarían la mayoría de los usuarios de los sistemas de tercera generación poseer, se encuentran la video conferencia por ser un servicio novedoso y el Internet móvil a altas velocidades y todas las ventajas que esto conlleva como por ejemplo información, chats, e-mails, etc, por otro lado la de menor preferencia es la de compras en línea lo cual demuestra un cierto grado de desconfianza con respecto a la seguridad que puedan ofrecer las redes.

Analizando la quinta pregunta, que se ve que los usuarios no estarían dispuestos a pagar más por mejores servicios, ya que sienten que merecen estos servicios con las tarifas que actualmente pagan, esto indiscutiblemente afectaría entonces una evolución más rápida de los sistemas celulares, que, para brindar nuevos y mejores servicios tendrían que hacer fuertes inversiones y subir los costos.

Si bien es cierto que con la entrada de un tercer operador, se espera que disminuyan las tarifas de los servicios celulares, y se mejore el servicio que se presta actualmente, al usuario, lo que más le interesa es una reducción de los valores que actualmente están vigentes como lo indican los resultados de la sexta pregunta, lo cual es una clara muestra del descontento existente por parte de los usuarios en relación a las altas tarifas.

Por otro lado al existir una mayor competencia con un tercer operador, las actuales empresas que prestan el servicio celular se verían en la necesidad de mejorar sus productos para poder competir de una mejor manera, lo cual implica también una reducción de tarifas, hecho que se ve reflejado en los resultados de la séptima pregunta.

5.2 RECOMENDACIONES

Después de haber hecha una evaluación de las diferentes opciones para la asignación de espectro para la operación de un tercer operador, se vio que la mejor banda para ser asignada es la banda C y C', la misma que ya está siendo licitada para su adjudicación y se encuentra dentro de los rangos de frecuencia asignados para la prestación del servicio móvil avanzado, como lo estipula el reglamento adjunto en Anexo G.

El uso de esta banda permite al Ecuador seguir ambos caminos para el desarrollo de 3G; uno, posiblemente a ser seguido por el resto de América, que es el CDMA2000 y el otro, el que se espera tome el resto del mundo y que de hecho ya lo está haciendo, que es el de WCDMA o UMTS. En este proceso, el mercado, las condiciones económicas y la diversidad de servicios, beneficiarán a los usuarios de estos sistemas en el Ecuador. El camino migratorio, por medio del uso de esta banda, existe para todas las tecnologías desarrolladas en Norte América y satisface el requerimiento de neutralidad tecnológica.

Es importante tomar en cuenta que si se quiere mantener la mayor cantidad de opciones abiertas, para el futuro, se debe limpiar todo el espectro donde exista la posibilidad de uso para servicios móviles. Se tiene que tomar en cuenta que no está definido el espectro necesario para bandas de guarda, que requerirán los servicios 3G, nuevamente reforzando la necesidad de tener todo el espectro libre.

Luego de haber realizado el presente estudio, se puede decir que en el país no existe aún un mercado sólido para el ingreso de un sistema completamente de tercera generación; tomando en cuenta que GSM es la tecnología que actualmente domina el mercado de las comunicaciones celulares junto con la comparación técnica que se hizo en el capítulo 3, se recomienda que el tercer operador implemente un sistema basado en tecnologías GSM y GPRS, ya que este sistema ha demostrado tener un buen desempeño alrededor del mundo ofreciendo velocidades de transmisión superiores que en 2G. Se esperaría que el siguiente paso sea la implementación de WCDMA, tecnología que fue escogida como la mejor opción.

A futuro y sabiendo que cuando el país esté en condiciones de tener un sistema 3G, ya se habrán desarrollado terminales que puedan operar tanto en CDMA2000 como en WCDMA o UMTS, la itinerancia o roaming tanto nacional como internacional será una realidad así como también estará disponible para el usuario toda la gama de servicios relacionados con las ventajas de dichos sistemas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] OJAMPERA, T. and PROSAD, G., *An Overview of Air Interface Multiple Access for IMT-2000/UMTS*, IEEE Communications Magazine, September 1998
- [2] ZENG, M.; MALAI, Ann; and BHARGAVA, V., *Harmonization of Global Third Generation Mobile Systems*, IEEE Communications Magazine, December 2000
- [3] CHISTENSEN, C. M., *The Innovator's Dilema*, Cambridge, MA; Harvard Business School Press, 1977
- [4] SOLLENBERG, N. R.; SESHANDRI and COX, R., *The Evolution of IS-136 TDMA for Third Generation Wireless Services*, IEEE Personal Communications, June 1999
- [5] KAVEH, Pahlavan and PRASHANT, Krishnamurthy, *Principles of Wireless Networks*, Prentice Hall PTR, 2002
- [6] VIJAY, K. Garg; *Wireless Network Evolution: 2G to 3G*, Prentice Hall PTR 2002
- [7] FREEMAN R., *Telecommunications Transmission Handbook*, New York: Wiley, 1991
- [8] STALLINGS, William; *Data And Computer Communications*, Fifth Edition, Prentice Hall, 1997.
- [9] Ing. ORTEGA, Patricio; *Apuntes de Comunicaciones Inalámbricas*, Folleto, EPN, 2001.
- [10] D. J. GOODMAN; *Wireless Personal Communications Systems*, Editorial Addison Wesley Wireless Communications Series, 1997.

- [11] REY, Eugenio; *Telecomunicaciones Móviles, Varios Autores, Segunda Edición*, Editorial Alfaomega Marcombo, 1999.
- [12] CHAUDRY, P., M. Mohr, and S. Onoe, *The 3GPP Proposal for IMT-2000*, IEEE Communications Magazine, Vol. 39, No. 12, December 1999, pp. 72-81.
- [13] TANENBAUM S. Andrew; *Redes de Computadoras*, Editorial Prentice Hall, Tercera Edición, 1997.
- [14] HERNANDO, José; *Trasmisión por radio*, Colección E.T.S.I. de telecomunicación (U.P.M.), Editorial Centro de Estudios Ramón Areces.
- [15] GARG, V.K., HALPEM, S., and SMOLIK, K.F., *Third Generation (3G) Mobile Communications Systems*, Third ICPWC99, 1999
- [16] SHANKER, B, McCLELLAND, S., *Mobilizing the Third Generation (Cellular Radio) Telecommunications*, International Edition, Vol. 31, August 1997, pp. 27-28
- [17] ANDERSEN, J., RAPPAPORT, T., and YOSHIDA, S., *Propagation Measurements and Models for Wireless Communications Channels*, IEEE Communications Magazine, January 1995.
- [18] BLACK, V., *Second Generation Mobile and Wireless Networks*, Upper Saddle River, NY; Prentice Hall 1999
- [19] DINAN, E., and JABBARI, B., *Spreading Codes for Direct Sequence CDMA and Wide Band CDMA Cellular Networks*, IEEE Communications Magazine, September 1998
- [20] PRASAD, R.; MOHR, W. and KONHAUSER, W., eds; *Third Generation Mobile Communications Systems*, Boston, Artech House, 2000

- [21] COOK, Walt; HOMER, William H., and KALYAN, Karl Vishwanath; *Manual Sobre Desarrollo de las Comunicaciones Móviles*, BDT Ginebra, Junio 1997
- [22] INFORME UIT-R M742-4, *Sistemas Telefónicos Móviles Terrestres de uso Público*, 1995
- [23] AFANADOR, Hernán; *Aspectos iniciales para el adecuado desarrollo de Sistemas de la Tercera Generación Inalámbrica*; Rama Estudiantil del IEEE, Universidad de los Andes, Febrero 2000
- [24] SON H. Tran and DINH Susan T., *Wideband CDMA Radio Transmission Technology*, Introduction to Wireless Communication Systems University of Texas at Dallas, 1999
- [25] MELERO, Juan; *Análisis de Distintas Vías de Evolución hacia la Tercera Generación de Redes Celulares (UMTS Multi-Radio y CDMA2000)*, Seminario 3G, Caracas Venezuela, Junio 2002
- [26] ROJAS, Campos Julys; *Aspectos Técnicos de WCDMA en los sistemas Inalámbricos*, Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta, Caracas Venezuela, 1998
- [27] SOTELO, Carlos; *Informe de la Participación en la XIX Reunión del CCP/III: Radiocomunicaciones de la CITEL*, Asociación Hispanoamericana de Centros de Investigación y Empresas de Telecomunicaciones, 2001
- [28] HAAS, Harald; *Interference Analysis of and Dynamic Channel Assignment Algorithms in TD-CDMA/TDD Systems*, A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy, The University of Edinburgh, Noviembre 2000
- [29] QUALCOMM, Inc., *1xEV: 1x Evolution IS-856 TIA/EIA Standard Airlink Overview*, Revision 7.2, Noviembre 2001

[30] UMBERT, Anna, y DÍAZ, Pilar; *Red de Acceso Radio para el Sistema de Comunicaciones Móviles de Tercera Generación (UMTS)*, Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones (D4 Campus Nord) Universitat Politècnica de Catalunya-España, 2001

[31] THE SHOSTECK GROUP, *The Commercial and Technology Challenges for TDMA Operators*, CDMA Development Group, June 2001

RECOMENDACIONES

f116 *SERVICIOS DE TELECOMUNICACIÓN NO TELEFÓNICOS*, Servicio móvil - Servicio móvil y servicios por satélite con destinos múltiples Características del servicio y disposiciones operacionales en las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000)

m1034 *REQUISITOS DE LAS INTERFACES RADIOELÉCTRICAS PARA LAS TELECOMUNICACIONES MÓVILES INTERNACIONALES-2000 (IMT-2000)*

m1036 *CONSIDERACIONES SOBRE EL ESPECTRO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES MÓVILES INTERNACIONALES-2000 (IMT-2000) EN LAS BANDAS 1 885-2 025 MHz Y 2 110-2 200 MHz.*

m1079-1 *REQUISITOS RELATIVOS A LA CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO Y SERVICIO EN LAS TELECOMUNICACIONES MÓVILES INTERNACIONALES-2000 (IMT-2000)*

m1308 *EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS MÓVILES TERRESTRES HACIA LAS IMT-2000*

m1390 *METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE ESPECTRO TERRENAL DE LAS TELECOMUNICACIONES MÓVILES INTERNACIONALES-2000 (IMT-2000)*

m819-2 TELECOMUNICACIONES MÓVILES INTERNACIONALES-2000 (IMT-2000) PARA LOS PAÍSES EN DESARROLLO

q1701 CONMUTACIÓN Y SEÑALIZACIÓN, Requisitos y protocolos de señalización para la red IMT-2000 Marco para las redes de las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000)

q1711 CONMUTACIÓN Y SEÑALIZACIÓN, Requisitos y protocolos de señalización para IMT-2000 Modelo funcional de red para las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000)

PÁGINAS WEB

http://www.itu.int/imt/what_is/imt/index.html

What is IMT-2000?

Fecha de acceso: 08-01

<http://www.telefonos-moviles.com/articles/item.asp>

UMTS - La tercera generación de teléfonos móviles

Fecha de acceso: 06-02

<http://www.timagazine.net/magazine/0298/cdma.cfm>

CDMA, una alternativa a GSM?

Fecha de acceso: 06-02

<http://www.hackhispano.com/paginas/gsm.htm>

Sistema de telefonía móvil GSM

Fecha de acceso: 09-01

<http://www4.gratisweb.com/utilitarias/vhf/telefonía/gsm1.html>

Teoría de GSM

Fecha de acceso: 06-02

<http://www.privateline.com/PCS/history2.htm>

Mobile telephone history

Fecha de acceso: 06-02

<http://info.telecom-co.net/unidadtrans/gruposint/pcs/temas/tutorial/standares.htm>

Estándares en los sistemas móviles

Fecha de acceso: 09-01

<http://mailweb.udlap.mx/~lgojeda/apuntes/sistcom/articulo1.htm>

CDMA vs. TDMA

Fecha de acceso: 02-02

<http://mailweb.udlap.mx/~lgojeda/apuntes/sistcom/articulo2.htm>

Telecommunications at the start of the new millennium

Fecha de acceso: 02-02

<http://www.commweb.com/encyclopedia/search?term=CDMA>

CDMA

Fecha de acceso: 02-02

http://telecom.fi-b.unam.mx/Telefonia/Telefonia_Celular2.htm

Telefonía celular

Fecha de acceso: 09-01

http://eurielec.etsit.upm.es/seminario/telefonica_moviles/telefonica_moviles.html

Nuevas tecnologías de red en UMTS

Fecha de acceso: 10-02

<http://cellphones.about.com/cs/basics/>

Cellular phone basics

Fecha de acceso: 11-01

<http://www.ee.washington.edu/class/498/sp98/final/marsha/final.html>

Wireless Networks: How cellular phone technologies compare

Fecha de acceso: 11-01

<http://www.cellular.dk/dk/skab1.asp?main=12cell>

Wireless access technologies

Fecha de acceso: 11-01

<http://www.ou.edu/engineering/emc/standard.html>

Matrix of Worldwide Wireless Telecommunication Standard Characteristics

Fecha de acceso: 12-02

ANEXO A

**GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS
CELULARES**

CAPÍTULO 3

Panorámica de los sistemas celulares

3.1 Introducción

Al examinar los primeros sistemas móviles se han explicado los componentes principales de un sistema radioeléctrico MF. Ahora pueden explicarse los componentes de un sistema celular típico. Un sistema radioeléctrico celular es un sistema radioeléctrico bidireccional controlado por microprocesador. Los tres componentes de un sistema celular (célula, unidad de abonado y conmutación) actúan con arreglo a las instrucciones de un microprocesador. (NOTA – En el apéndice A que sigue a este Capítulo figura un glosario de términos sobre radiocomunicaciones celulares y la descripción de los conceptos.)

3.2 Célula

En un sistema de telefonía celular, una zona de servicio se divide en zonas de cobertura más pequeñas denominadas células. Se suele tomar un modelo de célula como una zona con forma hexagonal de 1-40 millas cuadradas de superficie (figura 3.1). También es importante señalar que la cobertura radioeléctrica real de una célula no está limitada a los contornos del hexágono. La radiofrecuencia transmitida puede superponerse a otras zonas de cobertura. Por tanto, la forma de la zona de cobertura de la célula, en la realidad, no es exactamente un hexágono (figura 3.1B).

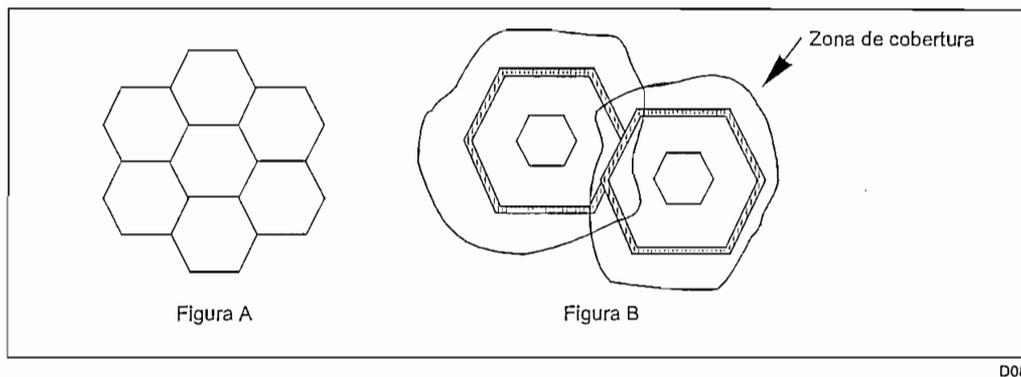


Figura 3.1

3.3 Estación de base

Situada dentro de cada célula está la estación de base. La estación de base es una estación transmisora-receptora que contiene un equipo de control y de RF que establece la comunicación para los canales asignados a dicha célula. La estación de base establece también los medios para la transmisión de las comunicaciones de datos y vocales entre la unidad de abonado y los controladores de la célula.

Cada estación de base transmite y recibe en una zona definida limitada al contorno aproximado de su célula. La estación de base se comunica con todos los abonados interiores a dicha célula. La célula está también conectada con la central de conmutación telefónica móvil (MTSO)/central celular y se encarga de las comunicaciones con ella. (La MTSO/central es un componente del sistema celular cuya función es similar a la de una central de la RTPC.)

3.4 Central de conmutación telefónica móvil (MTSO)

La MTSO consiste en un edificio físico que alberga la central celular. Además, en la MTSO pueden estar las oficinas de facturación, los ficheros de abonados y la contabilidad general del sistema celular. También contiene equipos auxiliares y periféricos para la central. Dichos equipos incluyen la alimentación de energía, los módems y otros aparatos utilizados por la central.

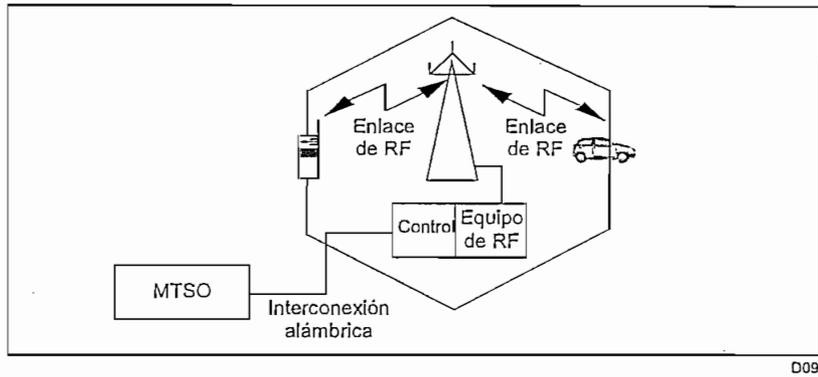


Figura 3.2

La central celular es el dispositivo de control del sistema celular. Está conectada a las células del sistema celular mediante líneas terrestres especializadas, enlaces de microondas o una combinación de ambos. Dependiendo del tipo de central que se utilice, varía el número de emplazamientos celulares que pueden controlarse. La central celular sirve también como interfaz entre el abonado y la red telefónica pública conmutada (RTPC).

3.4.1 Red telefónica pública conmutada (RTPC)

La red telefónica pública conmutada (RTPC) es la red telefónica mundial a la que se conectan todos los hogares y empresas. Es importante comprender que la RTPC no forma parte del sistema celular. No obstante, sin esta interconexión con la RTPC, los abonados celulares no podrían acceder al sistema telefónico terrestre.

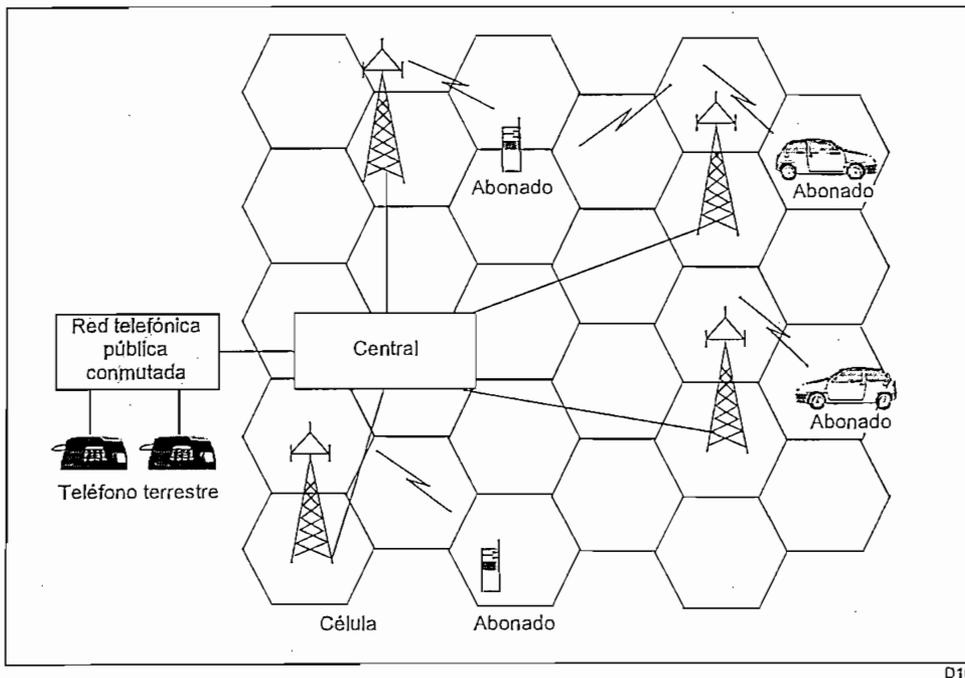


Figura 3.3

3.5 Conceptos de frecuencias

3.5.1 Canales directo e inverso

La telefonía celular funciona utilizando canales directos e inversos vocales y de señalización. Los datos o la voz se envían al abonado desde el emplazamiento de la célula en un sentido directo. Los datos enviados por el abonado a la célula van en sentido inverso. Los canales vocales y de señalización funcionan en sentidos directo e inverso.

3.5.2 Canales de señalización

Los teléfonos celulares están diseñados para poder transmitir información en una frecuencia y recibir la información en otra. Como resultado de ello, cada canal es de hecho una pareja de frecuencias – una para transmitir información y otra para recibirla. Para enviar datos a la unidad del abonado o a la célula, se utilizan canales de señalización. Dichos canales se denominan también canales de control.

Los canales de señalización llevan los mensajes de datos digitales necesarios para el establecimiento de la llamada. Estos mensajes se transmiten y reciben entre la célula y el teléfono celular. Los datos digitales constituyen información enviada en una serie de cifras numéricas. Los datos digitales se envían por el canal de señalización con un formato de palabras. Cada palabra enviada en el sentido directo contiene 40 bits, mientras que cada palabra enviada en el sentido inverso contiene 48 bits. Bit es la abreviatura en inglés de cifra binaria (*binary digit*) que es un «1» o un «0».

El principio de transmisión directa e inversa utilizada para describir la transmisión celular da lugar a dos tipos de canales de señalización (control): 1) Canal de control (señalización) directo (FOCC); y 2) Canal de control (señalización) inverso (RECC).

3.5.3 Canal de control directo (FOCC)

El canal de control directo (FOCC) transmite constantemente datos entre la célula y el móvil. Los datos contienen: mensajes de tara, mensajes de control de la estación móvil y mensajes de relleno de control.

Los mensajes de tara se repiten aproximadamente una vez cada segundo y contienen información para todas las unidades de abonado activas del sistema. Esta información se envía en una serie de mensajes denominada tren de mensajes de tara. Los mensajes de control de estación móvil contienen información dirigida a una unidad de abonado específica e incluyen datos de búsqueda, información del nivel de potencia e instrucciones que debe seguir la unidad de abonado. Los mensajes de relleno de control forman parte del tren de mensaje de tara. Se envían por el FOCC cuando no se transmite ningún otro mensaje. Ello permite al FOCC enviar un tren de datos continuo y al móvil permanecer en sincronismo con el tren de datos. El mensaje de relleno de control también contiene información relativa al nivel de potencia que debe transmitirse en el sistema.

3.5.4 Canal de control inverso (RECC)

El canal de control inverso (RECC) transmite datos desde la unidad de abonado a la célula. Por el RECC se envían dos tipos de mensajes de petición de servicio.

3.5.5 Mensaje de origen móvil

Este mensaje se genera cuando el abonado pulsa el botón de envío (SND). Esos mensajes inician el procesamiento de la llamada celular.

3.5.6 Mensaje de respuesta de búsqueda

Es un mensaje enviado por la unidad de abonado a la célula, indicando que se ha recibido una señal de búsqueda.

3.5.7 Canales de voz

Los canales de voz transmiten y reciben señales vocales en sentido directo e inverso. Los datos se envían en los sentidos directo e inverso desde la célula a la unidad de abonado y viceversa.

Un canal de voz directo (FOVC) transmite datos de banda ancha necesarios para instrucciones tales como la de traspaso. Las señales vocales o los datos pueden enviarse por canales vocales, pero no al mismo tiempo.

Un canal vocal inverso (REVC) transmite señales vocales (audio) o datos enviados por la unidad de abonado a la célula.

3.5.8 Reutilización de frecuencias

Una de las ventajas del sistema de telefonía celular es la capacidad de utilizar las frecuencias disponibles en una zona de servicio sin interferencia. Para que la reutilización de frecuencias dé resultado, se han elaborado directrices de diseño específicas. Estos temas se examinan con más detalle en los capítulos siguientes.

3.6 Panorámica de la señalización

3.6.1 Historia de la señalización

En los primeros tiempos de la telefonía básica, el proceso de señalización era sencillo. Si se quería hacer una petición de servicio, se giraba la manivela situada en el lateral del teléfono para alertar a la operadora de la central. Si se quería llamar a una cierta persona, se le decía a la operadora de quién se trataba y ésta efectuaba la conexión. No obstante, con la llegada de los primeros sistemas de computación automática, se eliminaba del proceso a la operadora y se aplicaban medios mecánicos de señalización.

Con independencia de si son señales vocales de conversación, información de procesamiento de la llamada o datos, las señales de telecomunicaciones se encuadran en dos categorías posibles, analógicas o digitales.

3.6.2 Señales analógicas

Las señales analógicas son el producto de la conversión de una onda de sonido en una señal equivalente electrónica. La información se transmite en algún tipo de tono o tonos. Ello se lleva a cabo mediante un transductor, por ejemplo, un micrófono de carbón como el de muchos microteléfonos. Cuando las ondas sonoras llegan al diafragma del micrófono, aquél vibra, lo que a su vez cambia el espacio entre los gránulos de carbón y altera la resistencia del circuito. El cambio de resistencia crea impulsos que son una representación eléctrica de la onda sonora original.

En el extremo receptor, el proceso es simplemente el inverso. En este caso, no obstante, en lugar de utilizar gránulos de carbón, los impulsos eléctricos se utilizan para crear un campo en un imán sujeto a un diafragma, el altavoz o receptor telefónico.

La señal analógica es realmente la representación eléctrica de los dos elementos principales de la señal de audio: la frecuencia y la amplitud. La frecuencia de la señal analógica es directamente proporcional a la frecuencia de la onda sonora acústica y la amplitud de la señal analógica es directamente proporcional a la intensidad de la onda de sonido.

3.6.3 Señales digitales

Las señales digitales implican la transmisión de información codificada binaria en forma de unos y ceros. Desde la perspectiva del circuito de línea, se trata de una señal muy simple porque no entra en juego la frecuencia o la amplitud, el impulso de la señal está presente o no.

La producción de una señal vocal digital exige cuatro pasos antes de poder efectuar la transmisión. Cada uno de los cuatro pasos se describe brevemente en el gráfico que sigue. En primer lugar, se toma una muestra de la señal vocal original. Esta muestra es como un punto de la señal que se toma sistemáticamente a lo largo de un periodo de tiempo designado. Debe asignarse un valor numérico a los valores de la amplitud de cada muestra, lo que se denomina cuantificación. Los valores se convierten en un número binario y en un formato específico de transmisión.

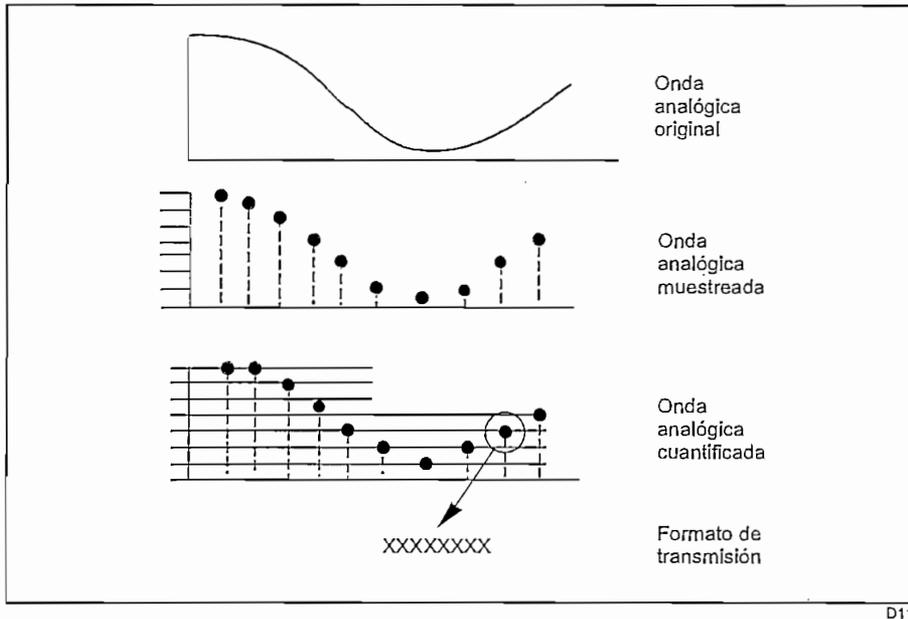


Figura 3.4

3.6.4 Distorsión de ruido

El ruido es un factor importante para determinar el tipo de señal que se utiliza, es decir, analógica o digital. En las aplicaciones residenciales privadas, el tipo de señal utilizada es casi siempre analógica, por la simplicidad y reducido coste del equipo que la procesa. Las señales entre las centrales de conmutación y algunas empresas comerciales son a menudo digitales, debido a la eficacia en el procesamiento de un gran volumen de tráfico. Las señales destinadas a largos trayectos (a grandes distancias) son casi exclusivamente digitales, porque la distorsión tiene mucho menos efecto en la forma de una onda digital que en una señal analógica.

El tráfico telefónico que crece constantemente, en especial entre centrales de conmutación, ha dado lugar a una demanda de utilización más eficaz de los circuitos troncales entre centrales. Un resultado de esta demanda fue la adopción de un sistema que utilizaba líneas especializadas para la señalización. A diferencia de los sistemas de señalización en el canal que cursan las comunicaciones vocales y los datos de señalización por el mismo circuito troncal, los sistemas de señalización por canal común CCS tienen circuitos especiales dedicados específicamente a la transmisión de la señalización. Aislando la señal vocal y la señalización no sólo se obtiene una capacidad adicional en los circuitos troncales telefónicos, sino que se reducen también los problemas de ruido.

3.6.5 Señales en banda/fuera de banda

La banda vocal normalizada que se utiliza en telefonía va de 300 a 3300 Hz. Dicho de otra manera, toda señalización que utilice frecuencias en esta anchura de banda de 3 kHz se considera «en banda» y es audible por el teléfono normal. Las señales con frecuencias que caen fuera de la banda vocal (300 a 3300 Hz) se dice que constituyen la señalización fuera de banda y no son perceptibles por un teléfono normal. No obstante, los sistemas de conmutación tienen circuitos con servicios diseñados específicamente para aceptar estas frecuencias.

3.6.6 Señalización de una sola frecuencia (SF)

Las centrales de conmutación también envían información de marcación entre ellas, a menudo a grandes distancias. En estas condiciones, el actual método de pulsación no resulta eficaz. En su lugar, se utiliza una única frecuencia con interrupciones que simula el tren de impulsos de una señal de marcación.

La frecuencia que se utiliza más habitualmente para la señalización es la de 2600 Hz. Como cae en la banda vocal de 300-3300 Hz, se considera una señalización analógica en banda. La señalización SF se utiliza también para las funciones de supervisión, pues está continuamente presente cuando el circuito está en situación de colgado/reposo y se elimina cuando el circuito pasa a la de descolgado/activo.

