



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Electricidad y Electrónica

IMT-2000 - Comunicaciones móviles de tercera generación y su implementación en Chile

Tesis para optar al título de
Ingeniero Electrónico

Profesor Patrocinante:
SR. Eduardo Durán
Nardecchia
Ingeniero Civil Electricista
Master Business Administration

Lucio Andrés Ovando Mayorga
Valdivia Chile 2001

Profesor Patrocinante

Eduardo Durán Nardecchia:

Profesor Informantes

Pedro Rey Clericus:

Néstor Fierro Morineaud:

Agradecimientos

Quiero agradecer a DIOS por iluminar cada paso en el camino de mi vida, en especial en esta etapa que se concreta con este trabajo de tesis

A mis padres, Irma y Lucio, por sus constantes esfuerzos y angustias vividas en todos estos años, cuyos frutos se materializan en esta oportunidad.

A mi gran amor, María Soledad, por encender la mecha del amor, por mostrarme que DIOS nos acompaña en cada instante y que si nos encomendamos a Él nada se nos hace imposible.

A la familia Coronado Valenzuela, fieles exponentes de la cultura valdiviana, por acogerme en su lecho familiar y por hacerme sentir uno más de sus hijos. Todo mis respeto y cariño para ellos.

A mi tía Ingrid Ovando y familia, quienes silenciosamente y con mucho cariño han acompañado a mi familia en todo. Un gran abrazo para ellos.

También deseo agradecer muy especialmente a mi tutor por parte de ENTEL S.A., Don Eduardo Durán Nardecchia, Ing. Civil Electricista y Master Business Administration, por su valioso aporte, apoyo y dirección en la concreción de este trabajo.

RESUMEN

En este trabajo de Tesis se detallan aspectos relativos a la tecnología y servicios IMT-2000. Se da una introducción a las comunicaciones móviles, su evolución y el estado del arte de las comunicaciones móviles en el ámbito global, regional y local. Se describen en los capítulos siguientes las principales características de IMT-2000, las tecnologías involucradas en su desarrollo y evolución hacia 3G indicando sus ventajas, desventajas y riesgos de cada una.

Se hace un estudio de los posibles servicios a implementar sobre IMT-2000 y finalmente se desarrolla un análisis de la realidad nacional en telefonía móvil y la posibilidad de implementar 3G en Chile considerando aspectos de mercado, técnicos, y del marco regulatorio vigente.

Como objetivo general se persigue entender los alcances generales de IMT-2000 y su implementación en Chile. La metodología llevada a cabo se basó en la investigación en torno a IMT-2000, análisis y crítica de la información obtenida desde organismos de estandarización, foros de la industria, organismos de regulación y de la prensa especializada. Los resultados se obtienen aplicando los conocimientos adquiridos a la realidad local y regional, permitiendo concluir los aspectos claves a ser considerados a la hora de decidir la implementación de IMT-2000 en Chile.

ABSTRACT

Technicians and Services aspects relative IMT-2000 are detailed in this work. An introduction to the Mobile Communications, its evolution and the state-of-the-art of the Mobile Communications in the global, regional and local scope is. The characteristics of IMT-2000 and the technologies involved in its evolutionary ways considering aspects of market, technicians, and of the effective regulatory frame is made. The general mission is understand the general reaches of IMT-2000 and their implementation in Chile. The carried out methodology was based on the investigation around IMT-2000, analysis and critic of the data obtained from standardization organisms, forums of the industry, organisms of regulation and the specialized press. The results are obtained applying the acquired knowledge to the local and regional reality, allowing to conclude the key aspects to being considered at the time of deciding the implementation of IMT-2000 in Chile.

INTRODUCCION

El presente desarrollo de tesis da cuenta de la investigación llevada a cabo en torno a IMT-2000 y sus implicancias en el futuro de la telefonía móvil en Chile.

IMT-2000 es un estándar desarrollado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) que abarca aspectos tecnológicos de redes móviles y de los servicios que estas ofrecen. IMT-2000 congrega en un solo estándar las ventajas asociadas a la red Internet y a la naturaleza de las comunicaciones móviles, para brindar una nueva generación de servicios móviles que se espera apoyen al desarrollo de las economías de los países que adopten este sistema y a llevar a los usuarios hacia una nueva era de la sociedad de la información digital, esta vez mediante un terminal móvil.

Motivan esta investigación el creciente interés que ha suscitado IMT-2000 en el mercado de las comunicaciones móviles, producto del advenimiento de los servicios basados en tecnología de Internet y el espectacular crecimiento a escala global de los usuarios de Internet y de teléfonos móviles.

Estos servicios ya están comenzando a ser implementados en los países más industrializados del mundo, como Japón, Corea y China, y en algunos países de Europa. No obstante lo anterior, hay varias incógnitas que deben resolverse a fin que el mercado 3G tenga un real éxito comercial. Estas incógnitas dicen relación con la capacidad que tengan los mercados locales de adoptar nuevos y revolucionarios servicios y en cómo los operadores de redes móviles deban enfrentar los desafíos comerciales y tecnológicos que se avecinan con el advenimiento de nuevas tecnologías, de modo que el negocio siga siendo rentable y sustentable en el tiempo.

Chile no está ajeno a esta realidad y resulta conveniente conocer en qué consisten estas nuevas tecnologías, su ámbito de competencia, los riesgos involucrados en su adopción, e identificar los aspectos que deban tomarse en consideración para cuando estas redes hagan su aparición en Chile.

El presente trabajo de tesis se enfoca principalmente a analizar el estándar IMT-2000 y su realidad actual en el marco de comunicaciones móviles 2G, y proyectar la evolución de los operadores 2G hacia 3G en aspectos comerciales y técnicos pensando en su implementación en Chile.

OBJETIVOS

El presente trabajo de tesis persigue los siguiente objetivos generales:

- Conocer el estado del arte de las comunicaciones móviles, tanto en el ámbito nacional como internacional considerando aspectos de mercado, tecnológicos, servicios, aplicaciones, etc.
- Conocer las características de los futuros sistemas 3G o IMT-2000.
- Conocer las tecnologías a optar para evolucionar a IMT-2000 sobre las redes existentes.
- Analizar la posibilidad de implementar sistemas 3G en Chile, a corto y mediano plazo, desde un punto de vista tecnológico, de mercado, y regulatorio.
- Análisis del mercado para servicios de tercera generación, y su introducción al mercado (análisis temporal).

METODO DE TRABAJO

No obstante que el tema de tesis se refiere a comunicaciones móviles globales, el desarrollo del documento se basará esencialmente en comunicaciones móviles terrestres.

El estudio de los servicios 3G en cuestión y su implementación al mercado requiere de análisis de mercado más desarrollados, los que tampoco están dentro de los objetivos. Sin embargo se describirán las características principales y los segmentos de mercado a los cuales apuntan.

Durante el desarrollo del documento se observarán muchos términos técnicos que probablemente sean ajenos al conocimiento del lector. Se recomienda revisar los documentos anexos y remitirse a la bibliografía y a las referencias específicas.

Método de trabajo

El método de trabajo se basó fundamentalmente en la recopilación de información proveniente de la industria de las telecomunicaciones, como son empresas operadoras de sistemas de comunicaciones móviles, organismos de estandarización, proveedores de infraestructura de telecomunicaciones, foros de la industria, e información aparecida en la prensa tanto nacional como internacional. Destacar que la consulta de esta información fue realizada exclusivamente a través de la red Internet.

La información recopilada fue almacenada y clasificada según su ámbito de competencia. En los casos de los textos estaban escritos en otros idiomas, especialmente el inglés, se realizaron las traducciones de idioma respectivas.

Posteriormente se realizó una crítica de la información y se elaboró un documento con las bases teóricas de las comunicaciones móviles, de su estado del arte, del estándar IMT-2000 y las tecnologías involucradas.

Finalmente se desarrolló un análisis a la información obtenida respecto del mercado chileno de telefonía móvil, del marco regulatorio, y se relacionó dicha información con los aspectos tecnológicos investigados para indicar las conclusiones obtenidas en torno a la implementación de IMT-2000 en Chile.

Índice

AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT.....	IV
INTRODUCCIÓN	V
OBJETIVOS.....	VI
RESTRICCCIONES	VI
MÉTODO DE TRABAJO.....	VII
1. CAPÍTULO I. COMUNICACIONES MÓVILES INTERNACIONALES	1
1.1. DEFINICIÓN DE COMUNICACIONES MÓVILES.....	1
1.2. HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES MÓVILES.....	3
1.3. EVOLUCIÓN DE LA TELEFONÍA MÓVIL.....	5
1.3.1. Primera Generación (1G) de Sistemas Móviles.....	5
1.3.2. Segunda Generación (2G) de Sistemas Móviles.....	7
1.3.3. Generación 2.5G de Sistemas Móviles.....	10
1.3.4. Tercera Generación (3G) de Sistemas Móviles.....	10
1.3.5. Cuarta Generación (4G) de Sistemas Móviles.....	11
1.3.6. Alcances generales sobre la evolución hacia 3G.....	12
1.4. ESTADO DEL ARTE DE LAS COMUNICACIONES MÓVILES.....	13
1.4.1. Mercado Global de comunicaciones móviles.....	13
1.4.2. Principales servicios.....	15
1.4.3. Escenario Latinoamericano.....	17
1.4.4. Nuevas implementaciones.....	20
1.4.5. Mercado tecnológico.....	21
2. CAPÍTULO II. SISTEMAS MÓVILES DE TERCERA GENERACIÓN	25
2.1. ANTECEDENTES.....	25
2.2. DEFINICIÓN DE IMT-2000	26
2.3. CARACTERÍSTICAS DE IMT-2000.....	30
3. CAPÍTULO III. TECNOLOGÍAS PARA IMT-2000.....	34
3.1. A SPECTOS DE RED PARA SISTEMAS 3G.....	34
3.2. MEJORAS EN EL SISTEMA.....	36
3.2.1. Antenas inteligentes.....	36
3.2.2. Detección Conjunta	41
3.3. TÉCNICAS DE TRANSMISIÓN DÚPLEX	42
3.3.1. FDD – Frequency Division Duplex.....	42

3.3.2. TDD - Time Division Duplex.....	43
3.3.3. Uso combinado de FDD y TDD	43
3.4. TÉCNICAS DE ACCESO MÚLTIPLE.....	44
3.4.1. FDMA: Frequency Division Multiple Access	45
3.4.2. TDMA: Time Division Multiple Access.....	45
3.4.3. CDMA: Code Division Multiple Access.....	46
3.5. ESTRUCTURA JERÁRQUICA DE CELDAS.....	46
3.6. TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN RADIO TERRESTRE COMPATIBLES CON IMT-2000.....	47
4. CAPITULO IV. EVOLUCIÓN DE 2G HACIA 3G/IMT-2000.....	49
4.1. ASPECTOS DE EVOLUCIÓN HACIA 3G.....	50
4.1.1. Evolución de red.....	51
4.2. CAMINOS EVOLUTIVOS DE REDES 2G HACIA 3G.....	53
4.2.1. Evolución de GSM hacia 3G.....	54
4.2.1.1. GPRS – General Packet Radio Service	54
4.2.1.2. EDGE – Enhanced Data Rates for Global Evolution.....	57
4.2.1.3. DS-CDMA (W-CDMA) y TD-CDMA	59
4.2.2. Evolución de cdmaOne™ hacia 3G.....	62
4.2.2.1. Cdma2000 1X RTT.....	63
4.2.2.2. Cdma2000 1X EV-DO	64
4.2.2.3. Cdma2000 1X EV-DV	65
4.2.2.4. La evolución de red de cdmaOne™ a 3G	65
4.2.3. Evolución de IS/136 hacia 3G.....	69
4.2.3.1. Evolución vía GSM.....	70
4.2.3.2. Evolución vía cdmaOne™	73
4.3. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA EVOLUCIÓN HACIA 3G	75
5. CAPÍTULO V. REVISIÓN DE LAS INTERFACES RADIO 3G.....	78
5.1. UTRAN – UMTS TERRESTRIAL RADIO ACCESS NETWORK.....	78
5.1.1. Arquitectura del sistema.....	79
5.1.2. Estructura de protocolos.....	80
5.1.2.1. La capa física.....	82
5.1.2.1.1 Acceso múltiple	82
5.1.2.1.2 Estructura de trama básica	83
5.1.2.2. La capa 2	83
5.1.2.3. La capa 3	83
5.1.3. DS-CDMA (FDD)	84
5.1.3.1. Canales	84
5.1.3.1.1 Canales lógicos	85
5.1.3.1.2 Canales de transporte.....	85

5.1.3.1.3	Canales físicos.....	86
5.1.3.2.	Modulación y Spreading	88
5.1.3.2.1	Uplink.....	88
5.1.3.2.2	Downlink.....	89
5.1.4.	TC-CDMA (TDD)	91
5.1.4.1.	Canales	91
5.1.4.1.1	Mapeo de canales	93
5.1.4.2.	Formato de trama TDD	93
5.1.4.2.1	Tipos de ráfagas.....	95
5.1.4.2.1.1	Ráfaga tipo 1.....	96
5.1.4.2.1.2	Ráfaga tipo 2.....	96
5.1.4.2.1.3	Ráfaga tipo 3.....	97
5.1.4.3.	Modulación y Spreading	97
5.1.5.	TD-SCDMA (TDD).....	99
5.1.5.1.	Estructura de trama	99
5.1.5.1.1	Codificación y entrelazado	100
5.1.5.1.2	Modulación y ensanchamiento.....	100
5.2.	MT-2000 MC-CDMA (CDMA2000)	103
5.2.1.	Estructura de Protocolos.....	103
5.2.1.1.	La capa física.....	105
5.2.1.1.1	Enlace Reverso (Uplink).....	105
5.2.1.1.1.1	Ensanchamiento y modulación.....	107
5.2.1.1.1.2	Control de Potencia	108
5.2.1.1.2	Enlace Directo (Downlink)	109
5.2.1.1.2.1	Ensanchamiento y modulación.....	110
5.2.1.1.2.2	Control de potencia.....	111
5.2.1.1.2.3	Soft Handoff	111
5.3.	INTERFAZ UWC-136.....	113
5.3.1.	Estructura de protocolos.....	115
5.3.1.1.	La Capa Física.....	115
5.3.1.1.1	136+.....	115
5.3.1.1.2	136HS Exteriores.....	116
5.3.1.1.2.1	Codificación y modulación de canal	118
5.3.1.1.3	136HS Interiores	119
5.3.1.1.3.1	Codificación y modulación de canal	121
5.3.2.	La capa 2	121
5.3.2.1.	Circuito.....	121
5.3.2.2.	Paquetes	122

5.3.3. La capa 3	122
5.3.4. La red UWC-136.....	123
6. CAPÍTULO VI. EVALUACIÓN DEL MERCADO MÓVIL EN CHILE.....	125
6.1. MARCO REGULATORIO CHILENO.....	125
6.1.1. Normativa para servicios de telefonía móvil.....	126
6.1.1.1. Servicio público de telefonía móvil digital 1900.....	127
6.1.1.2. Servicio público de telefonía móvil celular en la banda de 800 MHz.....	128
6.1.1.3. Servicio público de telefonía móvil por satélite 1600.....	129
6.1.1.4. Servicio público de telefonía móvil digital avanzado	129
6.1.2. Licencias de operación de servicios móviles	130
6.2. MARCO TECNOLÓGICO.....	131
6.3. ASPECTOS DE MERCADO.....	131
7. CAPÍTULO VII. IMT-2000 Y SU IMPLEMENTACIÓN EN CHILE.....	135
7.1. ANÁLISIS DE NORMA TÉCNICA PARA 3G VIGENTE EN CHILE }.....	135
7.2. VISIÓN DE MERCADO PARA SERVICIOS DE 3G	137
7.2.1. Percepciones de Mercado Móvil.....	138
7.2.1.1. La oferta de servicios.....	138
7.2.1.2. La demanda de servicios	139
7.2.2. Visiones de servicios.....	140
7.2.2.1. Servicio I-Mode.....	141
7.2.2.2. Implementaciones WAP.....	142
7.3. ANÁLISIS DE SERVICIOS 3G.....	144
7.3.1. Servicios 3G.....	145
7.3.1.1. Análisis de servicios 3G.....	146
7.3.1.1.1 Mensajería Móvil Multimedia	146
7.3.1.1.2 Acceso a Redes IP	147
7.3.1.1.3 Servicios de información.....	149
7.3.1.1.4 Servicios basados en la ubicación.....	149
7.3.1.1.5 Telefonía multimedia	150
7.3.1.2. Alcances generales	150
7.4. ALCANCES SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE 3G EN CHILE.....	152
7.5. EFECTO DE LOS OPERADORES 3G SOBRE LOS 2G.....	155
CONCLUSIONES	157
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	160
ANEXO 1.TECNOLOGÍAS DE REDES CELULARES	166
ANEXO 2.GLOSARIO DE TÉRMINOS	171

CAPITULO I. Comunicaciones Móviles Internacionales

1.1. Definición de Comunicaciones Móviles

Por definición, el término “Comunicaciones Móviles” describe cualquier enlace de radiocomunicación entre dos terminales, de los cuales al menos uno está en movimiento, o parado, pero en localizaciones indeterminadas, pudiendo el otro ser un terminal fijo, tal como una estación base. Esta definición es de aplicación a todo tipo de enlace de comunicación, ya sea móvil a móvil o fijo a móvil. De hecho, el enlace móvil a móvil consiste muchas veces en un enlace móvil a fijo a móvil. El término móvil puede referirse a vehículos de todo tipo - automóviles, aviones, trenes, o sencillamente, a personas paseando por las calles.

El Reglamento de Radiocomunicaciones establecido por la Unión Internacional de Telecomunicaciones define el servicio móvil como un servicio de radiocomunicaciones entre estaciones móviles y estaciones terrestres (fijas) o entre estaciones móviles únicamente. Además, en función de dónde se sitúa habitualmente el terminal móvil, el Reglamento diferencia tres tipos de servicio:

- a) *Servicio Móvil Terrestre.*
- b) *Servicio Móvil Marítimo.*
- c) *Servicio Móvil Aeronáutico.*

Es importante destacar que al hablar de comunicaciones móviles se está pensando, generalmente, en un sistema de comunicaciones punto a punto. Aunque también es posible en algunas circunstancias efectuar comunicaciones punto a multipunto, se trata de una configuración especial del servicio que sirve a aplicaciones particulares.

A lo largo de este trabajo, se va a utilizar la definición más amplia sobre comunicaciones móviles y, si bien es cierto que existen sistemas especialmente desarrollados para ofrecer comunicaciones en ciertos entornos, básicamente marítimos y aeronáuticos, en líneas generales no se van a diferenciar los sistemas por el entorno de utilización, sino por las características intrínsecas de los mismos.

Es importante conocer también quién es quién en el panorama de las comunicaciones móviles globales, y cual es el rol que le cabe a cada cual.

- a) **Reguladores, Nacionales e Internacionales.** Son los encargados de establecer “las reglas del juego”. Dado que las comunicaciones móviles utilizan un recurso escaso, como es el espectro radioeléctrico, y al tratarse de un bien público, se deben dictar unas normas mínimas que

protejan no sólo a consumidores y usuarios, sino también que determinen las reglas que aseguren una competencia leal entre empresas. También se debe asegurar la buena utilización del recurso escaso puesto a disposición de los operadores. A escala mundial, la *Conferencia Mundial de Radiocomunicación*, WRC¹, organismo dependiente de la *Unión Internacional de Telecomunicaciones*, ITU², determina cada dos años la utilización y qué se debe hacer respecto del espectro radioeléctrico. Cada administración nacional, basada en las recomendaciones de la WRC, determina su propio uso del espectro. En Chile, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, a través de la Subsecretaría de Telecomunicaciones, administra la gestión del espectro radioeléctrico, al que debe someterse todo operador que utilice el espectro de radio en Chile.

- b) **Clientes y/o usuarios** Los clientes y usuarios constituyen el último, o primer, eslabón en la cadena. Adquieren servicios de telecomunicación a los proveedores de servicio según sus necesidades. La diferencia entre cliente y usuario es que el primero es el que adquiere los servicios, siendo el segundo el que los utiliza. Los clientes y usuarios son los que definen los requisitos finales de servicios de telecomunicación que debe configurar su proveedor de servicio.
- c) **Operadores**. Son las empresas que han conseguido licencia para proveer servicios de comunicación y, por tanto, han podido instalar y operar una red de telecomunicaciones. Su misión consiste en mantener lista la infraestructura que permita la provisión de servicios y el tránsito de tráfico. En Chile se destacan Entel PCS, SmartCom PCS, Telefónica Móvil, Bellsouth.
- d) **Fabricantes**. Son los encargados de implementar los productos y sistemas que permitirán que un operador disponga de una red y que los usuarios dispongan de equipos para conectarse a dicha red. Juegan un papel muy importante en la definición de los sistemas y en el desarrollo de los mismos. Dentro de los fabricantes más famosos y populares en el mercado, se pueden distinguir claramente tres grandes grupos. El líder indiscutido en la empresa Nokia, seguida por la Sueca Ericsson, Motorola y Siemens.
- e) **Proveedores de Servicios**. Son aquellas empresas que funcionan como intermediario entre los operadores de red y los clientes. Los proveedores de servicio adquieren minutos de tráfico a uno o varios operadores de red y configuran paquetes de servicios de telecomunicación, con diferentes características y precios, que venden a los clientes finales. Los proveedores de servicio deben soportar los sistemas de facturación y de atención al cliente.

¹ WRC – World Radiocommunications Conference

² ITU – International Telecommunications Union

1.2. Historia de las Comunicaciones Móviles

La Radiocomunicación pública requiere de técnicas sofisticadas de modulación y transmisión de datos y, por lo tanto, su historia y evolución ha estado siempre ligada al progreso de la tecnología de la Electrónica. La primera utilización de las ondas de radio para comunicarse se efectuó a finales del siglo diecinueve para Radiotelegrafía (en 1880, Hertz realiza una demostración práctica de Radiocomunicaciones; en 1897, Marconi realiza una transmisión de radio a más de 18 millas de distancia) Desde entonces, la radio se convirtió en una técnica ampliamente utilizada en comunicaciones militares. Las primeras aplicaciones públicas de la radio fueron de difusión (primero sonido, luego imágenes): esto es mucho más sencillo que la Radiotelefonía, dado que el terminal móvil es sólo un receptor.

El auge real de los sistemas públicos bi-direccionales de radiocomunicaciones móviles tuvo lugar justo después de la segunda guerra mundial, cuando el uso de la modulación de frecuencia y de la tecnología electrónica, como la válvula de vacío, permitieron el desarrollo de un servicio de telefonía a escala real para vehículos.

Las primeras redes móviles de telefonía se operaban manualmente; es decir, era necesaria la intervención de un operador para conectar cada llamada a la red fija. Además, los terminales eran muy voluminosos, pesados y caros. El área de servicio estaba limitada a la cobertura de un único emplazamiento de transmisión y recepción (sistemas uncelulares) Había muy poco espectro de radio disponible para este tipo de servicios, dado que éste se asignaba fundamentalmente a propósitos militares y a radiodifusión, en particular, televisión. En consecuencia, la capacidad de los primeros sistemas era pequeña y la saturación de los mismos fue muy rápida, a pesar del alto costo de los terminales. La calidad del servicio empeoró rápidamente debido a la congestión y la capacidad de procesar llamadas caía algunas veces hasta paralizar la red.

Entre 1950 y 1980 los sistemas evolucionaron hasta automatizarse y los costos disminuyeron gracias a la introducción de los semiconductores. La capacidad se incrementó un poco, aunque aún era demasiado escasa para la demanda existente: la radiotelefonía pública seguía siendo un lujo para unos pocos.

Durante los años 70, la integración a gran escala de dispositivos electrónicos y el desarrollo de los Microprocesadores abrió las puertas a la implementación de sistemas más complejos. Dado que el área de cobertura de una antena está fundamentalmente limitada por la potencia de transmisión de las estaciones móviles, los sistemas se plantearon con varias estaciones receptoras para una única estación transmisora. Se permitía así la cobertura de un área mayor a costa de una mayor complejidad en la infraestructura.

Pero la verdadera revolución se produjo con los sistemas celulares, donde hay numerosos emplazamientos que tanto transmiten como reciben y sus respectivas áreas de cobertura se solapan parcialmente. Martin Cooper fue el pionero en esta tecnología, a él se le considera como "el padre de la telefonía celular" al introducir el primer radioteléfono en 1973 en los Estados Unidos mientras trabajaba para Motorola.

En lugar de intentar incrementar la potencia de transmisión, los sistemas celulares se basan en el concepto de reutilización de frecuencias: la misma frecuencia se utiliza en diversos emplazamientos que están suficientemente alejados entre sí, lo que da como resultado una gran ganancia en capacidad. Por contra, el sistema es mucho más complejo, tanto en la parte de la red como en las estaciones móviles, que deben ser capaces de seleccionar una estación entre varias posibilidades. Además, el costo de infraestructura aumenta considerablemente debido a la multiplicidad de emplazamientos.

El concepto celular se introdujo por los Laboratorios Bell y se estudió en varios lugares durante los años 70, pero no fue hasta 1979 en que aparece el primer sistema comercial en Tokio Japón por la compañía NTT (Nippon Telegraph & Telephone Corp.)

Así fue como se originaron los primeros sistemas de comunicaciones móviles de carácter público a mediados de los años 80, siendo los principales precursores los organismos de estandarización de Europa, ETSI³ y de Estados Unidos, ANSI/TIA⁴.

Las primeras implementaciones comerciales de estos sistemas se realizaron en los países nórdicos de Europa, cuya especial orografía y demografía permitieron detectar y solucionar los principales problemas tecnológicos de la época. En 1981 se introduce un sistema celular similar a AMPS⁵. Por otro lado, en los Estados Unidos gracias a que la entidad reguladora de ese país adopta reglas para la creación de un servicio comercial de telefonía celular, en octubre de 1983 se pone en operación el primer sistema comercial en la ciudad de Chicago. A partir de entonces en varios países se diseminó la telefonía celular como una alternativa a la telefonía convencional por pares de cobre. La tecnología inalámbrica tuvo gran aceptación, por lo que a los pocos años de implantarse se empezó a saturar el servicio, por lo que hubo la imperiosa necesidad de desarrollar e implementar otras formas de acceso múltiple al canal y transformar los sistemas analógicos a digitales para darle cabida a más usuarios

A estos desarrollos le siguieron las radiobúsquedas, las redes privadas o trunking, y sistemas de telefonía móvil fueron el siguiente paso. Después llegó la telefonía móvil digital, las agendas personales, minicomputadoras, laptops y un sinnúmero de dispositivos dispuestos a conectarse vía radio con otros dispositivos o redes. Y finalmente la unión entre comunicaciones móviles e Internet, el verdadero punto de inflexión tanto para uno como para otro.

³ ETSI – European Telecommunications Standard Institute

⁴ ANSI/TIA - American National Standards Institute/Telecommunications Industry Association

⁵ AMPS - Advanced Mobile Phone System

1.3. Evolución de la telefonía móvil

La evolución tecnológica de los sistemas de comunicaciones móviles permitió de un tiempo a esta parte crear grandes economías de escala que convirtieron al negocio móvil en una de las actividades más lucrativas y competitivas dentro del mercado de las telecomunicaciones para los distintos operadores involucrados en la misma. Estos nuevos modos de comunicación también han modificado los diferentes estilos de vida y las culturas alrededor del globo, convirtiéndose en verdaderos fenómenos sociales.

Normalmente, cuando se habla de la evolución de los sistemas de comunicaciones móviles se hace en término de las distintas generaciones que han transcurrido. Es así como, hasta el momento, tenemos ya tres generaciones transcurridos casi 20 años desde su primera aparición. A continuación se describen cada una de ellas, indicando cada uno de los pasos evolutivos que han sufrido estos sistemas.

1.3.1. Primera Generación (1G) de Sistemas Móviles

Esta generación de sistemas de comunicaciones móviles corresponde a aquellas redes cuyos componentes analógicos tenían la única capacidad de transmitir voz y no permitían el envío de datos. Nacieron en una época caracterizada por la falta de normalizaciones acabadas en los métodos de transmisión y señalización de los sistemas de telecomunicaciones, donde las soluciones tecnológicas satisfacían las necesidades casi exclusivamente locales en una región determinada. En su implantación las operadoras no unificaron sus decisiones, con lo que cada país siguió distintos camino. Es así como surgieron una serie de redes móviles distintas en todo el mundo, que tenían nula interactividad dada su incompatibilidad ya señalada.

Los orígenes de estos sistemas se remontan a Estados Unidos, cuando por los años 70 los Laboratorios Bell comenzaron a desarrollar el sistema AMPS, el que fue lanzado comercialmente en 1983.

Operando en la banda de frecuencia de 800 MHz y 900 MHz con técnicas FDMA⁶ y un ancho de banda por cada canal de 30 KHz en frecuencia modulada FM fue un servicio telefónico móvil totalmente automatizado. Fue el primer sistema móvil estandarizado en el mundo y actualmente uno de los más usados para comunicaciones móviles celulares analógicas. AMPS fue particularmente popular en Estados Unidos, Sudamérica, China y Australia.

Este sistema optimizó el concepto de reutilización de frecuencias reduciendo el consumo de potencia de los terminales. Las limitaciones asociadas a AMPS se pueden resumir en lo siguiente:

⁶ FDMA - Frequency Division Multiple Access

- Limitada capacidad de llamadas.
- Espectro de frecuencia limitado.
- Pobre comunicación de dato.
- Mínima privacidad.
- Inadecuada protección al fraude.

Después surgieron otros sistemas similares al AMPS. Tal fue el caso del TACS⁷, desarrollado por Motorola y cuyo primer lanzamiento tuvo lugar en el Reino Unido en el año 1985. En Japón fue denominado JTAC⁸. Opera en la banda de 900 MHz.

Otro sistema analógico fue el NMT-450⁹, que fue desarrollado especialmente por Ericsson y Nokia para proveer servicios según las condiciones geográficas de los países nórdicos. Tenía un rango de 25 Km de cobertura operando en la banda de 450 MHz y usando técnicas FDD/FDMA¹⁰.

El NMT-900 significó una mejora del sistema anterior acomodándose mas fácilmente a la movilidad de los terminales al tiempo que aumentó su capacidad en la banda de 900 MHz. Finalmente, el N-AMPS¹¹, fue desarrollado por Motorola como una tecnología interina entre los sistemas analógicos y los digitales y cuyo objetivo final era mejorar la pobre capacidad de la red. Esta red aumentó en tres veces la capacidad de la red AMPS agregando la técnica de división de frecuencia FDD FDMA para obtener tres canales en un solo canal de 30 KHz de ancho de banda.

Así, N-AMPS proporciona tres usuarios en un canal AMPS dividiéndolo en tres canales de 10 KHz cada uno.

A pesar de que esto significó una mejora en la capacidad de la red, también provocó una degradación en la calidad de la voz al tiempo que aumentó las probabilidades de interferencia co-canal al verse reducido al ancho de banda del mismo.

Como elemento general, estas redes se caracterizaron por tener terminales aparatosos en tamaño, de elevados costos. Esto impidió que los usuarios de estas crecieran a cantidades elevadas como las que se aprecian en los sistemas actuales.

⁷ TACS – Total Access Communications System

⁸ JTAC – Japan Total Access Communications

⁹ NMT-450 – Nordic Mobile Telephones 450

¹⁰ FDD/FDMA - Frequency Division Duplex FDMA

¹¹ N-AMPS – Narrow Band AMPS

1.3.2. Segunda Generación (2G) de Sistemas Móviles

Se conoce como redes de segunda generación a aquellas cuya arquitectura es totalmente digital. Corresponde a la que se está utilizando en la actualidad. Permite la transmisión de voz, dato y texto a través de las redes digitales.

Estos sistemas nacieron como un primer intento de unificar los distintos sistemas de comunicación móvil existentes en el mundo.

La aparición de estos sistemas significó un salto importante en cuanto al desarrollo tecnológico y a la capacidad de provisión de servicios. Entre otros beneficios de estas redes se pueden mencionar los siguientes.

- Incorporan las capacidades de transmisión de datos a baja velocidad (9,6 a 14,4 Kbit/s)
- Se agrega el concepto de SMS – Short Mesagge Service.
- Aumento en la capacidad de las redes mediante el uso de técnicas avanzadas de uso de frecuencias como el TDMA y uso de códigos como en CDMA.
- Mejora en la calidad de voz.
- Facilidades de gestión de usuarios.
- Mejora en los niveles de seguridad mediante técnicas de codificación y encriptación.
- Capacidades de Roaming¹² Internacional (limitada a redes de la misma tecnología)
- Minimización del consumo de potencia de terminales, al mismo tiempo que resultan más livianos y cómodos de usar y transportar.

A pesar de los avances y deseos de los distintos organismo de estandarización, las diferentes tecnologías 2G no interoperan totalmente entre sí. Hay problemas de Roaming entre redes distintas, además que las bajas velocidades de datos no satisfacen la creciente demanda de usuarios por nuevos y más rápidos servicios de datos.

En la actualidad existen tres grandes sistemas móviles que se han implementado en todo el mundo. El más difundido de ellos es el sistema europeo GSM¹³.

GSM es un estándar desarrollado para resolver los problemas de fragmentación de los primeros sistemas celulares en Europa, siendo elegido por la comunidad europea como el sistema de facto para operar en toda una región para posibilitar el uso de los mismos terminales por parte de los usuarios. GSM fue el primer sistema celular en el mundo en especificar modulación y arquitectura digital y servicios al nivel de red. El núcleo de red es conocido como GSM-MAP y su red radio usa técnicas FDMA/TDMA para dar servicios a los usuarios.

¹² Roaming – Itinerancia (viaje de un terminal al interior de una red, o entre redes)

¹³ GSM – Global System for Mobile Communications

GSM fue introducido inicialmente en el mercado europeo en 1991 en la banda de 900 MHz, extendiéndose rápidamente a otros países del mundo. Al verse sobrepasada la capacidad de la red en un continuo aumento de la demanda, GSM fue adaptado para operar en la banda de 1800 MHz, sistema más conocido como DCS 1800 ó GSM 1800. En algunos países, como Chile, que quisieron implementar servicios PCS, GSM se adaptó a la banda de 1900 MHz y pasó a llamarse GSM 1900. Su implementación en el resto del mundo fue todo un fenómeno, ocupando hoy más del 60 % de todos los sistemas móviles desarrollados y su crecimiento sigue en aumento. Inclusive hoy, cuando los sistemas 3G están a punto de aparecer en el mercado, algunos países han elegido GSM, como Brasil, por ejemplo.

Le sigue en popularidad el sistema TDMA/IS-136, nacido en Estados Unidos como un sucesor del antiguo sistema AMPS y N-AMPS. TDMA es así llamado debido a que las bandas de frecuencias disponibles en la red son divididas en time-slots¹⁴, teniendo cada usuario acceso a un solo time-slot a intervalos regulares. Tres usuarios comparten una portadora de 30 KHz (IS-136) de ancho de banda dividiéndola en tres time-slots. TDMA fue primero especificado como un estándar EIA/TIA Interim Standard 54 (IS-54). TDMA/IS-136 es el estándar de USA usado en las bandas espectrales para comunicaciones celulares en 800 MHz y de PCS de 1900 MHz. TDMA/IS-136, a diferencia de IS-54, utiliza multiplexación por división de tiempo para la transmisión de canales de voz y de control. Los teléfonos IS-136 no son compatibles con los teléfonos IS-54.

Los países latinoamericanos han adoptado mayoritariamente esta tecnología. En Chile, TDMA/IS-136 es utilizada por las empresas Bellsouth y Telefónica Móviles en la banda de 800 MHz.

IS-136A (revisión A) introduce varias características nuevas como ubicación adaptativa de Canal, ACA¹⁵, dependiendo de la calidad instantánea del canal determinada por los niveles de interferencia, la Identificación de Sistema Privado, PSID¹⁶, la cual permite el desarrollo de sistemas privados corporativos de gran escala como multi-ubicación y grupo cerrado de usuarios, dos maneras de SMS (256 caracteres), etc. IS-136B incluye todas las propuestas IS-136+ de la UWC-136 RTT¹⁷ para las funcionalidades de voz y conmutación de circuitos. Notables mejoras son servicios en modo paquetes, Handoff asistido por móvil, SMS mejorado y Roaming inteligente. UWC-136 RTT se basa en IS-136/TDMA y IS-41 WIN.

Aunque nació un poco más tarde, la tecnología CDMA¹⁸, nacida en Estados Unidos, está basada en el protocolo IS-95 desarrollado por QUALCOMM y fue estandarizada por la TIA en julio de 1993. CDMA/IS-95 difiere de las otras dos tecnologías porque usa una técnica de espectro ensanchado para transmitir voz y datos sobre el aire. Mas que dividir el espectro radioeléctrico para separar canales de usuario en

¹⁴ Time-Slot – Ranuras de tiempo (espacio temporal asignado al uso de una cierta frecuencia)

¹⁵ ACA - Adaptive Channel Allocation

¹⁶ PSID - Private System Identification

¹⁷ UWC-136 – Universal Wireless Consortium 136. Estándar radio de Tercera Generación

¹⁸ CDMA - Code Division Multiple Access

trozos de frecuencia o time-slots, la tecnología de espectro ensanchado separa los usuarios asignando códigos digitales a cada uno de ellos dentro del mismo ancho de banda.

Las ventajas de CDMA son la mejora de las capacidades de las redes eliminando el concepto de reutilización de frecuencias para evitar la interferencia entre usuarios de celdas adyacentes. Se incluyen también alta capacidad de usuarios que está limitada por la cantidad de códigos disponibles e inmunidad a la interferencia de otras señales. Como TDMA/IS-136, CDMA opera en la banda de 800 MHz así como en la banda de 1900 MHz.

Otra ventaja de estas redes es que, a diferencia de redes basadas en división por tiempo o frecuencia, que tienen claros límites físicos que impiden el acceso a servicios cuando la capacidad máxima del sistema se ha alcanzado, permite establecer un alto balance entre calidad y cobertura, extendiendo su capacidad a través de una temporaria modificación del sistema cuando se llega a eventos de un Peak de demanda, la que se recupera una vez superada la emergencia.

El trabajo de desarrollo del estándar CDMA es conducido por el CDMA Development Group (CDG), un consorcio de los principales fabricantes y operadores de CDMA formado para estandarizar y promocionar la tecnología CDMA. El CDG ha adoptado formalmente el nombre de CdmaOne™ como un designador de todos los sistemas CDMA basados en IS-95. El término representa un sistema inalámbrico extremo a extremo y las especificaciones necesarias que gobiernan su operación. CdmaOne™ incorpora la interfaz aire CDMA/IS-95, el estándar de red ANSI-41 para conmutación y muchos otros estándares que crean un completo sistema inalámbrico.

La tecnología CDMA/IS-95 maximiza la eficiencia espectral y permite más llamadas a ser transportadas sobre una misma señal portadora de 1.25 MHz de ancho de banda. En un sistema CdmaOne™, a cada señal de voz digital se le asigna una secuencia binaria que maneja la correcta respuesta a la señal al correspondiente receptor. El receptor demodula la señal usando el código apropiado. La señal de audio resultante contendrá solamente la conversación deseada, eliminando cualquier ruido de fondo. Esto permite que más llamadas ocupen el mismo espacio en el canal de comunicación, incrementando la capacidad.

Se debe mencionar que las redes de acceso IS-95/CDMA y IS-136/TDMA sirven a una red central denominada IS-41, mientras que GSM utiliza GSM- MAP.

En la tabla N° 1 se muestran las principales características de las redes 1G y 2G.

Parámetro	AMPS	D-AMPS	GSM	CdmaOne[™]
Frecuencia de operación	800 MHz	800 MHz 1900 MHz	900 MHz – 1800 MHz (Europa) 800 MHz – 1900 MHz (América)	800 MHz – 1900 MHz
Ancho de banda del canal	30 KHz	30 KHz	200 KHz	1,25 MHz
Usuarios por canal	1	3	8	Cerca de 20
Separación de canal	Frecuencia	Frecuencia y Tiempo	Frecuencia y Tiempo	Frecuencia y Código
Arquitectura de red	IS-41	IS-41	GSM-MAP	IS-41

Tabla 1 - Principales características de redes 1G y 2G

1.3.3. Generación 2.5G de Sistemas Móviles

Aunque hemos detallado a cada una de las generaciones que componen la evolución de los sistemas móviles, ha aparecido una generación intermedia, o 2.5G, cuya principal característica es que ha venido a solucionar los problemas y limitaciones de comunicación de datos y uso del espectro en los sistemas 2G siendo una generación interina o intermedia entre 2G y 3G.

Estas redes se implementan sobre las redes 2G ya existentes, y las habilitan para transmitir datos hasta los 384 Kbit/s teóricamente, y viene a constituir la evolución de 2G hacia 3G.

En el caso de las redes con técnicas de acceso del tipo TDMA, como son GSM y TDMA/IS-136, les corresponde las 2.5G como son HSCSD, GPRS y EDGE, de las cuales hablaremos mas adelante.

Por otro lado, las redes CDMA que se marcan también como IS-95-A se mejoran con la incorporación de la interfaz de aire IS-95-B que aumenta las tasas de transferencia de datos en modo paquete y circuito de hasta 115 Kbit/s que se pueden lograr empaquetando hasta 8 canales de datos de 14,4 Kbit/s ó 9,6 Kbit/s ($14,4 \text{ Kbit/s} \times 8 = 115,2 \text{ Kbit/s}$). Algunos operadores de Asia están ya implementando redes IS-95-B.

1.3.4. Tercera Generación (3G) de Sistemas Móviles

La tercera generación aparece en un momento donde las redes 2G están llegando a un punto de saturación de sus capacidades debido principalmente al gran crecimiento de usuarios experimentado últimamente, las nuevas formas de tráfico y la consecuente baja disponibilidad de bandas de frecuencias que soporten dichos servicios. Este ha sido el estímulo para la búsqueda de nuevas tecnologías que permitan aumentar la capacidad de los sistemas existentes.

Por otra parte, la aparición de nuevos servicios en redes fijas y el espectacular desarrollo e implantación de Internet, tanto en el ámbito de la difusión de información como con fines comerciales, potencian la demanda de nuevos servicios de transmisión de datos y multimedia también en el entorno móvil.

Pese a su evolución, los sistemas móviles actuales, diseñados esencialmente para soportar voz y datos con baja capacidad, están limitados en términos de velocidad y flexibilidad para manipular e incluso utilizar amigablemente servicios multimedia. La respuesta a estas nuevas demandas del mercado viene de la mano de la tercera generación de telefonía móvil.

La tercera generación o 3G es aquella que, por tanto, marca otro cambio tanto cuántico y cualitativo en comparación con las dos generaciones anteriores. Aparecen otros conceptos asociados a la capacidad de servicios, la que se amplía enormemente. Se produce la integración entre las redes fijas y móviles sobre una plataforma común, fundamentalmente IP, para proveer servicios de acceso a Internet e Intranet, mejorando el Roaming entre redes y se logra la integración de todas las redes que soporten esta generación. Por otro lado, las nuevas técnicas de modulación y utilización del espectro más eficientes permiten la provisión de accesos de hasta 2 Mbps. Por último, un mercado enfocado principalmente a la tecnología pasa a ser manejado por la capacidad de las redes de ofrecer una multiplicidad de servicios adaptables a las necesidades de los usuarios.

La tercera generación se caracteriza por usar principalmente una interfaz radioeléctrica basada en CDMA, con tres modos distintos de acceso: CDMA Direct Spread, CDMA Multi Carrier, y CDMA Time Division. Existen otras modalidades basadas en técnicas TDMA y FDMA, como son la TDMA Single Carrier (usada por la red UWC-136) y FDMA/TDMA (usada por la red DECT).

Forman parte de la familia de sistemas 3G las redes basadas tanto en el núcleo de red GSM evolucionado, GSM-MAP, como es UMTS, y aquellas basadas en la red ANSI-41 usada por CDMA-2000 y UWC-136. Por último el sistema DECT.

El primer desarrollo comercial de servicios 3G se produjo en Japón, cuando el 1 de Octubre de 2001, la empresa NTT DoCoMo lanzó su servicio FOMA¹⁹ basado en W-CDMA que sucede al i-mode para dar servicio sólo en el área de Tokio. FOMA brilla por ser el servicio 3G pionero en todo el mundo, envidia de los operadores europeos, y por la gran variedad de servicios que ofrece como, por ejemplo, la teleconferencia.

1.3.5. Cuarta Generación (4G) de Sistemas Móviles

La cuarta generación es un proyecto a largo plazo que será 50 veces más rápida en velocidad que la tercer generación. Se planean hacer pruebas de esta tecnología hasta el 2005 y se espera que se empiecen a comercializar la mayoría de los servicios hasta el 2010.

¹⁹ FOMA - Freedom Of Mobile Multimedia Access

1.3.6. Alcances generales sobre la evolución hacia 3G

En líneas generales se puede decir que la primera generación analógica de sistemas de comunicación móvil se desarrolló en los años ochenta y que tuvo como objetivo primordial dar soporte a comunicaciones de voz. La 1G fue seguida por una segunda generación digital que proporcionó avances significativos en cuanto al número de suscriptores asignados a una frecuencia dada, la seguridad y calidad de la voz, y además conformó las bases para la prestación de otros servicios como la transmisión de datos.

Actualmente el mercado de comunicaciones móviles usa ampliamente redes de segunda generación o 2G. Es interesante, por tanto, establecer cuales serán las diferencias que se percibirán en los servicios cuando las redes 3G hagan su aparición en el mercado. Las características generales de las distintas generaciones se describen en la tabla N° 2.

Podemos entonces establecer relaciones comparativas entre las redes móviles de próxima generación y las actuales. Los servicios móviles tanto 2G como 3G suministran servicios de comunicaciones a usuarios móviles, basándose en redes celulares, con capacidad de itinerancia nacional e internacional. Mientras que los servicios móviles 2G proporcionan básicamente servicios simétricos de baja capacidad, principalmente de voz, con cierta extensión a los servicios de datos, el objeto de los servicios móviles 3G es suministrar además de estos, servicios del tipo multimedia, que requieren grandes volúmenes de información a altas velocidades (hasta 2 Mbit/s) entre terminales inalámbricos y la red fija.

1º Generación	2º Generación	3º Generación
Celular análogo (banda individual)	Celular digital (modo dual - banda dual)	Multi-modo, multi-banda (radio definido por software)
Solo comunicaciones de voz	Voz + dato	Servicios evolucionados (alta velocidad, voz mejorada, movilidad multimedia)
Sólo Macro-celda	Macro-micro-pico celdas	Mega-macro-micro-pico celdas
Cobertura en exteriores	Cobertura en interiores – exteriores	Cobertura Global Integración con PSTN, PDN, WIN Internet
Enfocado a clientes business	Enfocado a cliente business + consumidor	Subscriber de comunicaciones globales: Virtual Personal Networking
Diferente a la PSTN	Complementario con la PSTN	Redefinición de roles y responsabilidades de sectores publico y privado

Tabla 2- Evolución del mercado móvil

En los sistemas 3G, las velocidades de datos hacia y desde los usuarios individuales pueden variar mucho, lo cual influye un tanto en la tecnología (FDD y TDD) a aplicarse para el uso eficiente del limitado espectro radioeléctrico disponible. La 3G mejora la capacidad y gestión de Roaming internacional a usuarios de teléfonos móviles que actualmente pierden conexión o tienen que recurrir a complicados procedimientos cuando viajan a otros países debido al intrincado laberinto de normas móviles en uso por

diferentes países, haciendo uso de bandas de frecuencia homologadas en las tres regiones de las ITU (América corresponde a la región 2) y de tecnologías de transmisión radio diferentes aunque compatibles entre sí.

1.4. Estado del arte de las comunicaciones móviles

En esta sección se presenta el análisis del estado del arte de las comunicaciones móviles, tanto en el ámbito nacional como internacional, considerando aspectos de mercado, tecnológicos, servicios y aplicaciones.

1.4.1. Mercado Global de comunicaciones móviles

Hoy en día los sistemas de comunicaciones móviles se encuentran muy desarrollados y extendidos por todo el mundo y su implementación comercial resulta ser todo un éxito. La digitalización permitió aumentar la capacidad de las redes, bajar los costos de operación, mejorar la entrega de servicios asociados a nuevas metodologías de suscripción, y bajar los costos de los terminales. Esto produjo un enorme éxito a escala mundial.

En cuanto a los servicios, el mercado móvil está predominantemente orientado a servicios de voz, por lo que el principal y más popular servicio ofrecido por los operadores es el servicio telefónico. Este ha sido el factor decisivo para el desarrollo de las redes móviles hasta ahora, pues los usuarios deseaban comunicarse en cualquier momento y en cualquier lugar. En cuanto a servicios de datos, estos no están muy desarrollados debido principalmente a las limitantes tecnológicas de las redes. Ejemplo de servicios de datos es el SMS²⁰ (servicio de mensajes cortos) que es básicamente un servicio extra que ha tenido un gran crecimiento durante los últimos 2 años especialmente en Europa y Asia, donde en muchos países los subscriptores están gastando más en SMS que en voz. Por ejemplo, según la GSM Association, en septiembre de 2001 se enviaron 750 millones de mensajes SMS en todo el mundo.

Este crecimiento de la telefonía móvil se ve reflejado en el gráfico N° 1 que representa la evolución y proyecciones del mercado. Mientras que el año 2000 terminó con cerca de 650 millones de abonados móviles en todo el mundo, el año 2001 terminó con cerca de 850 millones de usuarios. Hoy se sabe que en abril de 2002 se llegó a los mil millones de usuarios, esto según los datos entregados por la EMC World Cellular Database.

²⁰ SMS – Short Message Service

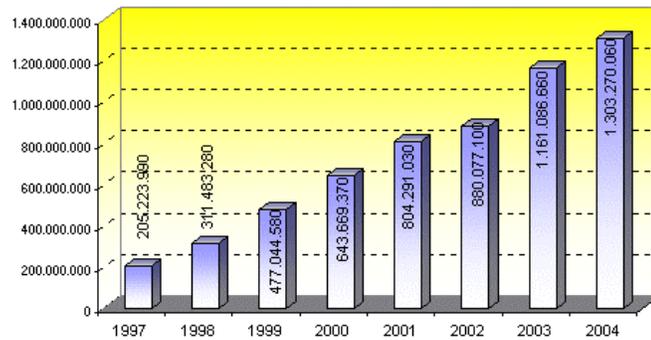


Gráfico 1-Crecimiento de la telefonía móvil a escala mundial. Fuente: Telecompetition Inc

La ITU, en el World Telecommunications Development Report 1999, predijo que serían más los usuarios móviles que los fijos cerca del año 2007. Las estimaciones actuales indican un punto de inflexión durante el año 2002. Si así fuera realmente, esta discrepancia ilustra de hecho que los pronósticos de las tasas de penetración móvil se incrementa inexorablemente con el tiempo.

De igual manera se desprende que el mercado es peligrosamente hipotético, y prueba de ello es el proceso de adjudicaciones de licencias 3G en Europa, donde se gastaron más de 100.000 millones de dólares en la adjudicación de las bandas de frecuencias asignadas para IMT-2000, en un momento donde los valores tecnológicos estaban muy altos, pero, debido a diversas razones, como por ejemplo el retraso en la fabricación de infraestructura y terminales, problemas de regulación local y regional, entre otros, aún no han podido ser utilizadas y no se sabe a ciencia cierta cual será la demanda de los usuarios por servicios de tercera generación, por lo que las inversiones pueden desembocar en una debacle económica en al región. Las proyecciones de esta entidad se muestran en el gráfico N° 2.

No obstante, el fuerte crecimiento de la telefonía móvil puede explicarse por varias razones. Una de ellas es la modalidad de pago adoptada en muchos países; los sistemas bajo el modelo Calling Party Pays, o “Quien llama Paga”, permitieron que la cantidad de usuarios creciera enormemente, puesto que el pago de una llamada entrante no era responsabilidad del suscriptor. Por otro lado, las tarjetas de prepago permitieron incrementar la penetración en un segmento medio que no era capaz de asumir un costo como el de pospago, y que en definitiva, constituye en promedio, más del 60% de todos los abonados móviles en todo el mundo.

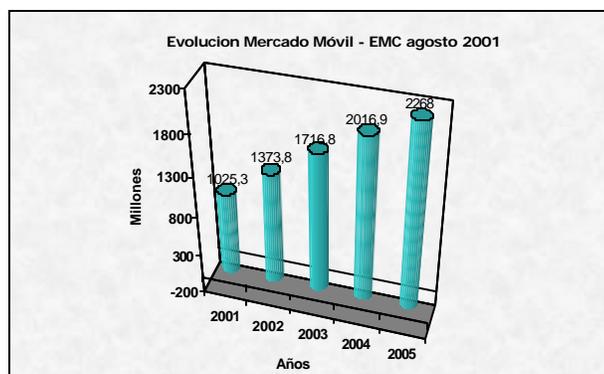


Gráfico 2 - Proyecciones de mercado móvil global. [Fuente: EMC; Junio 2001]

El mercado también se vio beneficiado con las economías de escala creadas a partir de la adopción de la tecnología GSM por parte de la comunidad europea como el estándar de facto para las comunicaciones móviles de la región. Esto facilitó el Roaming, y sus fortalezas fueron adoptadas también por otros mercados en el mundo, lo que permitió que esta tecnología se expandiera rápidamente por el globo. Esto permite a GSM tener el control de casi el 70% de todo el mercado global de comunicaciones móviles a octubre de este año. (Fuente: EMC World Cellular Database).

1.4.2. Principales servicios

En cuanto a los servicios, los operadores actualmente están en una etapa de madurez y consolidación de lo ganado, donde la provisión de nuevos servicios que den valor agregado al servicio móvil tradicional puede crear la diferencia.

En este sentido existe pleno acuerdo de que hoy en día la palabra fundamental es "servicios", entendiendo a tales como contenidos nuevos, de vanguardia, útiles, pero sobre todo interesantes, capaces de atraer y conquistar al usuario. Con demasiada frecuencia los operadores han intentado vender sus servicios impulsados por una tecnología más que por sus capacidades. Está claro que hoy lo que quieren los usuarios son servicios y la utilidad que estos le puedan prestar. Es así como los operadores de todo el mundo está buscando y barajando las opciones más plausibles de adoptar a la hora de elegir una tecnología para proveer servicios avanzados de comunicaciones móviles.

Los servicios basados en WAP, a pesar de llevar ya varios años en el mercado, no han tenido el éxito que se esperaba, fundamentalmente por los altos costos asociados a la técnica de tarificación, que es similar al costo de una llamada telefónica, lo que impide la navegación prolongada y el uso de los servicios que se proveen. A esto se suma la lentitud con que se desarrolla esta experiencia. Según los

expertos, esto cambiará con la llegada de nuevos terminales y la implementación de redes de paquetes como GPRS y las redes 3G.

En Chile, la aceptación de los servicios WAP ha seguido la misma línea que en la mayoría de los países del mundo, y su tráfico es tan marginal que apenas se le considera en las estadísticas entregadas por la Subtel en Abril de 2001. Se estima que no más de 5000 usuario WAP existen en estos momentos.

Este fenómeno también se puede explicar por la baja en el crecimiento del sector de las telecomunicaciones a escala mundial, cuyos efectos también han tocado a la industria móvil. Los ingresos por concepto ARPU²¹ han descendido drásticamente, indicando una clara tendencia en términos de que la mayoría de los usuarios usan sus teléfonos casi exclusivamente para recibir llamadas.



Gráfico 3 - Preferencias multimedia de los usuarios. Caso Actual iMode [Fuente UMTS Forum]

Distinto al WAP es el caso del servicio I-Mode, que ofrece la operadora nipona NTT DoCoMo. Desde su lanzamiento en diciembre de 1999 hasta la fecha, suma más de 30 millones de abonados, la mitad de todos los móviles que hay en ese país. El paquete de servicios I-Mode lo constituyen el e-mail, juegos en línea, navegación en Internet, entre otros. La clave de su éxito está en la facilidad de uso, lo atractivo de los terminales, los modelos de tarificación, basados en la cantidad de tráfico cursado y no en el tiempo de conexión. Todo esto a pesar de la velocidad de conexión que no supera los 9,6 Kbps sobre la variante GSM nipona. A esto se suma una variable cultural, donde los japoneses son más dados a la tecnología. Debido al gran éxito de I-Mode, NTT DoCoMo ha decidido exportar el servicio y ya tiene acuerdos con operadores europeos y estadounidenses para llevar fuera de Japón a este famoso servicio. En el gráfico N° 3 se muestran gráficamente las preferencias multimedia de los usuarios i-mode.

²¹ ARPU – Average Revenue Per User. Ingreso promedio por usuario

La tendencia a la baja del indicador ARPU en Europa, USA, y Asia, principalmente, debido al aumento de la competencia en los mercados regionales, permanecerá durante algún tiempo y se recuperará con la aparición de los servicios de datos con la 2.5G y 3G.

Un indicador importante también a considerar es que aunque los precios de los servicios han bajado dado las economías de escala y la alta competencia, aun permanecen siendo más altos competitivamente hablando que los de la red fija. En mucho países, especialmente de Europa, la capacidad de las redes móviles está llegando a un punto de saturación, razón por la cual se está solicitando a las administraciones respectivas el aumento del espectro asignado para su operación. Un hecho similar ocurre en Chile, donde parte del espectro de la banda de 1900 MHz, se ha destinado para su licitación a quienes se adjudiquen la subasta por los 30 MHz que han solicitado algunos operadores que tiene poca capacidad sobrante en sus redes como son Telefónica Móvil y Bellsouth.

1.4.3. Escenario Latinoamericano

En Latinoamérica el gran impulsor del desarrollo de la telefonía móvil es la pobre penetración de la telefonía fija. Mientras un europeo o estadounidense escoge la telefonía celular como un servicio suplementario, en la región es el único servicio. La telefonía móvil ha sido el primer mercado competitivo en la región y ostenta la mayor tasa de crecimiento anual de la última década por encima de cualquier otro servicio de telecomunicaciones aún en el contexto de dinamismo y crecimiento que en la última década produjo el proceso de privatizaciones de las redes públicas.

En el ámbito regional latinoamericano, la telefonía móvil es un escenario bastante complejo. Hay diferencias de atribución de bandas, de tecnologías y de marcos regulatorios. La existencia de estándares distintos, luego de un primer período de plena armonía cuando Latinoamérica estaba alineada con la tecnología de Estados Unidos, ha traído problemas, luego que las autoridades locales dejaran, a diferencia de Europa, que fuera el mercado quien decidiera la mejor tecnología.

Lo más obvio es la incapacidad de algunas redes de aceptar los abonados visitantes (Roaming) dada la selección de una banda diferente en cada país de la región para los sistemas GSM, TDMA/IS-136 y cdmaOne™. Las opciones de Roaming se adoptan con normas diferentes, soluciones costosas, pocas opciones de terminales y una competencia limitada entre proveedores, lo que limita la posibilidad de crear un amplio mercado común para el consumo de bienes de alta tecnología a menor precio. Existen también mayores problemas para intercambios de experiencias, el uso de recursos comunes, economías de escala, etc.

Para solucionar los problemas de Roaming, la GSM Association creó en junio del año 2000 el GSM Global Roaming Forum, que tiene como misión crear estándares de interoperabilidad entre GSM y el resto de las tecnologías: TDMA, CDMA, TETRA e iDEN. El foro está compuesto por cuatro grupos de

trabajo: GAIT (GSM Handset Interoperability Team), encargado de la interoperabilidad entre GSM y TDMA/IS-136; G-95, encargado de unir a los estándares GSM y CDMA; GSM Tetra; y GSM-iDEN. Todos ellos trabajan en especificaciones en las áreas de cobro, comerciales, redes, tarjetas inteligentes y terminales, así como realizar pruebas de interoperabilidad. En este mismo aspecto, la asociación GSM aprobó lo que se conoce como Brokers, que consiste en grandes operadores mundiales con los cuales se hacen los contratos, de modo de evitar que cada operador realice convenios con todos los otros, y de esa manera converger en materia de cobro, entre otros.

El año pasado se completó el proyecto GAIT. Con las especificaciones técnicas y comerciales terminadas y en manos de los operadores, solo restaban que aparecieran los terminales. Hoy en día Nokia ha presentado un terminal que espera comercializar durante el primer semestre del 2002.

Los terminales GAIT pueden tener buena acogida de los fabricantes gracias a que muchos operadores de USA han decidido migrar hacia 3G vía GSM/GPRS. Esto da más tiempo para que las redes TDMA/IS-136 sigan funcionando por unos años permitiendo hacer Roaming con GSM.

Desde 1999 la penetración de la telefonía celular en Latinoamérica ha registrado números espectacularmente altos. En países como Chile, Venezuela, México y Paraguay la penetración de la telefonía inalámbrica ya ha superado a la fija en apenas seis años.

Este crecimiento no ha sido compensado por un incremento proporcional en los ingresos medios por suscriptor (ARPU, por sus siglas en inglés) ni por el número de minutos de uso. Esto se explica por la intención de los operadores de captar mercado a toda costa, adquiriendo cada vez más usuarios de prepago de bajo poder adquisitivo.

Los operadores se han preocupado en demasía en la adición de nuevos usuarios, independientemente del tipo de cliente que estaban adquiriendo, en vez de atender, adquirir y servir a aquellos que les den la mayor rentabilidad. Esta actitud es explicable en regiones donde aun no se ha alcanzado el 20 % de penetración. Esta reducción del ARPU hace a las redes menos eficientes a la hora de generar ingresos y cada vez cuesta más adquirir más usuarios por la alta competitividad del mercado y los altos costos por publicidad, entre otros. Por ello, cuando más se avanza en la penetración de los servicios celulares, más se agudiza la pérdida de la rentabilidad de las redes. Incluso hay operadores que ya han empezado a eliminar a aquellos suscriptores que menos uso hacen de la red.

La alta competitividad y la guerra de precios también atentan a favor de la deserción de usuarios. Por ello, los operadores están modificando su estrategia dándole prioridad a la retención de aquellos usuarios que más usan y gastan en los servicios de telefonía móvil. Para ello se han implementado nuevos servicios actualizando sus redes con la última tecnología disponible para diferenciarse de la competencia. Este es el caso de Entel PCS en Chile.

En Latinoamérica aún no se han alcanzado los niveles de saturación para el mercado de voz que se aprecian en mercado más maduros. Aún así, el nivel de deserciones está en el 29 % según la consultora

Pyramid. Chile es el país con mayor tasa de deserción con un 36 % en el 2001, seguido por México con 35 % durante el mismo periodo. Argentina y Venezuela estaban en 19 % cada uno el año pasado.

A los factores que impulsan a la deserción, se suman a la alta competitividad existente, la poca transparencia en las facturas, la cobertura y servicios de Roaming y el prepago, entre otros.

En la región se estima que de media un 68 % de los suscriptores pertenecen a este segmento, y se espera alcancen el 86 % en el 2006. En Venezuela, el 90 % de la base de suscriptores de la empresa Movilnet son de prepago y en Chile SmartCom PCS más del 70 %.

Por otro lado, el 20 % de los clientes genera el 80 % de los ingresos de los operadores, y de este 20 %, del 50 % al 80 % son corporativos o de negocios. De esto se desprende que los usuarios a cuidar en un ambiente como el que se está creando en Latinoamérica es el corporativo. Estos clientes históricamente son más difíciles de conseguir, pero a su vez más leales. A su vez, cuando estos deciden dejar a un operador, recuperarlos suele ser más difícil aún.

En la actualidad, el mercado latinoamericano está experimentando un fuerte crecimiento, pero no con carácter homogéneo, ya que se aprecian diferencias regionales bastante notables.

La previsión de abonados móviles en América Latina a finales del presente año puede oscilar entre 105 y 120 millones de usuarios. No obstante, las tasas de desempleo, el déficit fiscal, el endeudamiento externo y la disminución de las inversiones extranjeras representan un freno para conseguir cuotas de telefonía celular elevadas en un futuro próximo.