3.7 Configuraciones de antena

Hay dos tipos de configuraciones de antena que actualmente se utilizan en los sistemas celulares. La omnidireccional u «omni» y la sectorial. La característica omnidireccional se define como la capacidad de una antena para transmitir o recibir igualmente en todas las direcciones. Una antena direccional se emplea en las configuraciones de división en sectores y se utiliza para transmitir o recibir más eficazmente en una dirección particular. Un sector es una de entre tres o seis zonas iguales de cobertura en una célula. A continuación se ofrece una explicación de los conceptos de antena junto con una breve descripción de las configuraciones de antena y los esquemas de reutilización.

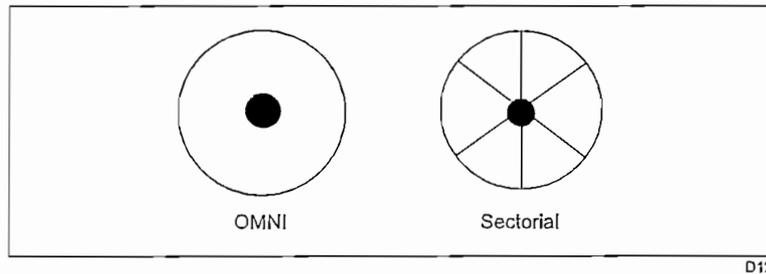


Figura 3.5

3.7.1 Diversidad espacial

La diversidad espacial en las configuraciones de antena se refiere a la utilización de más de una antena receptora en un emplazamiento de célula o en una unidad de abonado. Este principio se emplea con antenas de recepción debido a la propagación «multitrayecto» de la señal recibida.

La transmisión de señales multitrayecto se produce cuando una señal rebota en edificios o se refleja en otros objetos elevados por la ruta hacia su destino. En otras palabras, una transmisión multitrayecto puede haber seguido uno o múltiples trayectos para llegar a su destino. Por el contrario, cuando una señal de RF se transmite directamente entre un punto y otro se dice que es una transmisión con visibilidad directa. Dependiendo de la señal recibida por la antena, la señal directa (visibilidad directa) o la señal multitrayecto pueden tener la calidad óptima. Para poder muestrear las dos señales recibidas se sitúan dos antenas en la célula. A partir de estas señales se selecciona la que tiene la mejor calidad.

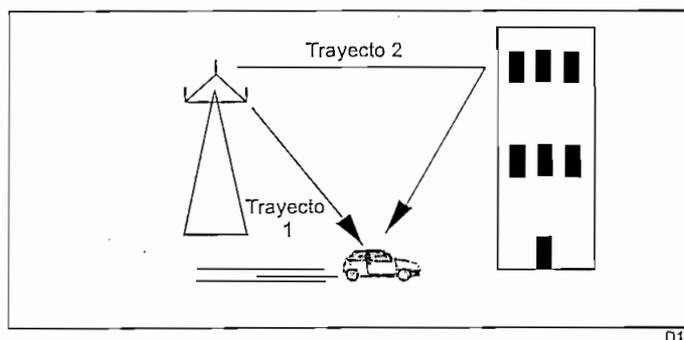


Figura 3.6

En los emplazamientos centrales de las células se actúa con diversidad espacial de las antenas de recepción. En algunos casos, una unidad de abonado puede también funcionar con dos antenas. Ello sería necesario especialmente en zonas densas tales como las del centro de las ciudades donde existe gran cantidad de edificios altos y otras obstrucciones.

3.7.2 Configuraciones de antena

En las células se utilizan tres configuraciones de antena:

- Omnidireccional de transmisión/omnidireccional de recepción (O/O)
- Omnidireccional de transmisión/sectorial de recepción (O/S)
- Sectorial de transmisión/sectorial de recepción (S/S)

En las configuraciones O/S y S/S hay dos variantes:

- sectores de 60°
- sectores de 120°

3.7.3 Configuración omni/omni

Es la configuración más elemental y se utiliza en las zonas de cobertura de RF con poca densidad de abonados. Este tipo de configuración puede utilizarse en células rurales, células que rodean a un núcleo o células de pequeños mercados.

Las antenas se denominan omnidireccionales y de ahí el nombre de omni/omni. El diagrama de transmisión y recepción de las antenas tiene forma aproximadamente circular.

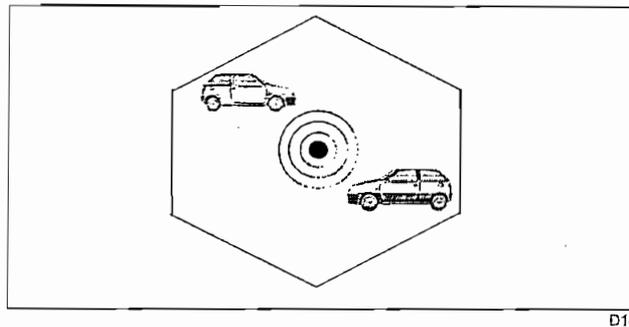


Figura 3.7

3.7.4 Configuración omni/sectorial

La configuración omni/sectorial no afecta al diagrama de transmisión de la célula, aunque el de recepción se modifica considerablemente. Una configuración omni/sectorial emplea generalmente seis antenas de recepción direccionales de 60° y alta ganancia. La transmisión se efectúa con una antena omnidireccional que cubre una zona de 360°. Este tipo de configuración se emplea en zonas con un gran mercado de abonados portátiles, pero en las que no es necesario un gran número de canales en dicha zona.

Con la configuración omni/sectorial de 60°, la zona de la célula se divide en seis trozos, al igual que una tarta. Cada una de las seis antenas de recepción se encarga de la correspondiente a dicho «trozo» de la célula. Por otro lado, la configuración de 120° divide la célula en tres trozos. En esta configuración, cada uno de los tres «trozos» de la célula contiene dos antenas receptoras.

3.7.5 Configuración sectorial/sectorial

Este tipo de configuración se utiliza en zonas en que hay una gran densidad de abonados y donde se necesita un mayor número de canales. Hay células de tipo sectorial/sectorial con configuraciones de 60° y de 120°. En la alternativa de 60°, cada uno de los seis sectores transmite con una antena de transmisión específica y recibe con otra antena de recepción también específica (la diversidad se efectúa desde un sector adyacente). En una célula S/S de 120°, cada sector transmite por una antena específica y recibe por dos antenas específicas (para la diversidad).

3.7.6 Esquemas de reutilización

Un requisito básico de la planificación de frecuencias es que todos los canales que utilicen una antena deben tener una separación adecuada entre sí para minimizar la interferencia (este valor de separación varía dependiendo del espectro de frecuencias que se utilice). Por tanto, los canales se dividen en grupos y cada uno de estos grupos de canales se reutilizará en distintos lugares del sistema celular, generalmente según un esquema secuencial. Normalmente, los grupos de canales omni se representan con mayúsculas, mientras que los grupos de canales sectoriales se representan con minúsculas.

El esquema de reutilización de 12 células se denomina también de reutilización omni porque se emplea en las células de transmisión omnidireccionales. Las frecuencias de este esquema pueden reutilizarse en una dirección en diagonal a una separación de dos células y en dos células más abajo respecto a la original.

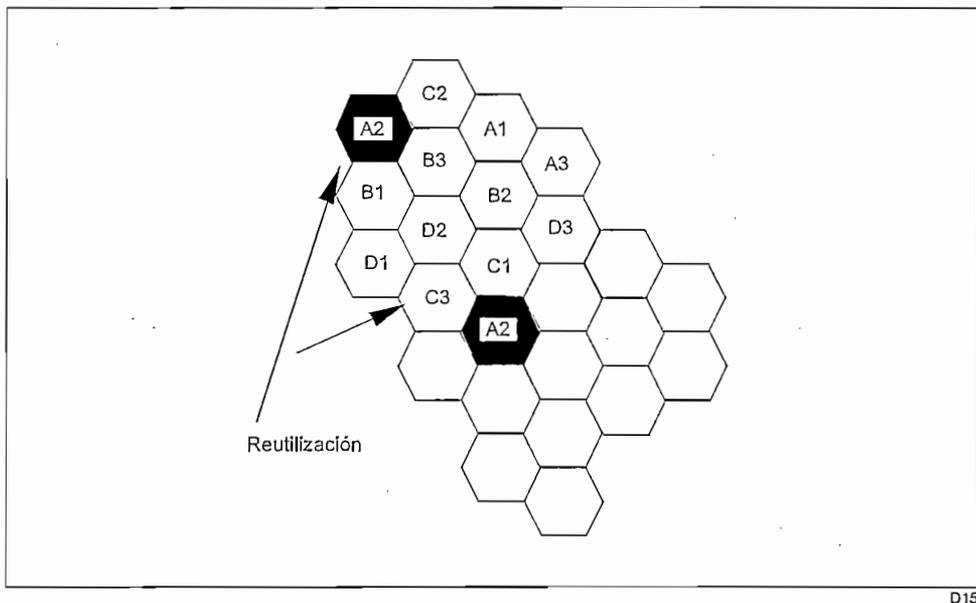


Figura 3.8

En el Capítulo 5 figuran otros detalles respecto a los esquemas de reutilización.

3.8 Facilidades de transmisión

3.8.1 Tipos de facilidades de transmisión

Para lograr una red eficaz, las centrales deben enlazar a sus abonados. Además, deben enlazarse entre sí todas las centrales y todos los centros de conmutación. El equipo y los métodos para lograrlo se denominan generalmente facilidades de transmisión. Dichas facilidades adoptan distintas formas, entre otras:

- satélite;
- cable de fibra óptica;
- cable metálico;
- cable de pares;
- microondas.

3.8.2 Enlace de satélite

Un enlace de satélite utiliza los satélites de telecomunicaciones situados en la órbita geoestacionaria por diversas compañías especializadas. Los enlaces de satélite exigen estaciones de transmisión/recepción en el suelo que actúan como repetidores entre el satélite y las centrales de conmutación. Los inconvenientes de la utilización de satélites, aparte del correspondiente al coste inicial que implica el lanzamiento a la órbita, son la demora de transmisión y los efectos de ciertas condiciones atmosféricas o solares. Una de las ventajas principales de los enlaces de satélite es que son capaces de dar cobertura a grandes distancias. Por este motivo, suelen ser el único medio disponible para el encaminamiento de las llamadas intercontinentales.

3.8.3 Enlaces terrenales

Los enlaces terrenales pueden ser a base de cables metálicos, coaxiales o de fibra óptica. Los emplazamientos de retransmisión por microondas se incluyen también en esta categoría. La mayoría de los sistemas terrenales, no obstante, responde a una combinación de todos ellos.

3.8.4 Cable metálico

El cable metálico, que se conoce como hilo de cobre, es prácticamente el medio más antiguo de transmisión utilizado en la industria de comunicaciones. Aunque empieza como un mazo de cables que viene de la central, tras el encaminamiento de éstos por las diversas zonas, queda sólo un único par de hilos que se conecta a cada casa.

Desafortunadamente, la utilización del hilo de cobre presenta inconvenientes significativos. En primer lugar, es caro de instalar e incluso más caro de mantener. En segundo lugar, no es muy eficaz. La resistencia de un hilo de cobre aumenta con la distancia. Tratando de utilizar de forma eficaz las conexiones metálicas existentes se concibió un sistema de multiplexación. La multiplexación permite enviar múltiples conversaciones ocupando un único par de hilos, efectuando luego la «demultiplexación» en conversaciones individuales en los puntos de alimentación a lo largo de la ruta. No obstante, el número de llamadas está limitado por la anchura de banda del cable, de forma que el sistema de multiplexación no es aún muy eficaz.

3.8.5 Sistemas coaxiales

Hacia principios de los años cuarenta, se empezó a utilizar el cable coaxial como forma de reducir el volumen de cobre necesario para transmitir un gran número de llamadas. El cable coaxial es un tipo especial de cable concebido específicamente para la transmisión en alta frecuencia. Como el cable coaxial aumenta la anchura de banda disponible, se logra una mejora significativa en el volumen de tráfico que puede cursarse entre centrales de conmutación.

3.8.6 Enlace radioeléctrico de microondas

Las microondas permiten transmitir un gran volumen de llamadas sin necesidad de una conexión física. Introduciendo las conversaciones multiplexadas y la información de señalización en un único canal radioeléctrico, se lograba un modelo de transmisión eficaz y relativamente económico.

Al igual que la mayoría de los medios de transmisión, las microondas también tienen limitaciones en cuanto a anchura de banda. En este caso la limitación procede de la anchura de banda del canal radioeléctrico. Un problema inherente a las radiocomunicaciones que no se presenta con los sistemas de medios cerrados tales como los de cable metálico, coaxial o fibra óptica, es el de la propagación por trayectos múltiples.

En un sistema de microondas el haz procedente de la antena de transmisión se orienta directamente hacia la antena receptora. Al igual que con cualquier señal de RF, no toda la energía transmitida llega directamente a su blanco previsto, desviándose parte de ella hacia la atmósfera superior en donde se refracta y rebota hacia la tierra. Cuando ello sucede, a la antena de recepción llegará la señal dos veces, recibándose una ligeramente más tarde que la otra.

Para evitar la interferencia multirayecto, los sistemas de microondas utilizan lo que se conoce como diversidad espacial. Situando dos antenas de recepción con una separación de algunos pies en la torre, se puede discriminar entre señales y eliminar todas excepto una.

3.8.7 Sistemas de fibra óptica

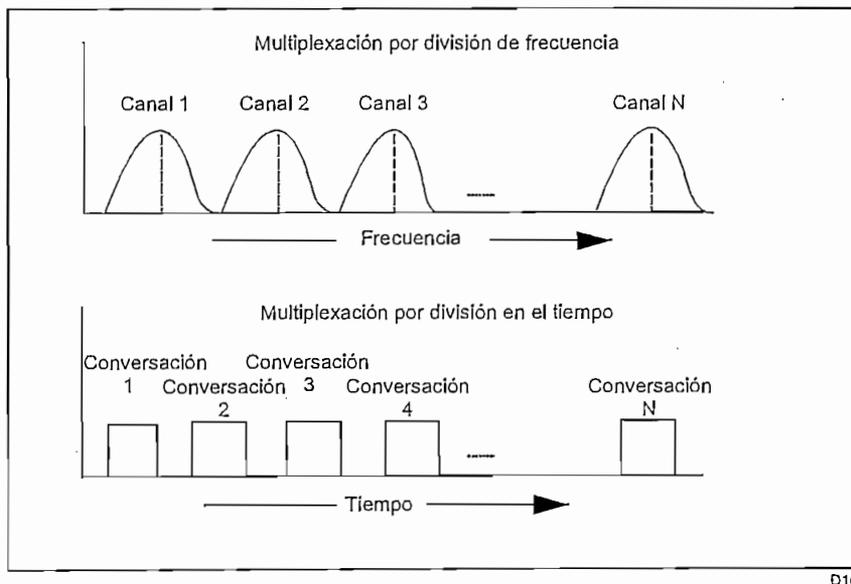
La fibra óptica es la versión más reciente de los tipos de sistema de transmisión disponibles. En la fibra óptica se reemplaza al cable metálico con fibras de silicio pulido de un espesor aproximado al del cabello humano. Estos sistemas son extremadamente eficaces y están concebidos para funcionar en frecuencias elevadas lo que les permite cursar volúmenes muy grandes de tráfico.

En los sistemas de fibra óptica un extremo del cable es un láser de impulsos que actúa como transmisor. Los sistemas de fibra son exclusivamente digitales en su técnica de transmisión. El láser, llamado el emisor, emite ráfagas de luz que contienen las señales vocales con codificación binaria o la información de señalización y control. En el otro extremo del cable hay una unidad de recepción denominada colector. El colector recibe los impulsos luminosos del cable y los transforma en señales electrónicas que el sistema de conmutación puede procesar.

Un inconveniente importante del cable de fibra procede de los empalmes. El empalme del cable puede disminuir la intensidad de la señal hasta en un cuarto para cada punto de empalme. Por último, el cable de fibra no es tan flexible como el de cobre, y no puede por tanto doblarse con un radio pequeño.

3.8.8 Métodos de transmisión

Para atender a la demanda creciente de teléfonos y compensar el crecimiento continuo de la zona de cobertura es necesario buscar formas de obtener más eficacia de los recursos limitados de transmisión. La manera más económica de lograrlo es desarrollando equipos que permitan compartir los recursos actuales entre múltiples usuarios. Actualmente se tiende hacia el desarrollo de nuevas tecnologías en vez de hacia la instalación de más cable. La multiplexación permite enviar múltiples conversaciones por un único medio. Las dos formas más habituales de multiplexación son la multiplexación por división de frecuencia (FDM) y la multiplexación por división en el tiempo (TDM). En la FDM se atribuye un tramo de la banda de frecuencias a cada conversación individual. En la TDM, la modalidad más popular de multiplexación, se atribuye un segmento de tiempo a cada conversación. El método más común de transmisión TDM utilizado en la industria hoy en día es el T1. Se trata de una transmisión digital en la que se envían múltiples canales por un solo hilo, utilizando la multiplexación. El T1 ofrece una gran capacidad, transmisión flexible para voz y datos y posibilidad de transmisión por cualquier medio, incluyendo el cable, las microondas, la fibra óptica, etc.



D16

Figura 3.9

ANEXO B

ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISION DE CÓDIGO (CDMA)

La estación móvil mide la intensidad de la señal o la calidad de ésta (basándose en la tasa de errores binarios) y pasa información al controlador de la estación de base que en última instancia decide si se debe modificar el nivel de potencia y cuándo. El control de potencia debe tratarse con cautela, pues puede dar lugar a inestabilidades. Ello se produce cuando hay móviles en células cocanal que aumentan alternativamente su potencia respondiendo a un aumento de la interferencia cocanal causada por el otro móvil que aumenta su potencia.

4.14.6 Autenticación y seguridad

Como cualquiera puede acceder al medio radioeléctrico, la autenticación de los usuarios para verificar que son quien pretenden ser, es un elemento muy importante de una red móvil. En la autenticación intervienen dos entidades funcionales, la tarjeta SIM del móvil y el centro de autenticación (AuC). Se da a cada abonado un código secreto, del que se almacena una copia en la tarjeta SIM y otra en el AuC. Durante la autenticación, el AuC genera un número aleatorio que se envía al móvil. Éste y el AuC utilizan entonces dicho número aleatorio junto con la clave secreta del abonado y el algoritmo descifrado denominado A3 para generar una respuesta firmada (SRES) que se devuelve al AuC. Si el número enviado por el móvil es el mismo que el que calcula el AuC, el primero queda autenticado.

Se utiliza también el mismo número aleatorio inicial y la misma clave de abonado para calcular la clave de cifrado utilizando un algoritmo denominado A8. Esta clave de cifrado, junto con el número de trama TDMA, utiliza el algoritmo A5 para crear una secuencia de cifrado de 114 bits. El cifrado es una opción para los muy desconfiados, pues la señal ya va codificada y entrelazada y se transmite en modo TDMA, lo que da protección contra toda escucha indiscreta, excepto las más persistentes y especializadas.

Se incorpora otro nivel de seguridad a nivel del propio equipo móvil y no del abonado móvil. Tal como se ha mencionado, cada terminal GSM se identifica mediante un número único de Identidad de Equipo Móvil Internacional (IMEI). El Registro de Identidades de Equipo (EIR) almacena una lista de los IMEI de la red. La información devuelta respondiendo a una interrogación IMEI al EIR es una de las siguientes:

- Lista blanca. Se permite al terminal conectarse a la red.
- Lista gris. El terminal está en observación por la red a causa de posibles problemas.
- Lista negra. Se informa que el terminal ha sido robado o no responde a un tipo aprobado (el tipo correcto de terminal para una red GSM). No se permite al terminal conectarse con la red.

4.15 Acceso múltiple por división de código (CDMA)

La norma celular CDMA utiliza códigos digitales únicos, más que frecuencias de RF o canales separados para diferenciar a los abonados. La estación móvil (teléfono celular) y la estación de base comparten los códigos que se denominan «secuencias de códigos pseudoaleatorios». Todos los usuarios comparten la misma gama de espectro radioeléctrico. Para la telefonía celular, el CDMA es una técnica de acceso múltiple digital especificada por la Telecommunications Industry Association (TIA) como «IS-95». En marzo de 1992, la TIA estableció la subcomisión TR-45.5 con el mandato de elaborar una norma celular digital de amplio espectro. En julio de 1993, la TIA dio su aprobación a la norma CDMA IS-95. Los sistemas IS-95 dividen el espectro radioeléctrico en portadoras con un ancho de 1250 kHz (1,25 MHz). Uno de los aspectos singulares del CDMA es que, mientras que hay límites inevitables en el número de llamadas telefónicas que puede aceptar una portadora, no es éste un número fijo. Por el contrario, la capacidad del sistema dependerá de una serie de factores distintos que se examinan en los puntos siguientes.

4.16 Grupo de desarrollo del CDMA

Diversas compañías que han desarrollado productos y servicios necesarios para comercializar la tecnología celular CDMA han constituido el Grupo de Desarrollo CDMA (CDG). La misión del CDG es definir un conjunto congruente de requisitos técnicos para las características del CDMA y fomentar el desarrollo de normas abiertas, a fin de acelerar la introducción de los servicios para los consumidores. Además, el CDG trata de asegurar el interfuncionamiento completo entre sistemas CDMA y teléfonos digitales.

El CDMA es un esquema de modulación y acceso múltiple basado en las comunicaciones de espectro ensanchado. A diferencia de los esquemas convencionales de comunicación en banda estrecha, los sistemas de aspecto ensanchado toman la voz u otras informaciones cuya anchura de banda es relativamente estrecha y las distribuyen *por una banda que puede tener una anchura de varios MHz*. Esta distribución, o «dispersión» se efectúa modulando la información a enviar

con una señal de banda ancha. Las señales de espectro ensanchado suelen ocupar una anchura de banda de al menos un orden de magnitud superior al de la anchura de banda de la información. El otro aspecto distintivo de las comunicaciones de espectro ensanchado es que la anchura de banda de RF viene determinada por una función distinta de la información que se envía (es decir una señal de dispersión de banda ancha).

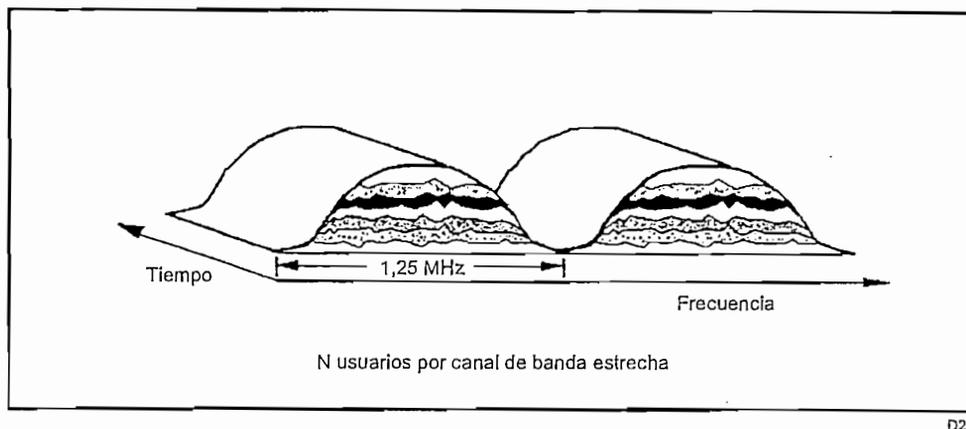


Figura 4.9

Si se considera el CDMA en el dominio de la frecuencia o del tiempo (véase la figura que precede), las señales de acceso múltiple parecen superponerse unas sobre otras. Las señales se separan en los receptores utilizando un correlador que acepta únicamente energía de señal de la secuencia binaria seleccionada y reconstruye su espectro. No se reconstruye la anchura de banda de las señales de otros usuarios cuyos códigos no encajan y, en consecuencia, sólo contribuyen al ruido y representan una autointerferencia generada por el sistema.

4.17 Onda del enlace CDMA

4.17.1 Onda del enlace directo CDMA

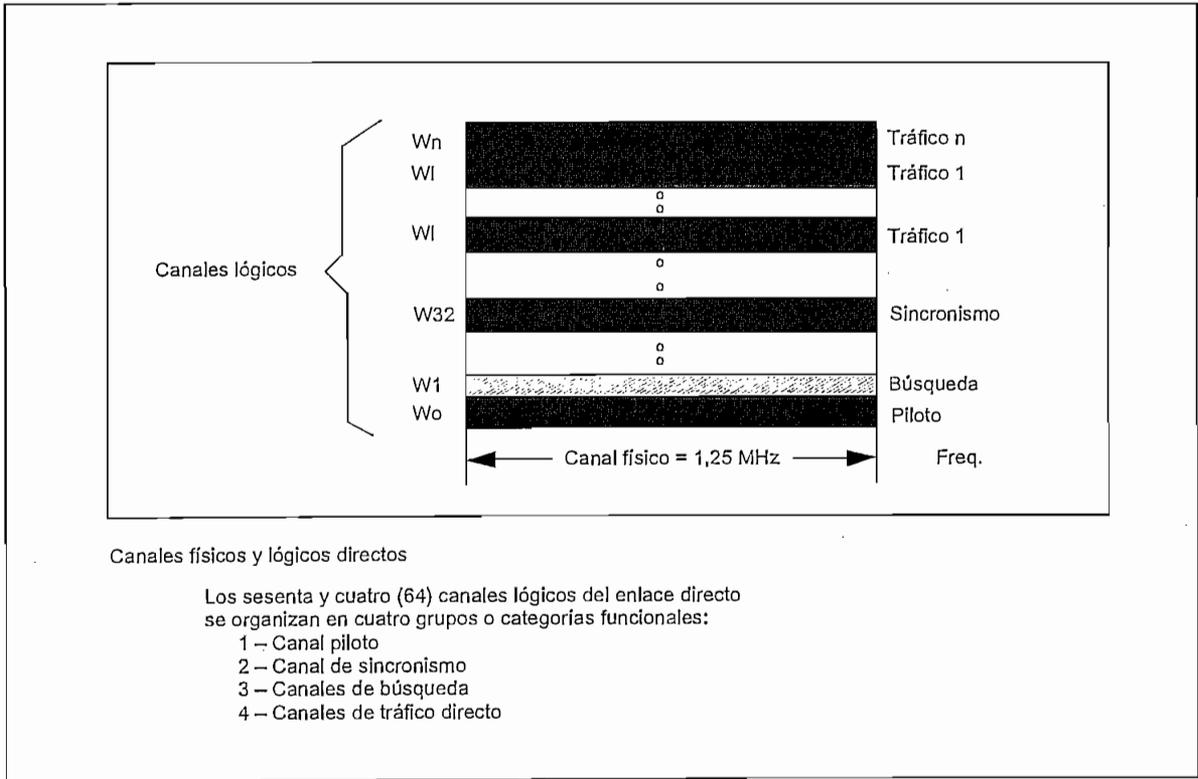
La norma IS-95 especifica un diseño de onda CDMA de enlace directo que utiliza una combinación de división de frecuencia, división de código pseudoaleatorio y técnicas de acceso múltiple de señal ortogonal. La división de frecuencia se utiliza dividiendo el espectro celular disponible en canales de anchura de banda nominal de 1,25 MHz.

Para distinguir las señales recibidas en la estación móvil de estaciones de base diferentes se utilizan códigos binarios de ruido pseudoaleatorio (PN). Al mismo tiempo, las señales procedentes de células y sectores distintos se distinguen mediante las separaciones temporales del código básico. Los códigos PN utilizados se generan en registradores de desplazamiento lineales que producen un código con un periodo de 32 768 segmentos.

Todas las señales transmitidas desde una célula en un canal radioeléctrico CDMA particular comparten una fase de código PN común, pero se distinguen en el receptor de la estación móvil utilizando un código ortogonal binario basado en funciones de Walsh. Además, la información a transmitir se codifica con un código convolucional para introducir la capacidad de detección y corrección de errores en el receptor. Además, para la privacidad de las comunicaciones, se aleatoriza cada canal de datos con una secuencia PN larga hasta la dirección del usuario.

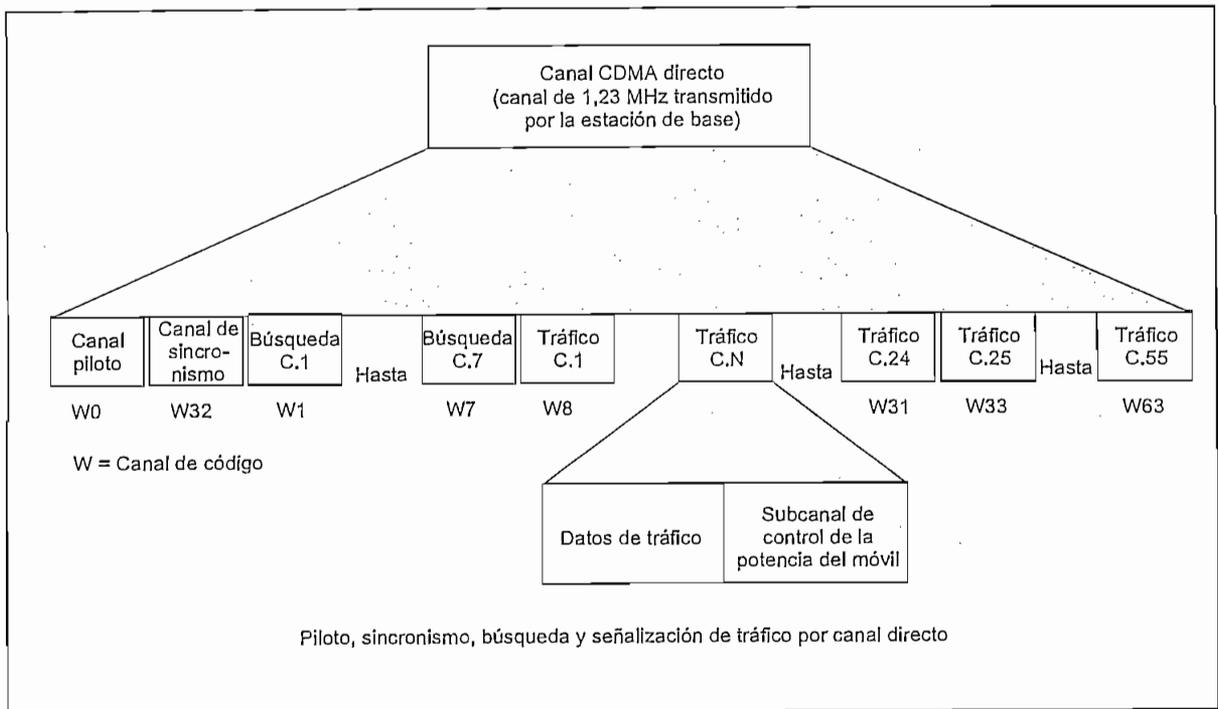
Otro aspecto del diseño de la onda del enlace directo es la utilización de la señal piloto que se transmite por cada célula y se utiliza como referencia de portadora coherente para la demodulación por todos los receptores de estación móvil. Explorando toda la longitud del código PN, la estación móvil puede sincronizarse con la estación de base más próxima en la que la separación temporal de la señal más intensa corresponde a la separación temporal del código PN de la estación de base más próxima. Tras la sincronización, la señal piloto se utiliza como referencia de fase coherente para la demodulación de otras señales procedentes de esta estación de base. Los detalles restantes del sincronismo y otras informaciones del sistema se comunican a la estación móvil por el canal de sincronización de la estación de base, y una vez recibido el canal de sincronización, la estación móvil puede seleccionar uno de los canales de búsqueda para

escuchar otras informaciones sobre el sistema, mensajes de búsqueda y una posible asignación del canal de tráfico. La figura 4.10 ilustra los canales de tráfico directos. W_0 a W_n o W_{63} indican los 64 códigos de Walsh o canales de código en un canal físico de 1,25 MHz. Tal como se indica en los diagramas, estos códigos se organizan en cuatro grupos de canales lógicos: canales piloto, de sincronismo, de búsqueda y de tráfico directo.