En cuanto a materia regulatoria los países en su mayoría han seguido políticas distintas, tanto en su concepción como en los resultados obtenidos. En este sentido se pueden describir dos casos puntuales, el de Chile y Argentina: el modelo chileno se basa en la apertura del sector a la competencia, ausencia de subsidios cruzados, tarifas alineadas con los costos, ausencia de inversiones obligatorias y metas de penetración. Se ha logrado llevar gran cantidad de teléfonos a zonas alejadas de los centros urbanos.

En el caso del argentino se basa en una distorsión tarifaria que privilegia la redistribución de ingresos entre la competencia y la inversión. Ha permitido un importante aumento de la cantidad promedio de teléfonos cada cien habitantes, en cambio la mitad norte sigue con tasas muy bajas de penetración. El modelo de "desregulación" adoptado por el gobierno puede acentuar las diferencias regionales existentes privilegiando la inversión en los grandes centros urbanos del país privando al resto del interior de las ventajas de la competencia y la apertura.

1.4.4. Nuevas implementaciones

En cuanto a nuevos desarrollos de servicios, los servicios sobre WAP esperan la llegada de las redes 2.5G como son GPRS y cdma2000 1X-RTT para poder sobrellevar las dificultades que le han impedido tener mejor performance.

En este sentido, en el mundo ya se están llevando a cabo desde el año pasado las primeras implementaciones comerciales de servicios basados en GPRS, para el caso de operadores de redes GSM y TDMA/IS-136 (más de 60 en operación en todo el mundo y más de 30 por entrar en operación – fuente www.cellular-news.com), mayoritariamente en Europa y parte de Asia y Australia. La provisión de infraestructura en muchos casos es compartida por varios fabricantes, entre los que más se destacan son Nokia, Motorola, Ericsson, Nortel Networks y Siemens. En Sudamérica, el primer país en implementar servicios 2.5G fue Entel PCS al instalar una red GPRS Ericsson sobre su red GSM cubriendo inicialmente las regiones Metropolitana y Valparaíso con una orientación de mercado dirigida inicialmente al segmento empresarial-corporativo.

Por otro lado, la opción cdma2000 1X-RTT está siendo desarrollada principalmente en países asiáticos como China, Corea y Japón. En Corea, los operadores SK Telecom y LG Telecom fueron los primeros en lanzar cdma2000 1X-RTT en octubre del 2000, logrando captar hasta hoy la nada despreciable cantidad de 3 millones de usuarios.

En Chile, a fines de noviembre de 2001, Smartcom PCS y Nortel Networks realizaron la primera llamada de voz y datos para la fase inicial de 3G en América Latina, haciendo uso de la solución comercial cdma2000 1X-RTT de Nortel Networks que proporciona soporte a velocidades de transmisión de datos de hasta 153,6 kbps. Recientemente, la operadora venezolana Movilnet C.A Telecomunicaciones firmó un acuerdo con Lucent Technologies por U\$150 millones para levantar una red 3G basada en cdma2000 1X-RTT de cobertura nacional para complementar la red TDMA/IS-136 del operador.

Según datos del CDG entregados en Junio de 2002, ya son 10 millones de usuarios los que cuentan con un teléfono de avanzada generación utilizando esta tecnología. Además, las cifras anunciadas por el CDG dicen que son 1,5 millones de nuevos usuarios los que se suscriben a servicios de cdma2000 1X-RTT en alguno de los 15 operadores que han lanzado esta red en el mundo. Asegura que el 98 % del mercado de la 3G pertenece a usuarios de cdma2000.

El mismo organismo indica que los ARPUs de las empresas coreanas han crecido en 4,5 veces con los servicios sobre 1X-RTT. Tal es el caso, que los usuarios de FOMA (W-CDMA) llegan a 112.000, mientras que los usuarios de KDDI son del orden 700.000. Esto solo en 7 meses desde su lanzamiento.

Pese al retraso en el lanzamiento de redes 3G UMTS, ya se están llevando a cabo los contratos de provisión de infraestructura 3G en países de Europa y Asia principalmente, pues fue en estas regiones del globo donde primero se realizaron las subastas de espectro radioeléctrico para redes 3G. NTT DoCoMo fue la primera empresa en lanzar servicios 3G en Japón a partir del 1 de Octubre del 2001

vendiendo los primeros teléfonos 3G del mundo. Estos tienen problemas de baterías, las que deben cargarse cada noche, y sus precios, aunque subsidiados por DoCoMo, oscilan entre los US\$160 y US\$475, unos \$110.000 a \$335.000 pesos chilenos. El terminal más apetecido por los japoneses es también el más caro que permite videoconferencia.

1.4.5. Mercado tecnológico

En lo que se refiere al mercado tecnológico, el liderato en implementaciones y ventas lo lleva GSM, con casi 600 millones de usuarios en el mundo en 171 países y con más de 470 redes operativas, de las cuales 125 están en Europa, a noviembre de 2001 (fuente: GSM World). En el gráfico N° 4 se muestra la distribución de tecnologías en el mundo y sus tasas de penetración. GSM constituye el 66 % de las tecnologías. Le sigue cdmaOne™ con implementaciones principalmente en USA, parte de Latinoamérica, y países de Asia como Japón, Corea y China. Las redes TDMA/IS-136 se utilizan solo en USA y Sudamérica con una participación de 12 %.

La tendencia mundial es que desaparezca TDMA/IS-136 y PDC, junto con otras tecnologías móviles, a favor del dominio creciente de GSM y el crecimiento de cdmaOne™ en menor escala.

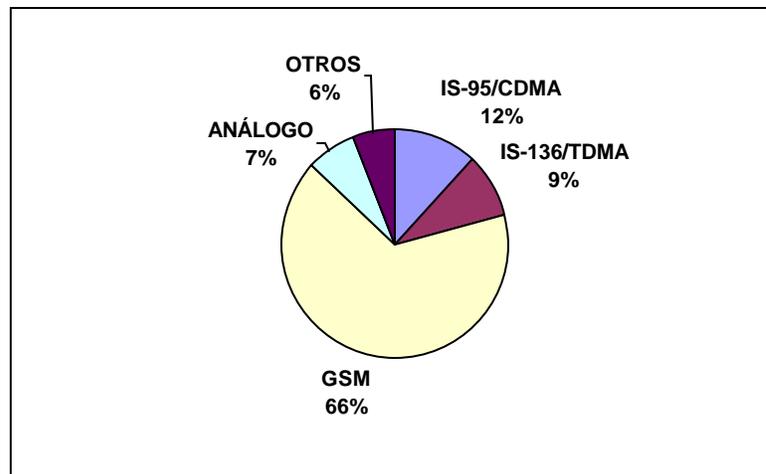


Gráfico 4 - Distribución global de tecnologías de redes móviles. [Fuente GSM World: Noviembre 2001]

La mayor parte de América Latina ha utilizado los sistemas de comunicaciones celulares desarrollados en Estados Unidos como AMPS para la primera generación de teléfonos móviles, y TDMA/IS-136 y cdmaOne™, para la segunda. La que más ha evolucionado ha sido TDMA/IS-136, con una cuota de abonados de 43,5 millones, seguida de cdmaOne™ (23,6 millones), AMPS (13,2 millones). En último lugar, GSM (3 millones). Las previsiones para el año 2006 apuntan a la desaparición de la tecnología

AMPS y el liderato de GSM en Latinoamérica, con un porcentaje de penetración que puede superar el 36%, según la estimación de Yankee Group. Esto porque el sistema GSM, que presenta dos claras ventajas sobre TDMA/IS-136: por una parte, la posibilidad de realizar Roaming mundial es más cercana y, por otra, la evolución hacia los estándares 2,5G y 3G en cuanto a infraestructura y terminales está más desarrollada que para TDMA.

Tecnologías	Número de Usuarios (millones)
GSM	684,2
CdmaOneTM	123,4
TDMA	100,7
PDC	58,7

Tabla 3 - Número de usuarios móviles en el mundo a mayo de 2002 [Fuente:www.gsmworld.org]

Por ello, algunos países, como Chile, Bolivia y Paraguay, ya cuentan con operadores que utilizan GSM, y otros como Argentina y Brasil han anunciado la próxima implantación de esta red.

La tabla N° 3 muestra la penetración de las distintas tecnologías móviles a mayo de 2002, según datos obtenidos de distintas fuentes.

El país más avanzado en servicios de telefonía móvil, Japón, llegó en octubre de 2001 a los 66 millones de usuarios, lo que representa un incremento del 17% respecto al mismo mes del año anterior. De estos datos se deriva que casi la mitad de la población total del país tiene móvil. 46,1 millones disponen de teléfonos con acceso a la Internet.

China se ha convertido en el primer país del mundo en usuarios de teléfonos móviles, al superar el año 2001 los 140 millones de usuarios, según el Ministerio de Industria e Información de ese país. En segundo lugar queda ahora Estados Unidos, con 123,2 millones de usuarios.

Al mismo tiempo, Taiwán es el país que posee la tasa de penetración de teléfonos móviles más alta en el mundo, con un 100,7 %, esto de acuerdo a lo indicado por el ministerio de transporte y comunicaciones de ese país. A abril de 2002, en Taiwán había más de 22,6 millones de teléfonos móviles. En 1998 había solo 2 millones de líneas móviles.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las bandas de frecuencias utilizadas actualmente por los sistemas de comunicaciones móviles de segunda generación. Además se entregan las técnicas de acceso múltiple, número de canales, la tasa de datos por canal, y las técnicas de modulación.

Parámetro	CDMA (IS-95)	GSM	DCS-1800	PCS-1900	TDMA (IS-136)	PDC
Rx (MHz)	869-894	925-960	1805-1880	1930-1990	869-894	810-826
Tx (MHz)	824-849	880-915	1710-1785	1850-1910	824-249	940-956
Rx (MHz)						1429-1453
Tx (MHz)						1477-1501
Método acceso	CDMA/FDM	TDMA/FDM	TDMA/FDM	TDMA/FDM	TDMA/FDM	TDMA/FDM
# de Canales	20	175	374	300	822	1600
Separación de canales	1250 KHz	200 KHz	200 KHz	200 KHz	30 KHz	25 KHz
Tasa por Canal	1.2288 Mbps	270.833 Kbps	270.833 Kbps	270.833 Kbps	48.6 Kbps	42 Kbps
Modulación	$\pi/4$ DQPSK	GMSK	GMSK	GMSK	QPSK/OQPSK	$\pi/4$ DQPSK

Tabla 4 - Parámetros generales utilizados por sistemas 2G

CAPITULO II. Sistemas Móviles de Tercera Generación

2.1. Antecedentes

Diferentes organizaciones están involucradas en las actividades de estandarización de las IMT-2000, todas ellas bajo el auspicio de la ITU: reguladores, cuerpos de estandarización regionales e internacionales, operadores y fabricantes.

El camino de la estandarización de las IMT-200 se inició hace más de 10 años atrás, cuando la ITU estableció el Interim Working Party 8/13 en 1985, un momento donde la telefonía celular estaba en su infancia y los teléfonos de mano recién empezaban a aparecer. Esta iniciativa fue llamada Future Public Land Mobile Telecommunications Systems (FPLMTS), la que en 1996 fue denominada IMT-2000 – International Communications Systems, para hacerla más fácil de pronunciar, a la vez que hacía referencia al año en que se esperaba la definición final del estándar.

El trabajo inicial lo desarrolló el ITU-R Special Task Group 8/1 ó Grupo de Tareas Especiales 8/1, dependiente del Departamento de Radiocomunicaciones de la ITU, la ITU-R.

El desarrollo tecnológico permitiría disponer en un tiempo prudente de los dispositivos de mano apropiados para brindar los servicios de tercera generación. En tanto, la tarea prioritaria fue establecer y asegurar la disponibilidad de espectro radioeléctrico a escala global y la definición de las interfaces aéreas, de manera de facilitar la implementación de los sistemas 3G, acelerar el otorgamiento de las licencias respectivas por parte de los entes reguladores locales y/o regionales, permitir la reutilización de espectro ya existente por los operadores actuales.

El trabajo inicial se enfocó entonces en preparar los requerimientos de espectro para las IMT-2000, que fueron analizados en la WRC-1992²², en la cual se identificó un rango de 230 MHz de espectro radioeléctrico, sin asociarlo a ninguna tecnología, en las bandas de 1885 – 2025 MHz y 2110 – 2200 MHz identificadas para los servicios públicos IMT-2000, incluyendo componentes satelitales y terrestres. Las bandas para la componente satelital para estos sistemas están comprendidas entre 1980 – 2010 MHz y 2170 – 2200 MHz. Esta decisión se fundó en un modelo en el cual los servicios de telefonía se consideraban la fuente de tráfico principal (165 MHz) y sólo se tenían en cuenta adicionalmente los servicios de datos a baja velocidad (65 MHz).

²² WRC-1992 – Conferencia Mundial de Radio de 1992

En particular, la aparición de Internet, Intranet, el E-Mail, el comercio electrónico y los servicios de vídeo han elevado considerablemente las esperanzas del usuario en cuanto a las bondades de las redes y los terminales y, por ende, el ancho de banda del canal móvil. Esta mayor demanda de servicios de banda ancha, junto con el aumento fenomenal de la penetración de las comunicaciones móviles en la población mundial, creó la necesidad de un espectro adicional para las IMT-2000, que la ITU, a través del Task Group 8/1 de la ITU-R calculó en 160 MHz por encima y además de las bandas identificadas para la componente terrestre IMT-2000 en cada una de las tres regiones ITU.

Finalmente, en la WRC-2000, celebrada en Estambul en Junio de 2000, se aprobaron los requerimientos de espectro adicionales para IMT-2000. La tabla N° 5 agrupa la totalidad del espectro asignado a IMT-2000.

División del espectro radioeléctrico	Asignación de espectro	
	Terrestre	satelital
Por debajo de 1 GHz	806 – 960 MHz	
Por sobre 1 GHz	1710 – 1885 MHz	
	1885 – 1980 MHz	1980 – 2010 MHz
Por sobre 2 GHz	2010 – 2025 MHz	
	2110 – 2170 MHz	2170 – 2200 MHz
	2520 – 2670 MHz	2500 – 2520 MHz
		2670 – 2690 MHz

Tabla 5 - Espectro asignado en la WRC-1992 y WRC-2000 para IMT-2000

En las bandas de 800 MHz y de 1800 MHz funcionan actualmente la mayoría de los sistemas de segunda generación. Así esta decisión se orienta a facilitar la evolución en el tiempo de estos sistemas a los de tercera generación. La banda de 2,5 GHz completa la banda de la gama 2 GHz ya identificada para las IMT-2000 en 1992.

En la figura N° 1 se muestra una comparación entre las bandas asignadas por la ITU para IMT-2000 y las bandas usadas actualmente en las principales regiones del mundo, mientras que en la figura N° 2 se describe una comparación entre las bandas asignadas por Subtel a IMT-2000 con las de sistemas PCS en la banda de 1900 MHz (ver sección 6.1.1.1)

Además, la Conferencia identificó bandas de frecuencias adicionales para el componente de satélite de las IMT-2000. Ello dará ocasión a los sistemas de satélite que funcionan en estas bandas para proporcionar servicios IMT-2000, a reserva de las disposiciones reglamentarias aplicables al servicio móvil por satélite.

Por otro lado, el tema de la capacidad de las redes de acceso radio, o la interfaz de radio para cada sistema compatible con IMT-2000, debía seguir la línea de la homologación de normas de manejo del espectro para cumplir con los servicios 3G.

Así, la elaboración de una norma mundial no estuvo exenta de problemas. Finalmente, CDMA se alzó como la tecnología base que soportaría las futuras redes de acceso radio IMT-2000. Mientras tanto, otras técnicas como FDMA/TDMA serían aplicadas a redes WLL como el sistema DECT.

La aprobación final de las especificaciones de interfaz radioeléctrica IMT-2000 tuvo lugar en el encuentro del ITU-R Task Group 8/1 celebrada en Helsinki en noviembre de 1999. Esta decisión dio luz verde para implementar redes 3G basadas en las tecnologías CDMA y TDMA avanzado.

En la siguiente sección trataré el tema de las IMT-2000 dentro de una visión general y abordaré los temas más trascendentales dentro de este marco.

2.2. Definición de IMT-2000

Actualmente se ha generado una gran confusión respecto a IMT-2000 y las 3G, debido principalmente a la numerosa cantidad de acrónimos que han aparecido producto del avance tecnológico de las redes móviles. En particular, la 3G hace referencia a la tercera generación de sistemas móviles, independientemente de la tecnología que la soporta, identificándola bajo ciertas características de funcionalidad, alcance, cobertura, calidad, y capacidades de servicios que la diferencian de las generaciones anteriores. Los sistemas 3G están diseñados para ofrecer servicios de acceso celular de banda ancha a velocidades de hasta 2 Mbps, lo que permitirá que los servicios multimedia móviles sean una realidad.

IMT-2000, por otro lado, representa a la serie de recomendaciones que han sido aprobadas por la ITU para la estandarización de estos sistemas sobre una base global.

Siguiendo esta lógica, y basándonos en la definición que la ITU da a este estándar, podemos definir a IMT-2000 como sigue:

“IMT-2000 - Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000, es un estándar cuyo desarrollo es de responsabilidad de la ITU, en cooperación directa con la industria de las telecomunicaciones y organismos de estandarización distribuidos por todo el mundo, cuyo resultado se refleja en una serie de recomendaciones de la serie F, G, M, y Q”.

Como una estrategia prioritaria de la ITU, IMT-2000 proporciona un marco para el acceso inalámbrico mundial enlazando diversas redes basadas en sistema satelitales y/o terrestres. Explora la potencial sinergia entre las tecnologías de telecomunicaciones móviles digitales y aquellos sistemas para Acceso

Fijo Inalámbrico FWA y los Sistemas de Acceso Inalámbrico WAS. En la tabla N° 6 se describe en forma resumida el contenido de las recomendaciones elaboradas por el ITU-R y la ITU-T en torno a IMT-2000.

IMT-2000 consolida y unifica los diversos e incompatibles ambientes móviles y fijos, privados y públicos de hoy en una infraestructura de red y radio terrestre/satelital capaz de ofrecer un amplio rango de servicios a escala global. De otra forma, IMT-2000 proporciona acceso a la infraestructura global de las telecomunicaciones a través de sistemas terrestres y satelitales, sirviendo a usuarios móviles y/o fijos en redes públicas y/o privadas.

IMT-2000 agrupa a un conjunto de sistemas que cumplen con las recomendaciones de la ITU y cuya entrada en servicio está prevista entre los años 2002 y 2004, sujeta a condiciones de mercado.

Se reconoce que un estándar global o internacional es necesario no solamente para la movilidad global automática y la entrega de servicios a través de una serie de sistemas miembros de la familia IMT-2000, sino que también para la integración de las redes de cobre e inalámbricas en orden a proporcionar servicios de telecomunicaciones y de información en forma transparente para el usuario.

Recomendación	Descripción
ITU-R M.687-2	Principios y objetivos de IMT-2000
ITU-R M.816-1	Marco para los servicios soportados por IMT-2000
ITU-R M.817	Arquitectura de red IMT-2000
ITU-R M.818-1	Requisitos de operación satelital dentro de IMT-2000
ITU-R M.819-2	IMT-2000 para países desarrollados
ITU-R M.1034-1	Requisitos de las interfaces radioeléctricas para IMT-2000
ITU-R M.1035	Marco para el estudio de la funcionalidad de las interfaces Radioeléctricas y del subsistema radioeléctrico.
ITU-R M.1036-1	Consideraciones sobre el espectro para la implementación de IMT-2000 en las bandas 1885-2025 MHz y 2110-2200 MHz
ITU-R M.1078	Principios de seguridad de IMT-2000
ITU-R M.1079	Requisitos de comportamiento en cuanto a las señales vocales y los datos en la banda vocal
ITU-R M.1167	Marco general sobre la componente satelital de IMT-2000
ITU-R M.1168	Marco general para la gestión de IMT-2000
ITU-R M.1225	Pautas de evaluación de las RTT para IMT-2000
ITU-R M.1308	Evolución de sistemas móviles terrestres hacia IMT-2000
ITU-R M.1311	Marco para la modularidad y los elementos radioeléctricos comunes en las IMT-2000
ITU-R M.1457	Especificaciones detalladas de las interfaces radioeléctricas IMT-2000
ITU-T F.115	Explotación y calidad de servicio móvil de IMT-2000
ITU-T F.720	Servicios de videotelefonía – Generalidades
ITU-T F.723	Servicio de videotelefonía en la PSTN
ITU-T G.114	Tiempo de transmisión en un sentido.
ITU-T G.174	Características de conexiones telefónicas internacionales y de circuitos telefónicos internacionales IMT-2000
ITU-T Q.1701	Requisitos y protocolos de señalización. Marco para las redes de IMT-2000
ITU-T Q.1711	Requisitos y protocolos de señalización. Modelo funcional de red para IMT-2000

Tabla 6 - Resumen de recomendaciones de la ITU en torno a IMT-2000

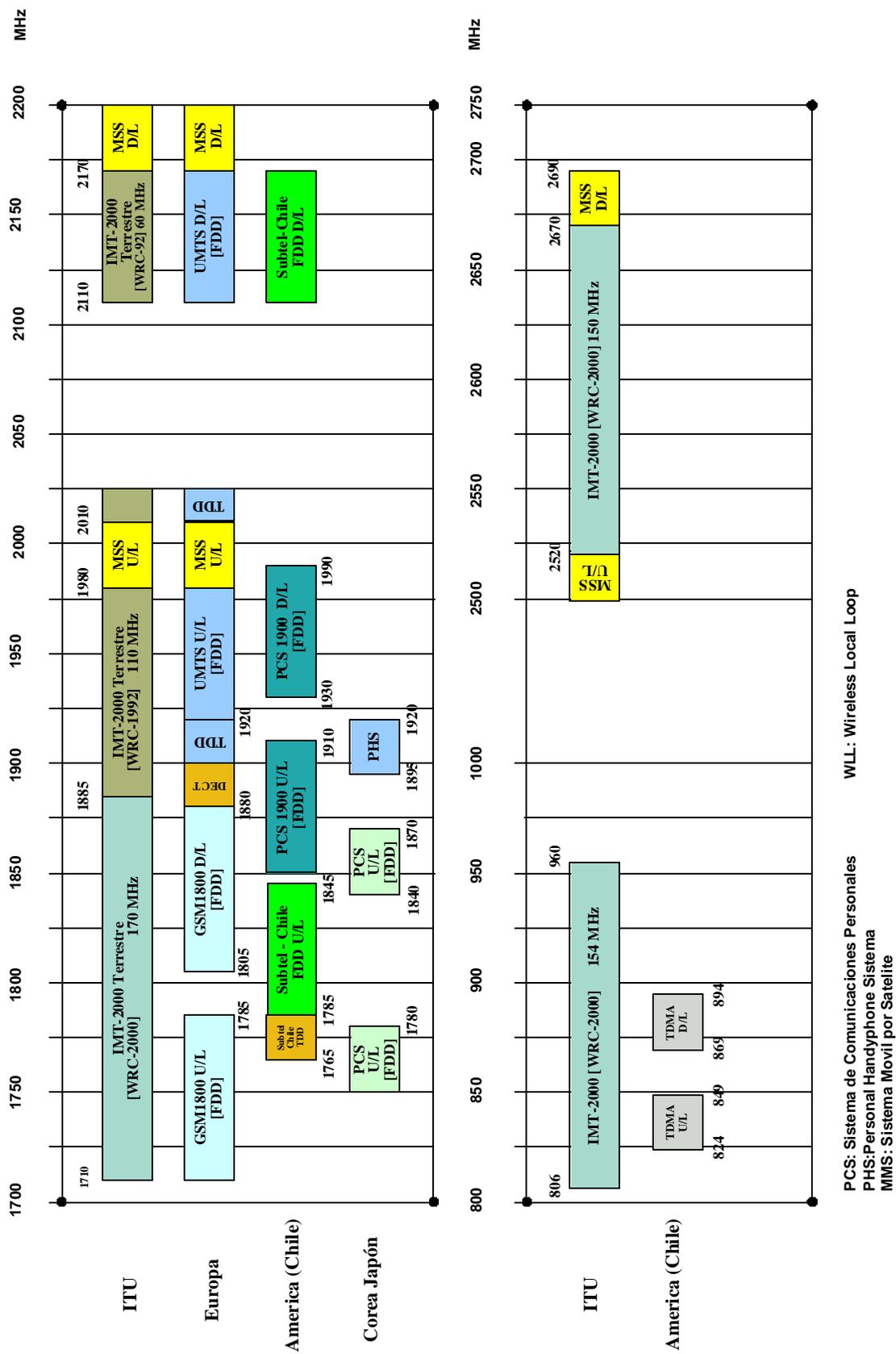


Figura 1-Bandas centrales para IMT-2000 identificadas en WRC-1992 y WRC-2000

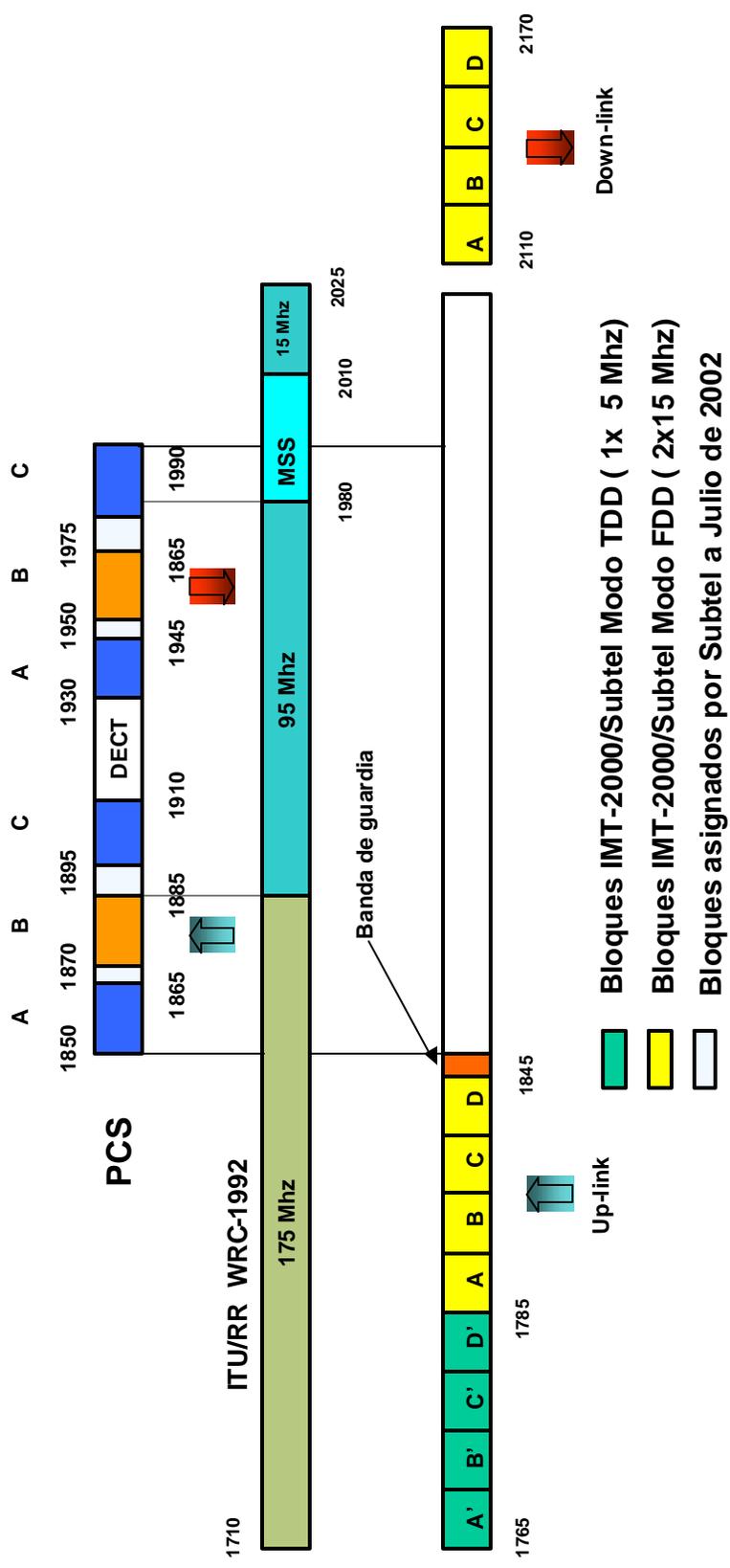


Figura 2. Asignación de bandas para IMT-2000 en Chile. Comparación con bandas PCS [Fuente Subtel]

2.3. Características de IMT-2000

IMT-2000 posee ciertas características que la diferencia de las generaciones anteriores que bien la pena destacar. Estas características se pueden agrupar en cuatro grandes aspectos que se detallan a continuación.

- a) **Sistema Mundial.** Uno de los principales objetivos de IMT-2000 es eliminar las barreras que impiden la libre circulación de terminales alrededor del mundo, de modo que los usuarios puedan tener comunicaciones de calidad en cualquier momento y en cualquier lugar del mundo en que se encuentren. Esto corresponde a un concepto conocido como “Seamless Roaming” ó Roaming transparente y/o automático.
- b) **Roaming automático.** El Roaming automático se logra con interfaces de radio compatibles unas con otras, bandas de frecuencias unificadas en todo el mundo, terminales multi-modo y multi-banda (esto para que el teléfono seleccione la red y banda de frecuencia propia de la zona visitada) y la interacción de redes terrestres con redes satelitales. Toda esta interacción posibilita el desarrollo de un ambiente local virtual VHE²³, que contiene todos los servicios contratados por un cliente, y que pueden ser accedidos desde cualquier lugar del mundo y en cualquier momento tal cual como se percibiría si se estuviese en la red del operador local. En términos operativos, la uniformidad tecnológica de redes y bandas permite proveer servicios a través de una estructura jerárquica de celdas, cuyo tamaño depende de si se trata de sistemas terrestres (macro, micro y pico celdas) o de sistemas satelitales (mega-celdas). En la figura N° 3 se representa un esquema de cobertura global usando una estructura jerarquía de celdas.
- c) **Nuevos servicios y capacidades.** El gran avance de IMT-2000 en cuanto a la provisión de servicios se refleja en la oportunidad de comunicaciones del tipo multimedia, usando voz y vídeo en tiempo real, como por ejemplo en aplicaciones de videoconferencia. Un avance sustancial lo constituye la red de conmutación de paquetes y de circuitos basada en TCP/IP, que permite el acceso a Internet, Intranet y Extranet a altas velocidades, la lectura de correo electrónico, etc. con conexión permanente a la red (always-on), con provisión de calidad de servicio QoS²⁴ para los distintos servicios prestados. Los nuevos servicios son accesibles con velocidades de 144 Kbit/s en alta movilidad, 384 Kbit/s en espacios abiertos y 2 Mbps en baja movilidad. Los anchos de bandas son asignados dinámicamente según los requerimientos de las aplicaciones y del QoS contratado, ya sea tanto simétricamente como asimétricamente. También se aplican niveles de seguridad más avanzados. Esto se construye sobre tres principios clave: conservación,

²³ VHE – Virtual Home Environment

²⁴ QoS – Quality of Service

innovación y mejora. La conservación se refiere a que la seguridad 3G se debe construir sobre la base de 2G donde esta ha sido necesaria y se ha mostrado robusta. La innovación dice relación con que se deben crear nuevas características para proteger a los usuarios 3G.