D26

Figura 4.10



D27

Figura 4.11

4.17.2 Onda del enlace inverso CDMA

El enlace inverso CDMA emplea también modulación PN utilizando las mismas secuencias binarias de longitud 32 768 utilizadas para el enlace directo. No obstante, en este caso, las señales procedentes de estaciones móviles distintas que se transmiten de vuelta a las estaciones de base se distinguen por el empleo de una secuencia PN muy larga (242-1) con una separación temporal determinada por la dirección del usuario. Con esto se obtiene también un elevado nivel de privacidad porque cada posible separación temporal es una dirección válida, lo que significa que se prevé un espacio de direcciones extremadamente largo.

En el enlace inverso, al igual que en el directo, se aplica un código convolucional a la información a transmitir que a continuación se agrupa en seis grupos de símbolos o palabras de código. Estas palabras de código, a su vez, se utilizan para seleccionar una de las 64 funciones de Walsh ortogonales para la transmisión. Puede señalarse que esta utilización de las funciones de Walsh difiere de la del enlace directo, pues el canal asignado a la estación móvil determina la función de Walsh en el enlace directo, mientras que en el inverso, la función de Walsh viene determinada por la información a transmitir. Otra diferencia es que en el canal directo, la señal del canal piloto se comparte entre todos los usuarios del canal directo, pero en el canal inverso ello no es posible. La figura 4.12 muestra el diagrama del canal inverso.

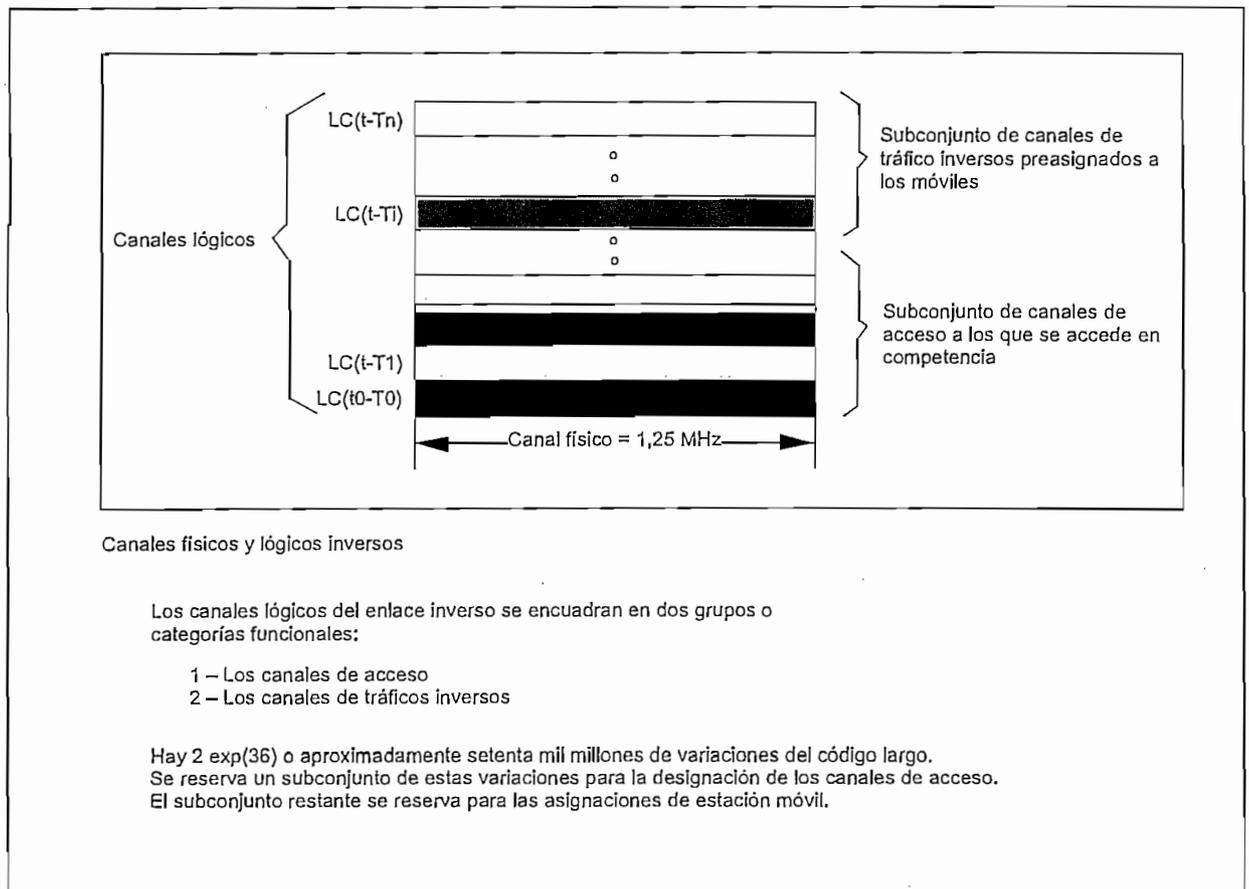


Figura 4.12

4.18 Aspectos del sistema CDMA

4.18.1 Receptor en peine

El CDMA aprovecha el efecto multitrayecto utilizando múltiples receptores y asignándoles a la señal más intensa. El receptor móvil utiliza tres elementos de recepción y la estación de base cuatro. El sistema de correlación múltiple se denomina receptor en peine. Además de los correladores separados se utilizan también buscadores para observar los trayectos múltiples alternativos y las señales de estaciones de base vecinas.

4.18.2 Control de potencia

Una de las mejores tecnologías básicas del CDMA es el control de potencia. Se controla la potencia de todas las unidades móviles de forma que aquella llegue a la estación de base con un nivel igual. De esta manera, se mantiene al mínimo la interferencia entre una unidad y otra. Se utilizan dos formas de control de potencia para el enlace inverso: control de potencia abierto y control de potencia cerrado.

El control de potencia en bucle abierto se basa en la similitud entre las pérdidas del trayecto directo y las pérdidas del trayecto inverso. El control en bucle abierto fija la suma de la potencia transmitida y la potencia recibida en una constante, que nominalmente es -73 , si ambas potencias se expresan en dBm. Una reducción del nivel de la señal de la antena del receptor se traducirá en un aumento de la potencia de la señal procedente del transmisor. Por ejemplo, suponiendo que la potencia recibida de la estación de base es -85 dBm que corresponde a la señal compuesta procedente de la estación de base, el control de potencia en bucle abierto se fijaría en $+12$ dBm.

El control de potencia en bucle cerrado se utiliza permitiendo a la potencia procedente de la estación móvil desviarse respecto a su valor nominal según fije el control en bucle abierto, lo cual se efectúa con un tipo de modulador delta. La estación de base verifica la potencia recibida de cada estación móvil e indica a éstas que aumenten la potencia o la disminuyan en una cantidad fija de 1 dB. Este proceso se repite cada 1,25 ms.

4.18.3 Decodificador vocal de velocidad variable

El CDMA aprovecha los tiempos de reposo durante la conversación para aumentar la capacidad. Se utiliza un vocodificador de velocidad variable: el canal está a 9600 bit/s cuando el usuario habla. Cuando hace una pausa o se escucha, la velocidad de datos cae a 1200, 2400 ó 4800 bit/s. La velocidad de datos se basa en la actividad vocal y cada 20 ms se adopta una decisión en cuanto a la velocidad adecuada. En la conversación de telefonía normal, se da aproximadamente un factor de actividad del 40%.

La estación móvil reduce su velocidad de datos apagando su transmisor cuando el vocodificador funciona a menos de 9600 bit/s. A 1200 bit/s, el ciclo de trabajo es 1/8 del de la velocidad de datos máxima. La elección del tiempo para este ciclo de trabajo es estocástica, de forma que se reduce la potencia en todo momento al tomar la media de muchos usuarios. La reducción de la potencia transmitida en el móvil reduce el nivel de interferencia para todos los demás usuarios.

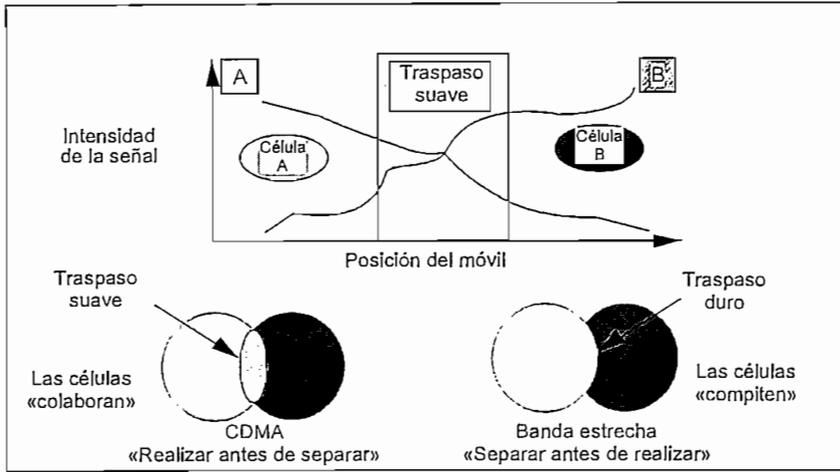
La estación de base utiliza un esquema distinto. Repite los mismos esquemas binarios todas las veces que sea necesario para volver a la velocidad máxima de 9600 bit/s. La potencia de transmisión de dicho canal se ajusta para reflejar esta repetición que permite minimizar la interferencia. La repetición de los bits con una potencia inferior es más eficaz en el enlace directo de lo que podría ser en el enlace inverso, debido a la utilización de la señal piloto como referencia de fase coherente.

4.18.4 Diversidad

El CDMA emplea cuatro tipos de diversidad: espacial, de frecuencia, de trayecto y temporal.

4.18.5 Diversidad espacial

La estación de base utiliza dos antenas de recepción para lograr una mayor inmunidad a los desvanecimientos. Generalmente, se selecciona la antena que tiene la señal más intensa.

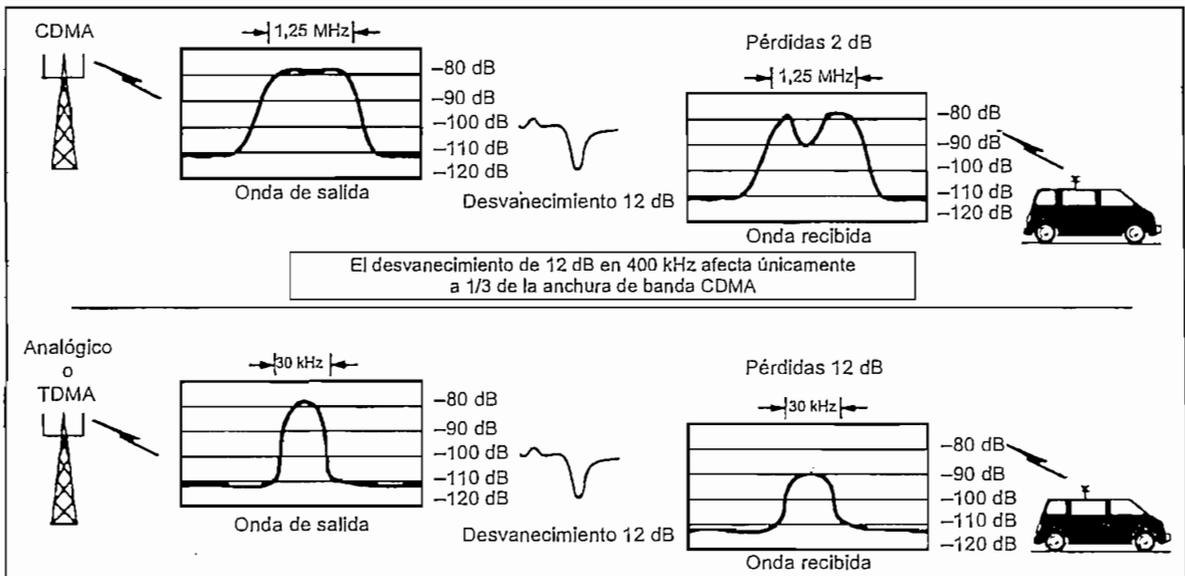


D29

Figura 4.13

4.18.6 Diversidad de frecuencia

Este tipo de diversidad es inherente a los sistemas de espectro ensanchado. Es menos probable que se produzca un desvanecimiento de la señal que en los sistemas de banda estrecha. El desvanecimiento es debido a la propagación por trayectos múltiples y es función de los retardos temporales de los distintos trayectos. En el dominio de la frecuencia, un desvanecimiento aparece como un filtro de ranura que se desplaza a lo largo de la banda. A medida que el usuario se mueve, la frecuencia de la ranura cambia. La anchura de la ranura es del orden del inverso de la diferencia del tiempo de llegada de las dos señales. Para una anchura de banda de 1,25 MHz sólo los trayectos múltiples con tiempos inferiores a 0,8 ms darán lugar a un desvanecimiento profundo de la señal.



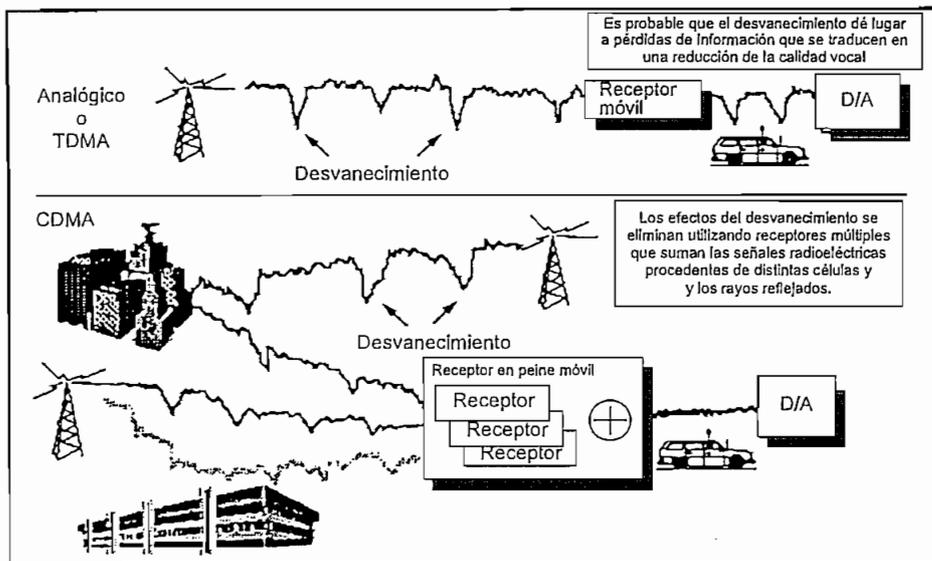
D30

Figura 4.14

4.18.7 Diversidad de trayecto

En las radiocomunicaciones suele haber más de un trayecto de RF entre transmisor y receptor. Por tanto, en el receptor se presentan generalmente versiones múltiples de la misma señal. No obstante, estas señales que llegan por distintos trayectos están todas desplazadas temporalmente entre sí debido a las diferentes distancias que han recorrido. Este efecto «multitrayecto» se crea cuando una señal transmitida se refleja en objetos del entorno (edificios, montañas, aviones, camiones, etc.). Estas reflexiones, junto con la señal transmitida, crean una estructura móvil de crestas y nulos de la señal.

Cuando un receptor de banda estrecha en movimiento pasa por estos nulos se produce una caída súbita de la intensidad de la señal. Este desvanecimiento dará lugar a una calidad de la señal vocal inferior y más ruidosa o, si el desvanecimiento es suficientemente intenso, a la pérdida de la señal y de la llamada.



D31

Figura 4.15

4.18.8 Diversidad temporal

La diversidad temporal es una técnica común en la mayoría de los sistemas de transmisión digital. Las señales se dispersan en el tiempo mediante el entrelazado. Se aplica la corrección de errores directa junto con la detección de probabilidad máxima. El esquema empleado por el CDMA es el de codificación convolucional con decodificación de Viterbi, utilizando puntos de decisión flexible en el receptor.

4.18.9 Traspaso suave

Durante el traspaso suave, se establece contacto con dos estaciones de base simultáneamente. Las señales procedentes de la estación de base al móvil se tratan como señales multitrayecto y se combinan en la unidad móvil. En las estaciones de base, las señales se transmiten a través de la red al controlador del emplazamiento de base centralizado, en donde se adopta una decisión trama a trama, cada 20 ms.

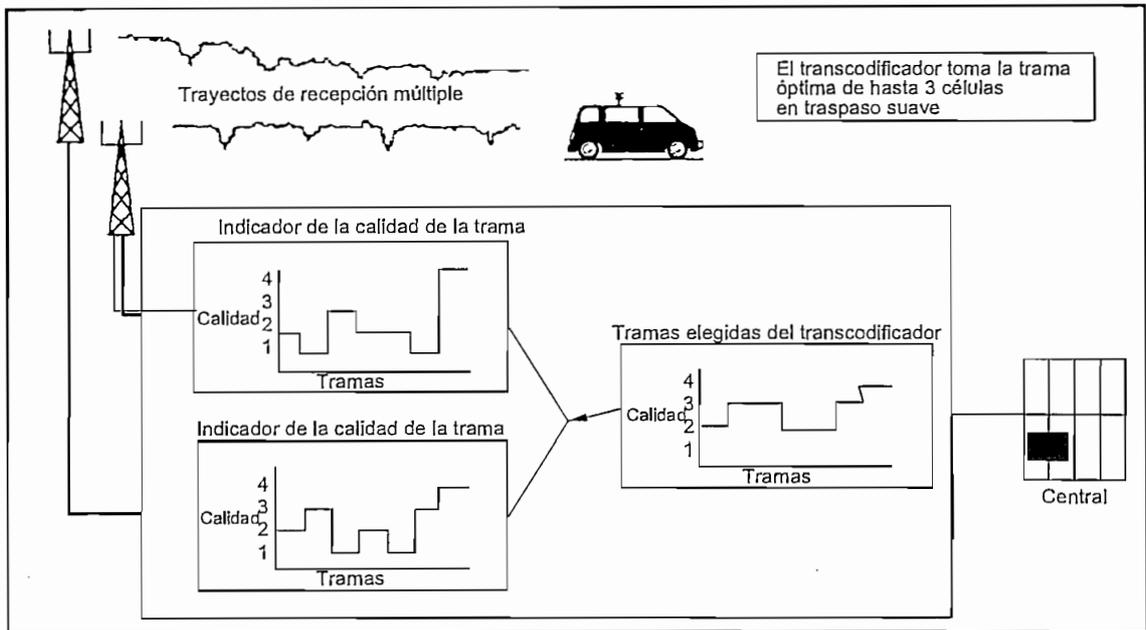


Figura 4.16

D32

4.19 Ventajas del CDMA

Al incrementar un sistema telefónico celular, la tecnología CDMA ofrece numerosas ventajas para los operadores celulares y sus abonados. A continuación se ofrece una panorámica de dichas ventajas:

- La capacidad es 8 ó 10 veces mayor que la de un sistema analógico AMPS y 4 a 5 veces la de un sistema GSM.
- Mejora de la calidad de la llamada con un sonido mejor y más claro en comparación con el de los sistemas AMPS.
- Simplificación de la planificación del sistema mediante la utilización de la misma frecuencia en cada sector de cada célula.
- Mejora de la privacidad.
- Mejora de las características de cobertura que permite contemplar la posibilidad de un número menor de células.
- Aumento del tiempo de conversación para los equipos portátiles.
- Anchura de banda por demanda.

4.20 Sistemas inalámbricos fijos

Los sistemas inalámbricos fijos están concebidos para aportar soluciones inalámbricas rentables como alternativa a los sistemas terrestres tradicionales. Denominados también sistemas de bucle local inalámbrico o WLL, esta categoría permite el despliegue rápido de un servicio telefónico vocal de gran calidad, manteniendo bajos los costes de la realización y obteniendo una recuperación rápida de la inversión. Los países en desarrollo de todo el mundo están buscando soluciones de gran capacidad para atender a la enorme demanda de servicio telefónico nuevo y de ampliación de éste. La red WLL ha resultado satisfactoria cumpliendo las necesidades de entornos de gran densidad. A continuación se indican algunos aspectos clave de los sistemas WLL:

- Los actuales operadores terrestres amplían sus redes con el WLL.
- Los operadores celulares capitalizan su red actual dando servicio residencial con el WLL.
- Surgen nuevos proveedores del servicio que necesitan desplegar soluciones WLL no tradicionales para atender rápidamente a las necesidades de telefonía de una comunidad.

ANEXO C

3G TS 22.004 V4.0.0: GENERAL ON SUPPLEMENTARY SERVICES

**3rd Generation Partnership Project;
Technical Specification Group Services and System Aspects;
General on supplementary services
(Release 4)**



The present document has been developed within the 3rd Generation Partnership Project (3GPP™) and may be further elaborated for the purposes of 3GPP.

The present document has not been subject to any approval process by the 3GPP Organisational Partners and shall not be implemented.

This Specification is provided for future development work within 3GPP only. The Organisational Partners accept no liability for any use of this Specification.

Specifications and reports for implementation of the 3GPP™ system should be obtained via the 3GPP Organisational Partners' Publications Offices.

Keywords

GSM, UMTS, supplementary service

3GPP

Postal address

3GPP support office address

650 Route des Lucioles - Sophia Antipolis
Valbonne - FRANCE
Tel.: +33 4 92 94 42 00 Fax: +33 4 93 65 47 16

Internet

<http://www.3gpp.org>

Copyright Notification

No part may be reproduced except as authorized by written permission.
The copyright and the foregoing restriction extend to reproduction in all media.

© 2001, 3GPP Organizational Partners (ARIB, CWTS, ETSI, TI, TTA, TTC).

Contents

Foreword	4
1 Scope	5
1.1 References	5
1.2 Abbreviations	6
2 General	6
2.1 Supplementary service	6
2.2 Concepts associated with supplementary services	6
3 Categories and framework of supplementary services	8
3.1 Framework for the description of supplementary services	8
3.2 Categories of supplementary services	9
4 Supported supplementary services	10
4.1 Support of Line identity services	13
4.2 Support of Name identity services	13
5 Use of a password option in relation to supplementary services	14
5.1 Definition	14
5.2 Description	14
5.3 Management - normal procedures and successful outcome	14
5.3.1 Provision of password option	14
5.3.2 Withdrawal of the password option	14
5.3.3 Registration of password	14
5.3.4 Erasure of password	14
5.3.5 Password checking	14
5.4 Management - exceptional procedures or unsuccessful outcome	15
6 Not used	15
7 Processing of supplementary service operations	15
7.1 Processing of operations containing basic service information	15
7.2 Processing of operations involving multiple Supplementary Services	16
7.3 Compatibility Information and Supplementary Services	17
8 Format of description	17
Annex A (normative): Applicability of Supplementary Services to Telecommunication Services	19
Annex B (informative): Change history	22

Foreword

This Technical Specification (TS) has been produced by the 3rd Generation Partnership Project (3GPP).

The contents of the present document are subject to continuing work within the TSG and may change following formal TSG approval. Should the TSG modify the contents of the present document, it will be re-released by the TSG with an identifying change of release date and an increase in version number as follows:

Version x.y.z

where:

- x the first digit:
 - 1 presented to TSG for information;
 - 2 presented to TSG for approval;
 - 3 or greater indicates TSG approved document under change control.
- y the second digit is incremented for all changes of substance, i.e. technical enhancements, corrections, updates, etc.
- z the third digit is incremented when editorial only changes have been incorporated in the document.

1 Scope

The purpose of the present document is to define a recommended set of supplementary services to the Teleservices and Bearer services which will be supported by a PLMN in connection with other networks as a basis for the definition of the network capabilities required.

Supplementary services not covered in TS 22.004 cannot be introduced unilaterally in any PLMN if they require modification of the signalling Specifications.

Technical realization of supplementary services is described in TS 23.011 [19] and 24.010 [21].

1.1 References

The following documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of the present document.

- References are either specific (identified by date of publication, edition number, version number, etc.) or non-specific.
- For a specific reference, subsequent revisions do not apply.
- For a non-specific reference, the latest version applies. In the case of a reference to a 3GPP document (including a GSM document), a non-specific reference implicitly refers to the latest version of that document *in the same Release as the present document*.

- [1] TR 21.905: "Vocabulary for 3GPP Specifications".
- [2] TS 22.001: "Principles of circuit telecommunication services supported by a Public Land Mobile Network (PLMN)".
- [3] TS 22.002: "Bearer Services (BS) supported by a Public Land Mobile Network (PLMN)".
- [4] TS 22.003: "Teleservices supported by a GSM Public Land Mobile Network (PLMN)".
- [5] TS 22.030: "Man-Machine Interface (MMI) of the Mobile Station (MS)".
- [6] TS 22.067: "Enhanced Multi-Level Precedence and Pre-emption service (eMLPP) - Stage 1".
- [7] TS 22.081: "Line identification supplementary services - Stage 1".
- [8] TS 22.082: "Call Forwarding (CF) supplementary services - Stage 1".
- [9] TS 22.083: "Call Waiting (CW) and Call Hold (HOLD) supplementary services - Stage 1".
- [10] TS 22.084: "MultiParty (MPTY) supplementary services - Stage 1".
- [11] TS 22.085: "Closed User Group (CUG) supplementary services - Stage 1".
- [12] TS 22.086: "Advice of Charge (AoC) supplementary services - Stage 1".
- [13] TS 22.088: "Call Barring (CB) supplementary services - Stage 1".
- [14] TS 22.072: "Call Deflection (CD) - Stage 1".
- [15] TS 22.087: "User-to-user signalling (UUS) - Stage 1".
- [16] TS 22.091: "Explicit Call Transfer (ECT) supplementary services - Stage 1".
- [17] TS 22.093: "Call Completion to Busy Subscriber (CCBS) - Stage 1".
- [18] TS 22.096: "Calling Name Presentation (CNAP) - Stage 1".

- [19] TS 23.011: "Technical realization of supplementary services".
- [20] TS 22.135: "Multicall (MC) - Stage 1".
- [21] TS 24.010: "Mobile radio interface layer 3 Supplementary services specification General aspects".
- [22] TS 24.080: "Mobile radio interface layer 3 supplementary services specification Formats and coding".
- [23] ITU-T Recommendation I.210: "Principles of telecommunication services supported by an ISDN and the means to describe them".
- [24] TS 22.101: "UMTS Service Principles".
- [25] TS 22.105: "Services and service capabilities".
- [26] TS 42.068: "Voice Group Call Service (VGCS) - Stage 1".
- [27] TS 42.069: "Voice Broadcast Service (VBS) - Stage 1".

1.2 Abbreviations

For the purposes of the present document the abbreviations and acronyms listed in TR 21.905 [1] apply.

2 General

2.1 Supplementary service

A supplementary service modifies or supplements a basic Telecommunication service.

NOTE: Offered supplementary services may be used by subscribers/users at their discretion.

2.2 Concepts associated with supplementary services

For the purpose of the present document the following terms are defined:

Provision

An action to make a service available to a subscriber. The provision may be:

- general: where the service is made available to all subscribers (subject to compatibility restrictions enforced) without prior arrangements being made with the service provider;
- pre-arranged: where the service is made available to an individual subscriber only after the necessary arrangements have been made with the service provider.

Withdrawal

An action taken by the service provider to remove an available service from a subscriber's access. The withdrawal may be:

- general: where the service is removed from all subscribers provided with the service;
- specific: where the service is removed on an individual basis from subscribers provided with the service.

Registration

The programming by the service provider or subscriber of information to enable subsequent operation of a service. The programming action involves input of specific supplementary information. For certain services the registration procedure may cause activation whilst for others the service may already be in the action phase.

Erasure

The deletion by the service provider, the subscriber or the system of information stored against a particular service by a previous registration(s).

Activation

An action taken by either the service provider, the subscriber or the system to enable a process to run as and when required by the service concerned, resulting in the active phase. Some services can be either "operative" or "quiescent" (not operative) during the active phase according to whether or not the system would be able to invoke or use the service.

Deactivation

An action taken by either the service provider, the subscriber or the system to terminate the process started at the activation.

Invocation

An action to invoke the service required, taken by the subscriber (e.g. pressing a specific button) or automatically by the network or terminal as a result of a particular condition (e.g. calling number identification for each incoming call).

Normal operation with successful outcome

Description of the normal operation of the service, the normal served subscriber's actions and the system response. Decision points, timing and call progress signals would be some of the aspects defined for the service if they can be perceived by the subscriber.

Interrogation

The request by the subscriber to the PLMN to provide information about a specific supplementary service. This information can be requested by a:

- status check;

The following values can be returned by the PLMN:

- not supported;
- active and operative;
- active and quiescent;
- not active.

Not all values are applicable to all supplementary services.

- data check;

This interrogation function compares the data input by the subscriber during an interrogation procedure with the information stored in the PLMN. The PLMN signals an appropriate indication (e.g. "check is positive" or "check is negative").

- data request;

This interrogation function enables the subscriber to obtain confirmation of her input data. The PLMN signals an appropriate indication (e.g. "the forwarded-to number is etc."). The response to a data request may comprise the status of the service (e.g. not active).

Exceptional operation or unsuccessful outcome

Abnormal situations not described in "normal operation with successful outcome". Procedures on time-out, unexpected signalling response and other such events would be defined.

Interaction with other supplementary services

When more than one supplementary service is active, new logical situations, decisions, priorities, etc., may arise. This subclause would identify and define the resolution of such situations as they affect subscriber perception of the service. Special procedures may therefore be required, e.g. to allow, where possible, the simultaneous use of different supplementary services by one mobile subscriber.

Interworking considerations

Identification of subscriber perceptions when a call exits from an ISDN/PLMN to another network or enters an ISDN/PLMN from another network (e.g. PSTN).

Unstructured SS Operations

These operations are characterized by:

- in the mobile to network direction the transparent transport of MMI strings entered by the user to the network;
- in the network to mobile direction the transparent transport of text strings that are displayed by the mobile for user information;
- transparent transfer of data between an application in the MS and a corresponding application in the network.

These operations provide capabilities that can either be used as part of operator specified services, or to facilitate the early introduction of specified services.

NOTE: This Specification does not distinguish between subscriber, user and customer, since all three do not fully cover the textual needs. Generally the term "subscriber" is used, even if this person is not having the subscription.

3 Categories and framework of supplementary services

3.1 Framework for the description of supplementary services

TS 22.001 [2] and TS 22.101 [24] describe the principles of the Telecommunication services. They also defines the concepts of Telecommunication services and describes their characterization by appropriate attributes. Bearer services and Teleservices, which are offered by a PLMN in connection with other networks, are defined in TS 22.002 [3], TS 22.105 [25] and TS 22.003 [4]. Besides these basic Telecommunication services, their enhancement or modification by supplementary services need also to be offered.