Figura 3. Cobertura global de IMT-2000 a través de una estructura jerárquica de celdas y el uso combinado de componente satelital y terrestre

La mejora se refiere a que la seguridad 3G mejorará la seguridad 2G, superando y corrigiendo las deficiencias reales percibidas en esta. Las características de seguridad de 3G se resumen a continuación:

- Autenticación de los abonados en el acceso al servicio.
- Cifrado en la interfaz radio, aumentando la longitud de la clave y mejorando el algoritmo.
- El SIM como módulo removible, independiente del terminal y manejable por los operadores de red. Proporciona seguridad física.
- Confidencialidad de la identidad del abonado en la interfaz radio, con mejoras en los algoritmos.
- Provisión de un canal de aplicación seguro entre el SIM y un servidor (en el ámbito de la seguridad) en una red propia.
- Las características de la operación de seguridad son independientes del usuario. Este no interviene en la operación.

d) **Evolución y Migración.** Otro de los principios de IMT-2000 es proporcionar una estructura modular que permita al sistema comenzar con una configuración lo más pequeña posible y desarrollarse según sea necesario, en tamaño y complejidad. Las características generales son:

- Flexibilidad para la migración de sistemas previos a IMT-2000 así como la evolución dentro de IMT-2000.
 - Arquitectura abierta para la fácil introducción de adelantos tecnológicos y de aplicaciones.
- e) **Flexibilidad y Alta Capacidad Multientorno.** En cuanto a la flexibilidad, las arquitecturas unificadas y flexibles posibilitan la integración de tecnologías inalámbricas con las de cable proporcionando comunicación transparente en cualquier situación. Un máximo nivel de interoperabilidad entre distintos tipos de redes 3G - 2G proporciona mayor cobertura, itinerancia y coherencia de servicios. La provisión de un "Ambiente Local Virtual " VHE: el usuario podrá recibir el mismo servicio independiente de su ubicación geográfica, y a una calidad comparable con la red de cable. Los servicios de acceso fijo inalámbrico forman parte importante de la gama de servicios IMT-2000, los que proporcionarán servicios básicos POTS N-ISDN. Sistemas WLL son implementados bajo esta variante. En ambientes multientornos, IMT-200 proporciona servicios a usuarios móviles y fijos en regiones urbanas, rurales y distantes, en ambientes de funcionamiento marítimo, terrestre y aeronáutico. Esto es posible gracias a una estructura jerárquica de celdas que permite que la gestión de movilidad sea realizada eficientemente, soportando distintas velocidades según la movilidad del terminal, la densidad de usuarios por celdas, y la calidad de servicios contratada.

Variable	Exteriores		Interiores	
	Rural	Urbano - Suburbano	Peatonal	Fijo
Máxima velocidad de terminal	250 Km/h	150 Km/h	10 Km/h	_____
Máxima velocidad binaria	144 Kbps	384 Kbps	0,384/2 Mbps	2 Mbps
Radio de la celda	35 Km	1 Km	100 mts	50 mts
Máximo retardo de transferencia	20-300 ms	20-300 ms	20-300 ms	20-100 ms
BER esperado (tiempo real)	$10^{-3} - 10^{-7}$	$10^{-3} - 10^{-7}$	$10^{-3} - 10^{-7}$	$10^{-3} - 10^{-7}$
BER esperado (sin tiempo real)	$10^{-5} - 10^{-8}$	$10^{-5} - 10^{-8}$	$10^{-5} - 10^{-8}$	$10^{-5} - 10^{-8}$
Usuarios/celda en horas peak	No significativo	4700	42300	1275
% tráfico uplink >64 Kbps durante periodos peak	No significativo	34 %	30 %	28 %
% tráfico downlink >64 Kbps durante periodos peak	No significativo	78 %	74 %	73 %
Usuarios promedio/celda/MHz en horas peak en FDD	No significativo	<64 Kbps – 16 >64 Kbps – 4	<64 Kbps – 150 >64 Kbps – 64	<64 Kbps – 4 >64 Kbps – 2

Tabla 7 -- Modelo de tráfico característicos de IMT-2000

Los terminales tienen la capacidad de ser telecargables, multibanda (pueden operara a distintos rangos de frecuencia) y multientorno (sistemas satelitales y/o terrestres). Por otro lado, IMT-2000 permite seleccionar, negociar y adaptar el ancho de banda, la calidad de retardo, entre otros, a las necesidades del servicio de acuerdo con la capacidad instantánea del radiocanal. En la tabla N° 7 se muestra los distintos ambientes de operación de IMT-2000 con sus respectivas características de tráfico.

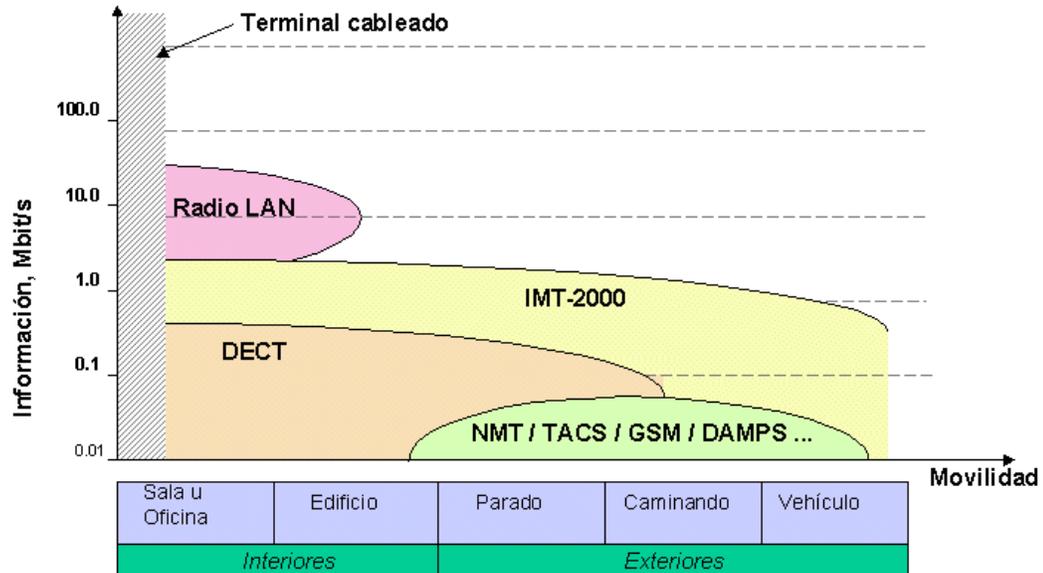


Figura 4. Cobertura de IMT-2000 en variados ambientes y velocidades

CAPITULO III. Tecnologías para IMT-2000

3.1. Aspectos de red para sistemas 3G

Las redes 3G tendrán una arquitectura de capas, las cuales posibilitarán la entrega de servicios de voz y datos multimedia a alta velocidad. Una arquitectura de red de capas, combinada con interfaces abiertas estandarizadas, hará posible que los operadores introduzcan y lancen nuevos servicios rápidamente. Estas redes tendrán una capa de conectividad que usando IP o ATM, o una combinación de ambos, manejará todos los servicios de voz y datos. Esta capa consiste de un equipamiento de núcleo de red como Routers, ATM switches y equipos de transmisión con tecnología SHD proporcionando distintos niveles de calidad de servicio o QoS. Notar que en las redes 3G, voz y dato no serán tratados separadamente lo cual podría conducir hacia una reducción en los costos operacionales de manejar voz y dato separadamente.

La capa de aplicación proporcionará las interfaces para servicios de aplicaciones abiertas posibilitando una creación flexible de los mismos. Esta capa de aplicación contendrá servicios para los cuales el usuario final estará dispuesto a pagar. Entre la capa de aplicación y de conectividad, correrán capas de control con servidores MSC, servidores de soportes, HLR, etc. Estos servidores son necesarios para proporcionar cualquier servicio a un subscriptor.

Las redes inalámbricas 3G consisten de una *Red de Acceso Radio*, RAN²⁵, y una Red Central CN²⁶. Esta CN también es denominada *Núcleo de Red*. La CN es la infraestructura física a la cual la Red de Acceso Radio se conecta en una red móvil. Consiste de un dominio de conmutación de paquetes, PS (packet switching), y un dominio de conmutación de circuitos, CS (circuit switching). El primero provee comunicaciones de datos a alta velocidad, mientras que el segundo provee comunicaciones de voz o servicios telefónicos. Esto no impide que el dominio de paquetes no provea servicios telefónicos, de hecho la release 2000 de UMTS soporta VoIP²⁷.

La RAN es la porción de la red móvil que maneja el acceso de los subscriptores. Las funcionalidades de RAN son independientes de las funcionalidades del núcleo de red. Así, la red de acceso provee a los terminales móviles un acceso independiente de la tecnología del núcleo de red a los diferentes tipos de servicios de red.

²⁵ RAN - Radio Access Network

²⁶ CN - Core Network

²⁷ VoIP – Voz sobre IP

Dicho de otra manera, las distintas interfaces radio aprobadas por la ITU como parte de la familia IMT-2000, deben ser capaces de conectarse y trabajar sobre cualquier núcleo de red, tales como GSM-MAP y ANSI-41 evolucionadas, correspondientes a la red GSM y a cdmaOne™ respectivamente(ver figura N° 6).

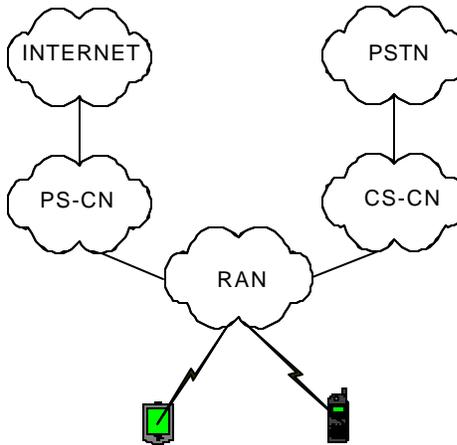


Figura 5 – Arquitectura de red 3G IMT-2000

Esto permite que el operador pueda elegir libremente la combinación de red central y red de acceso radio que más se acomode a sus necesidades y requerimientos. Así, por ejemplo, un operador que usa GSM/GPRS, puede implementar como solución a su red de tercera generación la red de acceso radio UTRAN y/o cdma2000 y conectarla a su red central evolucionada.

Estos núcleos de red deben ser capaces de soportar altos volúmenes de tráfico, tanto asimétrico como simétrico, con servicios y aplicaciones que requieren altos niveles de calidad o QoS, sensibles al retardo (aplicaciones en tiempo real o no). Para esto se requiere agregar capacidades de conmutación de paquetes y capacidades de conectividad IP a fin de proporcionar una red base con capacidades multimedia evolucionando sus redes actuales. En este sentido será importante dotar a las redes de tecnologías como SDH y/o ATM, para soportar los altos volúmenes de tráfico con alta confiabilidad y calidad de servicio. Los servicios de voz utilizan circuitos virtuales usando tecnología AAL2 y los servicios de datos IP sobre ATM, usando la tecnología AAL5. Estos servicios son conmutados independientemente.

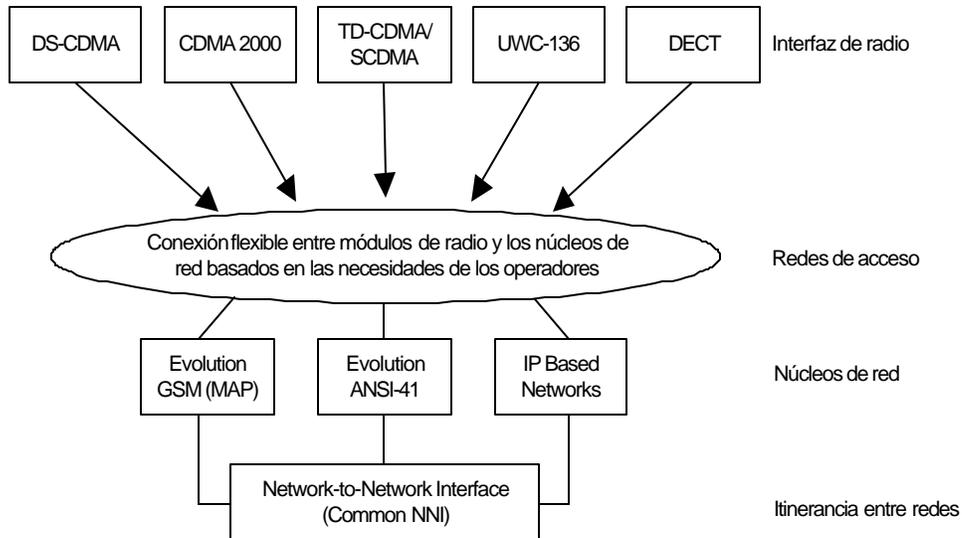


Figura 6. Relación entre técnicas de interfaz radio IMT-2000 y núcleos de red evolucionados. Itinerancia global a través de núcleos e interfaces de red multi-estándar

3.2. Mejoras en el sistema

Otro aspecto a considerar es la tecnología que se debe implementar para mejorar la performance de los distintos sistemas 3G en cuanto a la red de acceso radio. Es así como aparecen términos como antenas inteligentes o adaptativas, técnicas de detección multiusuario, cancelación de interferencia, control de potencia, entre otros, que permiten aumentar la capacidad de las redes. A continuación se describirán las dos primera técnicas, por ser quizá las más importantes.

3.2.1. Antenas inteligentes

La capacidad de un sistema móvil puede ser definida como el total de bits por segundo por unidad de ancho de banda por unidad de área, o bps/Hz/m^2 . Debido a que la disponibilidad de banda de frecuencias es limitada, la capacidad está dada por la densidad de la celda, la distancia de reutilización de frecuencia y el número de usuarios que pueden ser servidos simultáneamente por cada una de las estaciones base.

Las antenas utilizadas en las primera redes móviles eran omnidireccionales, es decir, irradiaban y recibían señales hacia y desde todas las direcciones. No poseían la capacidad de adaptar sus recursos a las condiciones radio, y su estrategia estaba limitada a solo evitar los desafíos ambientales en función de la potencia de la señal irradiada. Así, los usuarios que eran cubiertos por estas antenas sufrían de continuos efectos perjudiciales a raíz de la interferencia natural producida. La estrategia omnidireccional impactaba directamente y adversamente en la eficiencia espectral, limitando el reutilización de frecuencia.

Una mejora a esta estrategia consistió en desarrollar un sistema sectorizado de antenas usando antenas direccionales. Un sistema sectorizado de antenas toma un área celular tradicional y la subdivide en sectores que son cubiertos por antenas direccionales localizadas en la misma estación base. Normalmente una celda con un lóbulo de radiación de 360° es dividida en tres lóbulos de 120°. Se ha llegado a utilizar hasta seis sectores por celda en servicios prácticos. Operacionalmente, cada sector es tratado como una celda diferente, cuyo rango es más amplio que en el caso de una antena omnidireccional. Un sector de antenas incrementa la reutilización de frecuencia reduciendo la interferencia potencial de una celda original, por lo que son ampliamente usados para este propósito.

Así, las antenas de sector proveen una mejor ganancia sobre un rango restringido de azimut comparado con las antenas omnidireccionales. Esto es conocido como ganancia de elemento de antena, y no debe ser confundido con la ganancia de procesamiento asociada con las antenas inteligentes. Mientras que las antenas sectorizadas multiplican el uso de los canales, ellas no superan las mayores desventajas de la interferencia co-canal propia de las antenas omnidireccionales.

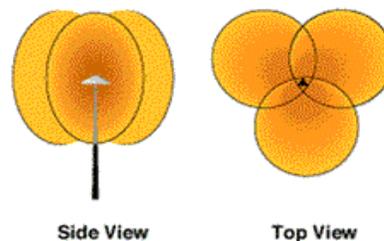


Figura 7- Antena sectorizada y patrones de cobertura

Un sistema de antenas inteligentes combina múltiples elementos de antenas que poseen la capacidad de procesamiento de señal para optimizar sus patrones de radiación y/o recepción automáticamente en respuesta a un ambiente radio cambiante o dinámico. El uso de este tipo de antenas resulta en un uso más eficiente de la potencia y del espectro de frecuencia, incrementando la potencia útil recibida así como la reducción de interferencia, al mismo tiempo que aumenta la capacidad de la red a través de una nueva técnica de acceso múltiple, denominada Acceso Múltiple por División Espacial, SDMA.

Los beneficios del uso de estas antenas son posibles gracias a que las “Smart Antennas” (antenas inteligentes), también llamadas adaptativas, dirigen la señal al usuario en forma de lóbulo muy estrecho (ver figura N° 8).

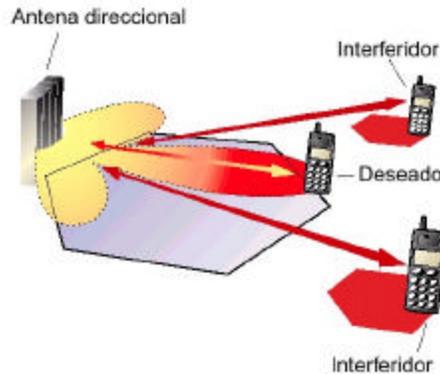


Figura 8. Principio de una antena adaptativa

En términos específicos, una antena inteligente está constituida por un número de elementos radiantes, una red de combinación/división y una unidad de control. La unidad de control puede ser llamada la inteligencia de la antena inteligente, normalmente realizada usando un procesador digital de señales, DSP²⁸. El DSP controla los parámetros alimentadores de la antena, basados sobre varias entradas, en orden a optimizar el enlace de comunicación. El sistema funciona de tal forma que cuando el usuario se desplaza, se modifica la dirección del lóbulo para que se mueva con él. En el caso común en que una estación base atienda a varios usuarios simultáneamente, las antenas adaptativas, permiten transmitir el haz desglosado en varios lóbulos y muy directivos, de forma que se reduce la interferencia en la red considerablemente y se incrementa la capacidad en ambos sentidos.

Estrictamente hablando, las antenas no son inteligentes, sino que lo son los sistemas de antenas. Así, es posible definir distintos niveles de inteligencia: a) haz conmutado, b) arreglo dinámico de fase, c) arreglo adaptativo.

1. **Haz conmutado.** Los sistemas de antenas de haz conmutado forman múltiples haces fijos con elevada sensibilidad en direcciones particulares. Esos sistemas de antenas detectan la fuerza de la señal, eligen de entre uno o varios haces fijos predeterminados, y conmutan desde un haz a otro en la medida que el móvil se desplaza a través de un sector. En lugar de configurar un patrón de antena con las propiedades metálicas y diseño físico de un solo elemento (como antena sectorizada), los sistemas de haz conmutado combinan las salidas de múltiples antenas de manera de formar haces finamente sectorizados (direccional) con más selectividad espacial que puede ser alcanzada con un enfoque de un solo elemento convencional.
2. **Phased Array.** Un sistema de arreglo dinámico de fase consiste en un arreglo progresivo (phased array); es decir, un array en el que se pueden controlar electrónicamente las fases con

²⁸ DSP – Digital Processing Signal

que se alimentan los distintos elementos, de modo que puede modificarse a voluntad la dirección en la que apunta el lóbulo principal de la antenna. A su vez, es necesario utilizar un algoritmo de detección de dirección de arribo (DoA), de modo que pueda reorientarse dinámicamente el haz para apuntar al usuario deseado. Estos phased-array generan haces muy estrechos, con lo que la ganancia de la antenna es notablemente superior a la de las antenas convencionales. Cada uno de los haces es asignado a un usuario, de tal forma que lo "persigue" a medida que dicho usuario se desplaza por el interior de la célula.

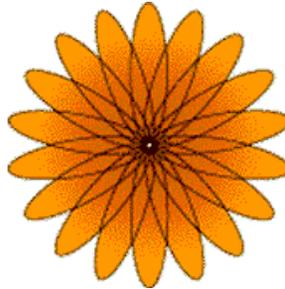


Figura 9. Patrones de cobertura de un sistema de haz conmutado (sectores)

3. **Arreglo de antenas.** La tecnología de arreglo de antenas adaptativas representa el más avanzado enfoque de antenas inteligentes a la fecha. Usando una variedad de nuevos algoritmos de procesamiento de señal, los sistemas adaptativos toman ventaja de su capacidad de ubicar efectivamente y rastrear varios tipos de señales para minimizar dinámicamente la interferencia y maximizar la recepción de la señal deseada. Los sistemas adaptativos proveen una ganancia óptima mientras simultáneamente identifican, rastrean, y minimizan las señales de interferencia. Los arreglos adaptativos utilizan sofisticados algoritmos de procesamiento de señal para distinguir continuamente entre señales deseadas, multipath, y señales interferentes así como calcular sus direcciones de arribo.

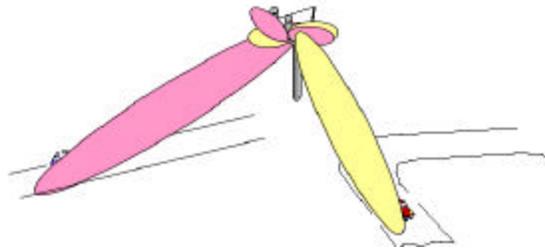


Figura 10 - Haz y dirección nula de un arreglo adaptativo

Este método actualiza continuamente su estrategia de transmisión basada en los cambios en las ubicaciones de las señales interferentes y deseadas. La capacidad de rastrear a los usuarios con lóbulos principales y a los que interfieren con lóbulos nulos asegura que el enlace está constantemente maximizado debido a que no hay ningún microsector ni tampoco patrones predefinidos.

Los beneficios del uso de antenas adaptativas se pueden resumir a continuación.

- a) **Incremento de la capacidad:** La principal razón para el creciente interés en antenas inteligentes es el incremento en la capacidad. Los sistemas móviles en áreas densamente pobladas están limitados por la interferencia, significando esto que la interferencia de otros usuarios es la principal fuente de ruido en el sistema. Las antenas en promedio, aumentan la razón señal a interferencia SIR (signal to interference ratio) incrementando simultáneamente el nivel útil de la señal y bajando el nivel de interferencia. Desde el punto de vista de los usuarios, un SIR más alta supone mayor movilidad, menos llamadas perdidas y una mejora sustancial de la calidad del audio. Desde la perspectiva del operador, la mejora en el SIR permite definir celdas de mayor tamaño y una reutilización de frecuencias mucho más fina, aumentando, por tanto, la capacidad global del sistema.
- b) **Incremento del rango:** Debido a que las antenas inteligentes son más directivas que las antenas tradicionales omnidireccionales, se dispone de un potencial incremento en el rango. Esta directividad permite focalizar la potencia a una mayor distancia, permitiendo cubrir zonas rurales y áreas populares esparcidas. Los sistemas de haz conmutado incrementan el rango de la estación base desde 20 % a 200 % sobre una celda sectorizada convencional, dependiendo de las circunstancias ambientales y de la combinación software/hardware usada. También, la conmutación dinámica desde un haz a otro conserva la capacidad debido a que el sistema no envía todas las señales en las mismas direcciones. En comparación, un sistema de arreglo adaptativo puede cubrir un área más amplia y más uniforme con los mismos niveles de potencia como un sistema de haz conmutado.
- c) **Nuevos servicios:** Cuando se usa antenas inteligentes la red tiene acceso a información espacial acerca de los usuarios. Esta información puede ser utilizada para estimar la posición de los usuarios mucho más precisa que en las redes actuales. Este posicionamiento puede ser usado en servicios como llamadas de emergencia, publicidad de servicios cercanos, gestión de flotas, información de lugares turísticos cercanos, entre otros.
- d) **Seguridad:** Para que una comunicación sea exitosamente espiada o tocada, el intruso debe estar posicionado en la misma dirección que el usuario es visto por la estación base.

- e) **Propagación multitrayecto reducida:** en algunos casos, usando un haz de antena estrecho en la estación base la propagación multitrayecto puede ser reducida. La reducción actual depende del escenario, y no siempre es significativa. Aunque los ecualizadores de canal y los receptores RAKE a menudo deben manejar y a veces explotar la componente multitrayecto, sobre conexiones de alta velocidad no debe ser el caso.

3.2.2. Detección Conjunta

Los actuales receptores de sistemas CDMA están basados en los principios del receptor RAKE, el cual considera como interferencia a las señales de otros usuarios. Sin embargo, en un receptor óptimo todas las señales son detectadas en forma conjunta o la interferencia proveniente de otras señales podría ser removida substrayéndola de la señal deseada. Esto es posible debido a que la propiedad de correlación de las señales es conocida (por ejemplo, la interferencia es determinista y no aleatoria). La capacidad de un sistema CDMA de secuencia directa usando receptores RAKE está limitada por los niveles de interferencia. En la práctica, esto significa que cuando un nuevo usuario, o interferidor, ingresa a la red la calidad de servicio de los otros usuarios decrecerá bajo un nivel aceptable. La red que puede resistir más interferencia también puede servir a más usuarios. La interferencia de acceso múltiple que disturba a una estación base o móvil es la suma de la interferencia intra-celda e inter-celda.

La detección multiusuario, también llamada detección conjunta y/o cancelación de interferencia, incrementa la calidad de la transmisión y la capacidad de la interfaz radio. La detección conjunta elimina la interferencia por acceso múltiple asociada con acceso multi-usuario, a través del procesamiento individual de diferentes flujos de tráfico.

En sistemas basados en CDMA, múltiples señales de usuarios son transmitidas hacia la estación base vía diferentes caminos radio o paths radios, cada uno con distintos niveles de atenuación causado por las diferencias en la distancia que separan al terminal móvil de la estación base. Además, cada señal está cargada con diferentes retardos de esparcimiento y fuertes fluctuaciones de señal causada por usuarios en movimiento (desvanecimiento Raleigh en ambientes radio móviles).

En orden a balancear mutuamente los niveles de todas las señales recibidas a la entrada del receptor en la estación base, se requiere de un control rápido de potencia multi-loop. La suma balanceada de todas las señales se compone de un número independiente de señales de usuarios por controles independientes de loop por usuario.

3.3. Técnicas de transmisión dúplex

En los sistemas móviles de segunda generación la mayor carga de tráfico es generada por servicios simétricos de voz lo que demanda una asignación de bandas de frecuencias pareadas (para uplink/downlink) simétricas con una suficiente separación entre ellas en el dominio de la frecuencia para el filtrado dúplex y así posibilitar la transmisión y recepción simultánea.

Sin embargo, con los nuevos requerimientos de servicios 3G no solo hay demanda por servicios simétricos, sino también por aquellos asimétricos. Esto demanda cambios en la asignación y administración del uso del espectro para ofrecer servicios mixtos simétricos y asimétricos.

La relación de carga de tráfico del uplink y downlink depende del tipo de servicio. Así, los servicios asimétricos requieren una adaptación flexible del espectro compartido para una óptima utilización del mismo.

Así, la técnica FDD muestra especial desempeño en tráfico simétrico, pero no es capaz de soportar eficientemente tráfico asimétrico como los generados por las comunicaciones de datos, que operan a ráfagas, tanto en downlink como en uplink. De hecho, de Internet existen más descargas y/o transmisiones hacia el usuario que hacia la red.

A esta naturaleza del tráfico de voz y multimedia se debe agregar que cada servicio requiere distintas velocidades binarias, por lo tanto se requieren anchos de bandas y velocidades adaptativas para soportar la respectiva variación del número de canales de tráfico dentro de una banda asignada. Esta tarea puede ser soportado por TDD.

A continuación se detallan características de los métodos dúplex FDD y TDD.

3.3.1. FDD – Frequency Division Duplex

FDD requiere la ubicación de dos bandas de frecuencia: una para el uplink y otra para el downlink. Tiene la ventaja de ser capaz de transmitir y recibir al mismo tiempo. Más aún, el tamaño de la celda no está limitado por los retardos de propagación como en TDD dada la ausencia de time-slots y/o periodos de guardia, lo cual también hace que la sincronización entre estaciones base y los terminales sea menos crítica que en TDD.

Dado que transmite y recibe al mismo tiempo, FDD requiere de duplexores en orden a separar las señales entrantes y salientes de la antena. Los duplexores se componen de filtros que incrementan la complejidad y costo del hardware. Mas aún, FDD no ubica eficientemente el ancho de banda disponible para todos los tipos de servicios. Por ejemplo, el acceso a Internet requiere más velocidad en el canal de

downlink que el uplink. Ajustando el factor de ensanchamiento llegará a ser posible el uso de la velocidad requerida, pero será imposible ajustar el ancho de banda para el uplink y para el downlink. En modo FDD no se requiere estricta sincronización entre estaciones móviles y estaciones base. Los modos CDMA que utilizan FDD son DS-CDMA(UMTS) y MC-CDMA(cdma2000).

3.3.2. TDD - Time Division Duplex

TDD puede usar la misma banda de frecuencia para el uplink y downlink ubicando distintos time-slots para los dos enlaces. El tiempo está dividido en tramas las cuales están divididas en time-slots de corta duración. Cualquier time-slot puede ser asignado al uplink o al downlink. TDD puede por lo tanto ubicar distintos time-slots sobre el enlace que requieran más ancho de banda y ajustarse a sí mismo continuamente, lo cual lo hace más eficiente en la utilización del espectro que FDD.

Los terminales TDD no requieren duplexores lo que permite una menor complejidad que terminales FDD. Sin embargo, TDD requiere una mejor sincronización entre los usuarios y la estación base dado que la estación base no puede transmitir al mismo tiempo que las estaciones móviles.

Debido a que existen un tiempo en que las señales arriban a su destino, se requiere que un periodo de guardia se incluya en el protocolo para asegurar que solo un enlace esté activo al mismo tiempo. Para las estaciones móviles que estén alejadas de la estación base, el tiempo de arribo puede ser importante, pues esto limita el tamaño de la celda. La Interferencia inter-símbolo (bits chocando unos con otros - ocurre cuando arriban reflexiones de una misma señal a distintos tiempos) también puede llegar a ser un problema si el tamaño de la celda es demasiado grande. En modo TDD se requiere estricta sincronización entre estaciones móviles y estaciones base. Los modos CDMA que utilizan TDD son TD-CDMA y TD-SCDMA.

3.3.3. Uso combinado de FDD y TDD

Para IMT-2000 es necesario un alto grado de ancho de banda flexible bajo demanda para asegurar elevadas velocidades de datos y una movilidad completa. Para cumplir con la gama completa de diferentes necesidades, la interfaz aérea terrestre debe soportar ambos modos de operación dúplex: Dúplex por división en frecuencia (FDD) y Dúplex por división de tiempo.

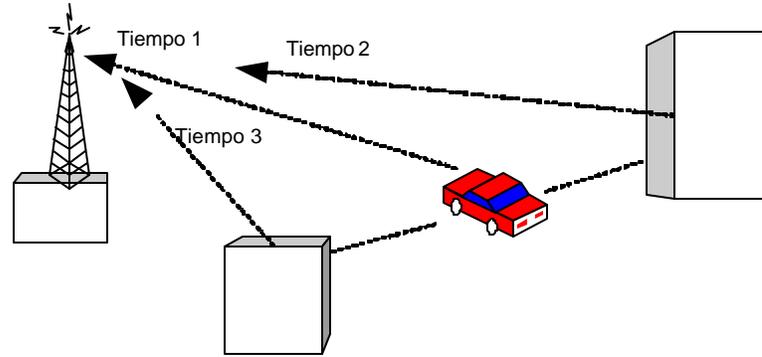


Figura 11. Multipath. Provoca interferencia Inter-símbolo

La combinación de los dos modos FDD y TDD en operación dual ofrece la oportunidad de obtener la mayor eficiencia del mismo sistema bajo cualquier condición (urbana, suburbana, interiores, exteriores). Los dos modos, FDD y TDD, utilizados en paralelo proporcionan al usuario las ventajas de ambos principios de acceso radio en escenarios de aplicación que se solapan. Una tabla de resumen comparativo se muestra a continuación.

Parámetro	FDD	TDD
Tipo de Celdas	Macro y Micro celdas	Micro y Pico celdas
Ambientes	Exteriores (urbano- suburbano-rural)	Interiores (urbano-edificios)
Movilidad	Elevada	Baja
Bandas	Pareadas	No pareadas
Acceso	Simétrico	Simétrico/asimétrico
Tasa binaria máxima	384 Kbps	2 Mbps
Entornos	Áreas extensas	Densidad de tráfico elevada

Tabla 8 - Comparación modos dúplex FDD y TDD

3.4. Técnicas de acceso múltiple

Las técnicas de acceso múltiple comenzaron a ser utilizadas a partir de las redes de segunda generación. El acceso múltiple es utilizado para permitir a muchos usuarios compartir en forma simultánea una cantidad finita del espectro radioeléctrico. Al compartir el espectro se consigue una alta capacidad, ubicando al mismo tiempo una gran cantidad de usuarios en el ancho de banda disponible.

En la actualidad existen tres tecnologías comúnmente usadas para transmitir información en las redes, y en algunos casos de utiliza también una combinación de varias de ellas:

- FDMA: Frequency Division Multiple Access
- TDMA: Time Division Multiple Access.
- CDMA: Code Division Multiple Access

La diferencia esencial entre estas tecnologías yace en el método de acceso, el cual varía entre frecuencia (FDMA), tiempo (TDMA) y código (CDMA).