A supplementary service modifies or enhances a basic Telecommunication service and, hence, cannot be offered to a subscriber on a stand alone basis. It must be offered together with or in association with a basic Telecommunication service. The same supplementary service may be offered with a number of different Telecommunication services. For applicability of a Supplementary Service to a Telecommunication service refer to annex A.

Table 3.1/TS 22.004 (identical to table 1/TS 22.001 [2] and to table 1 of ITU-T Recommendation I.210 [23]) illustrates the description of Telecommunication services.

Table 3.1/TS 22.004: Categorisation of Telecommunication services

TELECOMMUNICATION SERVICE			
BEARER SERVICE		TELESERVICE	
Basic Bearer Service	Basic Bearer service + supplementary services	Basic Teleservice	Basic Teleservice + supplementary service

Provision and withdrawal of a supplementary service, with the exception of Closed User Group, shall apply to all basic services the subscriber subscribes to.

Registration, erasure, activation and deactivation of a supplementary service shall apply to one or more group of basic services. The groups of basic services are defined to avoid handling of many basic service codes.

An operation is effective on the basic services, within the basic service group, which have been provisioned and for which the supplementary service is applicable. The fact that a basic service is provisioned but is not supplied by the network shall not lead to reject the request. The request shall be accepted since there is one basic service within the group(s) which is provisioned and for which the supplementary service is applicable. For applicability of a Supplementary Service to a basic service or service group refer to annex A.

The basic service groups are define in table 3.2/TS 22.004.

Table 3.2/TS 22.004: List of basic service groups

Basic service group		Basic service (1) (2)	
number	name	Number (2)	name
1	Speech	TS 11 TS 12	Telephony Emergency call
2	Short message service	TS 21 TS 22 TS 23	Short message MT/PP Short message MO/PP Short message CB
3 - 5	Not allocated		
6	Facsimile services	TS 61 TS 62	Alternate speech and facsimile group 3 Automatic facsimile group 3
7	All Data circuit asynchronous	BS 20	General asynchronous bearer service
8	All Data circuit synchronous	BS 30	General synchronous bearer service
12	Voice group services	TS 91 TS 92	Voice Group Call Service Voice Broadcast Service
13	All GPRS access	BS 70	GPRS bearer service
NOTE 1: Basic services are defined in TS 22.002 [3] and TSS 22.003 [4].			
NOTE 2: TS: Teleservice BS: Bearer service.			

3.2 Categories of supplementary services

Below follows a list of the possible categories of supplementary services related to provision, withdrawal, registration, erasure, activation, deactivation, invocation and interrogation.

Provision of a supplementary service can be made on a subscription basis, i.e. after pre-arrangement with the service provider, or the supplementary service can be made generally available to all mobile subscribers having access to PLMNs.

Withdrawal of a supplementary service can be as a result of a subscriber's request or for administrative reasons. Both withdrawal actions are performed by the service provider.

Registration of a supplementary service is only applicable to those supplementary services in which specific data is required to enable subsequent operation of the service. This registration can be the result of provision or it can be a subscriber controlled procedure. Registration of a supplementary service may mean simultaneous activation of that service.

Erasure of a supplementary service is only applicable to those supplementary services for which registration is necessary. It can be the result of withdrawal, it can be the result of a new registration overruling, and thus effectively erasing the previous registration, or it can be a subscriber controlled procedure. Erasure of a Supplementary Service may mean simultaneous deactivation of that service.

Activation of a supplementary service can be the result of provision. In some cases the supplementary service is only activated if the conditions in the subscription options are met. A supplementary service can also be activated by means of a procedure controlled either by the mobile subscriber or the service provider. Some supplementary services may also be activated as a result of registration.

Deactivation of a supplementary service can be the result of withdrawal or erasure of the service. In some cases the supplementary service is deactivated if the conditions in the subscription options are not met. A supplementary service can also be deactivated by means of a procedure controlled either by the mobile subscriber or the service provider. A supplementary service can be automatically deactivated at the end of a call if the supplementary service was specifically activated for that call. Finally, a supplementary service may be automatically deactivated by the network as a consequence of activation of another supplementary service if it conflicts with the other activated supplementary service.

Invocation of a supplementary service can take place by means of a subscriber controlled procedure or automatically by the network as a result of a particular condition.

Interrogation of a supplementary service is only applicable for a few supplementary services for which it is useful to get information from the network about the status or relevant data concerning the supplementary service.

4 Supported supplementary services

Table 4.1/TS 22.004 gives a list of possible supplementary services implemented in the PLMN, the definitions of which are given in the specifications [6]-[18].

NOTE: All supplementary services in this table are implemented in the PLMN. Subscribers can use these supplementary services for calls within the PLMN, but also in interworking situations with the PSTN (if supported) and the ISDN. In interworking situations with CSPDN and PSPDN these supplementary services can only be used during call set up (e.g. call forwarding services). When a call is established between an MS and a PDN, the MS acts as a data network terminal and can consequently only use the supplementary services that are supported by the relevant PDN. The PDN supplementary services are not described in this Specification; they can be found in the relevant PDN Specifications. However, the interworking situations with PDNs still require further study.

It has been identified as a requirement that the man-machine interface in PLMNs regarding supplementary services should be compatible as much as possible with the man-machine interface in the fixed networks as defined in CEPT groups, e.g. the same use of keypad information or function keys.

Table 4.1/ TS 22.004 lists the categories for all supported supplementary services. Below the abbreviations used are listed.

Registration:

- p = as a result of provision
- a = service provider controlled procedure
- s = subscriber controlled procedure
- = not applicable

Erasure:

- w = as a result of withdrawal
- s = subscriber controlled procedure
- r = due to new registration
- = not applicable

Activation:

- p = as a result of provision
- r = as a result of registration
- s = subscriber controlled procedure
- a = service provider controlled procedure
- c = when the conditions in the subscription options are met
- = not applicable

Deactivation:

- w = as a result of withdrawal
- s = subscriber controlled procedure
- a = service provider controlled procedure
- e = as a result of erasure
- n = when the conditions in the subscr. options are not met
- c = at the end of a per call basis activation
- = not applicable

Invocation:

- n = automatic invocation by the network as a result of a particular condition
- u = user invocation, by means of a control procedure
- = not applicable

Interrogation:

- s = status check
- dr = data request
- = not applicable

Table 4.1/ TS 22.004: Supported Supplementary Services

Supplementary Service							
Spec/section	Reg	Eras	Act	Deact	Inv	Int	
22.067 eMLPP	a/s	w/r	-	-	n	dr	
22.072, Call Deflection SS							
CD	-	-	p	w	u	-	
22.081, Number Identif. SS							
CLIP	-	-	p	w	n	s	
CLIR	-	-	p	w	n	dr	
CoLP	-	-	p	w	n	s	
CoLR	-	-	p	w	n	s	
22.082, Call Offering SS							
CFU	a/s	w/r/s	r/s	e/s	n	dr	
CFB	a/s	w/r/s	r/s	e/s	n	dr	
CFNRy	a/s	w/r/s	r/s	e/s	n	dr	
CFNRc	a/s	w/r/s	r/s	e/s	n	dr	
22.083, Call Completion SS							
CW	-	-	a/s	a/s	n	s	
HOLD	-	-	p	w	u	-	
22.084, Multi Party SS							
MPTY	-	-	-	-	u	-	
22.085, Comm. of Interest SS							
CUG	-	-	p	w	u/n	-	
22.087, User-to-User SS							
UUS	-	-	s	c	u/n	-	
22.086, Charging SS							
AoCI	-	-	p	w	n	-	
AoCC	-	-	p	w	n	-	
22.088, Call Restriction SS							
BAOC	a/s	w/r	a/s	s/a	n	dr	
BOIC	a/s	w/r	a/s	s/a	n	dr	
BOIC-exHC	a/s	w/r	a/s	s/a	n	dr	
BAIC	a/s	w/r	a/s	s/a	n	dr	
BAIC-Roam	a/s	w/r	a/s	s/a	n	dr	
22.067 eMLPP	a/s	w/r/s	-	-	u/n	s/dr	
22.091, Call Transfer SS							
ECT	-	-	p	w	u	-	
22.093, Completion of Calls to Busy Subscribers							
CCBS SS	-	-	p	w	n		
CCBS Requests			s	s/a/w		dr	
22.096 Name Identification SS							
CNAP	-	-	p	w	n	s	
22.135 Multicall							
MC	a/s	w	p	w	U/n	dr	

Abbreviations used for the Supplementary Services:

CD	Call Deflection
CLIP	Calling Line Identification Presentation
CLIR	Calling Line Identification Restriction
CoLP	Connected Line Identification Presentation
CoLR	Connected Line Identification Restriction
CFU	Call Forwarding Unconditional
CFB	Call Forwarding on Mobile Subscriber Busy
CFNRy	Call Forwarding on No Reply
CFNRc	Call Forwarding on Mobile Subscriber Not Reachable
CNAP	Calling Name Presentation - (CNAP)
CW	Call Waiting
HOLD	Call Hold
MPTY	Multi Party Service
MC	Multicall
CUG	Closed User Group
LoCI	Advice of Charge (Information)
LoCC	Advice of Charge (Charging)
UUS	User-to-user signalling
BAOC	Barring of All Outgoing Calls
BOIC	Barring of Outgoing International Calls
BOIC-exHC	Barring of Outgoing International Calls except those directed to the Home PLMN Country
BAIC	Barring of All Incoming Calls
BIC-Roam	Barring of Incoming Calls when Roaming Outside the Home PLMN Country
ECT	Explicit Call Transfer
eMLPP	enhanced Multi-Level Precedence and Pre-emption
SPNP	Support of Private Numbering Plan - (SPNP)
CCBS	Completion of calls to busy subscribers.- (CCBS)

4.1 Support of Line identity services

A PLMN which supports the CLIP service shall also support the CLIR service. A PLMN which supports CoLP service shall also support the CoLR service.

A PLMN which does not support the CLIR service shall ensure that the line identity of a subscriber shall not be displayed to the called party unless the called party has CLIR override capability. A PLMN which does not support the CoLR service shall ensure that the line identity of a subscriber shall not be displayed to the calling party unless the calling party has CoLR override capability.

4.2 Support of Name identity services

(CNAP): A PLMN which supports the CNAP service shall also support the CLIR service.

A PLMN which does not support the CLIR service shall ensure that the name identity of a subscriber shall not be displayed to the called party.

5 Use of a password option in relation to supplementary services

5.1 Definition

Some Supplementary Services (e.g. Call Barring) can be offered to a subscriber with the subscription option of using a password to control the service. When this option is selected every action (related to that Supplementary Service), such as registration, erasure, activation or deactivation is performed by the mobile subscriber with the concurrent entry of the password.

5.2 Description

When the subscription option "Control of a Supplementary Service by the subscriber using a password" is provided, password handling is supported by the network.

The password will consist of four digits in the range 0000 to 9999.

5.3 Management - normal procedures and successful outcome

5.3.1 Provision of password option

Each Supplementary Service for which the control by the subscriber usage of a password is relevant may be offered with the subscription option "Control of the Supplementary Service". The values of this option will be:

- by the subscriber using a password;
- by the service provider.

NOTE: A service provider needs not to offer this option to its subscribers. However, the support of the password facility is mandatory in the networks for visiting subscribers.

5.3.2 Withdrawal of the password option

The password option may be withdrawn for administrative reasons or due to subscription modification.

5.3.3 Registration of password

If a mobile subscriber selects at provision time the option of using a password for any given Supplementary Service, the password have to be registered at the same time.

Furthermore, the subscriber can change the password by an appropriate control procedure at any time. The control procedure is described in TS 22.030 [5].

5.3.4 Erasure of password

A password can be erased in two ways:

- 1) Registration of a new password erases the previous one; or
- 2) Withdrawal of the password option.

5.3.5 Password checking

If the mobile subscriber in an attempt to control a Supplementary Service requiring a password enters a correct password, the corresponding request is then considered by the network.

5.4 Management - exceptional procedures or unsuccessful outcome

If the mobile subscriber in an attempt to control a Supplementary Service requiring a password, or in an attempt to register a new password, enters an incorrect password, the corresponding request will be rejected by the network and the subscriber will be notified.

If the mobile subscriber enters incorrect password more than three consecutive times, all control procedures related to the use of the password are made impossible until the service provider instructs the network to again accept password-related requests from this subscriber.

6 Not used

7 Processing of supplementary service operations

7.1 Processing of operations containing basic service information

The network shall process a registration/erasure/activation/deactivation request indicating basic service information independent of the previous registration/activation status. As a result the network will process these requests for the indicated basic service information only, whereas other registration/activation status information remains unchanged.

Basic service information received by the network within the above supplementary service operations is in the specifications [6]-[18]. According to this definition the network may receive a combined basic service indication, e.g. for all basic services. As a result the combined basic service indication may be dissolved (note 1). This has to be taken into account when an interrogation procedure is performed.

In case the operation contains a combined basic service indication (e.g. for all bearer services) the interactions specified in the specifications [6]-[18] have to be checked subsequently for each member of the combined service indication. As a result a supplementary service request may be partly rejected due to the interaction requirements (note 2). This has to be taken into account in the acknowledgement to the supplementary service request from the Mobile Station (MS), i.e. the network shall send a notification to the MS that the SS operation request was only partially successful.

NOTE 1: Explanatory example

1. Operation:

Registration of CFU for "all basic services" to number 1.

2. Operation:

Registration of CFU for "Speech" to number 2.

Result:

Registration status for

"Speech": CFU active to number 2.

All other basic service groups: CFU active to number 1.

NOTE 2: Explanatory example

1. Operation:

Registration of CFB for "Speech" to number 1.

2. Operation:

Activation of BAOC for "Facsimile services".

3. Operation:

Registration of CFU for "all basic services" to number 2.

Result:

Registration status for

"Speech": CFU active to number 2, CFB "quiescent" to number 1.

"Facsimile services": BAOC Active, CFU rejected.

All other basic service groups: CFU active to number 2.

7.2 Processing of operations involving multiple Supplementary Services

Normally, SS operations relate to one single Supplementary Service at a time. The network reaction on such operations are described in the specifications [6]-[18] subclauses x.3 (Normal Procedures), x.4 (Exceptional Procedures) and x.6 (Interaction). Also subclause 7.1 contains information related to this area.

In addition, some groups of Supplementary Services may be controlled collectively, such as Call Forwarding and Barring services. The information contained in such "global" operation (e.g. Forwarded-to-number, Password, Basic Service group(s)) then applies generally to all SS concerned by the operation.

The reaction of the network when receiving such control requests is generally the same as when receiving a number of subsequent single operations to the corresponding Supplementary Services. However, in some cases the action to be taken by the network may be regarded as "exceptional", and therefore the following clarifies the only allowed operations on groups of Supplementary Services:

- If the group "all Call Forwarding services" is subject for a Registration or an Activation request, CFU shall become Active and Operative whilst the conditional CFs (CFC) will become Active and quiescent for the Basic Service groups concerned by the operation. I.e the network behaviour is the same as if the CFCs were Registered/Activated first, followed by Registration/Activation of CFU.

The No Reply Timer may be a part of this general operation.

If the Basic Service information provided in the request is not relevant to one or more of the SS involved, the principles in subclause 7.1 of apply, i.e. the network ignores these parts of the request.

- If the group "all Conditional Call Forwarding services" is subject for a Registration or an Activation request, all CFCs shall become Active and Operative for the Basic Service groups concerned by the operation.

The No Reply Timer may be a part of this general operation.

If the Basic Service information provided in the request is not relevant to one or more of the SS involved, the principles in subclause 7.1 of apply, i.e. the network ignores these parts of the request.

- If the group "all Call Forwarding services" or the group "all Conditional Call Forwarding services" is subject for a Deactivation or an Erasure request, the network shall act as normal, i.e. as if a number of subsequent Deactivations/Erasures were requested. If the Basic Service information provided in the request is not relevant to one or more of the SS involved, the principles in subclause 7.1 of this specification apply, i.e. the network ignores these parts of the request.
- If any of the groups "all Barring services", "all Outgoing Barring Services" or "all Incoming Barring Services" is subject to a Deactivation request, the network shall act as normal, i.e. as if a number of subsequent Deactivations were requested.

If the Basic Service information provided in the request is not relevant to one or more of the SS involved, the principles in subclause 7.1 of this specification apply, i.e. the network ignores these parts of the request.

- If the user requests Password Registration for any other single or group of Barring Services than "all Barring Services" the request will be denied (as only one (common) password for the Barring services per subscriber is allowed).
- Interrogation of groups of Supplementary Services is not supported.

7.3 Compatibility Information and Supplementary Services

Within the Single Numbering Scheme it is possible that an incoming call (c.g. PSTN call) do not have an allocated Bearer Capability Information Element. The network cannot at this stage determine the Basic Service requirement and shall, for Supplementary Service purposes, handle the call based on a "default basic service" for the call. If the subscriber has a subscription to telephony then the network shall use telephony as the "default basic service". If the subscriber does not have a subscription to telephony the HLR shall choose a Basic Service from the set provisioned to the subscriber as the "default basic service".

When an incoming call is subject to Call Forwarding, no modifications or additions to the original BC-IE information, present or not, received by the PLMN shall be sent with the forwarded call.

8 Format of description

The supplementary services are described according to the following format:

0. GENERAL

x.1 DEFINITION

x.2 DESCRIPTION

x.2.1 Description

x.2.2 Applicability to telecommunication services

x.2.3 Terminology

x.3 NORMAL PROCEDURES WITH SUCCESSFUL OUTCOME

x.3.1 Provision

x.3.2 Withdrawal

x.3.3 Registration

x.3.4 Erasure

x.3.5 Activation

x.3.6 Deactivation

x.3.7 Invocation

x.3.8 Normal operation with successful outcome

x.3.9 Quality of service

x.3.10 Testing

x.3.11 Interrogation

x.3.12 Charging requirements

x.4 EXCEPTIONAL PROCEDURES OR UNSUCCESSFUL OUTCOME

- x.4.1 Exceptional operation or unsuccessful outcome
- x.4.2 Registration
- x.4.3 Erasure
- x.4.4 Activation
- x.4.5 Deactivation
- x.4.6 Invocation
- x.4.7 Testing
- x.4.8 Interrogation
- x.4.9 Charging requirements
- x.4.10 Roaming in non-supporting networks
- x.5 ALTERNATE PROCEDURES
- x.6.y.z INTERACTIONS WITH OTHER SUPPLEMENTARY SERVICES
- x.7 INTERWORKING CONSIDERATIONS
- x.8 DYNAMIC DESCRIPTION OF SERVICE
- x.9 OUTSTANDING ISSUES

The letter "x" denominates the supplementary service described in clause "x" of the specifications [6]-[18]. The letter "y" denominates the specification (e.g. TS 22.0y or 42.0y) in which the supplementary service denominated by the letter "z" is described and which interacts with the supplementary service that is described in clause "x".

Every supplementary service is described according to this format. If a subheading is not included in the text, it means:

- not applicable (e.g. in cases where "registration", "erasure", "activation", etc., do not apply);
- none identified (e.g. no exceptional procedure for "invocation");
- no interaction (in cases where no interaction appears between two supplementary services in clause 6).

Annex A (normative): Applicability of Supplementary Services to Telecommunication Services

Table A.1 gives the applicability of Supplementary Services to telecommunication services.

Table A.1/TS 22.004: Applicability of SSs to telecommunication services

SS	Telephony	Emergency Call	SMS PTP		SMS-CB	Fax	cct Data	GPRS	Voice Group Services	
			TS21	TS22					TS91	TS92
eMLPP	TS11 Yes	TS12 Yes ^a	TS21	TS22	TS23	TS6x Yes	BS2x, BS3x Yes	BS70	TS91 Yes	TS92 Yes
CD	Yes					Yes	Yes		Yes ^b	Yes ^b
CLIP	Yes					Yes	Yes		Yes	Yes
CLIR	Yes					Yes	Yes		Yes	Yes
COLP	Yes					Yes	Yes		Yes	Yes
COLR	Yes					Yes	Yes		Yes	Yes
CFU	Yes					Yes	Yes		Yes ^b	Yes ^b
CFB	Yes					Yes	Yes		Yes ^b	Yes ^b
CFNRy	Yes					Yes	Yes		Yes ^b	Yes ^b
CFNRc	Yes					Yes	Yes		Yes ^b	Yes ^b
CW ¹	Yes					Yes	Yes		Yes ^b	Yes ^b
HOLD ²	Yes								Yes ^b	Yes ^b
MPTY	Yes								Yes ^b	Yes ^b
CUG	Yes					Yes	Yes		Yes ^b	Yes ^b
AoCI	Yes					Yes	Yes		Yes	Yes
AoCC	Yes					Yes	Yes		Yes	Yes
UUS	Yes					Yes	Yes		Yes	Yes
BAOC	Yes		Yes ¹	Yes		Yes	Yes		Yes ^b	Yes ^b
BOIC	Yes		Yes ¹	Yes		Yes	Yes		Yes ^b	Yes ^b
BOIC-exHC	Yes		Yes ¹	Yes		Yes	Yes		Yes ^b	Yes ^b
BIC	Yes		Yes	Yes ¹		Yes	Yes		Yes ^b	Yes ^b
BIC-Roam	Yes		Yes	Yes ¹		Yes	Yes		Yes ^b	Yes ^b
ECT	Yes								Yes ^b	Yes ^b
CCBS	Yes					Yes	Yes		Yes ¹⁰	Yes ¹⁰
SPNP	Yes		Yes ³	Yes ²		Yes	Yes			
CNAP	Yes								Yes ³	Yes ³
MSP	Yes		Yes	Yes		Yes	Yes		Yes	Yes
MC	Yes	Yes				Yes	Yes			

Annex B (informative): Change history

Change history											
TSG SA#	SA Doc.	SA1 Doc	Spec	CR	Rev	Rel	Cat	Subject/Comment	Old	New	Work Item
Jun 1999			02.04					Transferred to 3GPP SA1	8.0.0	3.0.0	
SA#04			22.004						3.0.0		
SP-05	SP-99479	S1-99609	22.004	001		R99	D	Editorial changes for alignment	3.0.0	3.0.1	
SP-06	SP-99518	S1-991042	22.004	002		R99	F	Clarification of the applicability of CCBS service to TS91/92	3.0.1	3.1.0	
SP-07	SP-000068	S1-000154	22.004	003		R99	F	Introduction of Multicall as Supplementary Service	3.1.0	3.2.0	
March 2000			22.004					Editorial: correction to title to replace "release 2000" with "Release 1999"	3.2.0	3.2.1	
March 2001	SP-010065	S1-010258	22.004			Rel-4		Transferred to 3GPP Release 4	3.2.1	4.0.0	

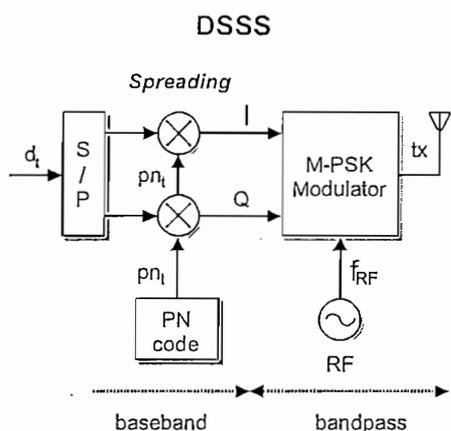
ANEXO D

SPREAD SPECTRUM

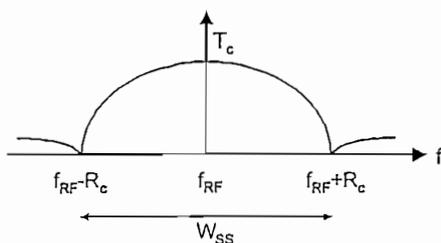
1. Definition of Spread Spectrum (SS)

A transmission technique in which a pseudo-noise code, independent of the information data, is employed as a modulation waveform to "spread" the signal energy over a bandwidth much greater than the signal information bandwidth. At the receiver the signal is "despread" using a synchronized replica of the pseudo-noise code.

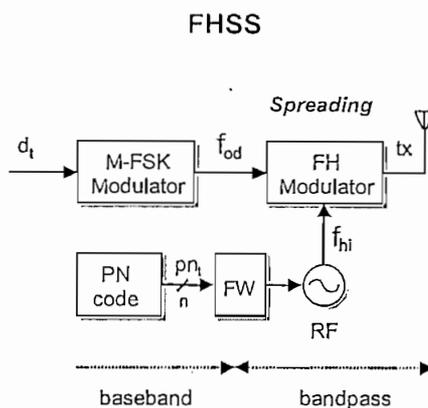
2. Basic principle of Spread Spectrum Systems: DSSS and FHSS



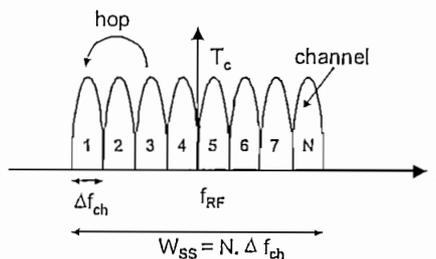
*pseudo shift of the phase
coherent demodulation*



instantaneously; broadband



*pseudo shift of the frequency
noncoherent*



*instantaneously; smallband
on average; broadband*

Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)

A pseudo-noise sequence pn_t generated at the modulator, is used in conjunction with an M-ary PSK modulation to shift the phase of the PSK signal pseudorandomly, at the chipping rate R_c ($=1/T_c$) a rate that is an integer multiple of the symbol rate R_s ($=1/T_s$).

The transmitted bandwidth is determined by the chip rate and by the baseband filtering. The implementation limits the maximum chiprate R_c (clock rate) and thus the maximum spreading.

The PSK modulation scheme requires a coherent demodulation.

A short-code system uses a PN code length equal to a data symbol. A long-code system uses a PN code length that is much longer than a data symbol, so that a different chip pattern is associated with each symbol.

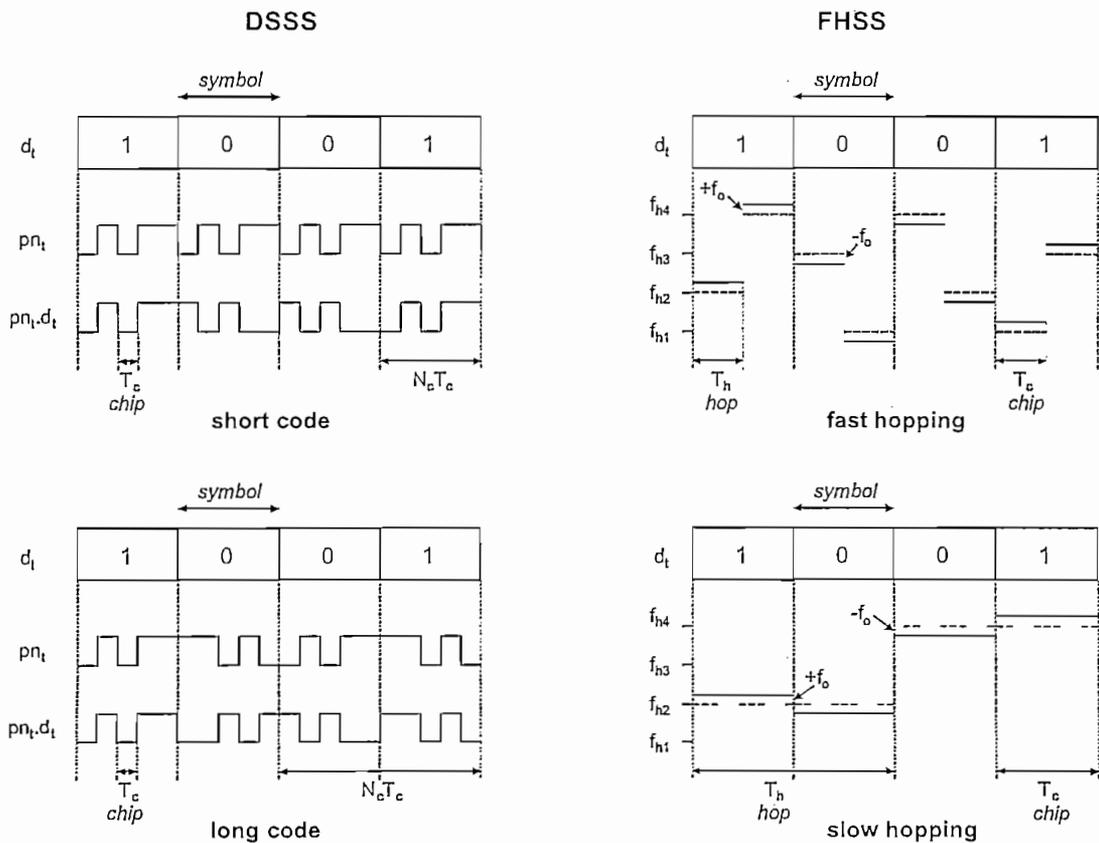
Frequency Hopping Spread Spectrum

A pseudo-noise sequence pn_t generated at the modulator is used in conjunction with an M-ary FSK modulation to shift the carrier frequency of the FSK signal pseudorandomly, at the hopping rate R_h . The transmitted signal occupies a number of frequencies in time, each for a period of time $T_h (=1/R_h)$, referred to as dwell time. FHSS divides the available bandwidth into N channels and hops between these channels according to the PN sequence. At each frequency hop time the PN generator feeds the frequency synthesizer a frequency word FW (a sequence of n chips) which dictates one of 2^n frequency positions f_{hi} . Transmitter and receiver follow the same frequency hop pattern.

The transmitted bandwidth is determined by the lowest and highest hop positions and by the bandwidth per hop position (Δf_{ch}). For a given hop, the instantaneous occupied bandwidth is identical to bandwidth of the conventional M-FSK, which is typically much smaller than W_{ss} . So the FHSS signal is a narrowband signal, all transmission power is concentrated on one channel. Averaged over many hops, the FH/M-FSK spectrum occupies the entire spread spectrum bandwidth. Because the bandwidth of an FHSS system only depends on the tuning range, it can be hopped over a much wider bandwidth than an DSSS system.

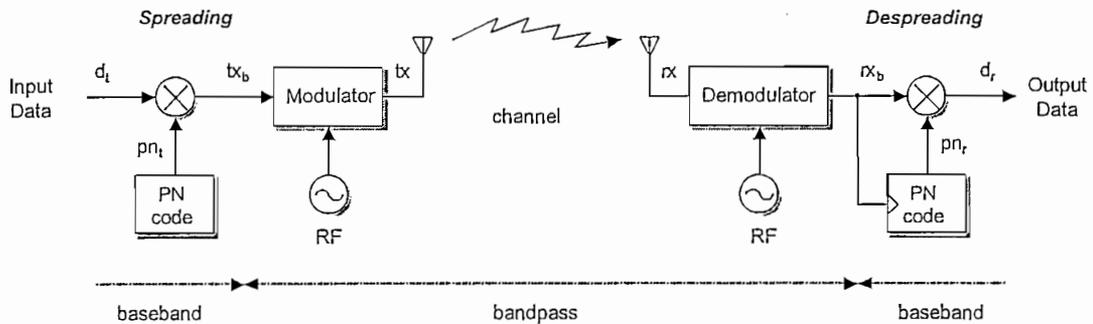
Since the hops generally result in phase discontinuity (depending on the particular implementation) a noncoherent demodulation is done at the receiver.

With slow hopping there are multiple data symbols per hop and with fast hopping there are multiple hops per data symbol.



3. Basic principle of Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)

For BPSK modulation the building blocks of a DSSS system are:



Input:

- Binary data d_t with symbol rate $R_s = 1/T_s$ (= bitrate R_b for BPSK)
- Pseudo-noise code pn_t with chip rate $R_c = 1/T_c$ (an integer of R_s)

Spreading:

In the transmitter, the binary data d_t (for BPSK, I and Q for QPSK) is 'directly' multiplied with the PN sequence pn_t , which is independent of the binary data, to produce the transmitted baseband signal tx_b :

$$tx_b = d_t \cdot pn_t$$

The effect of multiplication of d_t with a PN sequence is to spread the baseband bandwidth R_s of d_t to a baseband bandwidth of R_c .

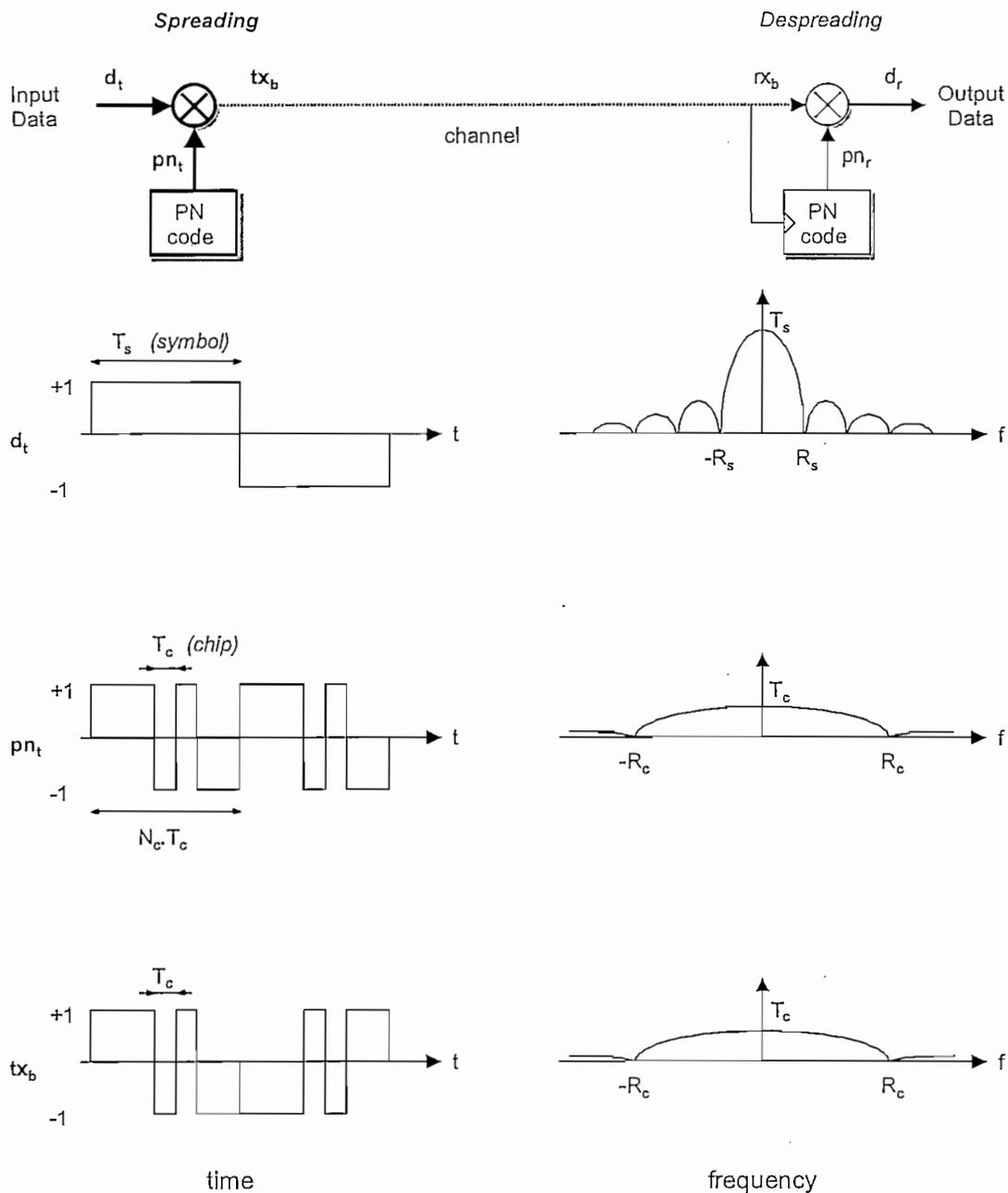
Despreading:

The spread spectrum signal cannot be detected by a conventional narrowband receiver. In the receiver, the received baseband signal rx_b is multiplied with the PN sequence pn_r .

- If $pn_r = pn_t$ and synchronized to the PN sequence in the received data, then the recovered binary data is produced on d_r . The effect of multiplication of the spread spectrum signal rx_b with the PN sequence pn_t used in the transmitter is to despread the bandwidth of rx_b to R_s .
- If $pn_r \neq pn_t$, then there is no despreading action. The signal d_r has a spread spectrum. A receiver not knowing the PN sequence of the transmitter cannot reproduce the transmitted data.

To simplify the description of modulation and demodulation, the spread spectrum system is considered for baseband BPSK communication (without filtering) over an ideal channel.

3.1 Modulation



Spread spectrum systems are spreading the information signal d_t which has a BW_{info} , over a much larger bandwidth BW_{SS} :

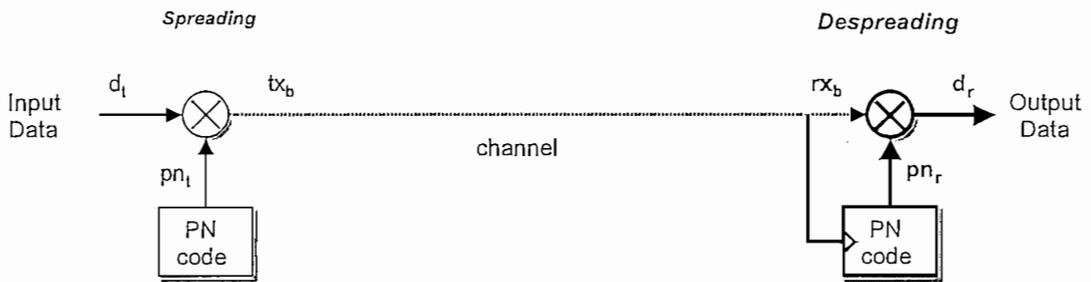
$$BW_{info} \cong R_s \ll BW_{SS} \cong R_c$$

The SS-signal spectrum is white noise-like. The amplitude and thus the power in the SS-signal tx_b is the same as in the original information signal d_t . Due to the increased bandwidth of the SS-

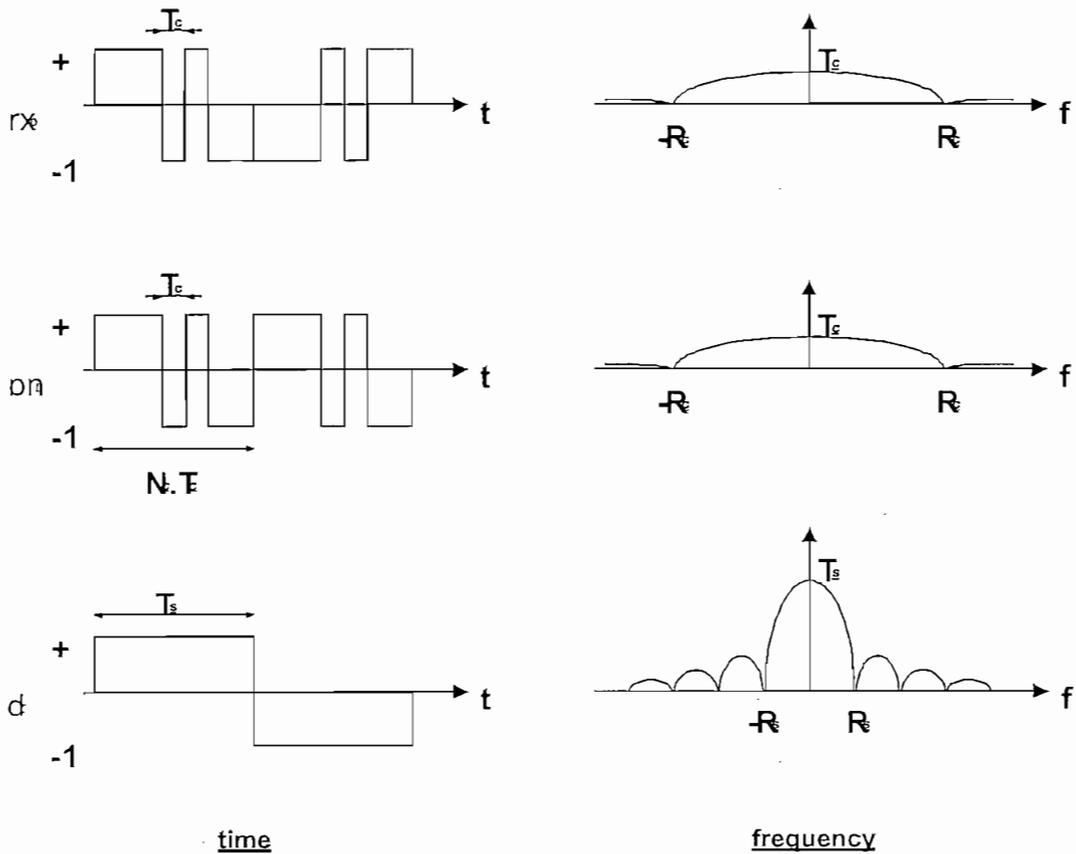
signal the power spectral density must be lower. The bandwidth expansion factor, being the ratio of the chip rate R_c and the data symbol rate R_s , is usually selected to be an integer in practical SS systems:

$$SF = G_p = \frac{BW_{SS}}{BW_{info}} = \frac{R_c}{R_s} = \frac{T_b}{T_c} = N_c$$

3.2 Demodulation



3.2.1 $pn_r = pn_t$



To demodulate, the received signal is multiplied by p_{n_r} , this is the same PN sequence as p_{n_t} (the pseudo-noise code used in the transmitter), synchronized to the PN sequence in the received signal r_{x_b} . This operation is called (spectrum) despreading, since the effect is to undo the spreading operation at the transmitter.

The multiplier output in the receiver is then (since $p_{n_r} = \text{synchronized } p_{n_t}$):

$$d_r = r_{x_b} \cdot p_{n_r} = (d_t \cdot p_{n_t}) \cdot p_{n_t}$$

The PN sequence p_{n_t} alternates between the levels -1 and +1, in the example:

$$p_{n_t} = +1 +1 +1 -1 +1 -1 -1$$

The alternation is destroyed when the PN sequence p_{n_t} is multiplied with itself (perfectly synchronized), because:

$$p_{n_t} \cdot p_{n_t} = +1 \quad \text{for all } t$$

Thus:

$$\text{autocorrelation } R_a (\tau=0) = \text{average } (p_{n_t} \cdot p_{n_t}) = +1$$

The data signal is reproduced at the multiplier output:

$$d_r = d_t$$

If the PN sequence at the receiver is not synchronized properly to the received signal, the data cannot be recovered.

3.2.2 $p_{n_r} \neq p_{n_t}$

If the received signal is multiplied by a PN sequence p_{n_r} , different from the one used in the modulator, the multiplier output becomes:

$$d_r = r_{x_b} \cdot p_{n_r} = (d_t \cdot p_{n_t}) \cdot p_{n_r}$$

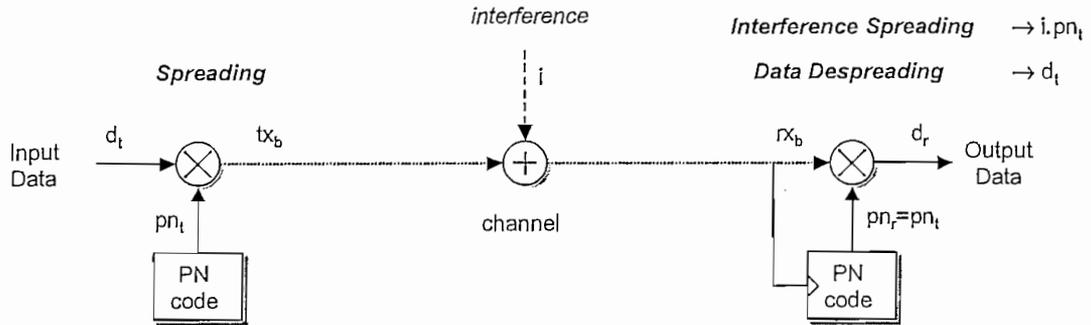
In the receiver, detection of the desired signal is achieved by correlation against a local reference PN sequence. For secure communications in a multi-user environment, the transmitted data d_t may not be recovered by a user that doesn't know the PN sequence p_{n_t} used at the transmitter. Therefore:

$$\text{crosscorrelation } R_c (\tau) = \text{average } (p_{n_t} \cdot p_{n_r}) \ll 1 \quad \text{for all } \tau$$

is required. This orthogonal property of the allocated spreading codes, means that the output of the correlator used in the receiver is approximately zero for all except the desired transmission.

4. Performance in the presence of interference

To simplify the influence of interference, the spread spectrum system is considered for baseband BPSK communication (without filtering).



The received signal rx_b consists of the transmitted signal tx_b plus an additive interference i (noise, other users, jammer, ...):

$$rx_b = tx_b + i = d_t \cdot pn_t + i$$

To recover the original data d_t , the received signal rx_b is multiplied with a locally generated PN sequence pn_r that is an exact replica of that used in the transmitter (that is $pn_r = pn_t$ and synchronized). The multiplier output is therefore given by:

$$d_r = rx_b \cdot pn_t = d_t \cdot pn_t \cdot pn_t + i \cdot pn_t$$

The data signal d_t is multiplied *twice* by the PN sequence pn_t , whereas the unwanted interference i is multiplied only *once*.

Due to the property of the PN sequence:

$$pn_t \cdot pn_t = +1 \quad \text{for all } t$$

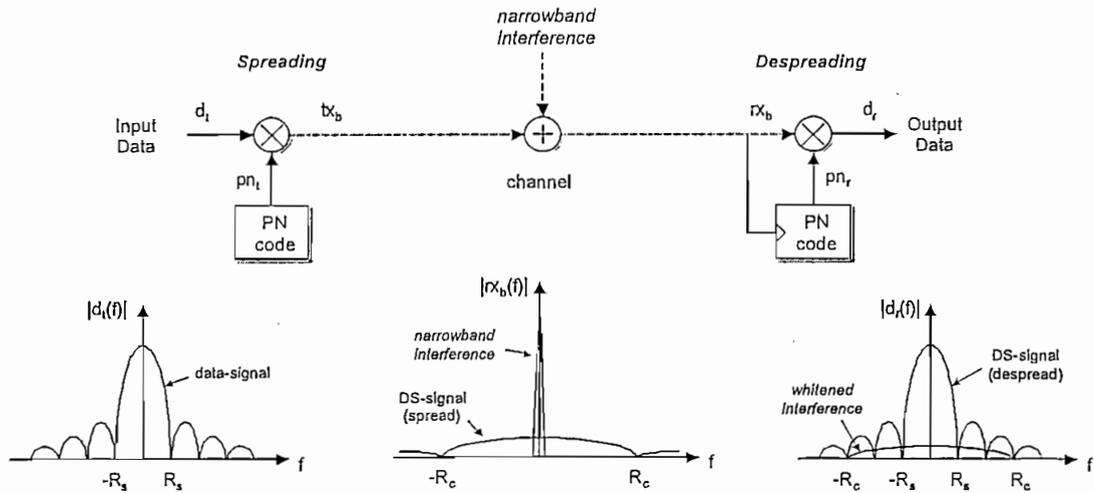
The multiplier output becomes:

$$d_r = d_t + i \cdot pn_t$$

The data signal d_t is reproduced at the multiplier output in the receiver, except for the interference represented by the additive term $i \cdot pn_t$. Multiplication of the interference i by the locally generated PN sequence, means that the spreading code will affect the interference just as it did with the information bearing signal at the transmitter. Noise and interference, being uncorrelated with the PN sequence, become noise-like, increase in bandwidth and decrease in power density after the multiplier.

After despreading, the data component d_t is narrow band (R_s) whereas the interference component is wideband (R_c). By applying the d_r signal to a baseband (low-pass) filter with a bandwidth just large enough to accommodate the recovery of the data signal, most of the interference component i is filtered out. The effect of the interference is reduced by the processing gain (G_p).

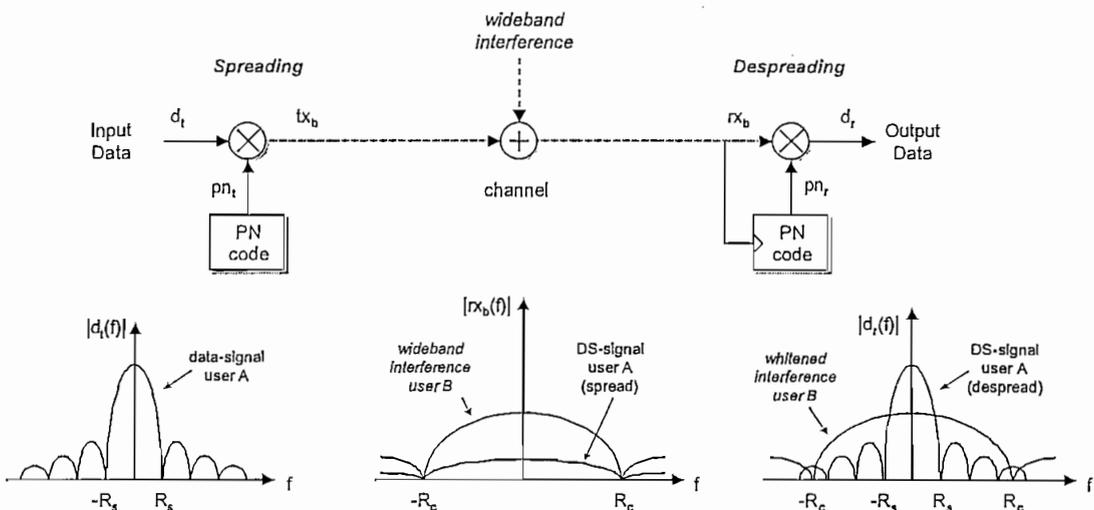
4.1 Narrowband interference



The narrowband noise is spread by the multiplication with the PN sequence pn_r of the receiver. The power density of the noise is reduced with respect to the despread data signal. Only $1/G_p$ of the original noise power is left in the information baseband (R_s). Spreading and despreading enables a bandwidth trade for processing gain against narrow band interfering signals. Narrowband interference would disable conventional narrowband receivers.

The essence behind the interference rejection capability of a spread spectrum system: the useful signal (data) gets multiplied twice by the PN sequence, but the interference signal gets multiplied only once.

4.2 Wideband interference



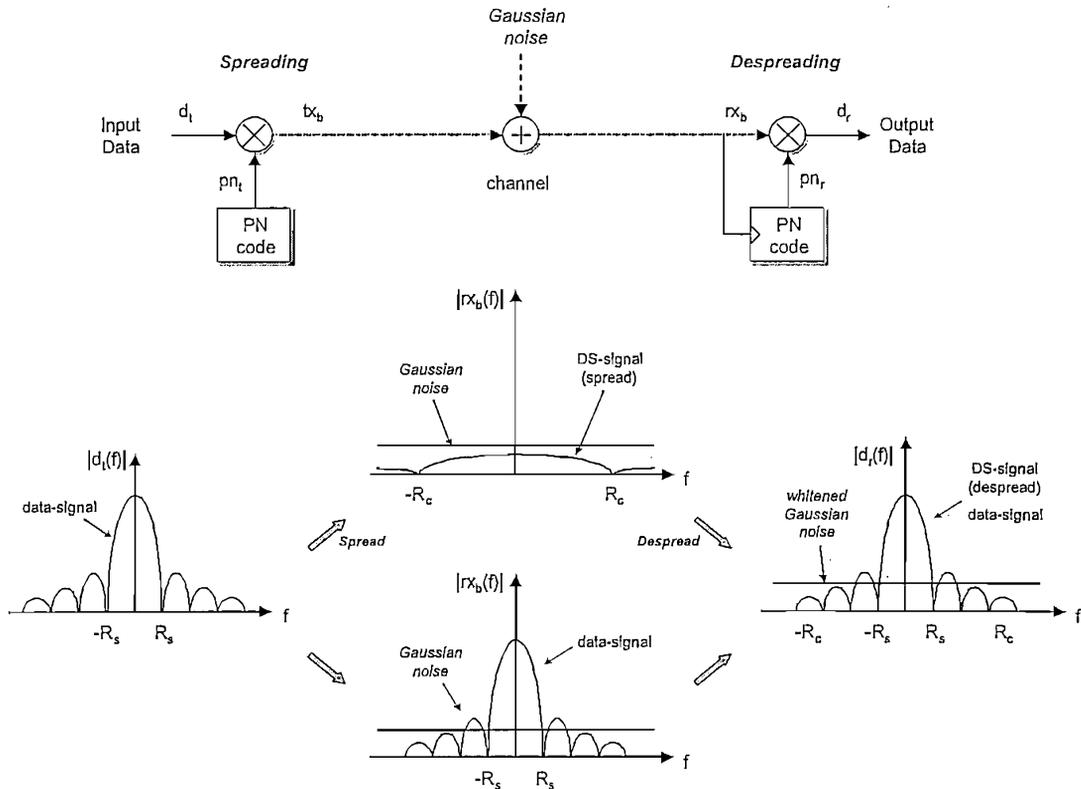
Multiplication of the received signal with the PN sequence of the receiver gives a selective despread of the data signal (smaller bandwidth, higher power density). The interference signal is uncorrelated with the PN sequence and is spread.

Origin of wideband noise:

- Multiple Spread Spectrum users: multiple access mechanism.
- Gaussian Noise: There is no increase in SNR with spread spectrum. The larger channel bandwidth (R_c instead of R_s) increases the received noise power with G_p :

$$N_{info} = N_0 \cdot BW_{info} \rightarrow N_{SS} = N_0 \cdot BW_{SS} = N_{info} \cdot G_p$$

The spread spectrum signal has a lower power density than the directly transmitted signal.



1.4 W-CDMA

The target of the third-generation (3G) mobile communication systems (cellular) is the introduction of *multimedia capabilities*. ETSI (European Telecommunications Standards Institute) has been responsible for UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) standardization since the early 1990s. In January 1998 (historical milestone) the basic technology for the UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA) system was selected:

For the paired bands 1920 –1980 MHz and 2110-2170 MHz wideband CDMA (W-CDMA) shall be used in frequency-division duplex (FDD) operation.

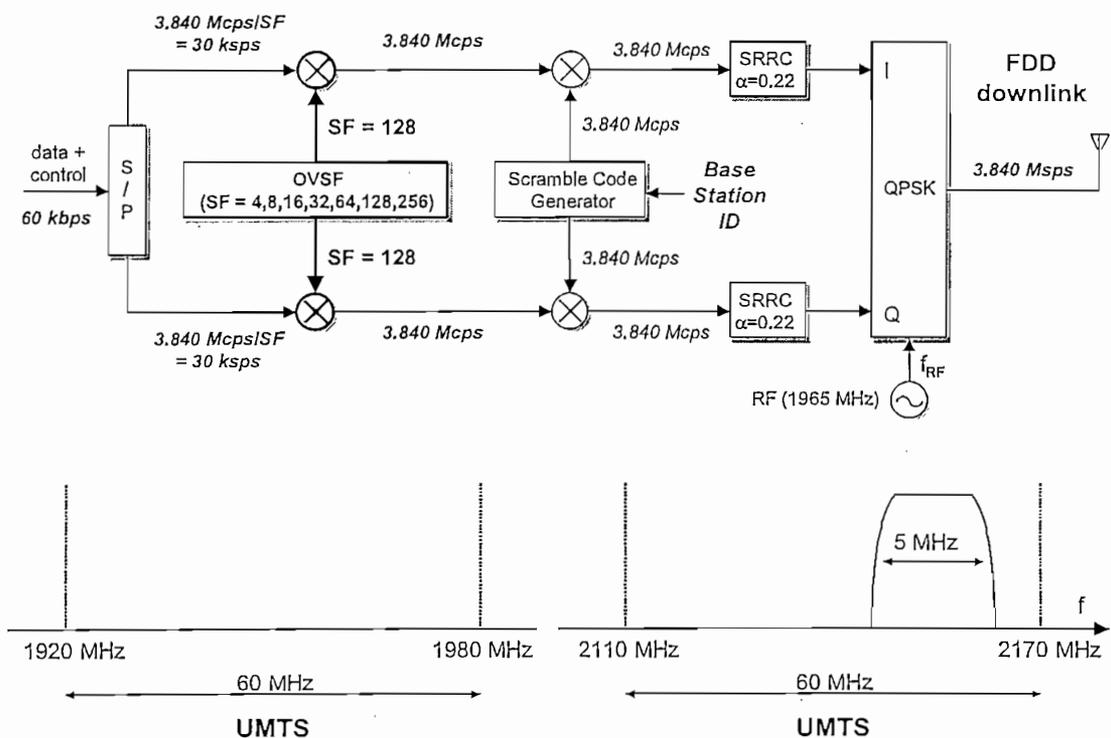
The bearer capability targets have been defined as:

- 384 kbps for full area coverage (→ Internet access)
- 2 Mbps for local coverage (→ video/picture transfer)

A variety of data services from low to very high bitrates must be supported.

Downlink Dedicated Physical Channel

The spreading and modulation of the downlink dedicated physical channel is illustrated in the figure below.



Traffic data (voice) is multiplexed with control information (pilot bits, transmit power control bits, rate information, ...). The serial-to-parallel converter maps the 60 kbps to the I and Q branch of the QPSK modulator. This produces a 30 kpsps symbol rate. The I and Q branches are then spread to the 3.840 Mcps chip rate with the same Orthogonal Variable Spreading Factor (OVSF) code. Since the spreaded bandwidth is the same for all users, multiple-rate transmission needs

multiple Spreading Factors (SF). The OVSF has an SF of 128 in this case (length of the spreading code). This results in the relation:

$$2 \text{ (QPSK)} \times \text{datarate} \times \text{SF} = \text{chip rate}$$

The OVSF code is the *channelization code*. Next a *scrambling code* is applied, which is unique to the Base Station within the geographic area. Baseband filtering is done with a Square Root Raised Cosine (SRRC) with roll-off 0.22.

Different physical channels in the same cell use different channelization codes. Several downlink physical channels can be transmitted *in parallel* on one connection using a 'grouped' channelization code (with lower SF and thus less transmission quality) in order to achieve higher channel bit rates.

Orthogonal Variable Spreading Factor (OVSF) Codes

The OVSF codes preserve mutual transmit orthogonality between different downlink physical channels, even if they use different Spreading Factors and thus offer different channel bit rates. The use of OVSF codes is thus a key factor in the high degree of service flexibility of the W-CDMA air interface.

Let C_N be a matrix of size $N \times N$ and denote the set of N binary spreading codes of N chip length, $C_N(i)$ is the row vector of N elements and $N = 2^n$. The matrix C_N is generated from $C_{N/2}$:

$$C_N = \begin{bmatrix} C_N(1) \\ C_N(2) \\ \vdots \\ C_N(N) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{N/2}(1) \cdot C_{N/2}(1) \\ C_{N/2}(1) \cdot \overline{C_{N/2}(1)} \\ C_{N/2}(2) \cdot C_{N/2}(2) \\ C_{N/2}(2) \cdot \overline{C_{N/2}(2)} \\ \vdots \\ C_{N/2}(N/2) \cdot C_{N/2}(N/2) \\ C_{N/2}(N/2) \cdot \overline{C_{N/2}(N/2)} \end{bmatrix}$$

These variable length codes can be generated from a tree structure as shown in the figure below. Starting from $C_1(1) = 1$, a set of 2^n spreading codes with the length of 2^n chips are generated at the n th layer. The generated codes from the same layer constitute a set of Walsh functions and they are orthogonal, although the rows of C_N are not in the same order of H_N . Any two codes of different layers are also orthogonal except for the case that one of the two codes is a 'mother' code of the other. For example $C_2(2)$ is a mother code for $C_4(3)$, $C_4(4)$, $C_8(5)$, $C_8(6)$, $C_8(7)$, $C_8(8)$, ..., so these codes are not orthogonal against $C_2(2)$. A mother code is mapped on all the codes in the sub-tree produced by that code (they all start with that code). In other words, a code can be used in a channel if and only if no other code on the path from the specific code to the root of the tree or the sub-tree produced by the specific code is used in the same channel.