3.4.1. FDMA: Frequency Division Multiple Access

La tecnología FDMA separa el espectro en distintos canales, al separar el ancho de banda disponible en canales de frecuencias uniformes más pequeños que se asignan en forma dinámica únicamente a un solo usuario a la vez. Durante el período de una llamada, otros usuarios no pueden compartir la misma banda de frecuencia. La tecnología FDMA es mayormente utilizada para la transmisión analógica. Esta tecnología no es recomendada para transmisiones digitales, aun cuando es capaz de llevar información digital. En los sistemas que utilizan FDD, los usuarios son asignados a un canal que consiste de un par de frecuencias; una frecuencia es utilizada para el canal directo (forward), mientras que la otra frecuencia es utilizada para el canal reverso.

La tecnología FDMA se aplica a la tecnología DECT, que usa una combinación de FDMA con TDMA, lo que se conoce como TDMA/FDMA. En un principio DECT fue parte de los sistemas IMT-2000, sin embargo, su desarrollo ha sido detenido por ser ineficiente en lo que a transmisión de datos se refiere.

3.4.2. TDMA: Time Division Multiple Access

En este esquema todos los usuarios comparten la misma frecuencia, pero la utilizan solo por un corto periodo de tiempo. El espectro es dividido en varios bloques de tiempo llamados time-slots, donde cada usuario ocupa un time-slot repetida y cíclicamente. Así un canal puede ser considerado como un time-slot particular que vuelve a aparecer en cada trama, donde N time-slot conforman una trama.

El sistema TDMA transmite datos con un método denominado buffer-and-burst, así la transmisión para cada usuario es discontinua. Esto implica que, a diferencia del sistema FDMA el cual acomoda FM, en TDMA se pueden usar datos y modulación digital.

Actualmente TDMA está siendo usado en las interfaces radio IS-136 y en GSM, claro está, bajo distintos parámetros y condiciones. Su uso en 3G está en redes TD-CDMA y TD-SCDMA, en las cuales se agrega a la componente CDMA en el acceso múltiple. Esta combinación se conoce como CDMA/TDMA.

3.4.3. CDMA: Code Division Multiple Access

La tecnología CDMA es muy diferente a la tecnología TDMA. CDMA, después de digitalizar la información, la transmite a través de todo el ancho de banda disponible. Esto se logra multiplicando la señal de información con una señal esparcidora (spread spectrum). La señal esparcidora es una secuencia de códigos aleatorios que tiene una velocidad mayor a la velocidad de los datos del mensaje. Todos los usuarios en un sistema CDMA utilizan la misma frecuencia portadora y pueden transmitir simultáneamente. Cada usuario tiene su propio código aleatorio el cual es aproximadamente ortogonal a todos los otros códigos. El receptor produce una operación de correlación para detectar solamente el código deseado. Para la detección de la señal del mensaje, el receptor necesita conocer el código utilizado por el transmisor. Cada usuario opera independientemente sin conocimiento de los otros.

En teoría, las tecnologías TDMA y CDMA deben de ser transparentes entre sí (no deben interferirse o degradar la calidad), sin embargo en la práctica se presentan algunos problemas menores, como diferencias en el volumen y calidad, entre ambas tecnologías. Como se ha mencionado anteriormente, CDMA se utiliza junto con TDMA en redes UMTS en la interfaz TD-CDMA y TD-SCDMA. Además se le utiliza en las redes CdmaOne™ actuales y en sus futuras versiones actualizadas a 3G.

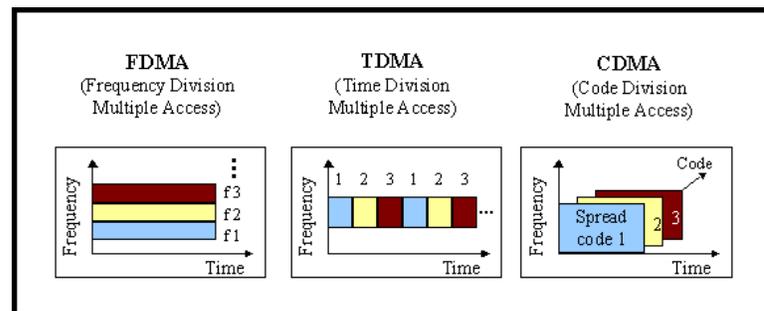


Figura 12. Técnicas de acceso múltiple

3.5. Estructura jerárquica de celdas

IMT-2000 soporta una estructura jerárquica de celdas con distintos modos de operación y densidad de usuarios. Esto para proporcionar los niveles de calidad de servicios adecuados a los requerimientos de los usuarios móviles. En la N° 9 se describen las características de las celdas y su modo de operación en cuanto a la técnica dúplex empleada.

Variable	FDD	TDD
Cobertura	Micro y Macro celdas	Pico y Micro celdas
Acceso	Simétrico	Simétrico y asimétrico
Capacidad	Hasta 384 Kbit/s	Hasta 2 Mbit/s.
Movilidad	Elevada	Baja
Entornos	Área extensa	densidad de tráfico elevada

Tabla 9 - Tipo de celdas y modo de operación

3.6. Tecnologías de Transmisión Radio terrestre compatibles con IMT-2000

El proceso de estandarización de los sistemas IMT-2000 tuvo su mayor dificultad en la definición y aprobación de las interfaces radioeléctricas de las redes de acceso. La ITU esperaba que existiera un solo estándar global para IMT-2000, pero los reguladores, vendedores y operadores de todo el mundo fueron incapaz de alcanzar un acuerdo unánime en esta materia.

En 1998 la ITU denominó *RTT - Radio Transmission Technology* a las tecnologías que harían de interfaz aire entre las estaciones base y los terminales móviles. Al 30 de junio de ese año, la ITU había recibido 15 propuestas (10 terrestres y 5 satelitales), siendo evaluadas por grupos independientes especiales, los que presentaron los informe en septiembre del mismo año.

Las especificaciones técnicas de las RTT terrestres fueron aprobadas en Octubre de 1999 en Helsinki, Finlandia, y se definen en la tabla Nº 10. Una visión más específica de las interfaces radioeléctricas terrestres según su origen tecnológico se puede apreciar en la figura Nº 13.

IMT-2000 RTT	Descripción
DS-CDMA Direct Spread CDMA	Direct Sequence/Spread CDMA, usada en la red UTRA de UMTS en modo FDD.
MC-CDMA Multi-Carrier CDMA	CDMA de portadora múltiple. También conocida como cdma2000
TC-CDMA Time Code CDMA	Variante CDMA que homologa la versión China TD-SCDMA con la europea TD-CDMA, usada en UMTS para proveer velocidades de hasta 2 Mbps
SC-TDMA Single Carrier TDMA	Corresponde a una interfaz TDMA basada en EDGE de alta velocidad para la red UWC-136.
TDMA/FDMA	Corresponde a la interfaz radioeléctrica para el sistema DECT acorde a los requerimientos de IMT-2000.

Tabla 10 - Descripción de las interfaces radioeléctricas aprobadas para la componente terrestre de IMT-2000.

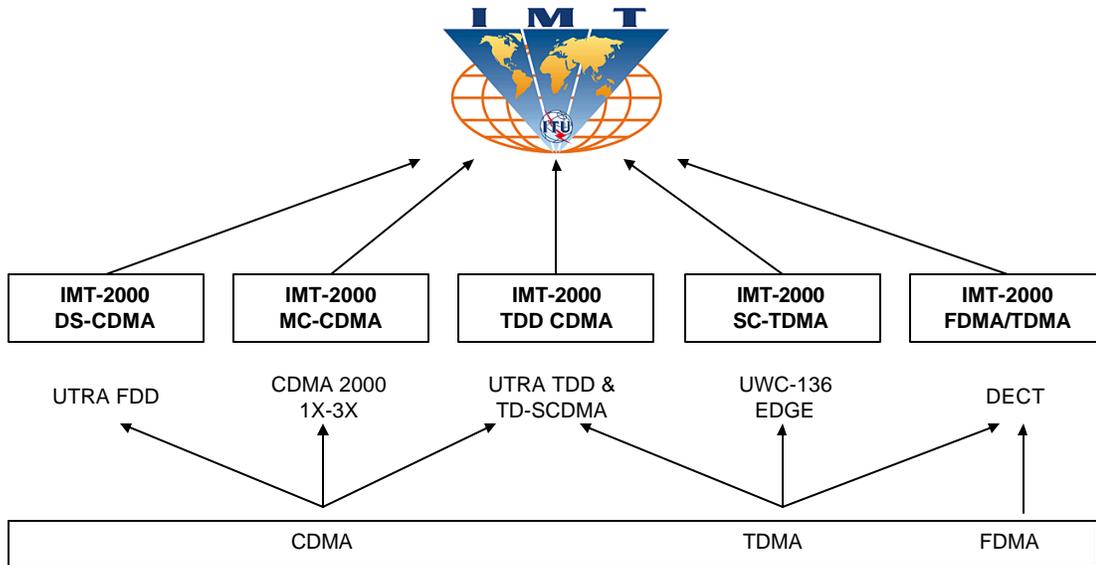


Figura 13 - Interfaces radioeléctricas terrestre aprobadas para IMT-2000. [Fuente: ITU]

Como es posible apreciar, las IMT-2000 se basan principalmente en la tecnología CDMA, con tres modos de operación. Existen otras dos opciones, pero tienen baja o poca aceptación en el mercado. Estas se basan en técnicas TDMA/FDMA.

La tecnología CDMA para estos tres modos es esencialmente idéntica. Solo existen diferencias de forma y no de fondo. Por ejemplo, hay diferencia en el uso del espectro a través de la técnica dúplex que se utilice, ya sea FDD o TDD, y con el ancho de banda y cantidad de bandas de frecuencias portadoras que se utilicen. La técnica dúplex influye en la cobertura de las celdas y en la naturaleza del tráfico soportado, ya sea simétrico y/o asimétrico. En la estructura de canales, especialmente en la capa física, es donde se concentran la mayor cantidad de diferencias. La sincronización de estaciones bases también es otra variable en la que difieren los distintos modos. Una de las principales diferencias es la velocidad de Chips que determina el factor de ensanchamiento de las señales CDMA.

CAPITULO IV. Evolución de 2G hacia 3G/IMT-2000

La llegada de la 3G al mercado de las telecomunicaciones móviles es casi inminente, especialmente en Europa y Asia. Los clientes 3G disfrutarán un acceso de alta velocidad a la Internet y a servicios multimedia en lugares donde los computadores de escritorio jamás lo harán. La 3G también ofrece tremendas oportunidades de retorno para los operadores.

Aunque la 3G cambiará la manera en que la gente ve las comunicaciones, la ruta de los operadores para alcanzar la 3G es más evolucionista de lo que han sido las dos previas generaciones. La primera generación inalámbrica, celular análogo, fue una forma de comunicarse completamente nueva que requirió un amplio desarrollo de infraestructura para un mercado que entonces no existía. La segunda generación inalámbrica, celular digital o PCS, fue en alguna manera una transición más gradual. Las compañías establecidas desarrollaron servicios digitales como una superposición a la red análoga. Los nuevos operadores tuvieron que desarrollar una red digital completamente nueva, pero tuvieron el beneficio de un mercado que estuvo alerta con la telefonía inalámbrica y con una demanda existente para servicios avanzados de telefonía celular ofrecía. Aun así, la transición debió suceder muy rápidamente para los operadores establecidos de modo de competir con los nuevos operadores.

Ahora, solo unos pocos años después de esta transición, con la 3G no significa que los existentes sistemas desaparezcan o queden obsoletos. En lugar de esto, los operadores deben encontrar nuevas maneras de usar estos sistemas más eficientemente mientras agregan elementos de red que provean nuevos servicios.

A pesar de que en Japón la empresa NTT DoCoMo lanzó el primer servicio de tercera generación en octubre de 2001, a través del servicio FOMA, en el resto del mundo se ha sembrado una gran incertidumbre en torno a la rentabilidad que tendrá el negocio de la 3G.

Aunque el proceso de licitación de frecuencias para operar sistemas de 3G comenzó a finales de 1999 en Europa, aún los operadores no tienen sus redes instaladas y preparadas para entrar en funcionamiento. Solo en Diciembre de 2001 la empresa Telenor lanzó en Noruega la primera red comercial UMTS. Se espera que los terminales estén disponibles en el segundo semestre de 2002.

A esto se agregan la dificultad para determinar el timing del mercado para asimilar este tipo de servicios, la ausencia de las "killer applications" o aplicaciones asesinas que se supone van a atraer a los consumidores y que van de la mano con el desconocimiento por parte de los usuarios de lo que significa esta 3G y las posibilidades y beneficio que conlleva, las detenciones en los planes de inversión a causa del gran desembolso de dinero que significó la adquisición de frecuencias para 3G a través de las subastas en Europa. Por otro lado, el costo de la infraestructura de red también es una limitante junto con la relativa escasez y variedad de terminales que sean de precio atractivo para los usuarios finales.

Todo indica que mientras los usuarios no observen utilidad alguna en los servicios 3G, el mercado de tercera generación no despegará por el solo aspecto tecnológico. Hoy en día los usuarios demandan servicios de valor agregado que les sean útiles y de una relación calidad/precio aceptable. Lo que sí está claro es que tarde o temprano el mercado de servicios 3G va a despegar y para entonces los operadores de red y proveedores de contenido deberán estar preparados para prestar servicios avanzados relacionados con Internet y aplicaciones basadas en IP de alta velocidad, comercio electrónico, servicios basados en la ubicación del usuario, etc.

No obstante, el gran crecimiento de Internet en cuanto a aplicaciones y servicios, la toma de conciencia por parte del mercado de la utilidad que presta a la actividad personal y comercial-empresarial, y el constante crecimiento en la tasa de penetración móvil son evidencias claras que sugieren que estas dificultades son transitorias y el futuro a largo plazo de la 3G es brillante.

Ante esta situación es importante para los operadores revisar muy claramente cuales van a ser sus estrategias para evolucionar sus redes y servicios hacia la tercera generación, de modo de al menos mantener su participación de mercado, proteger la inversión ya realizada en las redes 2G y mantener el negocio sustentable.

Por el momento es importante comenzar a generar servicios con contenido y aplicaciones avanzadas y de esa forma educar a los usuarios para el nuevo mundo de la tercera generación y mostrar una posición de liderazgo en la provisión de nuevos y mejores servicios de valor agregado. Esto porque las empresas que quieran diferenciarse van a estar obligadas a sacar nuevos servicios y aquellas que no innoven van a estar condenadas a desaparecer. En todo caso, a veces la velocidad de sacar nuevos productos es más rápida de lo que el mercado es capaz de asimilar.

4.1. Aspectos de evolución hacia 3G

Antes de hablar de evolución hacia las 3G se debe clarificar qué se entiende por evolución.

Esencialmente, cuando se habla de evolución, se hace referencia al modo en que los operadores móviles se adaptan en el tiempo a la dinámica del mercado de las comunicaciones móviles y a la creciente sinergia entre servicios avanzados que se basan en la tecnología Internet y aquellos asociados a la propia naturaleza de la movilidad de los usuarios o del terminal, los que a su vez se relacionan estrechamente con las nuevas tecnologías de la información.

Desde este punto de vista, una evolución hacia 3G no solo comprende una evolución tecnológica, sino que también hacia las arquitecturas de red y de servicios, y hacia un modelo de negocio distinto al actual.

A saber:

- a) *Evolución tecnológica*: cómo se desarrollan los elementos de red y con qué tecnologías.
- b) *Evolución de red*: como resultado de la evolución de los elementos de red la funcionalidad general de la red también cambia. Existe una evolución técnica distinta para cada operador.
- c) *Evolución de servicios*: la demanda generada por los usuarios finales y cómo responde el operador usando las funcionalidades de la red para crear servicios de calidad y de real utilidad.

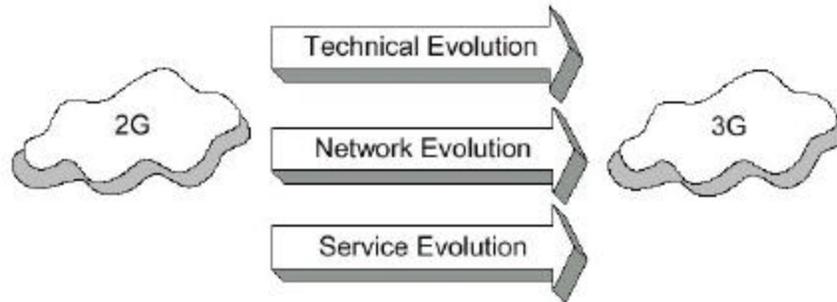


Figura 14 - Tipos de evolución hacia 3G

Especial tratamiento tendrá en los siguientes capítulos la evolución de red de las distintas tecnologías 2G hacia la 3G, pues este tipo de evolución es la que marcará el futuro de los actuales operadores.

4.1.1. Evolución de red

Hoy en día conviven dos grandes tendencias tecnológicas en los que se refiere a redes móviles. La primera de estas tendencias es TDMA, de la cual hace uso las redes IS-136 y GSM (existen otras redes pero son de poca importancia), la segunda es CDMA la cual es usada en la red cdmaOne™. Las redes cdmaOne™ y IS-136 comparten el núcleo de red denominado IS-41 aunque con diferencias en los features (funcionalidades) que presta para cada una. La red GSM utiliza el protocolo GSM-MAP como núcleo de red.

Mientras cdmaOne™ y GSM tienen caminos claros y bien definidos hacia 3G, IS-136 se ve enfrentado a una serie de incógnitas y desafíos por cuanto puede seguir la vía de GSM o de cdmaOne™. Así, para cualquier selección final es central que cada operador haga una evaluación legítima y válida de las ventajas y desventajas de cada camino evolutivo y especialmente de los riesgos inherentes de escoger una tecnología por sobre las otras.

Sea cual sea el camino de evolución, lo que está claro es que el futuro será dominado por la confluencia entre la telefonía celular y la Internet. La red estará basada en el protocolo IP y routers, los cuales reducirán los costos de infraestructura. Esto significará una mejora en los servicios basados en IP para

las redes fijas las que convergerán con las aplicaciones móviles. Sin embargo, este acercamiento requiere una alta eficiencia espectral de la interfaz radio. La razón para esto es el overhead para transportar la señalización asociada con la pila de protocolos TCP/IP. Otras cuestiones, por ejemplo, calidad de servicios QoS, administración de la movilidad, y la seguridad también necesitan ser manejadas por más recursos.

Son diferentes los caminos hacia 3G. Sin embargo, el curso que los operadores elijan resultará en un dinamizador en su lanzamiento al mercado o prolongar el despliegue por varios años. Una selección de tecnología 3G para un operador puede plantear serias cuestiones acerca de su capacidad de competir si la tecnología no incrementa la capacidad para servicios de voz, si las existentes bandas no pueden ser usadas para desarrollar espectro de 3G, o si los terminales no son compatibles hacia tras y hacia delante.

Para todos es sabido que los usuarios hoy en día buscan calidad de servicio más que optar por la mejor tecnología. Aunque la calidad de los servicios va de la mano con la tecnología, no siempre la elección de la mejor tecnología abrirá la puerta al éxito.

Pero esto no significa que el operador deba elegir cualquier tecnología que sea capaz de entregar servicios 3G. Existen varios factores que se deben analizar a la hora de tomar la decisión en torno a la vía de evolución hacia 3G.

Entre otros, se pueden identificar cuatro estratos los cuales pueden impactar fuertemente en el desarrollo exitoso de servicios 3G en los años venideros:

- a) **Ambiente regulatorio:** dice relación con el marco legal bajo el cual se regirán las redes y servicios 3G (banda de frecuencias a usar, cantidad de operadores, cobertura, etc.)
- b) **Contexto financiero:** es de gran importancia manejar adecuadamente las inversiones en tecnología y en el despliegue de la red.
- c) **Experiencia y tendencias en el nuevo mercado:** observar con claridad y futuro cuales son las tendencias del mercado y adelantarse siendo innovador.
- d) **Asuntos y cuestiones tecnológicas sobresalientes** cuales son los requerimientos de operación y mantenimiento de la red y cómo trabajarán las aplicaciones en un ambiente convergente entre Internet y comunicaciones móviles.

La evolución de las actuales redes móviles hacia 3G no significa solo un upgrade de la existente infraestructura. Esta evolución podría ser vista también en el contexto de coexistencia de las redes 2G y 3G al mismo tiempo, con usuarios capaces de hacer Roaming (itinerancia) a través de las nuevas y antiguas redes, capaz de acceder a servicios 3G donde sea que exista cobertura. Este aspecto se considera sobre la base de que los sistemas previos a IMT-2000 pueden poseer ya algunas características y admitir desarrollos ulteriores que permitan una evolución hacia las IMT-2000.

La evolución de red comprende modificaciones en la infraestructura de Hardware y de Software, junto con nuevas características técnicas de los handset o terminales. En algunos casos modificaciones en el plan de uso del espectro radioeléctrico asignado (redes basadas en TDMA como IS-136 y GSM)

- a) **Infraestructura (Hardware):** es el equipamiento que el operador debe utilizar para proveer el servicio. Generalmente involucra las redes, los elementos de conmutación, los equipos transmisores y receptores en las estaciones base, etc.
- b) **Infraestructura (Software):** es el conjunto de programas que complementa al equipamiento. Por upgrade se entiende un software que mejora el desempeño del sistema basándose en desarrollos existentes, lo que reduce los costos de implementación y ofrece una mayor estabilidad al sistema. Un nuevo software por el contrario implica el reemplazo total del anterior (generalmente por el cambio del hardware asociado), lo que implica mayores costos de desarrollo.
- c) **Handset (terminales):** es el equipo mediante el cual el usuario aprovecha los beneficios del sistema inalámbrico, en cuanto a velocidad, cobertura y prestaciones. La disponibilidad de una amplia gama de aplicaciones y precios de terminales facilita que cada usuario halle un equipo adecuado a sus necesidades.
- d) **Plan de uso del espectro:** consiste en la estrategia de utilización de los recursos radio ya asignados a un operador, el que varía según las características topológicas del área de cobertura, la densidad de usuarios y del tipo de servicio (voz y/o dato) provisto en dicha zona y los niveles de interferencia asociados al factor de reutilización de frecuencias (caso redes TDMA). En CDMA el factor de reutilización de frecuencia es 1 (celdas adyacentes usan la misma banda de frecuencia).

Según sea la vía de evolución adoptada, y el paso dado dentro de la misma, las modificaciones serán de solo hardware (adiciones y/o mejoras), solo software (upgrade o update), o hardware y software a la vez. Esto puede ocurrir tanto en la red de acceso radio como en el núcleo de la red.

4.2. Caminos evolutivos de redes 2G hacia 3G

Como se mencionó anteriormente, en la evolución desde 2G hacia 3G, diferentes caminos migratorios se han identificado para las redes basadas en TDMA así como para las basadas en CDMA. El primer paso genérico para todas las redes es migrar hacia capacidades 2.5G, donde se aumenta el ancho de banda por canal/usuario a través de mejoras de software/hardware. En el caso de cdmaOne™ siempre es en modo paquete, mientras que para redes TDMA puede ser circuito o paquete. La opción circuito parece ser desechada por el mercado, pues presenta serias restricciones de operación en el uso del espectro

radioeléctrico. El modo paquete es el más aceptado, dada sus probadas ventajas sobre la opción anterior.

Mientras que para GSM existe una ruta bien definida, para IS-136 existen dos vías alternativas. Una consiste en seguir los pasos de GSM hacia UMTS o bien seguir la opción de cdmaOne™, que es ir a 3G vía cdma2000 con todas o parte de sus variantes. Esto se produce por un lado, porque IS-136 comparte con GSM la filosofía de la red de acceso múltiple basada en TDMA, mientras que con cdmaOne™ comparte la tecnología del núcleo de red, denominado IS-41, aunque con features (funcionalidades) distintas para cada red.

Comenzaré con la evolución hacia 3G vía GSM, para efectos de facilitar la comprensión.

4.2.1. Evolución de GSM hacia 3G

La evolución de GSM hacia 3G consiste en la adición gradual de más funcionalidades, posibilidades y valor a la existente red y negocio GSM. La evolución comienza con una mejora de la red GSM hacia 2.5G con GPRS (General Packet Radio Services), donde se agregan capacidades de transmisión de paquetes de datos a través de un núcleo de red basado en IP, el que subsecuentemente sería usado para transportar el tráfico de datos de EDGE (Enhanced Data Rate for Global Evolution), tecnología que aumenta las tasas de datos considerablemente, para luego implementar W-CDMA.

4.2.1.1. GPRS – General Packet Radio Service

GPRS es un sistema que se superpone a la existente red GSM y que permite proporcionar servicios de transmisión de paquetes agregando nuevos elementos al núcleo de red y mejorando la red de acceso mediante la aplicación de software y hardware en sus elementos funcionales, todo esto complementando y no reemplazando la actual red de conmutación de circuitos, como es GSM.

GPRS básicamente añade conmutación de paquetes de datos a todos los niveles de la red GSM: interfaz radio, nodos de conmutación, red de transmisión, tarificación, etc. A todos los efectos, se crea una red paralela a GSM.

La incorporación de nuevos elementos al sistema GSM cambia radicalmente aspectos técnicos, de filosofía y prestación del servicio.

Desde el punto de vista de la red de acceso radio, GPRS realiza una mejora de software en las BTS (Base Transceiver Site) y en las BSC (Base Station Controller). Las BSC también debe tener una nueva unidad de hardware llamada PCU (Packet Control Unit), que ayuda a dirigir el tráfico de datos hacia la red GPRS.

Dentro de esta red de acceso, GPRS utiliza la misma interfaz de aire de GSM, con la misma estructura de trama, incluso la misma modulación GMSK y separación de canal de 200 KHz, pero agrega la capacidad multi-slot y cuatro nuevos esquemas de codificación para aumentar el throughput hasta 171,2 Kbps máximos teóricos usando 8 time-slot por trama GSM a la vez como máximo.

Los tres nuevos esquemas de codificación se utilizan con el fin de reducir la cantidad de bits usados para redundancia y FEC (Forward Error Correcting) del tamaño total de la trama y así aumentar el throughput hasta 21,4 Kbps por canal. Esto es posible solo cuando la calidad del enlace radio es lo suficientemente fuerte como para soportarlo. La ubicación de los canales es flexible, y son compartidos por los usuarios activos. Los recursos de la interfaz radio son compartidos dinámicamente entre servicios de voz y de datos como una función de la carga de servicios y de las preferencias del operador.

Sin embargo, y en la práctica, las velocidades de conexión serán bastante más bajas que las máximas teóricas, dependiendo de la cantidad de tráfico en la red, del número de canales simultáneos soportados por los terminales, de la calidad de enlace radio, y por sobre todo, de la capacidad sobrante de la red en cada celda y/o sitio en que opere el servicio. Es más plausible que los usuarios dispongan desde 2 a 4 time-slot, primero por la capacidad de los terminales y segundo como una estrategia del operador a fin de no deteriorar la calidad del servicio de voz al tener menos time-slot disponibles para llamadas telefónicas. GPRS soporta conexiones punto a punto y punto a multipunto.

A nivel del núcleo de red, como las actuales MSCs (Mobile Switching Centers) de GSM no manejan paquetes, GPRS agrega dos nuevos importantes nodos, referidos como Nodos de Soporte GPRS, que habilitan a la red para soportar transmisión y transporte de datos en modo paquete proporcionando en los sistemas actuales funcionalidades de tercera generación como son acceso para los usuarios a servicios de datos a alta velocidad y la posibilidad de crear nuevos servicios de una manera flexible y rápida.

GPRS introduce un nuevo Backbone²⁹ de red basado en IP, compuesto por nuevos nodos de red y nodos tradicionales de la arquitectura Internet (routers, DNS, Servidores y Firewalls). Los nuevos nodos de red introducidos por GPRS se detallan a continuación:

- **SGSN (Serving GPRS Support Node).** Nodo de conmutación de paquetes que se sitúa jerárquicamente al mismo nivel que las centrales convencionales de GSM (MSC) desarrollando funciones de señalización como la selección de celdas y enrutamiento. El SGSN rastrea los móviles con capacidades de datos y hace las veces de switch de datos. Se conecta a la BSS vía Frame Relay y hacia el GGSN vía el nuevo backbone de red IP.
- **GGSN (Gateway GPRS Support Node).** Nodo pasarela que realiza la interfaz con las redes de datos externas. Actuando como un router, incorpora funciones de Firewall, encapsulado y traducción de direcciones IP. El estándar incluye la interfaz con redes externas de IP y X.25.

²⁹ Backbone – Columna vertebral. Concepto aplicado al núcleo de transporte de una red.

4.2.1.2. EDGE – Enhanced Data Rates for Global Evolution

Después de GPRS, los operadores pueden implementar EDGE o emigrar directamente hacia W-CDMA, toda vez que ya implementado GPRS solo basta agregar la nueva interfaz de radio 3G basada en CDMA.

EDGE se basa en la red de datos de GPRS, por lo que no agrega nodos ni interfaces en el núcleo de red GSM/GPRS, implementándose solo al nivel de red de acceso radio mejorando GPRS al modificar la capa física de la interfaz de aire donde agrega un nuevo esquema de codificación, y una modulación de más alto nivel como es 8-PSK que aumenta la velocidad bruta de bits manteniendo la misma velocidad de símbolos de GMSK que es de 270,33 Ksps. Esto permite también mantener la máscara del espectro de GSM y la misma duración de estallidos.

La modulación 8-PSK permite transmitir 3 bit/símbolo, comparada con solo 1 bit/símbolo de GMSK, lo que se traduce en velocidades de hasta 384 Kbps. Esta modulación permite a la vez una mejor calidad de voz, todo esto manteniendo la misma cantidad de time-slots y la estructura de trama de GSM con canales de 200 KHz de ancho de banda.

El uso de la modulación 8-PSK en lugar de GMSK es a la expensa de la movilidad. GMSK, un método de modulación relativamente resistente a la interferencia pero un tanto lento, es reemplazado por un método más rápido pero que es más susceptible a la interferencia. Las tasa de datos no son constantes y dependen de varios factores físicos, como la velocidad de movimiento del terminal, distancia desde la estación base, reflexiones, etc. Junto con un nuevo esquema de modulación que consta de nueve niveles, EDGE puede utilizar el esquema multi-slot para lograr mayores velocidades.

Con el fin de mantener ciertos niveles de QoS, EDGE utiliza un esquema de adaptación de enlace que regularmente estima la calidad del enlace radio y subsecuentemente selecciona el esquema más apropiado de codificación y modulación conforme las condiciones de propagación cambien. Esto significa que en buenas condiciones de propagación, EDGE selecciona un esquema con modulación 8-PSK y un modo de codificación menos robusto (menos bits de control y redundancia) mientras que en malas condiciones de propagación se selecciona GMSK como modulación y una codificación de canal más robusta (redundancia incremental).

Cuando EDGE se combina con GPRS se convierte en EGRPS (Enhanced GPRS). En las versiones basadas en GSM, EGPRS se denomina EGPRS Classic, mientras que en el caso de IS-136 se denomina EGPRS Compact. Como EGPRS utiliza la misma estructura de canal que GSM de 200 KHz, en sistemas distintos a este es necesario despejar parte del espectro del operador en las instalaciones iniciales, como es el caso de IS-136. Esto será tratado en el capítulo relacionado con la evolución de IS-136 hacia 3G.

Para las estaciones móviles, hay inconvenientes entre las nuevas posibilidades de EDGE y los nuevos requerimientos de bajo costo, pequeño tamaño y larga duración de baterías de los terminales. El transmisor 8-PSK es más complejo que el receptor. Por esto se seleccionó GMSK para la transmisión (uplink) a baja velocidad, y 8-PSK en la recepción (downlink) donde se requiere de mayores velocidades.

Similarmente, el número de time-slots en el uplink como en el downlink no necesariamente son los mismos.

Para determinar el futuro éxito de EDGE en redes GSM/GPRS es importante introducir esta tecnología gradualmente. Para desarrollos iniciales, los trancceptores EDGE se complementarán con los de GSM/GPRS en un conjunto de celdas donde se desee una cobertura EDGE (zonas urbanas por ejemplo). Así, una mezcla integrada de usuarios GSM, GPRS y EDGE coexistirán en la misma banda de frecuencia. La asignación de canales puede ser dinámica según la necesidad de la celda, esto en función de la cantidad de usuarios concurrentes, ya sean GSM (voz), GPRS o EDGE (dato). Para esto, necesariamente se requiere una liberación de espectro utilizado en función de entregar una buena calidad de servicio, de modo que no existan islas de cobertura.