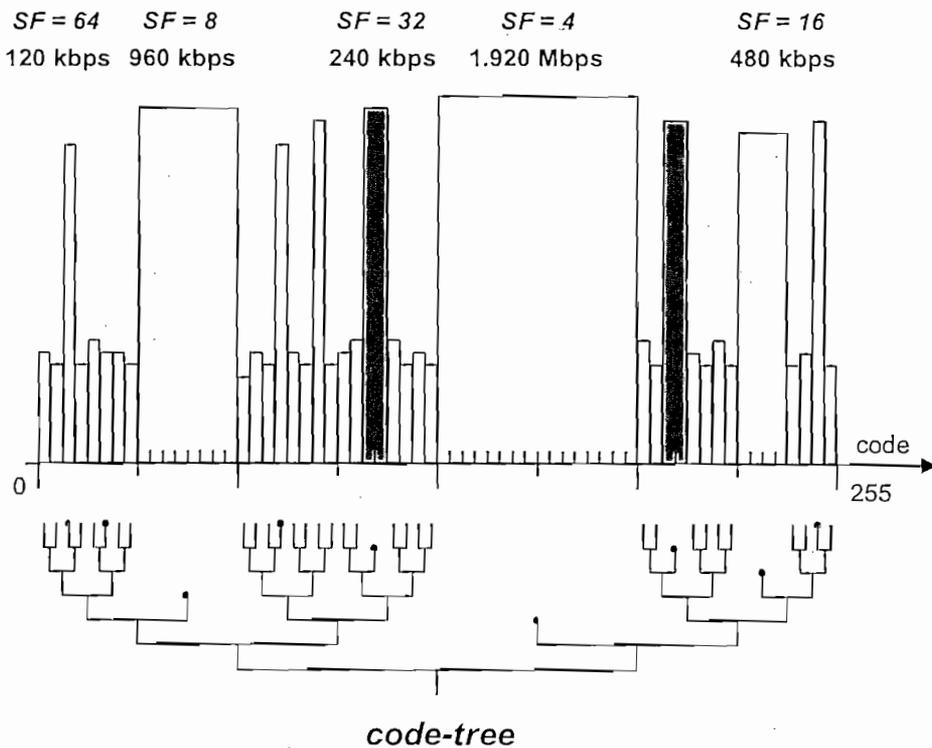
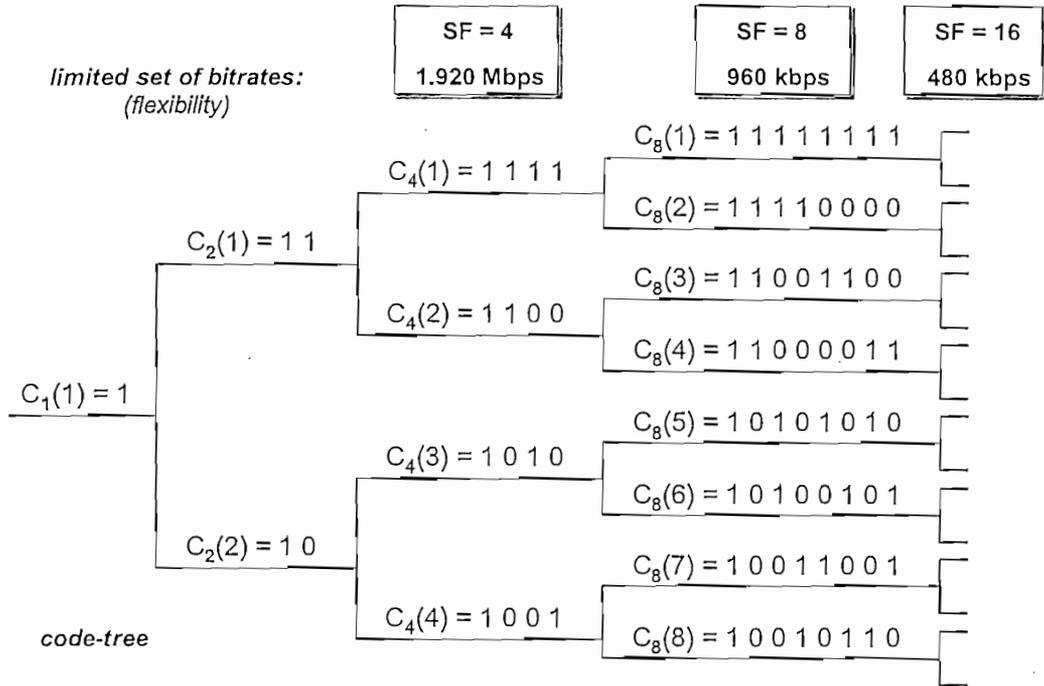
For example if $C_8(1)$ is assigned to a user, all the codes $\{C_{16}(1), C_{16}(2), C_{32}(1), \dots, C_{32}(4), \dots\}$ generated from this code cannot be assigned to other users requesting lower rates; in addition, mother codes $\{C_2(1), C_4(1)\}$ of $C_8(1)$ cannot be assigned to users requesting higher rates. The OVSF code $C_8(1)$ has a Spreading Factor (SF) of 8. With a given (fixed) symbol rate of 3.840 Msps, this results in a data rate:

$$2\text{bits/symbol(QPSK)} \times 3.840 \text{ Msps} / (\text{SF} = 8) = 960 \text{ kbps}$$

$C_8(1)$ is utilizing 12.5% of the available code space (channel capacity).

The OVSF code $C_4(2)$ gives a datarate of 2.048 Mbps and uses 25% of the channel capacity.

These restrictions are imposed in order to maintain orthogonality.



ANEXO E

**PRINCIPIOS DE MODULACIÓN
DIGITAL**

Principles of Digital Modulation

Dr Mike Fitton,

mike.fitton@toshiba-trel.com

Telecommunications Research Lab

Toshiba Research Europe Limited

Principles of Digital Modulation: Outline of Lectures

- Introduction to digital modulation
- Relevant Modulation Schemes (QPSK, GMSK, M-Ary Schemes)
- Coherent and Differential Reception
- The impact of the mobile channel on digital modulation
 - noise and interference
 - random FM (narrowband fading)
 - intersymbol interference (wideband fading)

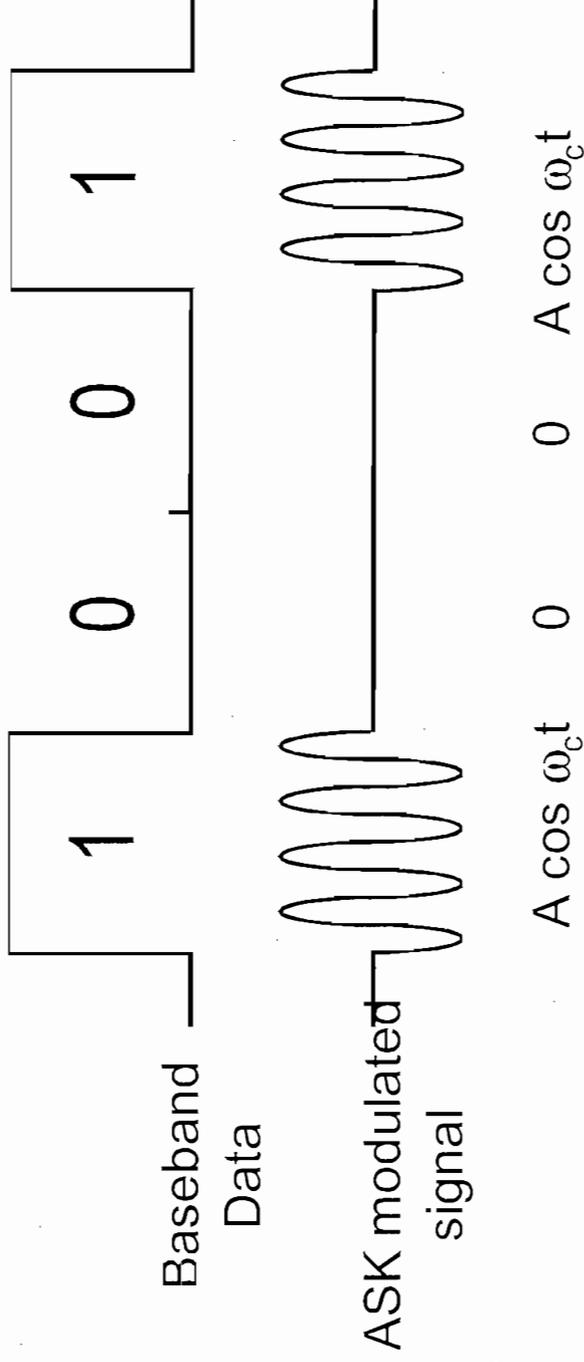
TOSHIBA-TREL

Digital Modulation Basics

Digital Modulation Basics

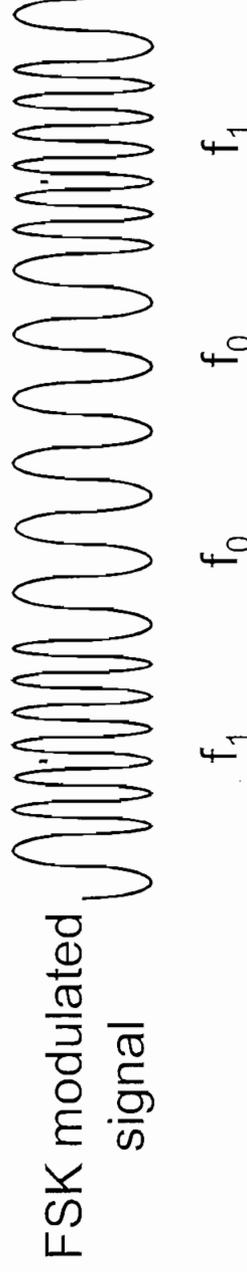
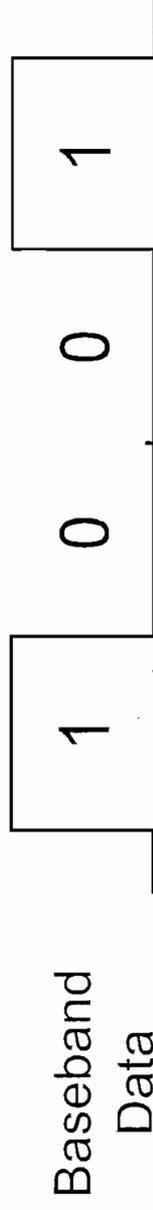
- The *bit rate* defines the rate at which information is passed.
- The *baud* (or *signalling*) *rate* defines the number of symbols per second. Each symbol represents n bits, and has M signal states, where $M = 2^n$. This is called *M-ary signalling*.
- The maximum rate of information transfer through a baseband channel is given by:
 - Capacity $f_b = 2 W \log_2 M$ bits per second
 - where W = bandwidth of modulating baseband signal

Amplitude Shift Keying (ASK)



- Pulse shaping can be employed to remove spectral spreading.
- ASK demonstrates poor performance, as it is heavily affected by noise and interference.

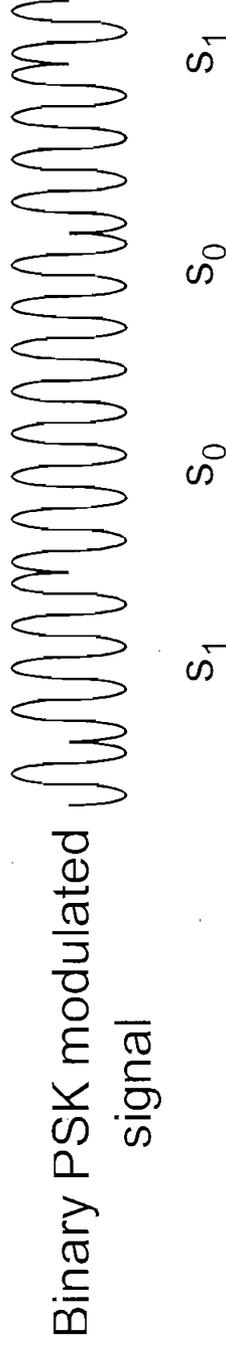
Frequency Shift Keying (FSK)



where $f_0 = A \cos(\omega_c - \Delta\omega)t$ and $f_1 = A \cos(\omega_c + \Delta\omega)t$

- Bandwidth occupancy of FSK is dependant on the spacing of the two symbols. A frequency spacing of 0.5 times the symbol period is typically used.
- FSK can be expanded to a M-ary scheme, employing multiple frequencies as different states.

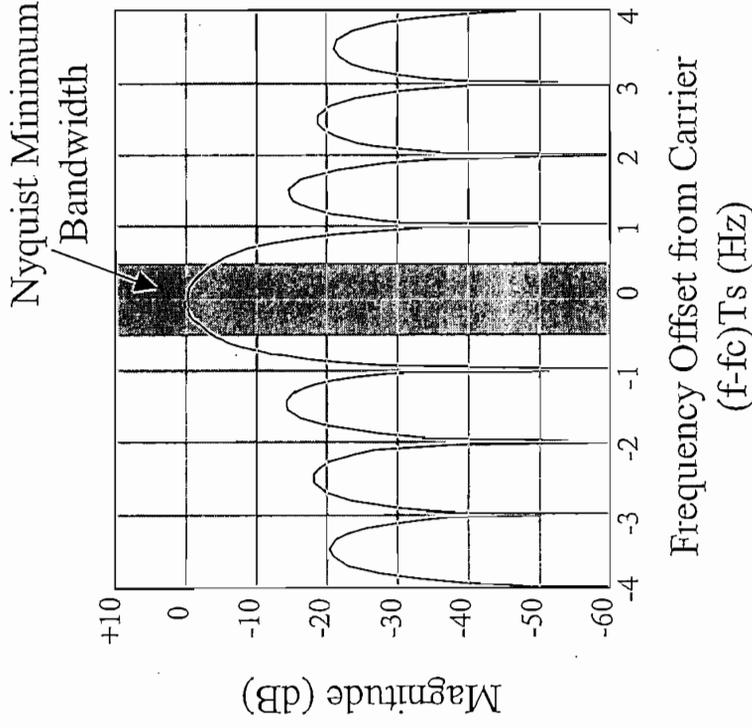
Phase Shift Keying (PSK)



where $s_0 = -A \cos \omega_c t$ and $s_1 = A \cos \omega_c t$

- Binary Phase Shift Keying (BPSK) demonstrates better performance than ASK and FSK.
- PSK can be expanded to a M-ary scheme, employing multiple phases and amplitudes as different states.
- Filtering can be employed to avoid spectral spreading.

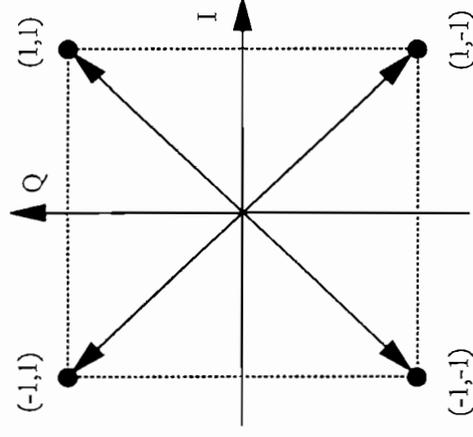
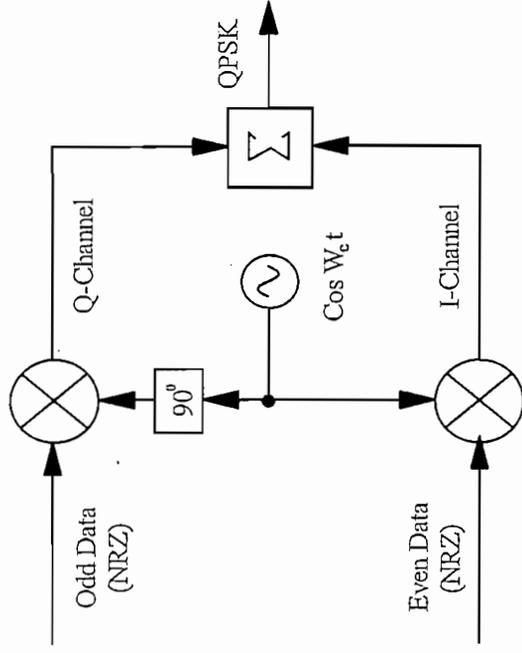
Nyquist & Root-Raised Cosine Filters



- The Nyquist bandwidth is the minimum bandwidth that can be used to represent a signal.
- It is important to limit the spectral occupancy of a signal, to improve bandwidth efficiency and remove adjacent channel interference.
- Root raised cosine filters allow an approximation to this minimum bandwidth.

Nyquist bandwidth on the QPSK spectrum

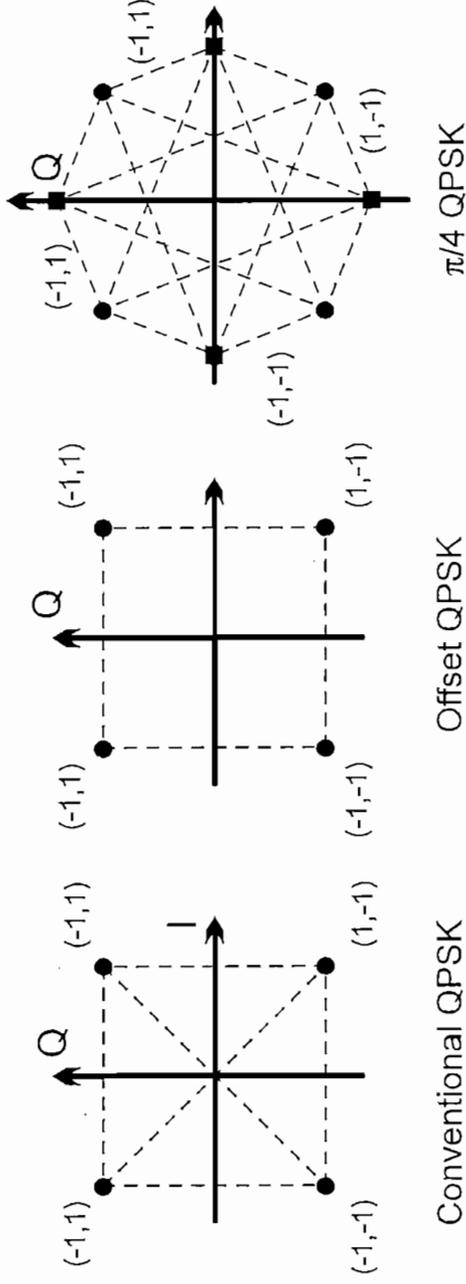
Modulation - QPSK



W_c = Carrier Frequency, I = In phase channel, Q = Quadrature channel

- Quadrature Phase Shift Keying is effectively two independent BPSK systems (I and Q), and therefore exhibits the same performance but twice the bandwidth efficiency.
- Quadrature Phase Shift Keying can be filtered using raised cosine filters to achieve excellent out of band suppression.
- Large envelope variations occur during phase transitions, thus requiring linear amplification.

Types of QPSK

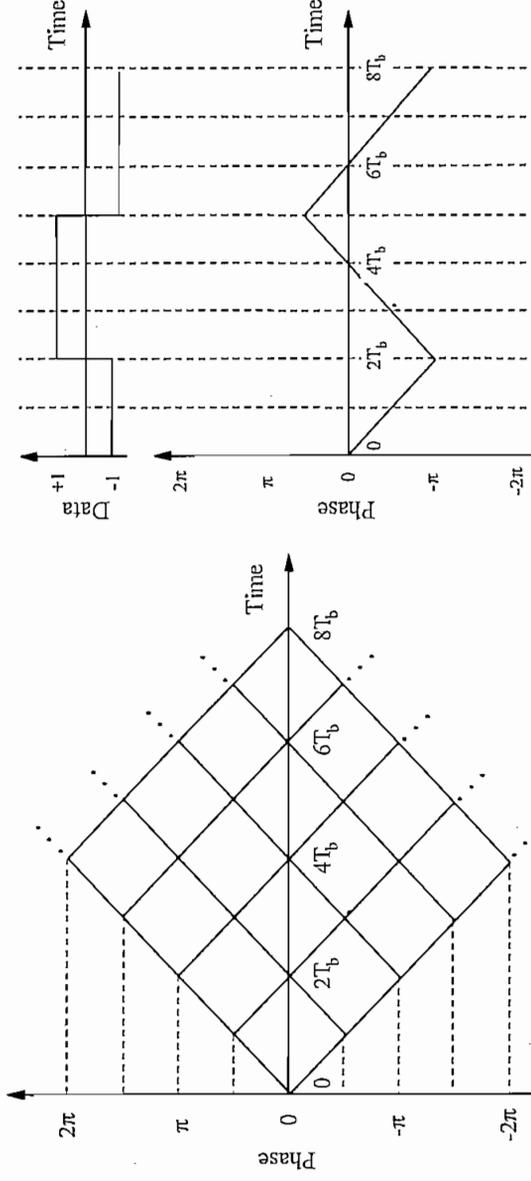


- Conventional QPSK has transitions through zero (ie. 180° phase transition). Highly linear amplifier required.
- In Offset QPSK, the transitions on the I and Q channels are staggered. Phase transitions are therefore limited to 90° .
- In $\pi/4$ -QPSK the set of constellation points are toggled each symbol, so transitions through zero cannot occur. This scheme produces the lowest envelope variations.
- All QPSK schemes require linear power amplifiers.

GMSK - Gaussian Minimum Shift Keying

- GMSK is a form of continuous-phase FSK, in which the phase is changed between symbols to provide a constant envelope. Consequently, it is a popular alternative to QPSK.
- The RF bandwidth is controlled by the Gaussian low-pass filter bandwidth.
- The degree of filtering is expressed by multiplying the filter 3dB bandwidth by the bit period of the transmission, ie. by BT.
- As BT is lowered the amount of *intersymbol-interference* introduced increases and this results in either a fixed power penalty or an irreducible error floor.
- GMSK allows efficient class C non-linear amplifiers to be used, however even with a low BT value its bandwidth efficiency is less than filtered QPSK.

Minimum Shift Keying (MSK)

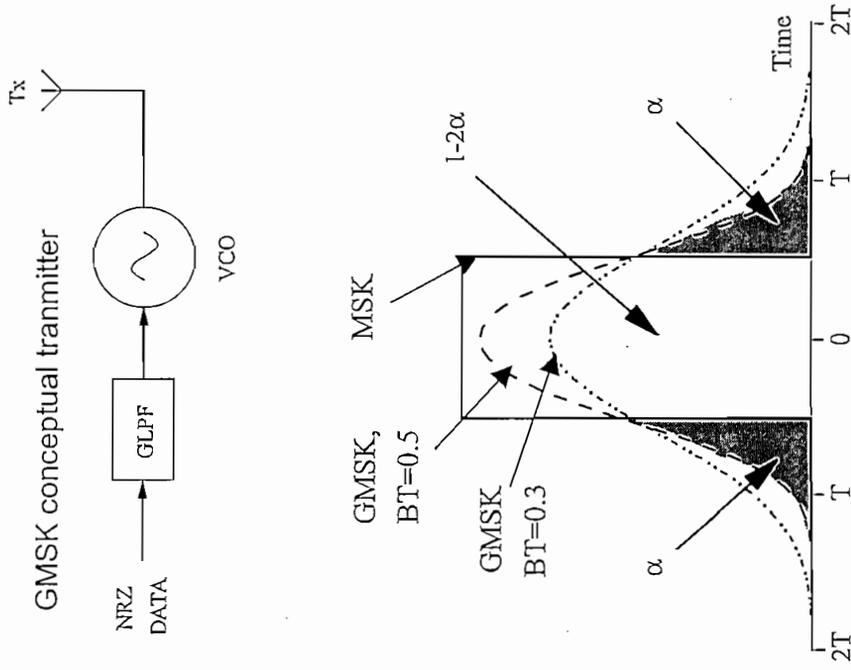


MSK possible phase transitions

MSK phase transitions for data:
(00111000...)

- In MSK phase ramps up through 90 degrees for a binary one, and down 90 degrees for a binary zero.
- For GMSK transmission, a Gaussian pre-modulation baseband filter is used to suppress the high frequency components in the data. The degree of out-of-band suppression is controlled by the BT product.

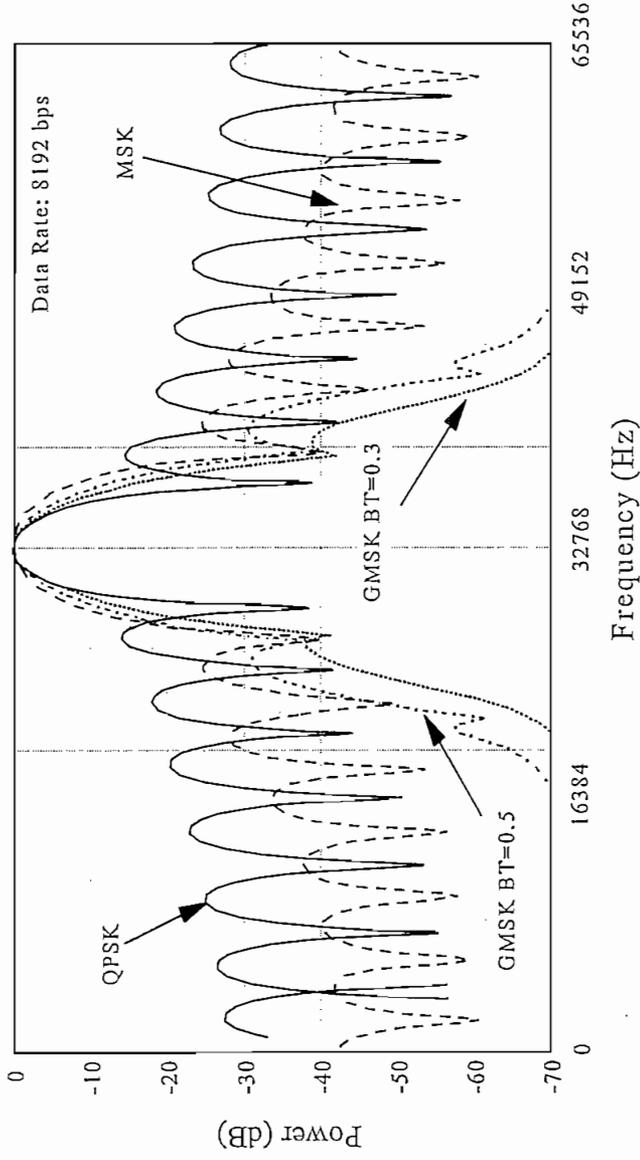
GMSK Signals



- In MSK, the BT is infinity and this allows the square bit transients to directly modulate the VCO.
- In GMSK, low values of BT create significant intersymbol interference (ISI). In the diagram, the portion of the symbol energy α acts as ISI for adjacent symbols.
- If BT is less than 0.3, some form of combating the ISI is required.

GMSK Pulse Shapes and ISI

GMSK Spectra

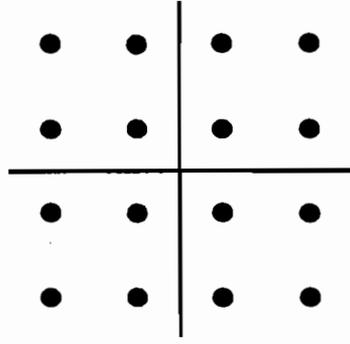


- GMSK has a main lobe 1.5 times that of QPSK.
- GMSK generally achieves a bandwidth efficiency less than 0.7 bits per second per Hz (QPSK can be as high as 1.6 bits per second per Hz).

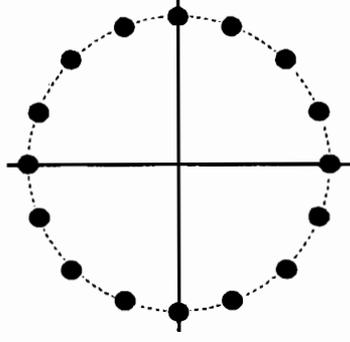
Multi-level (M-ary) Phase and Amplitude Modulation

- Amplitude and phase shift keying can be combined to transmit several bits per symbol (in this case $M=4$). These modulation schemes are often referred to as *linear*, as they require linear amplification.
- 16QAM has the largest distance between points, but requires very linear amplification. 16PSK has less stringent linearity requirements, but has less spacing between constellation points, and is therefore more affected by noise.
- M-ary schemes are more bandwidth efficient, but more susceptible to noise.

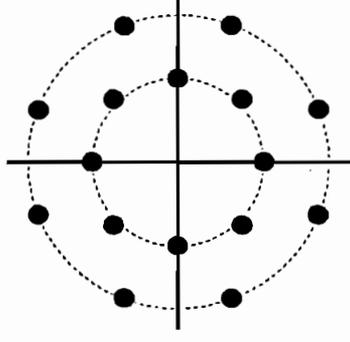
16 QAM



16 PSK



16 APSK



ANEXO F

ESQUEMA DE LA ENCUESTA

REALIZADA

Empresa:.....

Nombre :.....

1. A cuál de las empresas que brindan servicios celulares usted está suscrito?

- BellSouth
- Porta

2. Considera usted que el servicio es bueno?

- Si
- No

3. Si su respuesta fue no, cuál de los siguientes problemas se le ha presentado con mayor frecuencia?

- Tiene dificultades para establecer una llamada
- Ruido en la conversación
- La llamada se corta

4. Cuales de los siguientes servicios le interesaría tener en su celular?

- Internet móvil (mayores velocidades)
- Transacciones Bancarias
- Video conferencia
- Transferencia de archivos (mp3, imágenes, documentos, etc)
- Compras en línea
- Roaming Internacional

5. Por los servicios anteriormente descritos, usted estaría dispuesto a pagar tarifas a las actuales?

- Menores
- Iguales
- Mayores

6. La entrada del tercer operador permitirá:

- Disminuir las tarifas
- Mejorar el servicio

7.Cuál piensa usted que es la razón por la que las tarifas celulares no bajan?

- No hay competencia en el mercado
- No hay organismos de control eficientes
- Las tarifas son justas.....

ANEXO G

REGLAMENTO PARA EL SERVICIO DE

TELEFONÍA MÓVIL CELULAR

Y

REGLAMENTO PARA LA PRESTACIÓN

DEL SERVICIO MÓVIL AVANZADO

Reglamento para Servicio de Telefonía Móvil Celular

Resolución No.421-27-CONATEL-98, 31-JULIO-98

Registro Oficial No.10, 24-AGOSTO -1998

EL CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

CONATEL

CONSIDERANDO:

Que es necesario expedir un Reglamento para el Servicio de Telefonía Móvil Celular, acorde con la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones, publicada en el Registro Oficial N°770 de agosto 30 de 1995;

Que, en el Artículo 57 de la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones, establece que la operación del servicio móvil automático se prestará mediante Operadores en las condiciones que el Contrato de Concesión, la Ley y los Reglamentos establezcan, con los servicios finales que permita su red;

Que el artículo 41 en sus literales b), c) y d) del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, le facultan al CONATEL establecer los Reglamentos y dictar las normas que regulen los servicios de telecomunicaciones; y,

En uso de las atribuciones que le confieren el Artículo 10, artículo innumerado tercero, literal j) de la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones;

RESUELVE:

Expedir el " REGLAMENTO PARA EL SERVICIO DE TELEFONIA MOVIL CELULAR "

CAPITULO I

GENERALIDADES

ARTÍCULO 1.- Objetivo.- El presente Reglamento tiene por objeto regular, normar supervisar y permitir la explotación de los Servicios de Telefonía Móvil Celular (STMC) a través de Redes Públicas de Telefonía Móvil (RPTM).

ARTÍCULO 2.- Régimen Legal.- La prestación del servicio de telefonía móvil celular se regirá por la Ley Especial de Telecomunicaciones, por la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones, por el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, por este Reglamento, por el Reglamento de Tarifas por el Uso de Frecuencias, por el Reglamento de Interconexión y Conexión entre Redes y Sistemas de Telecomunicaciones por las Normas y Regulaciones Expedidas por el CONATEL. Lo no previsto en estos instrumentos se regirá por las disposiciones del derecho común.

ARTÍCULO 3.- Términos y definiciones.- Los términos y definiciones para la aplicación de este reglamento son los que constan en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada y al presente Reglamento; lo no definido en dichos instrumentos se sujetará a la interpretación que consta en el Convenio de la UIT y sus regulaciones.

CAPITULO II

DE LAS CONCESIONES

ARTÍCULO 4.- La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SNT), luego de la autorización del Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) suscribirá contratos de concesión para la explotación de STMC con cualquier persona natural o jurídica, que cumpla con las condiciones señaladas por el CONATEL en las bases del concurso público que se convoque para otorgar dicha concesión.

ARTÍCULO 5.- La concesión tiene por objeto que el operador seleccionado proporcione el servicio de telefonía móvil automática que permita la red de telefonía móvil celular autorizada en el contrato de concesión siempre que no se oponga a la Ley Especial de Telecomunicaciones vigente. La prestación de servicio de telefonía móvil internacional está sujeta al cumplimiento de los principios del "servicio universal" y al cumplimiento de los techos tarifarios aprobados por el CONATEL

ARTÍCULO 6.- Derecho de concesión.- Es la compensación por la concesión de STMC que el operador pagará al Estado a través de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, conforme a lo establecido en los respectivos contratos de concesión.

CAPÍTULO III

DE LOS CONTRATOS DE CONCESIÓN

ARTÍCULO 7.- Duración de los contratos de concesión.- Los contratos de concesión para la explotación del servicio de telefonía móvil celular tendrán una duración de quince años, renovables de mutuo acuerdo.

ARTÍCULO 8.- Renovación.- El CONATEL iniciará el proceso de renovación de la concesión 24 meses antes de la terminación del contrato, el operador tendrá un plazo de treinta días para hacer llegar al CONATEL sus comentarios. A partir de ese día el operador y la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones tendrán sesenta días adicionales para acordar el contrato definitivo.

En el caso de que las partes no lleguen a un acuerdo, el Operador podrá recurrir al CONATEL, cuyo dictamen será obligatorio.

ARTÍCULO 9.- La Operadora y la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones seguirán el procedimiento aprobado por el CONATEL y acordarán los términos y condiciones de la renovación del contrato de concesión; una vez acordado el contrato, la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones lo someterá, individualmente, a la aprobación del CONATEL.

ARTÍCULO 10.- Reversión.- Extinguido el contrato por cualquiera de las causas contempladas en la Ley y/o en el presente Reglamento, y en caso de que no se hubiera renovado el plazo señalado en este reglamento, se seguirá el siguiente procedimiento:

Terminado el contrato la Operadora no podrá continuar prestando servicios.

Automáticamente se revierte al Estado únicamente el derecho de explotar el servicio de telefonía móvil celular y las frecuencias autorizadas.

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones convocará a un concurso público, para la selección de un nuevo operador, aprobado por el CONATEL, en el cual no podrá participar la Operadora, cuyo contrato ha sido revertido.

ARTÍCULO 11.- Modificaciones de los contratos.- De surgir causas imprevistas, cambios en el marco regulatorio de las telecomunicaciones, las partes adecuarán los contratos a la nueva norma jurídica, en el plazo establecido por el CONATEL, previo el acuerdo entre las partes y siguiendo el procedimiento establecido en la Ley.

ARTÍCULO 12.- El área geográfica de cobertura del servicio será todo el territorio nacional; la Operadora presentará a la SNT un plan de expansión para lograr dicha cobertura. Dicho plan de expansión será preparado de acuerdo a los lineamientos que para el efecto establezca el CONATEL. En el caso de que el Plan no sea aprobado, el CONATEL se reserva el derecho de conceder las áreas geográficas no concesionadas, a otras operadoras. A partir de la aprobación de dicho plan cualquier expansión no tendrá nuevos derechos de concesión. La Operadora tiene la obligación de cumplir con el plan de expansión y de informar de los avances a la Superintendencia de Telecomunicaciones y a la SNT.

ARTÍCULO 13.- Otros servicios.- Un prestador de servicios finales de telefonía móvil celular podrá proveer cualquier otro servicio de telecomunicaciones que no se encuentre dentro del régimen de exclusividad temporal regulada; una vez que haya obtenido de manera separada las correspondientes concesiones o permisos, en caso que se aprobare su solicitud, los otros servicios podrán ser ofrecidos directamente o a través de empresas subsidiarias, empresas vinculadas o en asociación con otros operadores; en todo caso deberá tener un sistema de contabilidad de costos independiente para cada servicio a fin de asegurar el desarrollo competitivo del mercado. El uso de la red de Telefonía Móvil Celular requerirá autorización de la SNT para prestación de otro servicio de telecomunicaciones.

De ninguna manera podrán utilizar el mecanismo de subsidios cruzados entre los servicios concesionados.

El alcance y cobertura geográfica de los servicios serán los que se acuerden en el contrato de concesión o en el permiso.

ARTÍCULO 14.- El alcance de la concesión del servicio de telefonía móvil celular incluye los servicios suplementarios que se soporten sobre sus propias redes tales como marcación abreviada, conferencias multiparte, teléfono rojo, llamada en espera, etc. bastando para ello la notificación a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones con el detalle de los servicios que van a ofrecer e incluir en los informes que presente a la Superintendencia de Telecomunicaciones.

ARTÍCULO 15.- Los servicios de valor agregado que puedan ser prestados por el concesionario requerirán de un permiso en los términos señalados en el Reglamento de Servicio de Valor Agregado.

ARTÍCULO 16.- Las operadoras celulares tienen derecho a publicar una guía telefónica de sus abonados sea en forma directa o a través de un concesionario que pueda explotar el sistema de páginas amarillas.

El CONATEL se reserva el derecho de contratar una administración de bases de datos independiente para favorecer la libre competencia de servicios de larga distancia.

ARTÍCULO 17.- Transacción.- Las partes, de común acuerdo, podrán celebrar convenios transaccionales para precaver o solucionar litigios de carácter técnico o recurrir al arbitraje en los términos de la ley de arbitraje y mediación.

ARTÍCULO 18.- Planos de instalación.- La Operadora someterá, para su registro y aprobación, a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones los planos de instalación de las estaciones de telefonía celular, con por lo menos quince (15) días de anticipación al inicio de la obra; una copia de los mismos será enviada a la Superintendencia de Telecomunicaciones para el respectivo control.

ARTÍCULO 19.- Terminación de los contratos.- Los contratos de concesión pueden legalmente terminar por las siguientes causas:

Por terminación del plazo de concesión sin que se haya renovado el contrato;

Por mutuo acuerdo de las partes, siempre que no se afecte a terceros;

Por sentencia ejecutoriada que declare la nulidad del contrato;

Por sentencia ejecutoriada que declare la resolución o terminación del contrato, a pedido del concesionario;

Por laudo arbitral;

Por disolución legal de la persona jurídica de la Operadora, exceptuando los casos de fusión autorizadas por el CONATEL;

Por reincidencia grave o culposa en el incumplimiento de las disposiciones legales y contractuales por parte de la Operadora, dictaminado por el CONATEL;

Caducidad por incumplimiento de las obligaciones en la prestación de los servicios, dictaminado por el CONATEL.

ARTÍCULO 20.- Controversias.- En las controversias derivadas de los contratos de concesión celebrados con la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, las partes procurarán solucionarlas en la fase administrativa, en forma amigable y transaccional, de acuerdo a las normas de este Reglamento; y, en la fase jurisdiccional se someterán a los jueces competentes de la ciudad de Quito. Si las partes así lo acuerdan, podrán recurrir al arbitraje en los términos de la ley de arbitraje y mediación; en este caso el fallo de los árbitros causará ejecutoria.

CAPÍTULO IV

DE LAS AUTORIZACIONES DEL USO DE FRECUENCIAS

ARTÍCULO 21.- Corresponde a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones la gestión y administración de todo el espectro radioeléctrico que demanden las RPTM para su operación. Todos los aspectos relativos al uso del espectro radioeléctrico por parte de cualquier concesionario se registrarán por el Reglamento de Radiocomunicaciones.

ARTÍCULO 22.- Derechos de autorización.- Las tarifas por la autorización para el uso de frecuencias necesarias para la explotación de los servicios STMC serán pagadas a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, de acuerdo a la Reglamentación que dicte el CONATEL.

ARTÍCULO 23.- Procedimiento para la autorización de uso de frecuencias.- La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, previa aprobación del CONATEL y de conformidad con el Reglamento de Radiocomunicaciones y el Reglamento de Tarifas por el Uso de Frecuencias otorgará la autorización de uso de las frecuencias integrada a la concesión para la prestación del servicio de telefonía móvil celular, para lo cual la Operadora deberá adjuntar la siguiente documentación:

Ubicación de las centrales de conmutación del servicio de telefonía móvil celular y de las estaciones bases del sistema de telefonía móvil celular,

Número de frecuencias requeridas para cada estación base del sistema de telefonía móvil celular, conforme al tráfico esperado,

Plan de uso de frecuencias radioeléctricas,

Cálculos de áreas de cobertura de las estaciones bases del sistema de telefonía móvil celular; los mapas serán el resultado de la predicción computarizada de coberturas, actualizados con mediciones de campo,

Características técnicas de las centrales de conmutación del servicio de telefonía móvil celular en las que describa la capacidad del sistema para la conexión a la red pública de telefonía fija y el sistema de control utilizado para manejar las estaciones terminales,

Características técnicas de las estaciones del sistema de telefonía móvil celular,

Características de los enlaces físicos y radioeléctricos necesarios para la interconexión del sistema; y,

Número de estaciones del sistema de telefonía móvil celular que integran la red.

Estos requisitos deberán ser observados tanto para la operación inicial del sistema como para cada expansión.

Para la utilización de las frecuencias de las celdas la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones está autorizada por el CONATEL para aprobar de oficio dichas solicitudes en el término de cuarenta y cinco (45) días de la presentación de toda la documentación requerida, las que serán incorporadas como parte del contrato. En caso de no haber respuesta en dicho plazo se dará por autorizada.

ARTÍCULO 24.- Vigencia de las autorizaciones del uso de frecuencias.- Los contratos de autorizaciones de uso de frecuencias esenciales para el sistema de telefonía móvil celular, terminarán en la misma fecha que el contrato de concesión para la prestación del STMC.

CAPITULO V

DE LAS NORMAS TÉCNICAS Y OPERATIVAS

ARTÍCULO 25.- Alcance de las Normas Técnicas.- Las normas técnicas y operativas y demás parámetros específicos del STMC constan en el Anexo No. 2 a este Reglamento, y todos los estándares y plataformas que apruebe el CONATEL a solicitud de una operadora.

ARTÍCULO 26.- Planes de numeración del sistema celular.- Se usan los siguientes planes de numeración:

Número de abonado

Acceso al servicio 0

Área de servicio 9

Operador Banda A 4-5

Operador Banda B 7-8

Abonado XXXXX (5 Dig.)

Identificación del terminal de abonado (MIN)

Indicativo país 740

Indicativo Banda A 94 - 95

Indicativo Banda B 97 - 98

Estación en abonado XXXXX(5 Dig.)

Identificación al sistema (SID)

Según la norma EIA-553, el SID para el Ecuador es cualquier número entre 31296 y 31327, la Operadora notificará a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones el número que usará.

ARTÍCULO 27.- Carácter obligatorio de las Normas y de los Parámetros.- La aplicación y cumplimiento de las normas técnicas y operativas y de los parámetros específicos del STMC tienen el carácter de obligatorio, y su incumplimiento será sancionado conforme a las disposiciones reglamentarias.

ARTÍCULO 28.- Parámetros mínimos de calidad del servicio.- La Operadora presentará a la Superintendencia de Telecomunicaciones informes trimestrales sobre los siguientes parámetros mínimos de calidad de servicio:

Reutilización de frecuencias con un diseño de cobertura basado en una relación portadora a interferencia mayor o igual que 17dB, para sistemas digitales y mayor o igual a 24dB para sistemas analógicos.

Grado de servicio del canal de acceso $\leq 1\%$ (menor o igual que uno por ciento)

Grado de servicio del canal de voz $\leq 2\%$ (menor o igual que dos por ciento), según la Tabla de Erlang B, en la hora cargada de cada estación del sistema.

Grado de servicio de las troncales hacia la red telefónica pública $\leq 1\%$ (menor o igual que uno por ciento).

Bloqueo de llamadas transferidas (Hand-Off) $\leq 2\%$ (menor o igual que dos por ciento).

Caída de llamadas: Si durante la hora cargada se establecen Q llamadas en una hora y n llamadas se caen, con lo cual Q-n se mantienen, entonces el porcentaje de caída de llamadas es $n \times 100/Q$. Se establece un valor no mayor que 2% para estaciones con celda o celdas adyacentes en todo su perímetro, no mayor que 5% para estaciones con celda o celdas

adyacentes, pero que éstas no cubran el perímetro total de la estación, y no mayor que 7% para estaciones sin celdas adyacentes.

Llamadas completadas: La tasa de completación de las llamadas, será superior al 60% hacia abonados fijos y superior al 80% hacia abonados celulares.

ARTÍCULO 29.- Información al cliente.- La Operadora del STMC debe proporcionar a sus clientes de manera impresa, documentos que contengan lo siguiente:

Contrato de servicio

Uso adecuado del terminal de abonado

Mapas de cobertura

Formato de factura

Manejo de características especiales, como son las instrucciones para los servicios de información y servicios especiales.

ARTÍCULO 30.- Activación de terminales.- La Operadora debe asegurarse que los terminales de abonado cumplan con las siguientes características, como requisitos mínimos:

Cualquier intento de cambiar fraudulentamente el Número Serial Electrónico (ESN) del terminal de abonado, deberá provocar la inhabilitación de dicho terminal. Es obligación de la Operadora del STMC activar en su sistema sólo los terminales que cumplan con este requerimiento.

La Operadora del STMC deberá estar programada conforme a la norma EIA 553.

Deberá activarse el servicio como máximo dentro de las 12 horas hábiles de haber contratado el servicio.

Todos los equipos terminales deberán estar debidamente homologados en forma previa a su activación.

ARTÍCULO 31.- Reclamos y soluciones de problemas.- La Operadora llevará un registro numerado, el número será entregado al reclamante, de los reclamos escritos o verbales de sus abonados el que contendrá los siguientes datos:

Nombre del abonado

Dirección y número telefónico

Lugar en que se encontraba el abonado

Fecha y hora del reclamo

Motivo del reclamo

Número de veces que el abonado ha reclamado en el último año

La Operadora llevará una estadística de los siguientes reclamos:

Demora para obtener el servicio

Demora para reparación del servicio una vez obtenido

Problemas que requieren de mejoras en cobertura

Demora para obtener respuesta de la red después de presionar SEND

Llamadas caídas

Tono de congestión

Conversación en un sentido

Diafonía e interferencia

Inteligibilidad

Facturación errónea

El índice de reclamos por cada cien (100) abonados deberá ser menor o igual que uno (1) al mes. El número de problemas derivados de las quejas, solucionados en la semana siguiente deberá ser mayor o igual que el 80% de los reclamos.

Los informes respectivos se presentarán trimestralmente a la Superintendencia.

ARTÍCULO 32.- Encuesta de calidad del servicio.- La Operadora contratará una empresa encuestadora la que será seleccionada entre firmas encuestadoras profesionales inscritas en la Superintendencia de Telecomunicaciones. La encuestadora evaluará semestralmente la opinión del usuario con relación a:

Calidad del servicio, incluyendo calidad de voz

Atención al cliente

Sistema de facturación

Sistema de venta

Número de reclamos y reparación

Relación Operadora - usuario

Otros parámetros que requiera la Operadora

El formulario de preguntas será aprobado por la Superintendencia de Telecomunicaciones cada semestre, previo a la realización de la encuesta.

La encuestadora remitirá los resultados directamente a la Operadora y a la Superintendencia de Telecomunicaciones quien informará al CONATEL.

ARTÍCULO 33.- Servicios especiales.- Las operadoras pueden prestar a los usuarios que lo soliciten algunos servicios especiales como por ejemplo:

Transferencia de llamadas

Llamada en espera

Conferencia tripartita

Mensaje de voz electrónico

Facturación detallada

Servicios del sistema digital como identificación del número que llama, envío de mensajes cortos, etc.

La facturación de estos servicios deberá llevarse a cabo de acuerdo a las tarifas aprobadas por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

ARTÍCULO 34.- Llamada completada.- Para efecto de la facturación se considera llamada completada únicamente las que contesta el número llamado. No se facturará LLAMADAS COMPLETADAS las que terminen en dispositivos interceptores propios de la red celular o fija. Los dispositivos interceptores podrán dar origen a servicios suplementarios.

CAPÍTULO VI

DE LA OPERACIÓN

ARTÍCULO 35.- Responsabilidad de la Operadora.- Frente a sus abonados la Operadora será la única responsable por la prestación del servicio. La Superintendencia de Telecomunicaciones velará por el cumplimiento de los términos y condiciones establecidos en el contrato de servicios que la Operadora suscriba con sus abonados; inclusive procederá a sancionar conforme lo establece el presente Reglamento. La Operadora no podrá obligar al abonado a suscribir otros contratos o adendas al contrato tipo aprobado. A menos que tales contratos o adendas hayan sido aprobados por el CONATEL.

ARTÍCULO 36.- Interconexión de redes.- La Operadora podrá suscribir con otras operadoras de servicios públicos, de servicios al público y de servicios de valor agregado, convenios de

interconexión de acuerdo al Reglamento de Interconexión y Conexión de Redes y dentro de los límites establecidos por la Ley y los reglamentos.

ARTÍCULO 37.- Interferencias.- La Operadora será la única responsable por las interferencias radioeléctricas que las estaciones de su sistema puedan causar a otros sistemas de radiocomunicaciones, previamente autorizados, o por daños que puedan causar sus instalaciones a terceros, y estará obligada a solucionar a su costo y a reconocer daños y perjuicios.

En caso de que las frecuencias asignadas a la Operadora de STMC sufrieren interferencias por terceros, la Superintendencia de Telecomunicaciones procederá, en el término de diez (10) días, a determinar la interferencia. El causante de la interferencia se someterá a lo establecido en el Reglamento de Radiocomunicaciones

CAPÍTULO VII

DE LAS OBLIGACIONES DE LA OPERADORA

ARTÍCULO 38.- Obligaciones.- La Operadora del servicio de telefonía móvil celular está obligada a:

Establecer, instalar, operar, comercializar y mantener el servicio de telefonía móvil celular, conforme a lo establecido en el contrato de concesión y en las normas técnicas y operativas respectivas.

Operar el sistema de telefonía móvil celular en las frecuencias que la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones le autorice para tal efecto.

Prestar el servicio en toda la zona de cobertura autorizada

Instalar y mantener en operación terminales públicos de telefonía móvil celular en el área de servicio autorizada, en un porcentaje no inferior al 0.5% del número total de terminales de abonados instalados, de conformidad con el plan acordado con la SNT el que incluirá un 70 % en áreas rurales y marginales.

Solucionar los problemas de interferencias radioeléctricas o daños a terceros que cause su sistema, de acuerdo a lo estipulado en este reglamento.

En situaciones de emergencia, vinculadas a la seguridad y defensa del Estado, los operadores deberán otorgar prioridad a la transmisión de voz, vídeo y datos de los medios de comunicaciones de los sistemas de defensa nacional. La operadora mantendrá un programa de acción para atender tales emergencias, el cual será coordinado y actualizado periódicamente con los organismos superiores de Seguridad Nacional. Así mismo, el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, en situación de emergencia, declarada por el Presidente de la República, podrá tomar el control o supervisar directamente la operación de cualquier red pública de telefonía celular de la manera más conveniente a los intereses nacionales.

Establecer los mecanismos para que sus abonados puedan comunicarse con abonados de otros sistemas de telefonía móvil de otras operadoras legalmente autorizadas y con la red fija de ANDINATEL, PACIFICTEL y ETAPA, a través de la interconexión de sus redes.

Esta obligación incluye la reventa de servicios de su red únicamente a las operadoras legalmente autorizadas para prestar tales servicios.

Establecer y mantener un sistema de medición y control de la calidad del servicio, cuyos registros deberán ser confiables y de fácil verificación. Estos sistemas y registros estarán a disposición de la Superintendencia de Telecomunicaciones para el control correspondiente.

Mantener en buen estado de funcionamiento los aparatos de medición para permitir la supervisión del sistema, por parte de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

Prestar todas las facilidades a la Superintendencia de Telecomunicaciones para que inspeccione y realice las pruebas necesarias para evaluar la precisión y confiabilidad del sistema.

Las operadoras celulares están obligadas a proporcionar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y a la Superintendencia de Telecomunicaciones, toda la información que se encuentra especificada en el presente reglamento y en el contrato de concesión.

Prestar el servicio a todas las personas que lo soliciten, con la excepción que determina la Ley, dentro del área de servicio autorizada, en condiciones equitativas, sin establecer discriminaciones.

Las solicitudes de servicio deberán satisfacerse en orden cronológico de presentación, excepto en situaciones de emergencia. A los usuarios potenciales se les informará del área en la cual puedan esperar un servicio confiable. La Operadora del STMC mantendrá registros de los nombres de las personas cuyas solicitudes de servicio que no han sido satisfechas debido a la falta de capacidad del STMC

Establecer los mecanismos necesarios para suministrar el servicio a los abonados visitantes sobre la base de los convenios que para el efecto celebren las operadoras, previa notificación a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, los cuales deberán ser enviados en forma trimestral a la Superintendencia de Telecomunicaciones para el control respectivo.

Ofrecer el servicio de telefonía móvil celular a sus abonados durante las veinticuatro horas del día, sin interrupciones, aún en los casos de mantenimiento del sistema. Se excluyen los casos en que, previa la autorización de la Superintendencia de Telecomunicaciones, sea indispensable la interrupción del servicio. En caso de que la interrupción sea imprevista, la Operadora deberá notificar en un plazo no mayor a 48 horas a la Superintendencia de Telecomunicaciones para que una vez evaluadas las causas de la interrupción del servicio se puedan tomar los correctivos que sean necesarios. En todo caso los abonados tienen derecho a recibir aviso, con antelación, cuando el operador deba suspender temporalmente el servicio por razones técnicas. La Operadora mantendrá un registro de las fallas ocurridas, el cual deberá ser remitido a la Superintendencia de Telecomunicaciones.

Celebrar un contrato de prestación del servicio con cada uno de sus abonados, en el que se establezca los términos y condiciones de prestación del servicio. Dicho contrato no podrá ser contrario a las disposiciones de la Ley, el presente Reglamento, de la concesión, y su contenido básico será aprobado por el CONATEL. El contrato aprobado será considerado contrato tipo.

Presentar y mantener las garantías que se establezcan en los contratos de concesión.

Activar o habilitar únicamente equipos terminales para usuarios legalmente homologados.

Establecer un sistema eficiente de recepción de reclamos y reparación de daños en su sistema, incluyendo los equipos terminales. Todos los reclamos relacionados con el objeto del contrato de concesión deberán ser registrados y solucionados. Dichos registros deberán estar a disposición de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

Cumplir las demás obligaciones contempladas en la Ley Especial de Telecomunicaciones y Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones.

Facturar los servicios en forma simple y comprensible; la factura debe contener como mínimo las tarifas de los servicios básicos y especiales y el detalle de las llamadas realizadas.

CAPÍTULO VIII

DE LAS OBLIGACIONES DEL ESTADO

FRENTE A LA OPERADORA

ARTÍCULO 39.- El CONATEL, la SNT y la Superintendencia de Telecomunicaciones, velarán por respetar las normas de este Reglamento y por los derechos de las operadoras en lo

atinente a las Reglas de Interconexión, a la disponibilidad de frecuencias asignadas, a la vigilancia de competencias desleales y a las normas de tratamiento igualitario con otro operador.

ARTICULO 40.- El Estado a través de la Superintendencia de Telecomunicaciones y las instituciones que precautelan el orden público cooperarán para evitar y sancionar a quienes incurran en acciones fraudulentas como suplantación de personas y fraude electrónico.

CAPÍTULO IX

INFRACCIONES Y SANCIONES

ARTICULO 41.- Son infracciones a la prestación del STMC cualquier acción u omisión que conduzca a un deterioro de la calidad del servicio prestado; o que no permita la interconexión con otras redes de telecomunicaciones legalmente autorizadas; o no acatar las disposiciones legales y reglamentarias vigentes, o las que sobre la materia dicte el CONATEL

ARTICULO 42.- Infracciones.- De conformidad a lo estipulado en el Artículo 28 de la Ley Especial de Telecomunicaciones, constituyen infracciones a la Ley en la prestación del STMC las siguientes:

1.- Infracciones de primera clase:

No proporcionar información requerida al cliente en los términos establecidos en Reglamento.

No llevar los registros y estadísticas del control de calidad.

Suspender el servicio en una o más celdas del sistema sin causa justificada por un período mayor a dos días.

No prestar los servicios en los términos y condiciones, establecidos en el contrato de servicio con los abonados.

No implementar un sistema eficiente de recepción y reparación de daños.

2.- Infracciones de segunda clase:

No proveer a los usuarios, que lo soliciten, cualquiera de los servicios autorizados.

No cumplir con las especificaciones técnicas establecidas en el contrato de concesión o en el presente Reglamento.

No acatar las disposiciones legales y reglamentarias vigentes, o las que dicte el CONATEL.

Cobrar tarifas sobre las máximas permitidas, o tarifas no autorizadas.

Conectar equipos terminales no homologados

Violación al derecho al secreto de las telecomunicaciones.

No otorgar facilidades para que la Superintendencia de Telecomunicaciones revise e inspeccione las instalaciones de la operadora.

La conducta culposa o negligente que ocasione daños, interferencias o perturbaciones en cualquier red de telecomunicaciones debidamente autorizada.

Incumplir reiteradamente con requerimientos y con la presentación de información que debe proporcionar a la SNT o a la Superintendencia de Telecomunicaciones en los términos especificados en el presente Reglamento y en el contrato de concesión.

3.- Infracciones de tercera clase:

Utilizar frecuencias radioeléctricas no autorizadas.

Utilizar la concesión en una forma distinta a la permitida.

La conexión de otras redes de telecomunicaciones al servicio de telefonía móvil celular sin previa autorización del CONATEL.

La producción deliberada de interferencias definidas como perjudiciales en el Convenio Internacional de Telecomunicaciones.

Prestar el servicio de telefonía móvil celular en áreas no autorizadas a su concesión.

ARTICULO 43.- Sanciones.- La operadora de STMC que incurra en cualquiera de las infracciones señaladas en el artículo anterior, sin perjuicio de la reparación de los daños ocasionados, será juzgada y sancionada por la Superintendencia de Telecomunicaciones con una de las siguientes sanciones:

Amonestación escrita y otorgamiento de un plazo razonable para reparación o corrección de la causa de la infracción;

Sanción pecuniaria de uno hasta cincuenta salarios mínimos vitales generales, y otorgamiento de un plazo razonable para corregir la causa de la infracción;

Suspensión temporal de los servicios, y la sanción económica, que le imponga la Superintendencia de Telecomunicaciones;

Suspensión definitiva de la concesión para operar el STMC; y,

Cancelación de la concesión o autorización y negativa al otorgamiento de nuevas

La cancelación definitiva sólo se aplicará si la causa de la suspensión temporal no es corregida dentro de un plazo razonable concedido. La Superintendencia de Telecomunicaciones no podrá aplicar por sí sola esta sanción, su aplicación corresponde únicamente al CONATEL, mediante Resolución, y en concordancia con los términos del contrato de concesión, previo informe de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

ARTICULO 44.- Para las infracciones de primera clase se aplicará la sanción dispuesta en el Art. 43 literal a). Si la operadora incumple con lo dispuesto en la sanción en períodos del año, se aplicará la sanción dispuesta en el Art. 43 literal b) hasta por tres veces, luego de lo cual se aplicará la sanción señalada en el Art. 43 literal c).

ARTICULO 45.- Para las infracciones de segunda clase se aplicará la sanción dispuesta en el Art. 43 literal c). Si la operadora, luego de cancelar la multa impuesta y transcurrido el plazo razonable concedido no repara la causa de la infracción, se aplicará esta sanción hasta por tres veces luego de lo cual se aplicará lo señalado en el Art. 43 literal d).

ARTICULO 46.- Para las infracciones de tercera clase se aplicará la sanción dispuesta en el Art. 43 literal d). Si la operadora incumple con lo dispuesto en la sanción, se aplicará la sanción dispuesta en el Art. 43 literal e), en los términos que allí se indican.

ARTICULO 47.- El proceso para la imposición de las sanciones se efectuará en base a lo estipulado en los artículos 30 al 33 de la Ley Especial de Telecomunicaciones.

ARTICULO 48.- Las multas que cause la aplicación de este Reglamento se pagarán en la Superintendencia de Telecomunicaciones.

ARTICULO 49.- La Superintendencia de Telecomunicaciones cobrará las multas, de ser el caso, por la vía coactiva.

CAPITULO X

RECURSOS Y RECLAMACIONES

ARTICULO 50.- Contra los actos, hechos u omisiones de los organismos encargados de la regulación, gestión y control de las telecomunicaciones, los administrados podrán interponer recursos y reclamaciones de conformidad con las disposiciones establecidas en las Leyes y reglamentos pertinentes.

CAPÍTULO XI

DE LAS TASAS Y TARIFAS

ARTÍCULO 51.- Tasas y tarifas del servicio para los abonados.- Las Tarifas se aprueban de conformidad con lo establecido en el Artículo 136 del Reglamento General a Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada.

ARTÍCULO 52.- Fijación de tarifas.- Las tarifas que fije la Operadora a sus usuarios no podrán exceder los límites máximos establecidos por el CONATEL, siguiendo los procedimientos establecidos en el Reglamento General a la Ley Reformada.

ARTICULO 53.- Los tope máximos tarifarios de los servicios suplementarios, especiales, de mensajería y de grabado serán aprobados por el CONATEL.

ARTÍCULO 54.- La Operadora estará obligada a presentar los estados financieros legalmente auditados tanto a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones como a la Superintendencia de Telecomunicaciones.

CAPITULO XII

DISPOSICIONES GENERALES

ARTÍCULO 55.- Supervisión e información del STMC.- La Superintendencia de Telecomunicaciones inspeccionará periódicamente las estaciones e instalaciones del sistema de telefonía móvil celular y de los servicios proporcionados por la Operadora, la que está obligada a dar a la Superintendencia de Telecomunicaciones todas las facilidades requeridas.

ARTÍCULO 56.- Pago de impuestos.- La Operadora deberá cancelar al Estado todos los impuestos a que hubiera lugar por la actividad que realice en el país, conforme lo establecido en las leyes pertinentes. Los montos que de acuerdo a la Ley se pague por impuestos no podrán imputarse a los pagos que realice a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

ARTÍCULO 57.- Cobros por la vía coactiva.- Los valores adeudados a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones que no fueren cancelados dentro de los plazos establecidos, podrán ser cobrados por la vía coactiva a través de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

ARTÍCULO 58.- La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones es la única entidad con facultad recaudadora de los montos por derecho de concesión, tarifas por uso de frecuencias, de homologación y otros valores que se expresen en el contrato de acuerdo con el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada.

ARTÍCULO 59.- Derogatorias.- Se deroga todas las disposiciones de igual o inferior categoría que se opongan al presente Reglamento, especialmente el Reglamento para el Servicio de Telefonía Móvil Celular expedido por el CONATEL, mediante Resolución 107-23-CONATEL-96, publicada en el Registro Oficial No. 44 de octubre 11 de 1996.

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

PRIMERA.- La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones procederá a actualizar los contratos de concesión al tenor de la Ley Reformatoria de la Ley Especial de Telecomunicaciones, a su Reglamento, al presente Reglamento y al Reglamento de Interconexión y Conexión de Redes y Sistemas de Telecomunicaciones.

Las operadoras dentro del plazo de sesenta (60) días contados a partir de la aprobación de este Reglamento, presentarán a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, para su trámite la actualización de:

Estudio técnico-económico y solicitud de tarifas máximas.

Modelo de contrato tipo para sus abonados.

SEGUNDA.- Para los efectos de la aplicación del Artículo 12, las operadoras cuyos contratos se encuentren vigentes deben presentar su plan de expansión en el plazo de 180 días, a partir de la vigencia de este Reglamento y de que el CONATEL haya elaborado las políticas a las que hace referencia dicho artículo.

El presente Reglamento entrará en vigencia a partir de su publicación en el Registro Oficial.

Dado en la ciudad de Quito, a los treinta y un días del mes de Julio de 1998.

GLOSARIO DE TERMINOS

AREA DE COBERTURA: Se refiere a las áreas geográficamente autorizadas para la explotación del sistema.