En los sistemas GSM/GPRS el canal de control de señalización es usualmente transportado sobre el primer time-slot de una portadora en cada sector. Para facilitar la tarea de los terminales móviles de medir sectores adyacentes para potenciales traspasos (handoff), adquisición del canal de control, entre otros, el estándar GSM requiere que la portadora con el canal de control de Broadcast (portadora BCCH) y el canal de control común (canal CCCH) transmitan con niveles de potencia constante y sin saltos de frecuencia. Esta portadora es conocida como la portadora de Beacon.

Por otro lado, en orden a mantener un mínimo de confiabilidad, esas portadoras son arregladas en un patrón de reutilización de frecuencia de $N = 4/12$. Los canales de tráfico pueden saltar en frecuencia y, las portadoras no BCCH, pueden usar transmisión discontinua DTX (basada en la detección de actividad de voz), y de ser así, se les arregla con un patrón de reutilización de $3/9$. Estos arreglos proveen una fuerte protección la razón señal a interferencia SIR requerido para servicios intolerantes al retardo.

El plan de reutilización base de GSM en una configuración de tres sectores en $N = 4/12$ consiste en un grupo de cuatro estaciones base, de tres sectores cada una, por cluster. Para las soluciones basadas en GSM, el sistema EDGE Classic necesita un ancho de banda de 2,6 MHz de ancho de banda en cada dirección (uplink y downlink), es decir, $2 \times 13 \times 200$ MHz. Las portadoras de tráfico adicionales pueden desarrollarse con un factor de reutilización inferior. En la figura N° 16 se muestra las modificaciones en la red GSM/GPRS con la adición de EDGE.

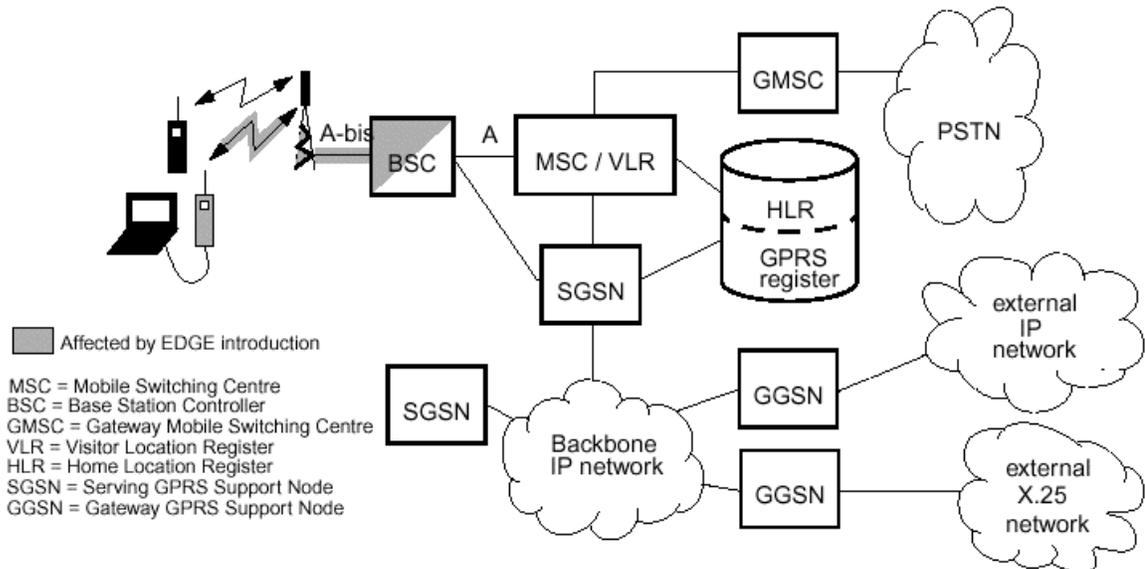


Figura Nº 16. Modificaciones en GSM/GPRS introducidas por EDGE

El impacto de EDGE en la actual red GSM/GPRS es relativamente pequeño, ya que usa la misma estructura de trama TDMA, canales lógicos y portadoras de 200 KHz de ancho de banda de GSM. Esto significa que el equipamiento de las radio bases, el ancho de banda de las portadoras y estructura de time-slots pueden ser reutilizadas, por lo que no será necesario alterar el plan de red de radio.

El agregar EDGE a la actual red GSM/GPRS es relativamente directo. Se requiere un upgrade de software en las BTS y en la BSC más una agregación de hardware en las BTS al instalar transceptores EDGE en los gabinetes.

4.2.1.3. DS-CDMA (W-CDMA) y TD-CDMA

La migración hacia W-CDMA involucra la adición de nuevos elementos de red, tanto en el sistema de acceso radio, como en el núcleo de red, donde gran parte de sus componentes ya se han incluido anteriormente con la primera migración hecha a través de GPRS. Esta combinación define a la red que se conoce como UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

El desarrollo de este estándar es dinámico, y se divide en sucesivas "Releases" o versiones. La Release 99 (R99) es la primera versión de UMTS y será la que se utilice en los despliegues iniciales de UMTS en todo el mundo. Esta versión conserva la estructura de la red GSM/GPRS pero separa los dominios de circuitos y de paquetes, por lo que no introducirá cambios significativos en el núcleo de red introducido en GPRS.

A diferencia de las interfaces radio mencionadas anteriormente, la implantación de W-CDMA es más difícil de llevar a cabo, pues requiere la liberación de una gran porción del espectro asignado al operador (en el caso de operadores de sistemas PCS el espectro asignado es de 2 x 15 MHz), además que constituye una tecnología totalmente distinta a aquellas basadas en TDMA, como EDGE y GPRS.

Además, W-CDMA se implementa sobre una nueva red de acceso radio, conocida como UTRAN, que incluye nuevos elementos como son los nodos B, que son similares a las BTS en GSM, y los RNC, similares a las BSC en GSM. También existe la opción, dependiendo del fabricante que, dada la modularidad de los sistemas ya instalados, baste con solo agregar las tarjetas necesarias para habilitar al sistema con capacidades W-CDMA. Esto incluye conexiones ATM hacia los Nodos de Soporte GPRS, entre otros.

La figura N° 17 muestra la arquitectura de red una vez implementado W-CDMA.

A lo anterior se deben agregar los requerimientos de espectro mínimo para desarrollar UMTS. Sucede que UMTS tiene una estructura jerárquica de celdas: macro celdas, micro celdas y pico celdas. Cada una de estas celdas tiene sus propias características operacionales, y por tanto, distintos requerimiento de espectro. Las macro y micro celdas operan en modo FDD simétrico, mientras que las pico celdas operan en modo TDD asimétrico.

Las macro celdas están destinadas para los vehículos u otros objetos que se mueven a alta velocidad, y por consiguiente, la transmisión de datos es relativamente baja, del orden de los 144 Kbps. Los radios de cobertura son de hasta 10 Km. Las micro celdas se utilizan para cubrir calles, las plazas y otros sitios urbanos de ambientes peatonales y la velocidad de transmisión de datos es un poco más alta que en las macro celdas, del orden de los 384 Kbps con radios de hasta 1 Km. Finalmente, las pico celdas tienen como objetivo principal el proveer la cobertura a los usuarios móviles fijos o estacionarios. La velocidad de transmisión es alta, de hasta 2 Mbps para radios de hasta 100 Mts.

En la banda pareada FDD no es aconsejable construir micro celdas, pues no es apropiada para tráfico asimétrico. Así, DS-CDMA se implementa en bandas FDD, mientras que TD-CDMA se implementa en bandas TDD.

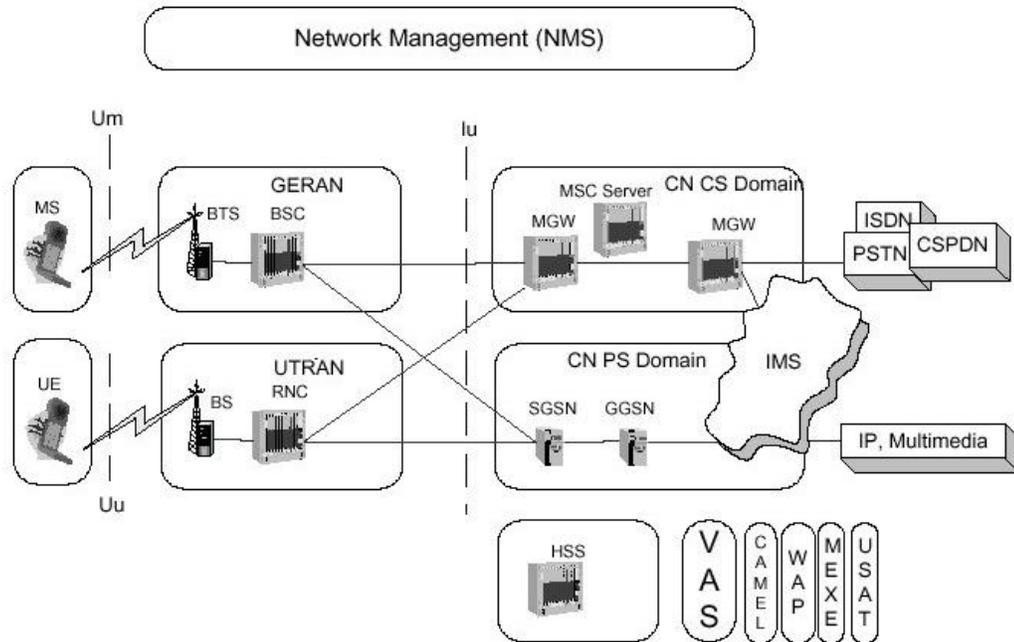


Figura 17 - Red GSM/GPRS/EDGE después de la implementación de W-CDMA

Todo esto viene a que la banda pareada es ideal para las macro y micro celdas. Si se dispone de 2 x 15 MHz (FDD) se podrán construir dos capas de macro celdas (2 x 10 MHz FDD) y una capa de micro celdas (2 x 5 MHz FDD), o bien una capa de macro celdas y dos de micro celdas. Pero si no se dispone de una banda unipolar (1 x 5 MHz TDD), la que es ideal para el tráfico asimétrico operando en régimen TDD, no se podrá construir eficazmente una capa de pico celda que es ideal para transmitir datos a alta velocidad.

Por lo tanto, para una operación a plena cobertura, se requiere de a lo menos 2 x 10 MHz FDD + 1 x 5 MHz TDD. Lo normal es que el ente regulador asigne 2 x 15 MHz + 1 x 5 MHz. Esto da la opción de tener 2 x 5 MHz FDD + 2 x 5 MHz FDD + 1 x 5 MHz TDD.

En definitiva, el uso del espectro para UMTS está determinado por la cantidad de espectro sobrante que se disponga (esto porque no se puede deteriorar la calidad de servicio de voz a través de GSM) en la banda ya asignada para sistemas 2G (Celular o PCS), o bien por la cantidad de espectro que el operador se haya adjudicado para desarrollar servicios de 3G.

Para el primer caso, se observa que un operador 2G que desee prestar servicios de 3G en bandas 2G debe implantar W-CDMA en forma paulatina en áreas que realmente lo demanden, generalmente en áreas urbanas. Esto trae consigo una decepción del usuario por cuanto su cobertura está restringida a un área específica limitando su movilidad, lo que es muy grave para el caso de usuarios corporativos o de empresas que se desplazan continuamente de ciudad en ciudad, por ejemplo. La ventaja que presta W-CDMA es que al igual que todas las tecnologías CDMA, el factor de reutilización de frecuencia es 1, lo

que permite reutilizar una misma frecuencia portadora en todas las celdas, incluso las adyacentes, por cuanto las celdas se diferencian por un off-set (desfase) de códigos walsh, lo que permite que los mismos códigos usados por los usuarios de una celda A puedan ser usados en la celda B.

Según este análisis, tendría sentido implementar W-CDMA en bandas 2G siempre y cuando el operador tenga garantizada una licencia para operar sistemas 3G en las bandas asignadas según lo determine el regulador, de modo que los equipos 3G sean configurados posteriormente para operar en la nueva banda. Esto pone características espaciales para los terminales, los cuales tendrían que ser multibanda.

A esto se debe sumar que para bandas FDD en UMTS, el rango de frecuencia que separa a la banda de uplink con la de downlink excede la capacidad de la banda PCS. Esto pone la restricción que el operador instale TD-CDMA en lugar de W-CDMA(DS-SS-SS), ya que esta modalidad TDD permite utilizar a los menos 5 MHz tanto para el downlink como para el uplink en forma simultánea. La otra opción es implementar TD-SS-SS la que pone aún menos restricciones de uso de ancho de banda, el cual es de solo 1 x 1,6 MHz mínimo para operación. Esta opción sin duda es la que presenta mejores opciones de ser implementada. Pero esto trae una dificultad, cual es que los radios de cobertura para sistemas TDD CDMA son muy pequeños, del orden de cientos de metros, lo que involucra instalar nuevas radio bases con el consecuente costo adicional en infraestructura y obras civiles. De otra manera, se puede aumentar la cobertura de las celdas, pero a costa de una baja en las tasas de datos posibles.

Notar que existe bibliografía donde se indican las medidas precautorias que deben tomarse a fin de evitar cualquier interferencia entre portadoras GSM y aquellas CDMA, de modo de no perjudicar la calidad de servicio.

No obstante lo anterior, y para cuando los operadores 2G intenten instalar W-CDMA, ya se habrán otorgado las licencias para operar sistemas 3G, por lo cual puede llegar a ser difícil que operadores GSM instalen W-CDMA en su actual red.

La única opción es que aún no logrando obtener una licencia 3G, el regulador permita operar servicios 3G en la banda ya asignada para servicios PCS, por ejemplo.

En general, la evolución de GSM hacia 3G involucra una primera inversión en nodos de red con GPRS, y luego las inversiones se limitan a la red de acceso radio interfaz radio.

4.2.2. Evolución de cdmaOne™ hacia 3G

Para alcanzar los requerimientos de IMT-2000, los sistemas CDMA necesitan usar más códigos, un esquema de modulación diferente, y anchos de banda superiores.

Desde el punto de la interfaz radio, cdmaOne™ evoluciona hacia 3G en un estándar llamado cdma2000. Cdma2000 viene en dos fases: 1X y 3X, sobre portadoras de 1,25 MHz y 3,75 MHz (3 x 1,25 MHz),

respectivamente. Los sistemas cdma2000 pueden operar en las siguientes bandas: 450 MHz, 800 MHz, 1700 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz, y 2100 MHz.

Adicional a estos pasos evolutivos, la industria se ha concentrado en potenciar aún más las capacidades de CDMA 1X-RTT, normalizando los sistemas HDR (High Data Rate) más que desarrollar 3X-RTT por razones de reutilización de espectro y de esa manera eliminar la principal restricción para la evolución hacia 3G, tanto para los operadores cdmaOne™ como para los TDMA/IS-136.

El HDR comprende el 1X EV-DO propuesto por el fabricante Qualcomm para datos en paquetes (acceso a Internet) y el 1X EV-DV propuesto por Motorola (en fase de desarrollo), que incluye el servicio de voz en paquetes.

Para que los sistemas cdma2000 interoperen con sistemas GSM, el 3GPP2³⁰, institución a cargo de la estandarización de los sistemas cdma2000, está normalizando los sistemas DS-41 y MC-MAP, que consisten en modificaciones de las especificaciones cdma2000 para que la RTT de UMTS opere sobre ANSI-41 y para que la RTT cdma2000 opere sobre GSM-MAP de GSM/UMTS, respectivamente.

Cdma2000 incluye numerosas mejoras sobre IS-95, incluyendo control de potencia más sofisticado, nueva modulación sobre el canal reverso, y métodos de codificación mejorados. El resultado es una capacidad significativamente superior.

4.2.2.1. Cdma2000 1X RTT

El primer paso migratorio es 1X-RTT, un desarrollo conjunto entre Lucent Technologies y Qualcomm. 1X-RTT dobla el número de códigos a 128, doblando así la capacidad de usuarios de voz de cdmaOne™ por celda y el throughput por usuario proporcionando una tasa teórica de datos de 144 Kbps peak. 1X-RTT opera en la misma banda de frecuencia original de cdmaOne™ de 1,25 MHz de ancho de banda– 800 MHz en Estados Unidos y 1900 MHz internacionalmente – y permite la transmisión simultánea de voz y datos (notar que en estricto rigor se requiere de 2 x 1,25 MHz ya que la operación es en modo FDD). Las tasas de datos median entre 60 Kbps y 100 Kbps con una velocidad peak de 144 Kbps.

Cdma2000 1X-RTT es el equivalente en el mundo cdmaOne™ a GPRS en el mundo GSM, aunque la ITU reconoció que 1X-RTT era un estándar 3G. El estándar consiste en una arquitectura descentralizada basada en plataforma y protocolos IP.

La evolución hacia cdma2000 1X requiere nuevas tarjetas de canal y un upgrade de software en las estaciones base cdmaOne™ y la obvia introducción de terminales con capacidades cdma2000 1X.

³⁰ 3GPP2 – 3G Partnership Project 2

4.2.2.2. Cdma2000 1X EV-DO

1X EV-DO (portadora 1X, EV – Evolution-, Data Only) oficialmente conocida como IS-856 y/o 1X-EV fase uno, envuelve una nueva tecnología de interfaz aire especialmente diseñada para paquetes de datos y ofrece una eficiencia espectral de 3 a 4 veces superior a la de 1X-RTT. 1X EV-DO alcanza 2,45 Mbps en el enlace directo (desde la estación base, BTS, hacia el terminal) usando solo 1,25 MHz de ancho de banda. Soporta servicios asimétricos no sensibles al retardo. No soporta servicios simétricos sensibles al retardo como los conversacionales o de voz. El transporte está basado en tecnología IP.

Para implementar 1X EV-DO, los operadores deben instalar una portadora separada que esté dedicada solo al uso de datos en cada celda donde se demanden servicios de alta velocidad. Sin embargo, los usuarios serán capaces de traspasarse transparentemente desde una portadora 1X a una 1X EV-DO. Sobre portadoras separadas, el canal de voz proporciona la baja latencia necesaria para comunicaciones telefónicas, mientras que el canal de datos proporciona el enrutamiento flexible y de bajo costo de una red de paquetes IP. Las velocidades de datos estandarizadas son:

- Enlace descendente: 2.457,6 Kbps
- Enlace ascendente: 153,6 Kbps.

La velocidad de transmisión depende de las condiciones del canal radio. Así, el terminal móvil y la estación base negocian la máxima velocidad de transmisión que el terminal es capaz de soportar a cada momento. Dependiendo de la velocidad a negociar, el cual varía de 38,4 Kbps hasta 2,45 Mbps, la estación base 1X EV-DO selecciona el formato de modulación multinivel más adecuado (QPSK, 8-PSK, 16-QAM). Esta operación de tasa adaptativa incluye un sofisticado esquema ARQ híbrido que provee una robustez adicional contra cualquier imprecisión en la estimación de la tasa de datos, especialmente en situaciones que involucran alta movilidad. Este formato de modulación de alto nivel permite que 1X EV-DO opere a tan altas velocidades y con alta eficiencia espectral. Recordemos que la modulación de datos PSK consiste en una señal que es interrumpida y movida hacia un punto diferente de su ciclo. La tasa binaria depende de la frecuencia con que esas interrupciones ocurran, conocidas como símbolos, y del número de formas que cada símbolo pueda tomar. En cdmaOne™, PSK toma cuatro formas diferentes, representando a dos bits cada una, dado que dos bits pueden tomar cuatro combinaciones. Así, 8PSK considera tres bits/símbolo incrementando la tasa binaria al doble.

Adicionalmente, 1X EV-DO utiliza un avanzado esquema de codificación para el control de errores llamado Turbo Coding (turbo codificación). Estos turbo códigos permiten que los sistemas de codificación operen cerca del límite de Shannon. Sobre el enlace descendente, su máxima redundancia es 33 % mayor que la de 1X RTT.

La potencia del canal descendente no posee control de potencia, por lo que la Estación Base transmite a potencia constante. Para evitar la potencial interferencia, las ráfagas de datos son enviadas hacia los terminales a intervalos de tiempo determinados por la Estación Base haciendo uso de un programador

que determina la secuencia con que las ráfagas son transmitidas. Esto consiste en un esquema de multiplexación con diversidad multi-usuario que divide el throughput (rendimiento) disponible en el enlace directo o descendente entre todos los usuarios activos. El sistema se basa en la calidad del canal de usuario por lo que privilegia a los terminales con mejor relación C/I, pero al mismo tiempo tiene en cuenta el tiempo transcurrido desde que atendió a un usuario por última vez, para permitir también el acceso a aquellos usuarios más alejados del emplazamiento. El programador anterior se basaba en un esquema Round-Robin que entregaba el mismo tiempo a todos los usuarios activos, disminuyendo la capacidad de altas velocidades. Por el contrario, el enlace ascendente si lleva un control de potencia a 600 Hz (cada 1,66 ms se chequea la potencia recibida).

4.2.2.3. Cdma2000 1X EV-DV

El sistema 1X EV-DV (portadora 1X, EV-Evolution, DV-Data and Voice), o 1X-EV fase dos, es una evolución de cdma2000 propuesto por Motorola. Actualmente se encuentra en etapa de especificación por el 3GPP2. Los principales requisitos del sistema son:

- Compatible con ANSI-41 y GSM-MAP.
- Soporta cualquier combinación de servicios (vídeo, voz y datos) con diferentes QoS:
 - Velocidades de pico para datos en alta movilidad deben ser de:
 - 2,4 Mbps en el enlace descendente.
 - 1,2 Mbps en el enlace ascendente.
 - Ambos simultáneamente.

4.2.2.4. La evolución de red de cdmaOne™ a 3G

Desde el punto del núcleo de red, cdmaOne™ evoluciona hacia una arquitectura basada completamente en IP, usando el estándar del IETF³¹ denominado IP Móvil. La evolución del núcleo de red cdmaOne™ se inicia con la introducción de un núcleo de red de paquetes que sea capaz de entregar servicios usando protocolos IP extremo a extremo.

Revisemos brevemente la arquitectura de red de cdmaOne™ para observar los cambios introducidos por cdma2000.

Los nodos primarios en la mayor parte de las redes cdmaOne™ de hoy son los MSC, la red de acceso radio, un registro de abonados residentes (HLR), una función de interoperabilidad (IWF), un servidor de lenguaje de marcador de dispositivos de mano y servidores WAP para acceso a Internet para aquellos

³¹ IETF – Internet Engineering Task Force

terminales con capacidades WAP (servidores HDML/WAP). Otros elementos claves incluyen sistemas de gestión de operaciones y redes, servidores de voz – correo y centros de servicios de mensajes costros (SMSC). La figura N° 18 muestra una red cdmaOne™ típica.

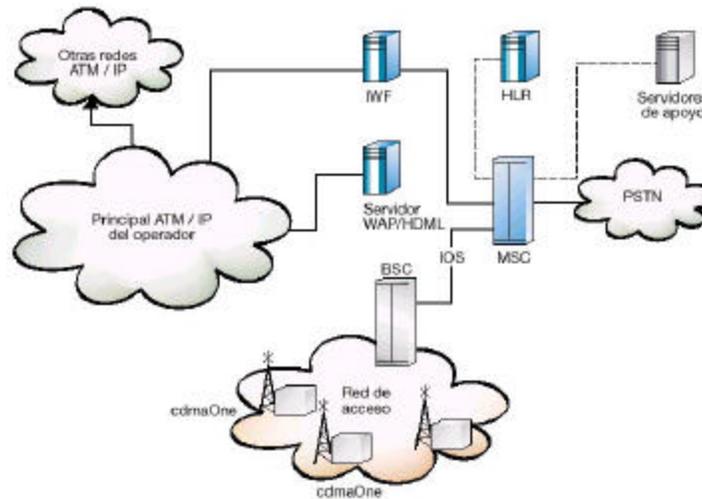


Figura 18. Estructura de red cdmaOne™ típica

Para alcanzar las capacidades de manejo de paquetes definidas para sistema de 3G, los operadores cdmaOne™ deben invertir en las redes de acceso y en el núcleo de la red.

En la red de acceso radio, en las estaciones base BST se requiere de nuevas tarjetas de canal para soportar la capacidad aumentada y mejoras en la provisión de IP. También se requiere nuevo software de radio en la BTS para habilitar las nuevas tarjetas de canal, y donde sea apropiado, serán necesarias mejoras de software para las BSC (Base Station Controllers). Si los operadores lo desean, pueden implementar gabinetes separados para mantener compatibilidad hacia atrás con cdmaOne™. Este nuevo software en las BTS y BSCs engloban el enlace reverso coherente, una estructura adicional de códigos Walsh para más canales y más capacidad, un nuevo esquema de control de potencia, y la capacidad de soportar estructuras de canal suplementario si la voz y dato usan el mismo canal y es necesario incrementar la capacidad en un momento dado.

Al nivel de red, el MSC (Mobile Switching Centre) cambia muy poco y la función de interoperabilidad IWF (Inter Working Function) llega a ser un nodo de servicios de datos en paquetes (PDSN). De forma similar de debe añadir un servidor AAA (Accounting, Authentication and Authorization) para autenticación, autorización y contabilidad el cual cuelga del PDSN para proveer perfiles de servicios de usuarios finales que operan en modo datos por paquetes. Para manejar el IP Móvil se deben agregar también una infraestructura de agente residente y un software de agente residente/extranjero.

Una de las principales propiedades del núcleo de red cdma2000 es su capacidad de manejar IP Móvil. El IP Móvil, que da a los usuarios una movilidad sin fisuras en y entre redes CDMA, es la base de la red de núcleo de paquetes (PCN) cdma2000. Con base en la norma de Internet para movilidad, el IP Móvil incorpora agentes residentes HA (Home Agent) y agentes extranjeros FA (Foreigner Agent) en la ecuación de datos de paquetes (ver figura N° 19).

El BSS (BSC y RBS macro) para sistemas 3G cdma2000 1X está basado en ATM/IP, combinando las ventajas de IP con las capacidades de calidad de servicios QoS de ATM. Debido a que la plataforma ha sido perfeccionada para tecnología móvil, le es posible agregar servicios IP con el mismo tipo de fiabilidad que está asociado a las telecomunicaciones tradicionales.

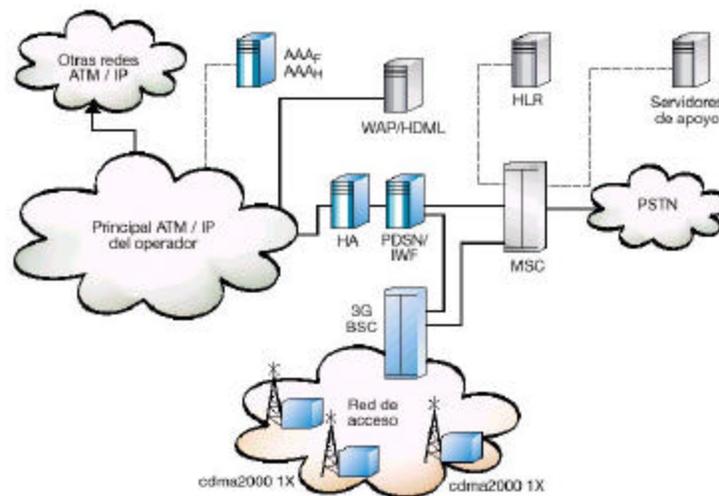


Figura 19. Red cdma2000 1X con primeras capacidades 3G

Una red con todas las capacidades de 3G es una red completamente estratificada: una capa de aplicación de usuario, una capa de control y una capa de conectividad.

La primera contiene todos los servicios por los cuales los usuarios finales están dispuestos a pagar, como comercio electrónico, posicionamiento global, etc.

La capa de control es el cerebro de la red en conjunto, incorpora todos los servidores de red que se necesitan para dar servicios a cualquier abonado, sin tener en cuenta si obtiene acceso desde un mundo de cables de cobre, inalámbrico o IP. Los servidores típicos en esta capa son HLR, SMSC, AC, AAA, y el servidor MSC recientemente introducido.

La capa de conectividad maneja transporte de toda la información, sin tener en cuenta de si es datos o voz. Esta capa puede usar transporte IP, transporte ATM, o una combinación de las dos. La arquitectura de conectividad está dividida en dos partes: el núcleo y el borde. El equipo del núcleo de la red transporta

todo tipo de tráfico entre los nodos de servicio en la red del operador. Los componentes típicos de la infraestructura incluyen rotures, swiches ATM, y medios de transmisión.

El equipo de borde, que da el aumento de inteligencia que se necesita para apoyar el flujo de voz y datos de bit del núcleo, se necesita para interpretar instrucciones específicas del cliente, garantizar la entrega de QoS, y expedición de información - por ejemplo de facturación - a la capa de control. Equipos de borde son la puerta de medios y el nodo de servicios de datos.

El paso final en la migración a una red de tercera generación se alcanza principalmente al dividir las funciones del MSC entre una puerta de medios y un servidor MSC (ver figura N° 21). Esto se logra al añadir una interfaz IP/ATM al MSC actual y al introducir una puerta de medios de red.

La puerta de medios, que es controlada por el MSC usando el protocolo de control de puerta GCP (Gateway Control Protocol), el cual es un estándar abierto, contiene un juego completo de recursos de voz y de transporte para convertir protocolos entre redes distintas.

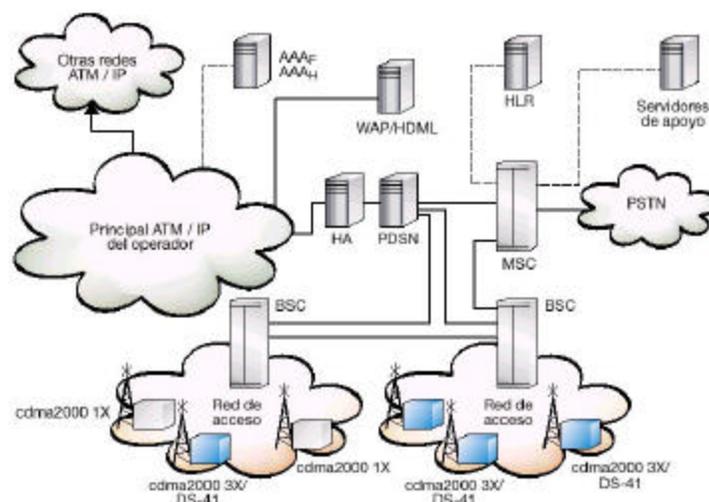


Figura 20. Estaciones base cdma2000 3X aptas para DS-41

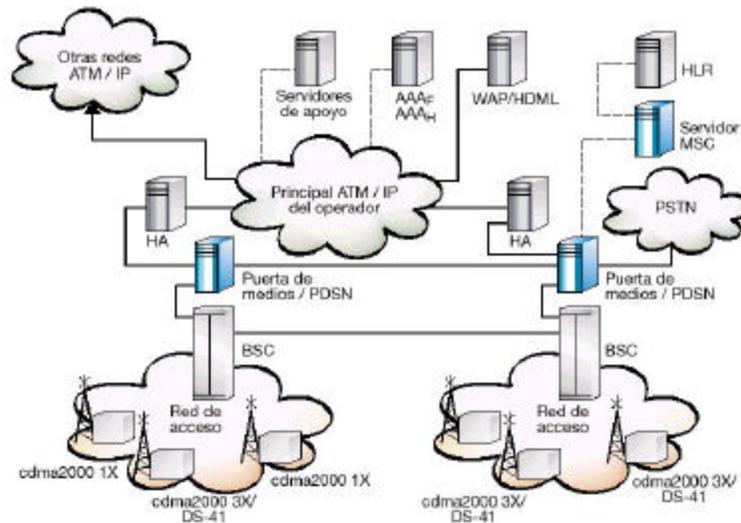


Figura 21. Introducción de puertas de medios

La puerta de medios sirve de equipos de borde para tráfico de voz en un sistema 3G, mientras que el PDSN llega a ser de forma similar la puerta de medios para tráfico de datos. Es por este motivo que se pone la etiqueta MGW/PDSN al equipo de borde en la arquitectura estratificada. Las puertas de medios sirven también como puntos de entrada a la red telefónica pública (PSTN) – el mundo en modo circuito – mientras que los rotures con o sin agentes locales sirven de equipo de borde al mundo de conmutación de paquetes.

4.2.3. Evolución de IS/136 hacia 3G

La evolución de IS-136 hacia 3G es la que presenta la mayor cantidad de inconvenientes y opciones, puesto que las motivaciones para elegir los caminos que se indicarán a continuación se mueven entre beneficios de economías de escala y asuntos tecnológicos.

IS-136 es la red con mayor aceptación en toda América en operadores, usuarios y cobertura, principalmente en Estados Unidos. Esto pues IS-136 fue la mejora digital para una red analógica que ya se había establecido como el estándar de facto en la región, como es AMPS. Esta red se desarrolló principalmente en la banda de 850 MHz y últimamente en la banda de 1900 MHz con la aparición de servicios PCS. En estas mismas bandas también opera la red cdmaOne™.

Con el tremendo desarrollo del mercado basado en GSM (más del 70 % a principios de 2002) y la creciente penetración de cdmaOne™, IS-136 se ve enfrentado a un desafío crucial como es el de desaparecer en los próximos años a causa que no posee una evolución clara hacia 3G, dadas sus limitantes técnicas. La gran complejidad, costo, dificultad y tiempo descenderán a IS-136 a ser una red

huérfana. Esto significa que cumplirá solo con los requerimientos a corto plazo y no ofrecerá ninguna base para la evolución futura hacia 3G. Por esta misma razón hasta los fabricantes bajarán sus volúmenes de producción prefiriendo fabricar terminales con más posibilidades como los basados en la evolución de GSM y de cdmaOne™.

Ahora bien, uno de los caminos de evolución hacia 3G se orienta en GSM, red con la cual comparte la filosofía de la interfaz radio TDMA. El otro camino se orienta hacia cdmaOne™ ya que ambas redes comparten la arquitectura del núcleo de red basado en el estándar ANSI-41. La diferencia con GSM es el ancho de banda del canal radio y la cantidad de usuarios que puede alojar cada portadora. Con cdmaOne™ la diferencia radica en los features que presentan las redes ANSI-41 existentes para TDMA y para CDMA.

En definitiva, la evolución de IS-136/IS-41 hacia 3G se ve limitada por el hecho que la industria no desarrolló un estándar que fuera capaz de aumentar la calidad de voz y la capacidad de la red, al mismo tiempo de integrar las capacidades de las redes basadas en paquetes, utilizando la misma cantidad de ancho de banda actual sin deteriorar los niveles de servicios actuales. En mucha bibliografía se da como solución aumentar la capacidad de la red disminuyendo la cobertura de las radio bases con una baja en la potencia de transmisión, pero a costa de instalar más estaciones bases, lo que en definitiva aumenta los costos de una manera poco sustentable.

Cabe recordar, que el ancho de banda asignado para sistemas IS-136 es de 25 MHz. Esto produce una saturación de red más rápida que para los sistemas PCS que poseen 30 MHz total de ancho de banda. Es por esto también que las redes operando servicios PCS poseen una evolución hacia 3G más suave por cuanto hoy aun pueden tener espectro por liberar para proveer servicios de tercera generación.

Así, la elección de los operadores IS-136 se debe basar a mi juicio en dos variables como son:

- Minimizar los costos de desarrollo tecnológico adoptando un proceso lo más simple posible.
- Desarrollar nuevos servicios comercialmente viables en el tiempo.

4.2.3.1. Evolución vía GSM

La evolución vía GSM se basa principalmente en los beneficios producidos por las economías de escala que se han creado a su entorno al poseer más del 70 % del mercado móvil a escala mundial. Esto se traduce en una mayor oferta de infraestructura y terminales lo que trasciende en una significativa reducción de costos de adquisición. La gran penetración de GSM se fundamenta en una estrategia común de la Unión Europea de homologar una red que facilite el libre desplazamiento de los terminales por la región, y en la gran cantidad de servicios disponibles para estas redes.

Así, la evolución de IS-136 hacia 3G es similar a la de GSM, incluso convergente. En una primera instancia, los planes de evolución se centran en la implementación de EDGE en la interfaz radio actual

mejorando las capacidades de datos y de voz. Sin embargo, movido por las fuerzas del mercado, estos planes ahora se centran en una superposición GSM/GPRS o en el empleo de un modelo totalmente nuevo basado en cdma2000 1X-RTT.

Esta superposición de GSM/GPRS en IS-136 consiste en el despliegue en el espectro libre para desarrollar servicios de datos. Esta evolución busca principalmente participar del gran mercado de GSM y su evolución futura adquiriendo todas las capacidades de servicios de esta. Esto es importante en Latinoamérica, donde en el último tiempo GSM está logrando una penetración importante.

En la figura N° 22 se muestra la arquitectura de IS-136/ANSI-41 con la introducción de la vía GSM/GPRS.

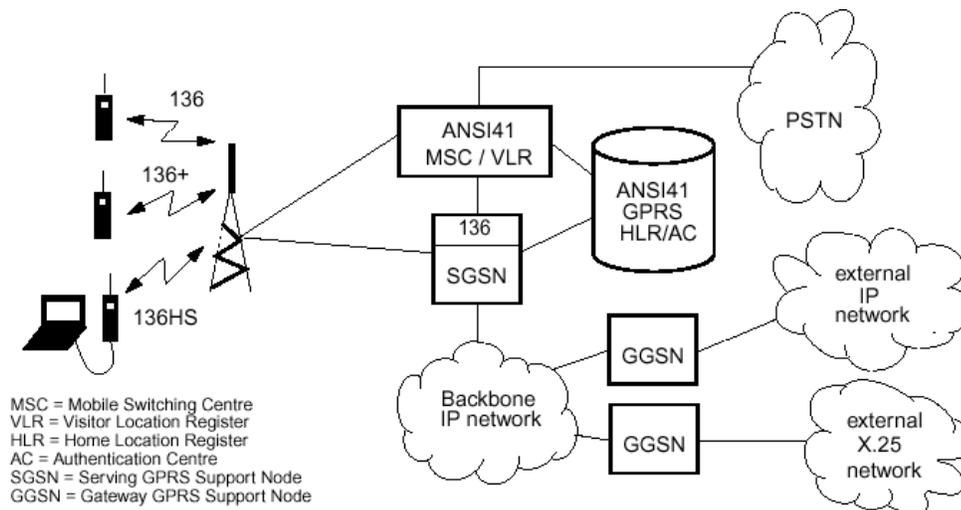


Figura 22. Red IS-136/IS-41 tras la introducción de la vía de evolución GSM/GPRS

Esta superposición se ve potenciada con la decisión de grandes operadores móviles de la región, especialmente de Estados Unidos, de ir hacia 3G a través de GSM/GPRS. Para los operadores móviles en 850 MHz, la baja disponibilidad de espectro atenta contra esta opción, más aún si se intenta implementar cdma2000 1X-RTT. La situación cambia si se trata de operadores PCS en las bandas de 1800 MHz y 1900 MHz los que poseen más espectro. Estas decisiones crean una cantidad crítica de productos para otros operadores que contemplen la introducción de GSM/GPRS dada la fuerte posición y peso de esos operadores. Se pueden mencionar, entre otros, a Voicestream, Microcell de Canada y el gigante Cingular, AT&T Wireless y todas sus filiales, Entel Móvil de Bolivia, Rogers Wireless de Canada, TelCel de México y TeleCom Personal de Argentina. Estos operadores se ven beneficiados por la gran cantidad de equipos y terminales GSM 1900 en oferta y por la interoperabilidad de GSM con IS-136.

Esta interoperabilidad se obtiene a través de búsqueda de la convergencia de IS-136/IS-41 con GSM a través de un proyecto conjunto llamado GAIT (GSM ANSI-136 Interoperability Team) bajo el alero del

GSM Global Roaming Forum, que estandariza un sistema que suministra interoperabilidad entre TDMA y redes GSM. Así, el handset GAIT permitirá que un cliente tenga acceso a una red GSM o TDMA dependiendo de su ubicación o del proveedor de servicios. Esto permite que los operadores GSM y TDMA aprovechen sus propias redes suministrando un mejor alcance global para sus clientes. Los terminales GAIT se esperan entren en el mercado a mediados del año 2002.

A estos antecedentes, se pueden sumar ventajas técnicas, como por ejemplo si un operador TDMA deseara implementar EDGE directamente en su misma red tendría más complicaciones que si lo hace a través de GSM, pues esta red da las facilidades de migración en términos de hardware ya que admite los transceptores EDGE, cosa que no ocurre con IS-136.

Los temas relacionados con el trabajo llevado a cabo por el foro GAIT dicen relación con especificaciones en el área de cobro, comerciales, redes, tarjetas inteligentes y terminales, así como realizar las pruebas de interoperabilidad.

Una desventaja de todo esto es que los usuarios deben actualizar continuamente su terminal para poder optar a los beneficios de los nuevos sistemas. Un teléfono TDMA deberá ser cambiado por uno GAIT, es decir, con la base IS-136 más GSM/GPRS/EDGE, y eventualmente UMTS. Lo claro es que el operador debe proporcionar terminales con capacidades GSM, ya que IS-136 desaparecerá con los años. Para entonces, el operador deberá tener casi toda su base de suscriptores adaptados a las nuevas redes y servicios. Es claro también, entonces, que los subsidios serán muy importantes, tanto como hoy, dada la complejidad tecnológica. No obstante esta complejidad, es más barato fabricar terminales basados en tecnologías TDMA, que agregar otra tecnología totalmente diferente como es CDMA.

No obstante lo anterior, uno de los problemas principales es el intercambio de información sobre Roaming entre redes de distintos países y continentes. Por ejemplo, en el mundo GSM la información se intercambia diariamente entre operadores, cosa que no ocurre en IS-136/ANSI-41, que utiliza un sistema más antiguo que tarda más en enviar la información, que incluso llega hasta de cinco a seis meses. Esto produce una baja confianza en el sistema y los operadores terminan por cortar el Roaming porque es pérdida de dinero.

Los temas relacionados con la seguridad son un freno al Roaming internacional. GSM utiliza un sistema más avanzado que TDMA, por lo que los operadores GSM se ven expuestos al fraude al permitir el Roaming con una red TDMA.

Hay un aspecto que es fundamental, y es que en la medida en que ha crecido el Roaming entre redes GSM a escala mundial (en muchos casos los ingresos por este concepto son significativos) y en que los problemas mencionados en los párrafos anteriores sean solucionados con el trabajo del GAIT, los operadores TDMA se pueden ver beneficiados de este mercado. Para facilitar acuerdos de Roaming la asociación GSM ha creado lo que se conoce como Brokers, que son puntos de confluencia de acuerdos, que no son más que operadores con los cuales existen muchos acuerdos de Roaming y a través de los

cuales los nuevos operadores pueden hacer acuerdos con muchos operadores a la vez en vez de cien mil relaciones con cien mil operadores. Ejemplo de estos brokers son Telecom Italia, Vodafone y Concert, AT&T y BT Cellnet.

Como CdmaOne™ tiene porcentualmente menos cobertura que GSM, existen muchos menos mercados con el que hacer acuerdos de Roaming y las desventajas de interoperabilidad son amplias. De lo contrario, se deben hacer acuerdos con cada uno de los operadores CdmaOne™ y las reglas que puedan poner cada uno son distintas a las de los otros. En el mundo GSM hay reglas claras que rigen la interoperabilidad a todos los niveles de operación.

Una vez que se solucionen los temas de fraude, cobro y envío de información, la clave para el futuro será la comercialización de terminales, ya que en la medida que los fabricantes saquen al mercado los terminales apropiados y a un precio razonable, el Roaming inter-estándar va a ser un anuncio interesante para los operadores, así como ha sido con el Roaming entre GSM.

La primera experiencia de Roaming entre TDMA y GSM en Latinoamérica fue llevada a cabo entre Chile y Argentina, donde el primero utilizaba GSM 1900 y el segundo TDMA en 800 MHz.

4.2.3.2. Evolución vía cdmaOne™

La evolución vía cdmaOne™ consiste en agregar una red paralela a IS-136 que ocupa 1,25 MHz por portadora del total del ancho de banda utilizado (25 MHz en total).

Inicialmente cdma2000 MC 3X fue diseñada para satisfacer los requerimientos de la transmisión de 384 Kbps en alta movilidad y a 2 Mbps en interiores. Sin embargo, esta opción ha perdido importancia en la comunidad y ha sido reemplazada por dos nuevas evoluciones: cdma2000 1X EV-DO (solo evolución de datos) para datos de hasta 2,4 Mbps en 1,25 MHz de ancho de banda y cdma2000 1X EV-DV (evolución de voz y datos) para servicios de voz y datos a la tasa de pico de datos que excedan 2,4 Mbps.

Para todos los efectos se debe instalar una red de datos paralela a la red actual, situación similar al caso de la implementación de GSM/GPRS/EDGE.

Si bien es cierto que cdmaOne™ y ANSI-136 comparten la tecnología del núcleo de red inalámbrica inteligente ANSI-41, esta condición no ofrece mayores ahorros para un operador que busca la transición de TDMA a CDMA. Las funciones o features de la red IS-41, tanto para cdmaOne™ como para IS-136, son distintas y manejan protocolos distintos. Además se debe considerar qué versión de IS-41 disponen los operadores actuales. Claro está que si se trata de versiones inferiores a IS-41D estos deben desembolsar una gran cantidad de dinero pues la actualización de software es uno de los grandes negocios de los fabricantes.

El costo mayor de desplegar un sistema inalámbrico proviene de la compra de estaciones base y de terminales.

La habilidad proyectada de las soluciones basadas en cdma2000 para operar junto con las soluciones basadas en GSM/GPRS/UMTS no es segura, especialmente por la evolución DO y DV, debida cuenta del trabajo de estandarización. Así, una inversión en el sistema cdma2000 1X-RTT requiere la presunción de un riesgo elevado y el despliegue de una red con un tiempo de depreciación mucho más corto que el de EDGE y UMTS.

Esto resulta particularmente complicado para operadores TDMA como en Chile, donde las redes se encuentran saturadas producto de la falta de espectro necesario para alojar más usuarios. Si se implementa CDMA 1X-RTT se produce la pérdida de gran parte del espectro disponible, opción que resulta inaceptable desde el punto de vista del operador. Ahora, esto se vería eventualmente solucionado si el operador consigue obtener más espectro de la administración nacional. Cabe recordar que en Chile se está subastando 30 MHz en la banda de 1900 MHz para los operadores que requieran más espectro. De no ser fructífera esta opción, la evolución vía cdmaOne™ se ve seriamente afectada.

Además, la evolución de cdmaOne™ hacia 3G se basa en la visión estadounidense de 3G que consiste en una experiencia de usuario similar a la experimentada hoy en día a través de los PC de escritorio. Es decir, se ve al terminal móvil como una interfaz entre la red IP (Internet o la Intranet de una empresa) y un Laptop y/o un PDA portátil, entre otros. Esto es, no se da mucha importancia a la funcionalidad que puedan tener los terminales móviles para hacer uso de los recursos y capacidades de servicios de la red 3G, orientando casi todos los esfuerzos a promover el acceso a la red a altas velocidades del orden los Mbps. Se trata más bien de un asunto relacionado con la velocidad más que con la calidad de servicio.

Cabe recordar que altas velocidades de datos en redes CDMA produce una reducción de la capacidad de la celda para albergar usuarios de voz. No así en las redes TDMA como son GPRS/EDGE, donde la cantidad de usuarios posibles de servir es fija, y está limitada a la cantidad de portadoras utilizadas y los time-slots asignados para voz y/o dato.

Así las cosas, un terminal cdma2000 1X-RTT (EV DO-DV) es más caro que un terminal GSM/EDGE por cuanto la tecnología es más costosa y además no existe una amplia oferta de terminales como para beneficiarios de las economías de escala.

Cabe destacar que el mercado de masas no se caracteriza por tener un ingreso per capita, en el caso latinoamericano, que le permita disponer de un PC portátil a través del cual disfrute de los servicios 3G. La libertad de la movilidad esta limitada claramente bajo esta perspectiva. Esta visión de 3G, por lo tanto, funciona perfectamente para el segmento profesional empresarial, y no así en el doméstico.

No obstante la falta de espectro, la opción de ir hacia 3G a través de cdmaOne™ tiene grandes beneficios de implementación tecnológica, por cuanto la migración es más suave al no haber la necesidad de cambios constantes de tecnología radio ni del núcleo de red. Las mejoras van sucediendo siempre en el modo CDMA y existe una facilidad relativa de actualización.

La clave de la evolución es elegir la tecnología que más nos acerque hacia la realidad futura de un mercado 3G, que permita lograr la mayor cantidad de ingresos con los menores riesgos posibles. Si un operador elige ir hacia 3G vía cdmaOne™ se verá atrapado en un paso evolutivo que servirá a solo un nicho de mercado.

En definitiva, según este análisis, la evolución vía cdmaOne™ tiene ventajas de implementación al nivel de red, pero de altos costos en los terminales duales debido a la poca oferta y el pobre interés de los fabricantes por disponer de estos terminales. Además existe una baja tasa de mercado que le permita crecer en el tiempo y existen menos servicios disponibles que aquellos existentes para las redes basadas en GSM. Al nivel de interoperabilidad con otras redes, no hay trabajos avanzados de estandarización de normas, los que se ven complicados con los nuevos modos DO y DV de CDMA, lo que presume a la vez un alto costo tecnológico.

4.3. Consideraciones generales sobre la evolución hacia 3G

Como se ha visto en el presente capítulo, existen claras vías de evolución hacia 3G para aquellas redes basadas tanto en cdmaOne™ como en GSM.

La primera vía de evolución, cdmaOne™ hacia 3G, se ve beneficiada por la relativa facilidad de implementación, por cuanto los cambios se hacen sobre la base tecnológica de CDMA en la cual se basarán las redes móviles del futuro. Las futuras mejoras en la red no impedirán que los actuales terminales IS-95A funcionen en dichas redes por cuanto existe compatibilidad hacia atrás. Esto no ocurre así en la vía evolutiva basada en GSM, donde para cada mejora en la red los terminales deberán tener nueva tecnología que soporte los nuevos esquemas de modulación como GPRS y EDGE. Así, la vía de cdmaOne™ se ve fortalecida como una opción tecnológica, pero solo para los operadores de cdmaOne™, además de ser una opción lógica. Las ventajas para el operador vienen por el lado de la facilidad de implementación de la red, donde la falta o carencia de espectro no es una limitante como si lo es para otros operadores de redes distintas como IS-136.

La evolución consiste en agregar hardware y software a los actuales nodos de red y esto casi sin agregar ningún nuevo nodo de red. Las nuevas versiones de sistemas, los que son altamente modulares, permiten que el operador disponga en sus radio bases las TXS o trancceptores necesarios para proveer servicios de datos según sus necesidades. Lo mismo para los nodos de red.

La dificultad viene por el lado de los terminales, los que debido a la poca capacidad de economías de escala resultan ser más caros que aquellos basados en la evolución de GSM lo que trasunta en la poca adquisición de los mismos por parte de los consumidores.

Además, en todo el proceso migratorio se necesita solo 2 x 1,25 MHz de espectro para desplegar la red. Incluso, como en cdmaOne™ se habla de tarjetas de canal, solo es necesario agregar las tarjetas de canal que soporten cdma2000 1X-RTT sobre la misma banda.

Cuando se habla de evolución, se tienen en consideración que la red irá paulatinamente emigrando hacia la implementación de nuevas tecnologías en zonas o áreas donde se demanden servicios avanzados 3G. Por lo tanto, aunque se esté en proceso de migración hacia 3G, los actuales terminales aún podrán operar sin dificultad.

Para los operadores GSM existe la posibilidad clara de emigrar hacia 3G vía GPRS y eventualmente con EDGE. La opción de implementar interfaces radio basadas en CDMA como son TD-CDMA y TD-SCDMA tiene la desventaja de tener que invertir en nuevas radio bases, que son en definitiva los ítems que significan mayor costo en la implementación de la red. Esto porque solo los modos TDD permiten usar parte del espectro ya asignado para entregar servicios 3G. La modalidad FDD como DS-CDMA solo es posible con nuevo espectro y alineado con las indicaciones de la ITU y con la reglamentación del regulador local.

En Chile, y como se verá más tarde, Subtel permite que la banda PCS 1900 MHz sea utilizada para proveer servicio de tercera generación. En este caso, Entel PCS ya está utilizando GPRS en ciertas zonas del país, mientras que SmartCom está por lanzar su red cdma2000 1X-RTT, la que es reconocida por la ITU como un estándar de 3G.

En la siguiente figura se muestran los pasos evolutivos para cada tecnología 2G.

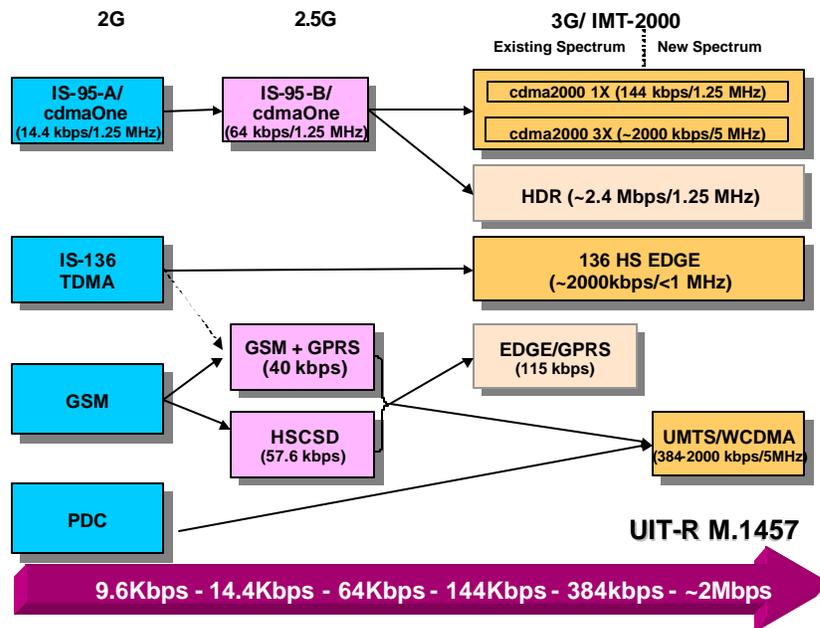


Figura 23. Evolución hacia 3G para las distintas tecnologías 2G.

Siguiendo esta línea, se puede decir que Entel PCS puede pasar de GPRS directo hacia CDMA y obviar EDGE, por cuanto demasiados cambios tecnológicos no son bien recibidos por la población, a la vez que EDGE solo aumenta la tasa binaria por canal GSM sin afectar positivamente la calidad de la red de alojar más usuarios de voz, al contrario, la degrada al usar más time-slot por usuario lo que disminuye los recursos de la celda. No así en el caso de datos, puesto que tres time-slot GPRS pueden reemplazarse por un solo time-slot EDGE. Aquí si se aprecia un aumento en la capacidad de datos.

En cambio, la opción de SmartCom PCS es más ventajosa por cuanto se mantienen los anchos de banda de los canales aumentándose los códigos de usuarios 128, lo que representa un aumento de la capacidad por un factor de dos (en la práctica es de 1.7), esto si se habla de servicios de voz. Cuando se trata de datos, la capacidad aumenta pero no sustancialmente (1.3 según datos de la industria).

En el caso de la evolución de las redes IS-136, la misma es poco clara, incluso traumática. Una opción es ir a 3G vía GSM. Las complicaciones tecnológicas de implementación son evidentes, pero se gana en economías de escala lo que se traduce en un mercado de oferta de infraestructura y terminales muy abierta y variada con el consecuente ahorro de costo, más un mercado de masas que cubre más del 70 % de la población mundial adherida a servicios de telefonía móvil y cuyo tamaño sigue creciendo. Además, las redes basadas en GSM tienen mayor cantidad de servicios disponibles que los que ofrecen las redes cdmaOneTM. Esto es una clara ventaja competitiva que favorece esta opción evolutiva.

Si consideramos que en promedio, en Latinoamérica el 80 % de los subscriptores móviles son de pre-pago, y el 20 % restante genera casi el 80 % de los ingresos, resulta obvio que en virtud de lo anterior, y al gran crecimiento del tráfico de Roaming entre redes GSM a escala internacional, es una razonable y conveniente opción buscar aumentar el ARPU de los usuarios con más y mejores servicios. En este sentido, el creciente Roaming entre redes GSM es una fuente de ingresos que no se puede despreciar.

CAPITULO V. Revisión de las interfaces radio 3G

IMT-2000 se caracteriza por poseer dos grandes grupos de interfaces radioeléctricas que acaparan la mayor atención de la industria de las telecomunicaciones. El primer grupo forma parte de la red de acceso radio UTRAN acordada por la ETSI como parte de UMTS basa en CDMA e incluye a las variantes DS-CDMA, TC-CDMA y TS-CDMA. El segundo grupo lo conforman las variantes MC-CDMA también conocida como cdma2000. A estos grupos se puede sumar una interfaz interina llamada EDGE usada en UWC-136. En este capitulo se describirán las características fundamentales de estas interfaces. La interfaz DECT se obviará pues no forma parte de los objetivos de la presente tesis.

IMT-2000, en lo que se refiere a la estandarización de las interfaces radioeléctricas 3G, esencialmente agrega más capacidades a las interfaces actuales que se basan en CDMA y/o TDMA. Por ejemplo, en cuanto a CDMA, las distintas versiones según sea para la evolución de GSM o de cdmaOne™, se agregan más códigos de spreading y scrambling, de modo de lograr más y mejores velocidades, al igual que mejora los esquemas de codificación y modulación. Al mismo tiempo se aumenta la velocidad de chip.

Para el caso de TDMA, la interfaz EDGE agrega más esquemas de codificación y modulación para lograr más velocidades junto con una capacidad multi-slot. Se incluye también un esquema de adaptación de enlace radio para hacer más robusta la comunicación. En definitiva, los cambios se producen al nivel de red de radio y no en los nodos de la core network (núcleo de red).

5.1. UTRAN – UMTS Terrestrial Radio Access Network

Como UTRAN se compone de tres interfaces radio diferentes, pero no muy distintas entre sí, he preferido describir brevemente las características generales de este sistema que forma parte de UMTS. Las interfaces que componen UTRAN son DS-CDMA, TD-CDMA y TD-SCDMA. Para los tres casos se asume una misma arquitectura de protocolos, con ciertas variaciones de implementación. Específicamente, en la capa física y en la interfaz aire Uu se concentra la mayor cantidad de diferencias, mientras que en las capas 2 y 3 se asume una arquitectura casi idéntica. En el caso de TD-CDMA y TD-SCDMA, las capa 2 y 3 son idénticas. Comenzaré con una descripción del sistema y un resumen de la arquitectura de protocolos. Luego se describirán las funciones de cada capa del sistema.

5.1.1. Arquitectura del sistema

La arquitectura de la Red de Acceso Radio Terrestre Universal UTRAN consiste de un conjunto de Subsistemas de Red de Radio RNS conectados a la Red Central a través de la Interfaz Iu.

Un RNS consiste de un Controlador de Red Radio RNC y uno o más entidades llamadas Nodos B. Los Nodos B están conectados a la RNC a través de la interfaz Iub. Un nodo B puede tomar y servir a una o más celdas (indicada por círculos) y operar en modo FDD, TDD y/o en modo dual de operación. La arquitectura del sistema se muestra en la figura N° 24.

La RNC es responsable de las decisiones de handover o traspaso que requieren señalización hacia el Equipamiento Móvil UE. Un RNC puede incluir funciones de combinación y división de flujos de información en caso de macro-diversidad entre diferentes nodos B. Un nodo B puede hacer lo mismo, pero para soportar macro-diversidad dentro de un nodo B.

Dentro de UTRAN, los distintos RNC del Subsistema de Red de Radio pueden estar interconectados entre sí a través de la interfaz Iur. Las interfaces Iu y Iur son interfaces lógicas.

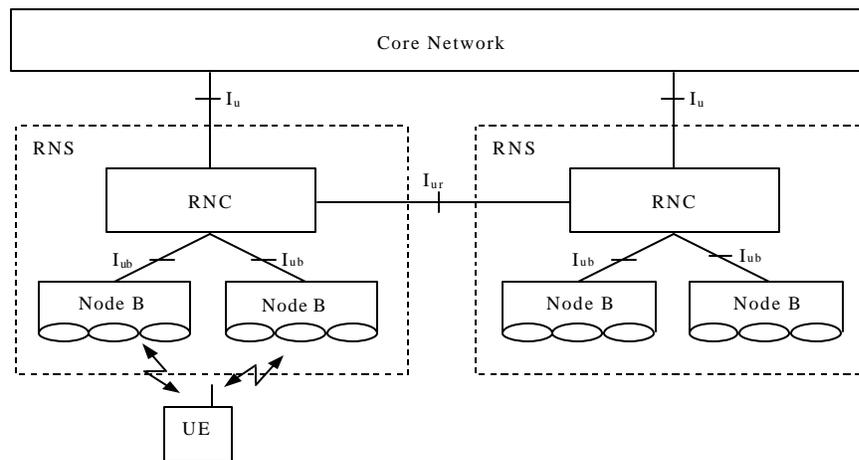


Figura 24. Arquitectura UTRAN

5.1.2. Estructura de protocolos

La siguiente figura muestra la arquitectura general de protocolos para la interfaz radio.

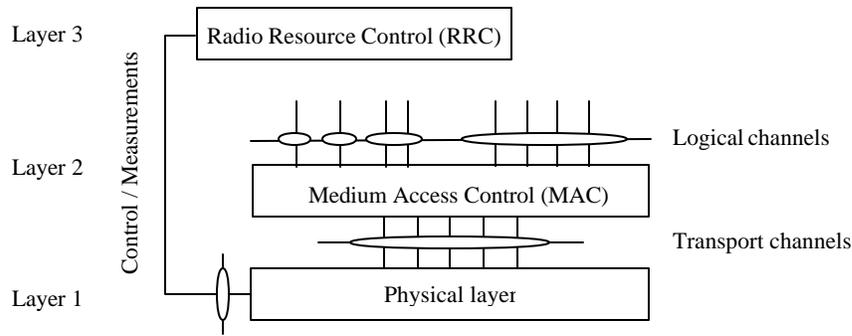


Figura 25. Arquitectura de Protocolos de Interfaz Radio

La interfaz radio está dividida en tres capas de protocolos: Capa Física (L1), Capa de Enlace de Datos (L2), Capa de Red (L3).

Los círculos entre las distintas capas corresponden a Puntos de Acceso a Servicios o SAPs (Service Access Points). Cada capa provee puntos SAPs. Un servicio es definido por un set de operaciones que la capa provee a las capas superiores, proporcionando los distintos canales de comunicación entre las distintas capas del modelo. Una visión más detallada de la arquitectura de protocolos se aprecia en la figura Nº 26. Se definen también tres tipos de canales de comunicación: Canales físicos, canales de transporte y canales lógicos. Su clasificación puede obtenerse según se trate de canales de tráfico y/o de control, o bien si son canales dedicados o comunes (compartidos por todos los usuarios), o canales de uplink o de downlink.

- Canales físicos:** Los canales físicos son definidos en la capa física. Se distinguen dos tipos de canales: Canales dedicados, Canales comunes. Cada una de estas clasificaciones poseen canales de tráfico y canales de control, ya sean de uplink o de downlink. El número de canales depende de esta propiedad. La estructura de la capa física depende del tipo de técnica dúplex que se utilice. En FDD, un canal físico corresponde a una cierta frecuencia portadora, un código, y en el uplink, a una fase relativa (0 o $\pi/2$). En TDD, un canal físico está definido por una frecuencia portadora, un código, un time-slot e información de multi-trama.