ATENCION AL CLIENTE: Es toda relación entre el operador y el usuario, que determina que el usuario conozca y pueda utilizar el servicio en forma adecuada.

BANDA DE FRECUENCIAS A: Es el grupo de frecuencia comprendido entre los siguientes rangos: 824 a 835 MHz, 845 a 846.5 MHz, 869 a 880 MHz, 890 a 891.5 MHz.

BANDA DE FRECUENCIAS B: Es el grupo de frecuencias comprendido en los siguientes rangos: 835 a 845 MHz, 846.5 a 849 MHz, 880 a 890 MHz y 891.5 a 894 MHz.

CADUCIDAD: Es la situación jurídica que provoca la terminación definitiva del contrato de concesión, por incumplimiento reiterado, grave y culposo, atribuible al Operador, que afecte a las cláusulas esenciales del contrato y obste la prestación del servicio. La caducidad debe ser declarada judicialmente, y surtirá efectos desde que la sentencia judicial o el laudo arbitral cause ejecutoria.

CALIDAD DEL STMC: Es el resultado del cumplimiento o no de los requisitos de calidad de canal de voz, calidad del servicio, características especiales y de otra índole, que determina el grado de satisfacción por parte de los usuarios con respecto al STMC.

CAIDA DE LLAMADAS: Es la pérdida o corte de una comunicación en curso, ocurre después de que la misma ha sido establecida y antes de que el usuario la dé por terminada.

CANAL RADIOELÉCTRICO: Es el par de frecuencias asignadas para la transmisión y recepción de un canal de voz o de señales de acceso y control de las estaciones del sistema.

CELDA: Zona geográfica determinada para ser cubierta por emisiones radioeléctricas de una estación base.

CELDA ADYACENTE: Es aquella estación con la cual existe la posibilidad de continuar una comunicación en curso, sin que se caiga la llamada.

CENTRAL DE CONMUTACION STMC: Es la unidad que realiza la conmutación automática del tráfico generado o recibido por los abonados al servicio móvil celular y de abonados del servicio de telefonía fija.

COBERTURA: Es la capacidad de proporcionar al STMC a los usuarios dentro del área geográfica autorizada para el efecto.

CONMUTACIÓN AUTOMÁTICA: Proceso mediante el cual se interconectan circuitos de telecomunicaciones por el tiempo necesario para conducir señales, en forma automática.

CONCESIÓN DE EXPLOTACIÓN: Es la concesión que otorga el CONATEL a través de la SNT, para la explotación del servicio al público de telefonía móvil celular.

CONVENIO DE INTERCONEXIÓN : Se refiere al Convenio de Interconexión entre las Operadoras, de acuerdo al Reglamento de Interconexión y Conexión entre Redes y Sistemas de Telecomunicaciones.

DERECHO DE CONCESIÓN: Es la compensación por la concesión de STMC que los Operadores pagarán al Estado a través de la SNT, conforme a lo establecido en los respectivos contratos de concesión.

ESTACIÓN BASE: Estación radioeléctrica fija del servicio de telefonía móvil celular, que permite el acceso de las estaciones de abonado a la red de telefonía móvil celular, mediante la interconexión con la estación central de conmutación y la comunicación con las estaciones de abonado.

ESTACIÓN DE ABONADO: Estación Radioeléctrica del Servicio de Telefonía Móvil Celular destinada a ser utilizada en movimiento, la estación de abonado es una estación terminal del sistema.

ESTACIÓN DE TELEFONÍA MÓVIL CELULAR: Una o más transmisores o receptores, o una combinación de transmisores y receptores, incluyendo las instalaciones accesorias, necesarias para asegurar la prestación del servicio de telefonía móvil celular.

ESTACIÓN PÚBLICA: Es una estación terminal del servicio de Telefonía Móvil Celular destinada a ser utilizada en movimiento u ocasionalmente en puntos fijos por el público en general bajo sistema de prepago.

FRECUENCIA ESENCIAL: Es la frecuencia correspondiente a los canales de voz y control de las bandas A y B del STMC conforme a la norma AMPS.

GRADO DE SERVICIO: Es la probabilidad de bloqueo para llamadas iniciadas en la hora cargada de cada estación del sistema, de acuerdo a la tabla de Erlang B.

HAND-OFF: Es la acción de cambio de canal para continuar con una comunicación en curso, ya sea dentro de una celda o hacia una celda adyacente.

HORA CARGADA: Para una estación del STMC, es el período de tiempo de sesenta minutos durante un día, cuando el tráfico de llamadas originadas es el más alto de la semana.

LLAMADA COMPLETADA: Llamada que alcanza el número deseado y permite la conversación.

LLAMADA ESTABLECIDA: Es una llamada que ha sido iniciada completamente por el canal de acceso, o sea que está en curso.

NUMEROS SERIAL ELECTRONICO ESN: Es el número de fábrica que identifica a un terminal de abonado.

NUMERO DE IDENTIFICACION DEL TERMINAL DE ABONADO MIN: Es el número de identificación del terminal de abonado dentro de los planes de numeración nacional e internacional, según las normas establecidas.

NUMERO DE IDENTIFICACION DEL SISTEMA SID: Es el número que identifica al sistema celular de manera inequívoca, definido por normas internacionales.

RED PÚBLICA DE TELEFONÍA FIJA: Red pública de telecomunicaciones para la prestación del servicio público de telefonía básica entre puntos fijos determinados.

REDES PÚBLICAS: Son las destinadas a prestar servicios públicos y al público, de acuerdo al capítulo 6 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada.

SANCION A LOS PRESTADORES STMC: Llamada de atención por escrito, multa o imposición pecuniaria, intervención y/o cancelación definitiva, en forma parcial o total para operar el STMC, dependiendo de la gravedad de la infracción, que se aplique al operador del STMC.

SNT: Secretaría Nacional de Telecomunicaciones

STMC: Sistema de Telefonía Móvil Celular

TARIFA DE SERVICIO MÓVIL CELULAR: Es el valor que el abonado debe cancelar a la Operadora, por la utilización del STMC.

TARIFA POR USO DE FRECUENCIAS: Es el valor que paga la Operadora a la SNT por el uso de las frecuencias que requiera para el STMC, de acuerdo al Reglamento de Tarifas por el Uso de Frecuencias.

TERMINAL DE ABONADO: Estación radioeléctrica que contiene el Equipo terminal radioeléctrico del servicio de telefonía móvil celular.

TERMINAL PÚBLICO: Es un equipo terminal público con servicio de acceso al sistema de red celular.

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones

USUARIO DE FRECUENCIAS: Es la Operadora que ha suscrito con la SNT el contrato de autorización para el uso de frecuencias.

REGLAMENTO PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO MÓVIL AVANZADO
(Resolución No. 498-25-CONATEL-2002)
Registro Oficial No. 687-2002-10-21

CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES - CONATEL

Considerando:

Que la Ley para la Transformación Económica del Ecuador, publicada en el Registro Oficial S. 34 del 13 de marzo del 2000, sustituyó el Capítulo VII de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada y dispuso que todos los servicios de telecomunicaciones se brindarán en régimen de libre competencia, evitando los monopolios, prácticas restrictivas o de abuso de posición dominante, y la competencia desleal, garantizando la seguridad nacional y promoviendo la eficiencia, universalidad, accesibilidad, continuidad y la calidad del servicio;

Que el señor Presidente Constitucional de la República mediante Decreto Ejecutivo 1790, expidió el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, publicado en el Registro Oficial 404 del 4 de septiembre del 2001;

Que los servicios móviles de telecomunicaciones están experimentando cambios y avances acelerados, debido a las innovaciones tecnológicas, a la incorporación de plataformas y a la multiplicidad de servicios avanzados que se pueden prestar de una forma convergente sobre sus redes;

Que se hace necesario expedir una reglamentación que tenga en cuenta los cambios y avances tecnológicos de los sistemas móviles;

Que la introducción de las IMT-2000 posibilita la prestación integrada de un servicio móvil avanzado en donde convergen voz, datos, imágenes e informaciones;

Que la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha atribuido bandas de frecuencias para la implantación de las denominadas Telecomunicaciones Móviles Internacionales-2000 (IMT-2000) en el ámbito mundial, partes de las cuales han sido reservadas en el Plan Nacional de Frecuencias del Ecuador; y,

En ejercicio de las atribuciones que le confiere la ley,

Resuelve:

Expedir el siguiente REGLAMENTO PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO MÓVIL AVANZADO.

Capítulo I

ALCANCE Y DEFINICIONES

Art. 1.- El presente reglamento tiene por objeto regular la prestación del Servicio Móvil Avanzado (SMA).

Art. 2.- Las definiciones de los términos técnicos de telecomunicaciones serán las establecidas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT, la Comunidad Andina de Naciones - CAN, la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada y las contenidas en este reglamento.

Art. 3.- Servicio Móvil Avanzado (SMA): es un servicio final de telecomunicaciones del servicio móvil terrestre, que permite toda transmisión, emisión y recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos, voz, datos o información de cualquier naturaleza.

Art. 4.- El SMA se prestará en régimen de libre competencia, con cobertura nacional.

La prestación del SMA en áreas rurales y urbano marginales se efectuará atendiendo al régimen de servicio universal.

Capítulo II

DEL TÍTULO HABILITANTE PARA PRESTAR EL SMA

Art. 5.- El título habilitante para la instalación, prestación y explotación del SMA es una concesión otorgada por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, previa autorización del CONATEL. Tendrá una duración de 15 años y podrá ser renovado de conformidad con el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada.

La obtención del título habilitante se regirá por las normas contenidas en la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada y en el Reglamento para Otorgar Concesiones de los Servicios de Telecomunicaciones.

Capítulo III

DE LA ASIGNACIÓN Y USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

Art. 6.- Son frecuencias esenciales del SMA aquellas vinculadas a los sistemas involucrados en la prestación final del servicio, esto es, la banda de frecuencias que enlaza a las estaciones móviles terrestres del SMA con las estaciones de base y la banda de frecuencias que enlaza a las estaciones de base con las estaciones móviles terrestres del SMA.

Todas las otras frecuencias que se utilicen como soporte de transmisión para la prestación del SMA son frecuencias no esenciales.

Art. 7.- La asignación y el uso de las frecuencias esenciales requieren de la obtención del título habilitante, que será una concesión, que deberá estar integrado al proceso de obtención del título habilitante para la prestación del SMA y constará en un anexo al título habilitante del SMA.

Art. 8.- El espectro radioeléctrico de frecuencias esenciales para el SMA de acuerdo con las recomendaciones del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT y el Plan Nacional de Frecuencias, está subdividido en las siguientes bandas:

- a) 824 MHz a 849 MHz;
- b) 869 MHz a 894 MHz;
- c) 1710 MHz a 2025 MHz; y,
- d) 2110 MHz a 2200 MHz;

Y las que el CONATEL, fundamentado en el Plan Nacional de Frecuencias, considere en adelante para este servicio.

Art. 9.- El Estado velará porque los prestadores del SMA tengan el uso de las frecuencias que les hayan sido concesionadas sin interferencias perjudiciales.

Art. 10.- La asignación y el uso de las frecuencias no esenciales que sean utilizadas como soporte para la prestación del SMA requerirá de los títulos habilitantes correspondientes. El título habilitante para frecuencias no esenciales se renovará de conformidad con la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada.

La obtención del título habilitante para la asignación y el uso de las frecuencias no esenciales es un proceso independiente que puede realizarse o no simultáneamente con el proceso de obtención del título habilitante para la prestación del SMA.

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones asignará las frecuencias no esenciales para la prestación del SMA en concordancia con el Plan Nacional de Frecuencias.

Art. 11.- El pago por el uso de frecuencias esenciales y no esenciales del SMA se regirá por el Reglamento de Tarifas por el Uso de Frecuencias expedido por el CONATEL.

Capítulo IV

DE LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES PARA EL SMA

Art. 12.- El SMA se prestará a través de redes públicas de telecomunicaciones (RSMA). Los concesionarios del SMA están autorizados a establecer las redes que se requieran para la prestación del servicio.

Art. 13.- Las RSMA tenderán a un diseño de red abierta, esto es que no tengan protocolos ni especificaciones de tipo propietario, de tal forma que, se permita la interconexión y conexión y que cumplan con los planes técnicos fundamentales emitidos por el CONATEL.

Art. 14.- Los prestadores del SMA no requerirán autorización posterior de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones para la instalación y modificación de las RSMA, siempre que éstas se realicen dentro de la banda de frecuencias esenciales asignada, no se cambie el objeto de la concesión y se notifique previamente a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y a la Superintendencia de Telecomunicaciones.

Art. 15.- Los prestadores del SMA en la banda de frecuencias esenciales concesionadas para la prestación del SMA, no requerirán de autorización o de nueva concesión para realizar las actualizaciones tecnológicas correspondientes que les permita evolucionar o converger hacia sistemas más avanzados, que provean mayores facilidades a sus usuarios, siempre y cuando no se cambie el objeto de la concesión.

Si el prestador de SMA requiere prestar otros servicios adicionales a los concesionados requiere del respectivo título habilitante.

Art. 16.- En los casos que las RSMA para su operación requieran de enlaces físicos, su otorgamiento deberá sujetarse de acuerdo a las disposiciones legales y reglamentarias pertinentes.

Art. 17.- El cambio de patrones de tecnología promovida por el prestador del SMA no tendrá costo para el usuario.

Art. 18.- La constitución de servidumbres, así como la adquisición y uso de bienes públicos y privados necesarios para la instalación, prestación y explotación del SMA, será responsabilidad del prestador.

Art. 19.- La instalación y operación de las estaciones de base cumplirá con las normas internacionales, nacionales y locales emitidas por las autoridades competentes.

Capítulo V

DE LAS ESTACIONES MÓVILES TERRESTRES DEL SMA

Art. 20.- Las estaciones móviles terrestres del SMA utilizadas dentro del país, deberán estar homologadas de conformidad con el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada y el Reglamento para Homologación de Equipos Terminales.

Capítulo VI

DE LAS OBLIGACIONES Y LOS DERECHOS DE LOS PRESTADORES DEL SMA

Art. 21.- Constituyen obligaciones de los prestadores del SMA:

- 1) Instalar, prestar y explotar el SMA conforme a lo establecido en su título habilitante e inscribir en el Registro Nacional de Telecomunicaciones cualquier modificación realizada;
- 2) Cumplir con el Plan Mínimo de Expansión acordado en el título habilitante del SMA;
- 3) Prestar el SMA en forma continua y eficiente de acuerdo con este reglamento y con los parámetros y metas de calidad del servicio establecidos en el título habilitante;
- 4) Asegurar el acceso gratuito a todos sus usuarios a los servicios públicos de emergencia definidos como tales por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones;
- 5) Establecer y mantener un sistema de medición y control de la calidad del servicio, cuyos registros de mediciones deberán ser confiables y de fácil verificación. Estos sistemas y registros estarán a disposición de la Superintendencia de Telecomunicaciones, cuando ésta lo requiera;
- 6) Prestar todas las facilidades a la Superintendencia de Telecomunicaciones para que inspeccione y realice las pruebas necesarias para evaluar la calidad del servicio, la precisión y confiabilidad del sistema;
- 7) Presentar en forma periódica, todos los datos e informaciones referentes al servicio a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y a la Superintendencia de Telecomunicaciones, acorde con sus requerimientos;

- 8) Establecer y mantener una base de datos con las solicitudes de servicio, en orden cronológico de presentación, excepto en situaciones de emergencia. El prestador del SMA mantendrá registros confiables de los nombres de las personas cuyas solicitudes de servicio no hayan sido atendidas, la misma que estará a disposición de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y de la Superintendencia de Telecomunicaciones cuando éstas lo requieran;
- 9) Establecer y mantener un sistema de recepción de reclamos de sus usuarios y reparación de daños en su sistema. Todos los reclamos relacionados con el objeto del título habilitante del SMA deberán ser registrados y solucionados en los plazos establecidos en los parámetros y metas de calidad del servicio. Dicho sistema deberá estar a disposición de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y de la Superintendencia de Telecomunicaciones cuando éstas lo requieran;
- 10) Presentar toda la información y documentación que a criterio de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y de la Superintendencia de Telecomunicaciones sean necesarias para efectuar la administración y supervisión del título habilitante entre otros estados financieros, número de abonados;
- 11) Permitir el ingreso a sus instalaciones del SMA a funcionarios de la Superintendencia de Telecomunicaciones, para la realización de inspecciones sin necesidad de notificación y presentar a éstos los datos técnicos y más documentos que tengan relación con el título habilitante del SMA, cuando así lo requieran;
- 12) Remitir mensualmente a la Superintendencia de Telecomunicaciones un reporte de la utilización de las frecuencias esenciales y no esenciales.
- 13) Prestar el servicio en régimen de libre competencia;
- 14) Cumplir con las resoluciones del CONATEL, Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y Superintendencia de Telecomunicaciones;
- 15) Llevar contabilidades separadas cuando se preste más de un servicio de telecomunicaciones;
- 16) Presentar para aprobación del CONATEL, el contrato de prestación del SMA que suscribirá con el usuario;
- 17) No suspender el servicio en una o más estaciones de base sin autorización;
- 18) Activar únicamente las estaciones móviles terrestres del SMA debidamente homologadas;
- 19) Operar la RSMA en las frecuencias que constan en el título habilitante;
- 20) Solucionar los problemas de interferencias radioeléctricas o daños a terceros que cause su sistema bajo su costo y responsabilidad;
- 21) Instalar en sus sistemas las facilidades necesarias para que sus usuarios puedan seleccionar al prestador del servicio de larga distancia internacional;
- 22) Prestar las facilidades que permitan el acceso al servicio de telefonía pública;
- 23) Prestar el servicio a las personas que lo soliciten, en condiciones equitativas, sin establecer discriminaciones;
- 24) Resolver los reclamos efectuados por los usuarios del SMA dentro del plazo de 15 días;
- 25) Prestar el servicio en los términos y condiciones establecidos en el contrato de prestación del SMA suscrito con los abonados;

26) Comunicar a sus abonados con anticipación de por lo menos quince (15) días calendario la suspensión del servicio para trabajos de mantenimiento o mejoras tecnológicas en su infraestructura debidamente autorizadas por la Superintendencia de Telecomunicaciones;

27) Tener capacidad técnica para satisfacer los requerimientos de tráfico generado por los abonados durante todo el lapso de concesión; en caso contrario se suspenderá la comercialización con nuevos abonados, hasta que se supere el problema de la expansión de la red;

28) Cobrar las tarifas a los usuarios contempladas en los pliegos tarifarios aprobados por el CONATEL;

29) Cumplir las demás obligaciones contempladas en la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, sus reglamentos, el título habilitante y resoluciones del CONATEL; y,

30) Les está prohibido efectuar actos contrarios al normal desenvolvimiento del mercado, la realización de subsidios cruzados o la realización de ventas atadas.

Art. 22.- Son derechos de los prestadores del SMA, los siguientes:

1) Denunciar ante la Superintendencia de Telecomunicaciones las prácticas de competencia desleal, interferencias y demás infracciones establecidas en la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada;

2) Contratar con terceros el desarrollo de actividades inherentes, accesorias o complementarias al servicio, permaneciendo, en todo caso, íntegramente responsable ante la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, ante los usuarios y ante terceros por las obligaciones resultantes de la celebración del título habilitante del SMA; y,

3) Los demás que establezca la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, sus reglamentos y el título habilitante y resoluciones del CONATEL.

Capítulo VII

DE LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES DE LOS USUARIOS

Art. 23.- Los usuarios tendrán derecho a:

1) Escoger con libertad su prestadora de servicio;

2) Recibir tratamiento no discriminatorio y equitativo en cuanto a las condiciones de acceso y prestación del servicio;

3) El secreto e inviolabilidad del contenido en sus comunicaciones;

4) La privacidad en la utilización de los datos personales;

5) La no divulgación de su nombre asociado a su código de acceso, salvo autorización expresa;

6) Mantener el código de acceso cualesquiera sea el plan comercial, con el mismo prestador de SMA

7) Escoger libremente el plan de servicio al cual estará vinculado, de entre los ofrecidos por el prestador del SMA;

8) Recibir en forma oportuna una factura de los servicios cobrados;

9) Solicitar una factura detallada de los servicios cobrados;

10) Conocer cualquier variación en las condiciones técnicas de la prestación del servicio;

11) Los demás establecidos en la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, sus reglamentos y el título habilitante y resoluciones del CONATEL; y,

12) Dar por terminado unilateralmente el contrato de adhesión suscrito con el prestador del servicio en cualquier tiempo, sin que para ello esté obligado a cancelar multas o recargos de valores de ninguna naturaleza, previa notificación por escrito con quince días de anticipación. El consumidor tendrá la obligación de cancelar los saldos pendientes únicamente por servicios efectivamente prestados hasta la fecha de terminación unilateral del contrato.

Art. 24.- Constituyen obligaciones de los usuarios:

- 1) Utilizar adecuadamente el SMA, respetando las limitaciones tecnológicas;
- 2) Cumplir con las condiciones acordadas en el contrato de prestación del SMA, en especial efectuar puntualmente los pagos referentes a la prestación del servicio;
- 3) Utilizar las estaciones móviles terrestres del SMA debidamente homologadas; y,
- 4) Los demás que establezca la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, sus reglamentos y el título habilitante y resoluciones del CONATEL

Capítulo VIII

DE LOS PARÁMETROS Y METAS DE CALIDAD DEL SERVICIO

Art. 25.- Los parámetros técnicos y metas de calidad de la prestación del servicio deberán estar relacionados al menos a:

- Calidad de servicio.
- Atención al usuario.
- Emisión de facturas de cobro.
- Plazos máximos para reparación e interrupción del servicio.

La información del cumplimiento de estas obligaciones deberá ser entregada conforme se haya acordado en el título habilitante del SMA a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y a la Superintendencia de Telecomunicaciones.

Los parámetros y metas de calidad del servicio iniciales constarán en el título habilitante y serán establecidas anualmente por el CONATEL teniendo en cuenta el punto de vista del prestador del SMA.

Todos los costos relacionados con el cumplimiento de los parámetros y metas de calidad del servicio serán asumidos exclusivamente por los prestadores del SMA.

Art. 26.- La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, teniendo en cuenta los avances tecnológicos y de crecimiento de las necesidades del servicio por parte de la sociedad, podrá de común acuerdo con los prestadores del SMA revisar en cualquier momento los parámetros y metas de calidad del servicio, observando lo dispuesto en la reglamentación pertinente y en el título habilitante del SMA, y tomando en cuenta las recomendaciones de la UIT.

Capítulo IX

DEL RÉGIMEN DE TASAS Y TARIFAS

Art. 27.- El SMA se prestará en régimen de libre competencia, por lo que se podrá establecer o modificar libremente las tarifas a los usuarios, de forma que se asegure su operación y prestación, cumpliendo con los parámetros de calidad del servicio.

En el título habilitante del SMA se establecerán los pliegos tarifarios iniciales y el régimen para su modificación, de conformidad con lo dispuesto en los artículos 21 y 22 reformados de la Ley Especial de Telecomunicaciones.

Los prestadores del SMA comunicarán las tarifas a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y a la Superintendencia de Telecomunicaciones con 24 (veinticuatro) horas de anticipación a la entrada en vigencia.

Las tarifas para el SMA serán reguladas por el CONATEL cuando existan distorsiones a la libre competencia en un mercado determinado.

Art. 28.- Las tarifas deben ser justas y equitativas, pudiendo variar en función de las características técnicas, costos y de las facilidades ofrecidas a los usuarios. Los prestadores del SMA podrán ofrecer diversos planes tarifarios.

Art. 29.- La facturación del servicio de telefonía del SMA se efectuará en tiempo real del uso expresado en minutos y segundos, según corresponda. La facturación de llamadas completadas de servicios de voz se iniciará una vez que el abonado (B) conteste. Las llamadas completadas a servicios de mensajes de voz se facturarán únicamente cuando el abonado (A) efectivamente deje un mensaje. Otro tipo de servicio de telecomunicaciones se podrán facturar por volumen de datos, capacidad de canal y otros determinados por el CONATEL.

Art. 30.- El pago de los derechos por el uso de las frecuencias esenciales y no esenciales se regirá por lo dispuesto en el Reglamento de Tarifas por el Uso de Frecuencias expedido por el CONATEL.

Art. 31.- El prestador del SMA aportará al FODETEL una contribución anual del uno por ciento de los ingresos facturados y percibidos por sus servicios del año inmediato anterior.

En el título habilitante se establecerá la forma de pago conforme el Reglamento del FODETEL.

Capítulo X

DEL RÉGIMEN DE INTERCONEXIÓN

Art. 32.- Los prestadores del SMA deberán regirse por las disposiciones contempladas en el Reglamento de Interconexión, y demás normas aplicables.

Capítulo XI

DE LAS INFRACCIONES Y SANCIONES

Art. 33.- Las infracciones cometidas en la prestación del SMA serán juzgadas y sancionadas con arreglo al marco jurídico bajo, el cual se hubieran realizado.

Capítulo XII

DEL CUMPLIMIENTO DE LOS PLANES TÉCNICOS FUNDAMENTALES

Art. 34.- Los prestadores del SMA se sujetarán a los planes técnicos fundamentales emitidos por el CONATEL.

Art. 35.- Los prestadores del SMA deberán garantizar el acceso a los códigos de los servicios especiales según lo contemplado y definido para estos servicios en las disposiciones del Plan Técnico Fundamental de Numeración.

Capítulo XIII

DISPOSICIONES FINALES

PRIMERA.- Las operadoras del SMTC podrán acogerse al presente reglamento, para lo cual deberán solicitar la readecuación de sus respectivos contratos de concesión. Para tal efecto, el CONATEL en uso de sus facultades previamente establecerá los términos, condiciones y plazos.

SEGUNDA.- Las condiciones para el uso de las frecuencias en las bandas a) y b) definidas en el artículo 8, permanecerán regidas por la legislación aplicable al SMTC, en tanto los operadores de este servicio no se acojan al presente reglamento.

TERCERA.- El presente reglamento entrará en vigencia a partir de su publicación en el Registro Oficial.

DISPOSICIÓN TRANSITORIA

Para los concesionarios con asignación de frecuencias en el espectro radioeléctrico definidas como esenciales del SMA, el CONATEL autorizará a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones la elaboración de un plan de migración para la reasignación de sus frecuencias, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada.

GLOSARIO DE TÉRMINOS:

Código de acceso: Conjunto de caracteres numéricos o alfanuméricos establecidos en el Plan Fundamental de Numeración que permiten la identificación del usuario o de una estación móvil terrestre del SMA.

Estación: uno o más transmisores o receptores, o una combinación de transmisores y receptores, incluyendo las instalaciones accesorias, necesarios para asegurar un servicio de radiocomunicación.

Estación de base: Estación terrestre del servicio móvil terrestre.

Estación móvil terrestre: Estación móvil del servicio móvil terrestre que puede cambiar de lugar dentro de los límites geográficos de un país o de un continente.

Estación terrestre: Estación del servicio móvil no destinada a ser utilizada en movimiento.

Operador del SMTC: Persona natural o jurídica que ha obtenido un título habilitante para explotar el SMTC.

Prestador del SMA: Persona natural o jurídica que posee el título habilitante para la prestación del SMA.

Servicio móvil avanzado (SMA): Ver artículo 3.

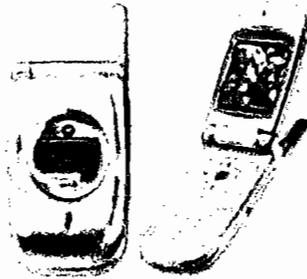
Servicio móvil terrestre: Servicio móvil entre estaciones de base y estaciones móviles terrestres o entre estaciones móviles terrestres.

SMTC: Servicio Móvil de Telefonía Celular.

Dado en Quito, 19 de septiembre del 2002.

ANEXO H

MODELOS DE TELÉFONOS 3G EN EL MERCADO Y SUS CARACTERÍSTICAS



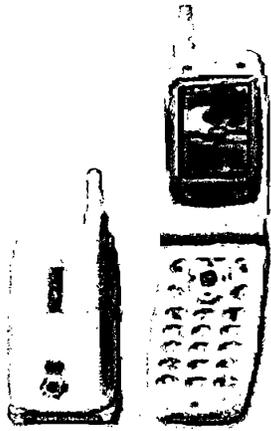
**SONY ERICSSON
P800**

MOTOROLA V711

MITSUBISHI D2101V

**GTRAN 1XEV
DOTSURFER**

WCDMA	CDMA2000	WCDMA	CDMA2000 1XEV-DO
Europa, Japón	Corea	Japón	Corea
FECHA SALIDA AL MERCADO Abr-02	FECHA SALIDA AL MERCADO Mar-02	FECHA SALIDA AL MERCADO Mar-02	FECHA SALIDA AL MERCADO Feb-02
ESPECIFICACIONES :: :: 153.6 kbps data capable :: 150 grams :: 130 min max Talktime :: 280 hr max Standby :: Teclado táctil :: 208X320 pixels 4096 colores :: Cámara Digital :: OS Symbian 7.0	ESPECIFICACIONES :: :: 153.6 kbps data capable :: 65,000 Color STN-LCD :: 92 grams :: 170 min max Talktime :: 210 hr max Standby :: Korean or English menu option :: Magic n Multipack (BREW) capable	ESPECIFICACIONES :: :: Single Mode WCDMA (DoCoMo Version) :: 160 grams :: 262, 144 Color LCD :: 60 min Talktime (50 minutes in Videophone Mode) :: 55 hr Standby :: 65,536 Color TFT-LCD :: 1.5 MB Memory	ESPECIFICACIONES :: :: 2.4 Mbps data capable :: 35 grams :: Access Seamless Multimedia Content :: Supports Windows 98, 2000, ME, XP, CE 3.0, and Linux :: For SK Telecom in Korea



CASIO A2012CA

KYOCERA A1012K

SANYO A3011SA

**SANYO TOTTORI
A1011ST**

CDMA2000

CDMA2000

CDMA2000

CDMA2000

Japón

Japón

Japón

Japón

FECHA SALIDA AL
MERCADO

FECHA SALIDA AL
MERCADO

FECHA SALIDA AL
MERCADO

FECHA SALIDA AL
MERCADO

Abr-02

Abr-02

Abr-02

Abr-02

ESPECIFICACIONES ::

ESPECIFICACIONES ::

ESPECIFICACIONES ::

ESPECIFICACIONES ::

:: 153.6 kbps data
capable

:: 106 grams

:: 93 grams

:: 97 grams

:: 99 grams

:: 140 min Talktime

:: 140 min Talktime

:: 140 min Talktime

:: 150 min Talktime

:: 230 hr Standby

:: 220 hr Standby

:: 250 hr Standby

:: 230 hr Standby

::

::

::

::

gpsOne,

eznavigation

65,536 Color TFT-
LCD

gpsOne, CoCoSecom
EZ compatible

65,536 Color Glass
Fine (GF)-LCD

:: 260,000 Color TFT-
LCD

::

40 Chord ringer

:: 65,536 Color TFT-
LCD

::

1.5 MB Memory

:: 640 x 480 CMOS
camera

:: 40 Chord ringer

:: 12.8 MB Memory