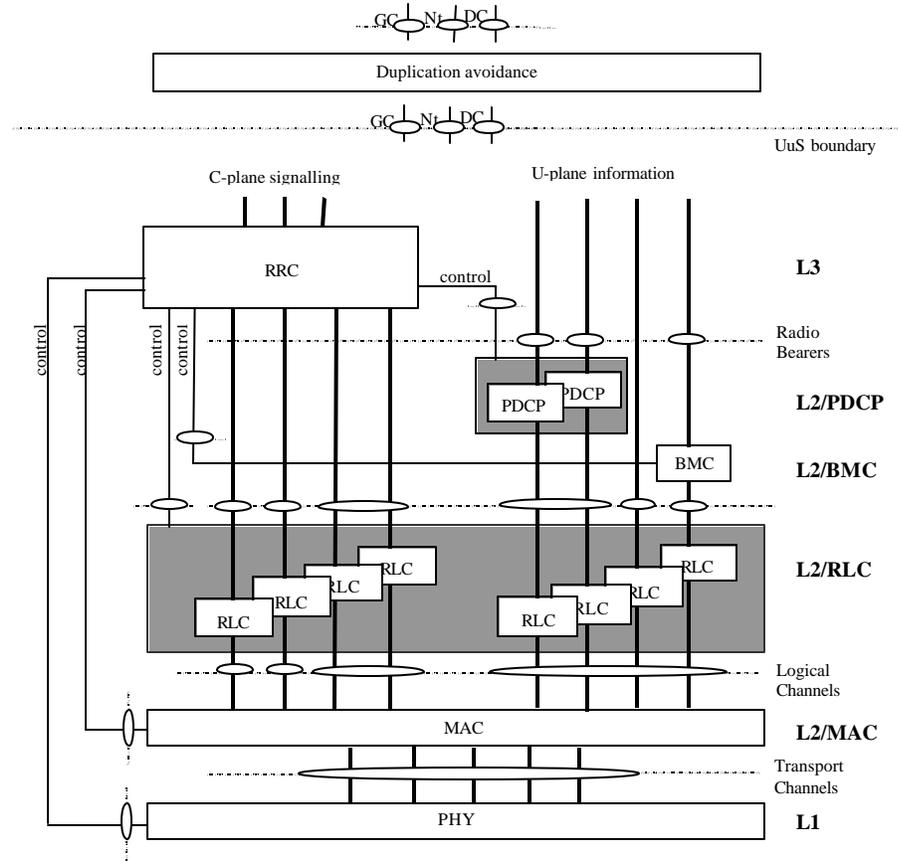


Figura 26. Arquitectura de Protocolos de Interfaz Radio. (Los Puntos de Acceso a Servicios se marcan en círculos)

- b) **Canales de transporte:** Los canales de transporte son provistos por las SAPs entre la capa física y la sub-capa MAC. Un canal de transporte se caracteriza por la forma en que la información es transportada a través de la interfaz radio. Corresponden a los servicios prestados por la capa física a las capas superiores. Una clasificación general de los canales de transporte consiste de dos grupos: *Canales dedicados* (no contienen campos de direcciones, ya que esta es provista por los canales físicos usando un direccionamiento inherente al equipo móvil UE), *Canales comunes* (contienen campos de direcciones, ya que se trata de un canal compartido, y por tanto, es necesario que cada terminal identifique que una comunicación va dirigida hacia él. Aquí, un UE es identificado por un canal físico).
- c) **Canales lógicos:** Están divididos en canales de control y canales de tráfico. El tipo de información transferida caracteriza a los canales lógicos. Su clasificación también se define en términos de dedicados y comunes. Como ya se mencionó, las principales diferencias entre los modos CDMA están en la capa física. Por esto se detallarán algunos aspectos importantes que se deben considerar dentro de la implementación de cada tecnología. Las capas 2 y 3 recibirán un trato más bien descriptivo de carácter general.

5.1.2.1. La capa física

La capa física ofrece servicios de transporte a las capas superiores. Estos servicios son descritos por cómo y con qué características se transfieren los datos sobre la interfaz radio. El acceso a esos servicios es a través del uso de canales de transporte vía la sub-capa MAC. La capa física está pensada para desarrollar las siguientes funciones en orden a proporcionar servicios de transporte.

- Distribución/combinación de Macro-diversidad y ejecución de Soft Handover.
- Detección de error sobre canales de transporte y su indicación a las capas superiores.
- Codificación/decodificación FEC (forward error control) de canales de transporte.
- Multiplexación de canales de transporte y multiplexación de canales de transporte compuestos codificados.
- Emparejamiento de velocidad de canales de transporte sobre los canales físicos.
- Mapeo de canales de transporte compuestos codificados sobre canales físicos.
- Carga de potencia y combinación de canales físicos.
- Modulación/demodulación y ensanchamiento/desensanchamiento de canales físicos.
- Sincronización en frecuencia y tiempo (chip, bit, slot, trama).
- Mediciones radio incluyendo FER (Frame Error Ratio), SIR (Signal-to-Interference Ratio), potencia de interferencia, etc. , y su indicación a las capas superiores.
- Control de Inner-loop (loop interior).
- Procesamiento de RF.
- Mediciones para Handover.
- Sincronización en el Uplink.
- Generación de haces de radiación (Beamforming) para uplink y downlink (Smart Antenna) y ubicación/posicionamiento de UE (Smart Antenna).
- Soporte de temporización avanzada sobre canales de uplink (solo en modo TDD).
- Soporte de sincronización en el uplink (solo en modo TDD).

5.1.2.1.1 Acceso múltiple

El esquema de acceso es DS-CDMA. La operación en modo FDD y TDD permite el eficiente uso del espectro disponible acorde a las ubicaciones espectrales de cada región.

Para los modos TD-CDMA y TD-SCDMA existe una componente TDMA en el acceso múltiple en adición a DS-CDMA.

5.1.2.1.2 Estructura de trama básica

La siguiente figura muestra la estructura básica de una trama.

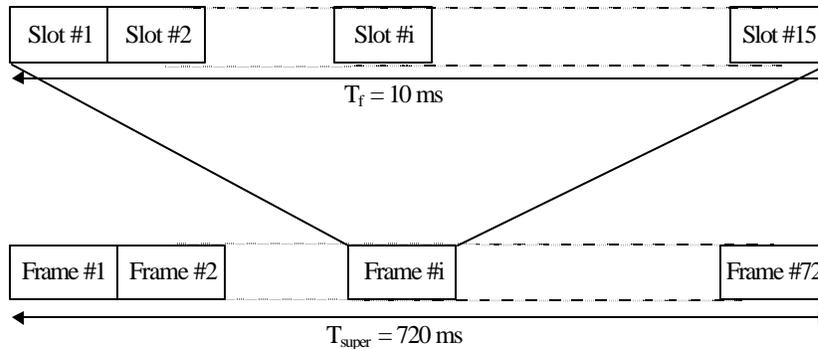


Figura 27. Estructura básica de una trama

La trama básica tiene 10 ms de duración y está dividida en 15 slots (2560 chip/slot) para los modos FDD y TDD. Un canal físico está por lo tanto definido por un código (o una serie de códigos) y adicionalmente en TDD la secuencia de time-slots completa la definición de un canal físico.

5.1.2.2. La capa 2

La capa uno proporciona servicios de transporte a las capas superiores a través de los canales de transporte. Estos canales son manejados por la sub-capa MAC.

Como se puede apreciar en la figura N° 26, la capa 2 está dividida en las siguientes subcapas:

- Control de Acceso al Medio (MAC).
- Control de Enlace Radio (RLC).
- Protocolo de Convergencia de Paquetes de Datos (PDCP).
- Control de Broadscat/Multicast (BMC).

5.1.2.3. La capa 3

Mientras tanto, la capa 3 y RLC están dividida en Planos de Usuario (U-) y Control (C-). Las entidades PDCP y BMC existen solo en el plano Usuario (U-). En el plano Control (C-), la capa 3 está particionada en subcapas donde la subcapa inferior, denotada como Control de Recurso Radio (RRC) se conecta con la capa 2 y termina en la UTRAN. Esta toma la señalización del plano control de UTRAN hacia el equipo móvil, y es responsable de la configuración y control de todas las capas de protocolos superiores. La

próxima capa proporciona protección contra la duplicación. Termina en la Red Central CN pero es parte del estrato de acceso, proporciona servicios de estrato de acceso a las capas superiores. La señalización de capas superiores como son la Administración de la Movilidad MM y Control de llamada CC son asumidas como pertenecientes al estrato sin acceso.

Como también se muestra en la figura N° 25, las conexiones entre la RRC y MAC, así como entre RRC y LLC proporcionan los servicios de control local inter-capa (incluyendo resultados de medición). Una interfaz de control equivalente existe entre la RRC y la sub-capa RLC. Esa interfaz permite al RRC controlar la configuración de las capas inferiores. Para este sentido, se definen SAPs separadas entre RRC y cada una de las capas inferiores (RLC, MAC, y L1).

5.1.3. DS-CDMA (FDD)

Para DS-CDMA, el modo de operación es FDD sobre bandas pareadas simétricas. Los requerimientos de ancho de banda mínimo para DS-CDMA son de 2 x 5 MHz (FDD). El esquema de acceso radio es Direct Sequence Code Division Multiple Access (DS-SS) donde la información se ensancha usando 3.84 Mcps.

5.1.3.1. Canales

La capa física FDD ofrece servicios de transmisión de información a las otras capas del protocolo, a través del uso de distintos canales. La interfaz radio UTRA FDD tiene canales lógicos, los cuales son mapeados a los canales de transporte, los cuales son nuevamente mapeados a los canales físicos. La conversión de canales lógicos a canales de transporte ocurre en la capa MAC, la cual es una sub-capa en la capa Data Link Control (capa 2).

Los canales de transporte definen las características de la información a ser enviada sobre la interfaz radio, como por ejemplo:

Formato:

- Codificación (convolucional, códigos turbo o de bloque)
- Interleaving
- Bit rate
- Framing/Multiplexación

Características generales:

- Uplink y Downlink
- Control de potencia

- Riesgo de colisión
- Método de identificación de estación móvil (in-band o inherente)
- Posibilidad de formación de haz.
- Variaciones de tasa de datos.
- Área de Broadcast (la celda entera o solo un sector determinado).

Los canales físicos de otra manera definen el código y la frecuencia usada por el enlace radio así como la fase relativa (en fase o en cuadratura) para el uplink.

5.1.3.1.1 Canales lógicos

Para DS-CDMA se definen los siguientes canales lógicos:

- Broadcast Control Channel (BCCH) – Downlink (DL).
- Paging Control Channel (PCCH), DL.
- Dedicated Control Channel (DCCH), UL/DL
- Common Control Channel (CCCH), UL/DL
- Dedicated Traffic Channel (DTCH), UL/DL
- Common Traffic Channel (CTCH), unidireccional (uno a muchos).

5.1.3.1.2 Canales de transporte

Se definen dos tipos de canales de transporte: canales dedicados y canales comunes.

a) Canales de transporte dedicados.

- Dedicated Transport Channel (DCH), UL/DL, mapeado hacia el DCCH y DTCH. Transporta información de usuario o de control entre la red y una estación móvil específica.

b) Canales de transporte comunes.

- Broadcast Channel (BCH), DL, mapeado hacia el BCCH. Transporta información de sistema o de una celda específica.
- Forward Access Channel (FACH), DL, mapeado hacia el BCCH, CCCH, CTCH, DCCH y DTCH. Transporta información específica a una estación móvil cuando la red sabe en que celda esta ubicado el terminal.
- Paging Channel (PCH), DL, mapeado hacia el PCCH. Transporta información de control específica a una estación móvil cuando la red no sabe dónde está ubicado dicho terminal. En ese caso, el paging message es difundido por toda la red. Una respuesta a este mensaje indica en qué celda está ubicado el terminal móvil.

- Random Access Channel (RACH), UL, mapeado hacia CCCH, DCCH y DTCH. Transporta información de control desde una estación móvil hacia la red.
- Uplink Common Packet Channel (CPCH), UL, mapeado hacia DCCH y DTCH.
- Downlink Shared Channel (DSCH), DL, mapeado hacia DCCH y DTCH.

5.1.3.1.3 Canales físicos

Los canales físicos son aquellos que se transmiten por el aire:

a) Canales de uplink.

- Dedicated Physical Data Channel (DPDCH), mapeado hacia el DCH. Transporta el DCH. En cada conexión puede haber cero, uno ó muchos DPDCH.
- Dedicated Physical Control Channel (DPCCH), mapeado hacia el DCH. Transporta información relacionada con la capa física. Hay solo un DPCCH sobre cada conexión.
- Physical Random Access Channel (PRACH), mapeado hacia el RACH. Transporta el RACH.

b) Canales de downlink.

- Primary Common Control Physical Channel (PCCPCH), mapeado hacia el BCH. Es un canal de tasa fija (32kbps, SF=256).
- Secondary Common Control Physical Channel (SCCPCH), mapeado hacia el FACH, PCH.
- Physical Downlink Shared Channel (PDSCH), mapeado hacia el DSCH.
- Physical Common Packet Channel (PCPCH), mapeado hacia el CPCH.
- Synchronisation Channel (SCH).
- Common Pilot Channel (CPICH).
- Acquisition Indicator Channel (AICH).
- Paging Indication Channel (PICH).
- CPCH Status Indication Channel (CSICH).
- Collision Detection/Channel Assignment Indication Channel (CD/CA-ICH).

En la figura N° 28 se aprecia la estructura básica de una trama FDD DS-CDMA. Cada time-slot contiene canales dedicados de control DPCCH (Dedicated Physical Control Channel) y canales de datos o de tráfico DPDCH (Dedicated Physical Data Channel).

En el downlink, los canales de datos y control son multiplexados en el tiempo, mientras que en el uplink, estos son multiplexados en códigos I/Q (canal dual QPSK) y transmitidos paralelamente para evitar problemas de compatibilidad electromagnética EMC con transmisión discontinua DTX (por ejemplo conversaciones). El mayor inconveniente de canales de control multiplexados en el tiempo son los

problemas de EMC que aparecen cuando se usa DTX (transmisión discontinua). Durante los periodos de silencio no se necesita transmitir ningún bit de información, lo cual resulta en transmisiones pulsadas.

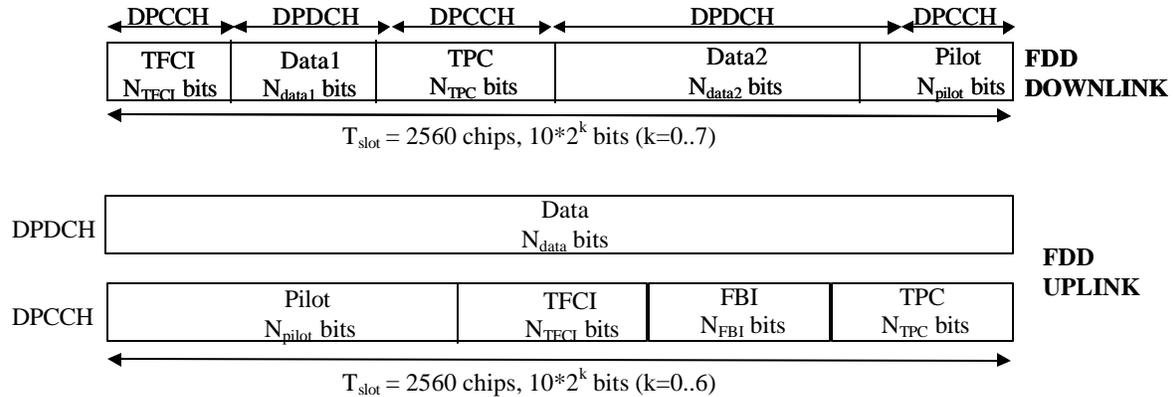


Figura 28. Estructura básica de una trama FDD

En el uplink, desde que los controles de potencia y piloto están sobre canales separados, ninguna transmisión pulsada toma lugar. La interferencia a otros usuarios y la capacidad celular permanece igual en el downlink. Además, la performance del nivel de enlace es la misma en el downlink y uplink si la energía ubicada en los bits piloto y de control es la misma.

El canal DPDCH, el canal donde se transmiten los datos del usuario, siempre está asociado a un canal de control DPCCH que contiene información de control de capa 1. El campo Transport Format Combination Indicator (TFCI) se usa para indicar el esquema de multiplexación del flujo de datos. El campo TFCI no existe para combinaciones que son estáticas (velocidades fijas) o cuando se emplea detección ciega de formato de transporte.

El campo Feedback Information (FBI) es usado para funciones de transmisión y diversidad de sitio. Los bits Transmit Power Control (TPC) son usados para control de potencia. Se define también un Common Pilot Channel (CPICH). Se trata de un canal de downlink no modulado, que es la referencia de fase para otros canales físicos de downlink. Siempre hay un CPICH en una celda. Debe haber también un CPICH secundario en una celda. Se le utiliza para soportar estimación de canal para detección coherente.

5.1.3.2. Modulación y Spreading

5.1.3.2.1 Uplink

La modulación de datos de los canales DPDCH y DPCCH se realiza usando la técnica digital BPSK en forma separada (QPSK). El ensanchamiento (spreading) consiste de dos operaciones. La primera es la operación de canalización, la cual transforma cada símbolo de los canales de datos y control a chips, incrementando así el ancho de banda de la señal. La segunda operación es la operación de *scrambling* (mezclado), donde se aplica un código de scrambling a la señal ensanchada. Esta operación consiste en una operación donde los spread chips son multiplicados datos y control a chips, incrementando así el ancho de banda de la señal. La segunda operación es la operación de *scrambling* (mezclado), donde se aplica un código de scrambling a la señal ensanchada. Esta operación consiste en una operación donde los spread chips son multiplicados por una secuencia de pseudo ruido PN (pseudo-noise), mejorando las propiedades espectrales de la señal en virtud de la secuencia PN. UTRA FDD usa secuencias de códigos Gold y VL-Kasami.

- a) **Canalización:** Para el ensanchamiento se utilizan códigos de canalización, que son códigos de factor de ensanchamiento variable ortogonal - Orthogonal Variable Spreading Factor (OVSF) que preservan la ortogonalidad entre diferentes canales físicos de usuario y que permiten transportar servicios de velocidad variable (señales ortogonales permiten distinguir datos de usuarios distintos). El número de códigos OVSF varía según el número de canales usados y sus tasas de datos. Estos códigos se utilizan en el uplink para separación de usuarios y en el downlink para separación de celdas. El factor de ensanchamiento va desde 4 a 256 en el uplink (el número de canales de voz por portadora de 5 MHz puede ser aproximadamente 250, más los canales de control), y de 4 a 512 en el downlink. Esto último para lograr mayor velocidad de transmisión en el sentido red-usuario. En la canalización, el canal modulado DPCCH es mapeado a la rama Q, mientras que el primer canal DPDCH modulado es mapeado a la rama I. Subsecuentemente, otros canales de datos son mapeados alternativamente a las ramas I o Q.
- b) **Scrambling:** En la operación de scrambling, la señal resultante sobre las ramas I y Q es multiplicada por un código de scrambling complejo específico del terminal móvil, donde I y Q denotan la parte real y la imaginaria, respectivamente. Hay 2^{24} códigos largos y 2^{24} códigos cortos de uplink-scrambling. Los códigos de scrambling cortos (códigos VL-Kasami usados para avanzada detección multiusuario) y largos (secuencias Gold), 256 chips y 38400 chips respectivamente, son usados en el uplink. Los códigos cortos se usan normalmente en celdas donde la Estación Base está equipada con receptores avanzados, detector multi-usuario o un cancelador de interferencia, mientras que los códigos largos dan mejor propiedades de interferencia promedio. Estos códigos son asignados por capas superiores.

En la figura N° 29, C_c y C_d representan los códigos de canalización asignados a las diferentes ramas. Hay códigos OVSF corriendo a la velocidad de chip válida dentro de una estación móvil. C_{scramb} es un código de scrambling complejo, también corriendo a la velocidad de chip. Cada uno de los móviles usa un código de scrambling diferente en el uplink. Esto permite la selección de códigos de canalización independientes entre los móviles.

El mismo esquema es aplicable al canal PRACH. Las partes dato y control son separadas y toman el lugar del DPDCH y del DPCCH respectivamente.

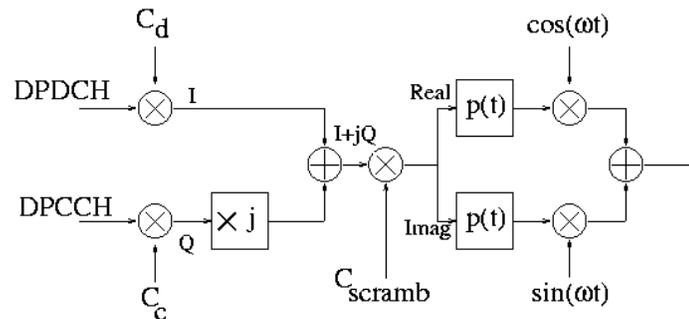


Figura 29. Modulación y ensanchamiento para canales DPDCH/DPCCH de Uplink para servicios menores o igual a 960 Kbit/s en la banda de 5 MHz

5.1.3.2.2 Downlink

La modulación es QPSK donde cada par de bits es convertido de serial a paralelo y mapeado a las ramas I y Q respectivamente. Las ramas I y Q son ensanchadas con el mismo código de canalización C_{ch} (ensanchamiento real) y subsecuentemente mezcladas (scrambled) por un código de scrambling complejo C_{scramb} (complex scrambling). Los códigos de canalización son los mismos códigos usados en el uplink que mantienen la ortogonalidad entre diferentes canales de downlink a diferentes velocidades y factores de ensanchamiento. Hay un total de $512 \times 512 = 262,144$ códigos de scrambling, numerados de 0...262,143. Los códigos de scrambling están divididos en 512 grupos, cada uno con 1 código primario y 511 códigos secundarios. En cada celda se asigna uno y solo un código de scrambling. El CPCH primario siempre es transmitido usando un código de scrambling primario. Los otros canales de downlink pueden ser transmitidos con cualquier código primario o secundario del set asociado con el código primario de la celda.

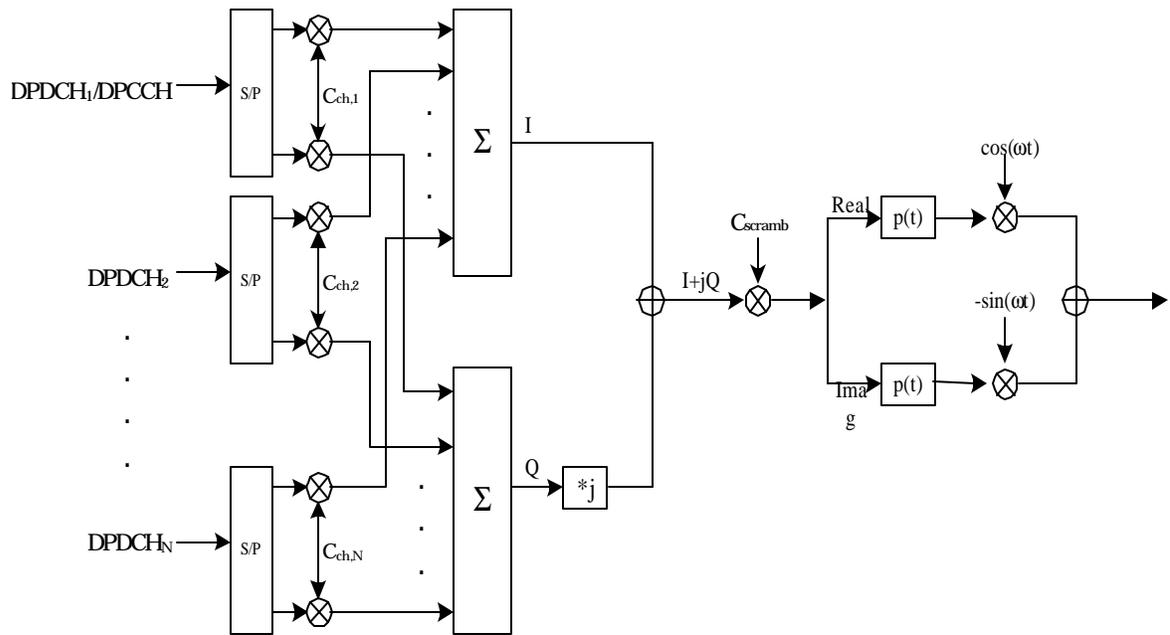


Figura 30. Spreading/modulación para downlink DPCH.

	Códigos de sincronización	Códigos de canalización	Códigos de Scrambling, UL	Códigos de Scrambling, DL
Tipo	Gold Codes	Orthogonal Variable Spreading Factor (OVSF)	Código Gold complejo (largo) o código valuado complejo S(2) (corto)	Segmentos de código Gold valuado complejo
longitud	256 chips	4-512 chips	38400 chips	38400 chips / 256 chips
Duración	66.67 μ s	1.04 μ s - 133.34 μ s	10 ms	10 ms / 66.67 μ s
Numero de códigos	1 código primario / 16 códigos secundarios	= factor de spreading 4 ... 256 UL, 4 ... 512 DL	16,777,216	512 primario / 15 secundarios para cada código primario
Spreading	No, no cambia el ancho de banda	Si, incrementa el ancho de banda	No, no cambia el ancho de banda	No, no cambia el ancho de banda
Utilidad	Permite al terminal ubicar y sincronizar los principales canales de control de la celda.	UL: para separar datos físicos y de control desde el mismo terminal DL: para separar conexión a diferentes terminales en una misma celda	Separación de terminal	Separación de sectores

Tabla 11 - Cuadro resumen de códigos usados en UTRA FDD

Parámetro	Valor
Técnica de acceso múltiple y esquema duplex	Acceso Múltiple: DS-CDMA (CDMA de secuencia directa) Duplex: FDD (duplex por división de frecuencia)
Chip rate	3.84 Mcps
Estructura y longitud de tramas	Longitud de trama: 10 ms 15 slots por trama, cada una de 666.666 μ s de duración
Ancho de banda ocupado	Poco menos de 5 MHz
Mecanismo de acceso aleatorio	Indicación de adquisición basada en un mecanismo de acceso aleatorio con rampa de potencia en el preámbulo seguido del mensaje.
Estructura del piloto	Uplink: Dedicado Downlink: Común y/o dedicado
Sincronización entre estaciones base	Asíncrona; síncrona (opcional)

Tabla 12 - Resumen técnico de DS-CDMA

5.1.4. TC-CDMA (TDD)

Para TC-CDMA el modo de operación dúplex es TDD. Los requerimientos de ancho de banda mínimo para TD-CDMA es 1 x 5 MHz (TDD). El esquema de acceso radio es Direct Sequence Code Division Multiple Access (DS-SS) con la diferencia que usando TDD se agrega una componente TDMA como técnica de acceso múltiple, lo que permite el uso de una sola banda de 5 MHz. La información se ensancha usando 3.84 Mcps.

5.1.4.1. Canales

UTRA TDD ó TD-CDMA especifica dos tipos de canales: *canales lógicos* y *canales físicos*.

- a) **Canales lógicos:** Se definen dos tipos de canales lógicos: canales de tráfico y canales de control. Los canales de tráfico (TCH) son usados para transferir datos de usuario y/o de señalización. La señalización consiste de información de control relacionada con el proceso de llamada. Los canales de control transportan la sincronización e información relacionada con la transmisión radio. Los canales de control están agrupados en dos categorías: canales de control dedicado (DCCH), los cuales transportan mensajes orientados a la conexión punto- punto, y canales de control común (CCCH), los cuales transportan mensajes orientados a la conexión punto-multipunto o punto-punto y/o mensajes no orientados a la conexión. El canal CCCH está compuesto de los siguientes canales, los que son similares a los canales de transporte común para el modo FDD (DS-SS).
 - **Canales de transporte:** Los canales de transporte son los servicios ofrecidos por la capa 1 hacia las capas superiores. Un canal de transporte define cómo y con qué características se transfieren los datos sobre la interfaz aire. Una clasificación general de canales de transporte consiste de:

- i. *Canales Dedicados* (cuando la UE es identificada por un canal físico).
 - ii. *Canales Comunes* (donde hay una necesidad de identificación en banda de las UEs cuando se trata de una UE en particular).
- *Canales de transporte dedicados:*
 - Dedicated Channel (DCH).
 - ODMA Dedicated Transport Channel (ODCH)
 - *Canales de transporte comunes:*
 - Broadcast Control Channel (BCCH), se trata de un canal de control punto-multipunto de downlink que difunde información de red y/o específica de la celda.
 - Paging Channel (PCH), es un canal de control punto-multipunto de downlink que transporta mensajes de búsqueda (paging messages).
 - Forward Access Channel (FACH), canal de control de downlink punto-punto o punto-multipunto diseñado para transportar mensajes de señalización.
 - Synchronization Channel (SCH), canal de downlink punto-multipunto usado por el móvil para obtener sincronización de frecuencia, chip y slot.
 - Random Access Channel (RACH), canal de acceso por contención de uplink usado para transmitir mensajes de control y solicitudes.
 - ODMA Random Access Channel (ORACH).
 - Uplink Shared Channel (USCH), canal de UL compartido por varios UEs transportando datos dedicados de control o de tráfico.
 - Downlink Shared Channel (DSCH), canal de DL compartido por varios UEs transportando datos dedicados de control o de tráfico.
- b) **Canales físicos:** Los canales físicos en TDD están definidos por una frecuencia portadora, un código de acceso y un slot de tiempo. Los time-slot son unidades de tiempo de $625\mu\text{s}$ de duración cada uno o de 2560 chips. Ellos son parte de la trama de 10ms con 15 time slots. Las tramas forman parte de una estructura más amplia llamada multitrama, que 24 frames (240ms).

5.1.4.1.1 Mapeo de canales

Aquí se entrega una breve descripción de cómo los canales de transporte son mapeados hacia los canales físicos.

- Traffic Channels (TCH), mapeado dentro de uno o más slots y códigos dentro de una trama.
- Broadcast Control Channel (BCCH), transmitido en un slot predefinido (slot #0) llamado slot Beacon dentro de tramas particulares en la multi-trama. En tramas donde el BCH no es transmitido, el recurso es asignado a otro canal de control: PCH, SCH o FACH. Hasta 8 estaciones base pueden transmitir una señal BCCH en el mismo time-slot. Esto permite a una estación móvil evaluar la potencia recibida desde cada una de ellas para un eventual hand-over.
- Paging Channel (PCH), el canal PCH se mapea usualmente en los slots de Beacon o en una combinación de time-slots y códigos para alcanzar la tasa binaria requerida. La ubicación del PCH está indicada en el BCCH.
- Random Access Channel (RACH), cada una de las transmisiones ocupa solamente una ráfaga (mitad de un time-slot). Cada uno de los time-slot del uplink. Cada uno de los slot de uplink son por lo tanto divididos en 2. Si es requerido, se ubican más slot para el RACH. La ubicación del RACH es apuntada en el BCCH.
- Forward Access Channel (FACH), mapeado dentro de una combinación de recursos de downlink (frecuencia, slot y código). Su ubicación es apuntada en el BCCH. El FACH se envía en cada trama.
- Synchronization Channel (SCH), el SCH permite la sincronización entre estaciones móviles y estaciones base en frecuencia, chip, y slot para ubicar la posición de la actual trama dentro de la multi-trama. Cada estación base transmite un SCH en cada multi-trama sobre el slot de Beacon. Se realizan arreglos especiales para asegurar que solamente una estación base transmita su SCH en una trama.

5.1.4.2. Formato de trama TDD

Todos los canales físicos TDD toman una estructura de tres capas: respecto a la supertrama, la trama radio y el time-slot. Dependiendo de la ubicación del recurso, la configuración de las tramas o de los time-slots es diferente. Todos los canales físicos necesitan un período de guardia en cada time-slot. Los time-slots son usados en el sentido de un componente TDMA para separar diferentes señales de usuario en el dominio del tiempo y en el dominio del código.

Un canal físico en TDD es una ráfaga, la cual es transmitida en un time-slot particular asignado en cada trama. La asignación puede ser continua o discontinua. Una ráfaga es la combinación de dos partes de un dato, una parte midamble y un periodo de guardia. La duración de una ráfaga es de un time-slot. Se pueden transmitir varias ráfagas al mismo tiempo desde un mismo transmisor. En este caso, las partes

datos deben usar diferentes códigos de canalización OVFS, pero el mismo código de scrambling o mezclado. La parte medible de una ráfaga puede ser de dos tipos: una corta de 256 chips de longitud, o una larga de 512 chips de longitud. La tasa de datos del canal físico depende de la longitud del medible.

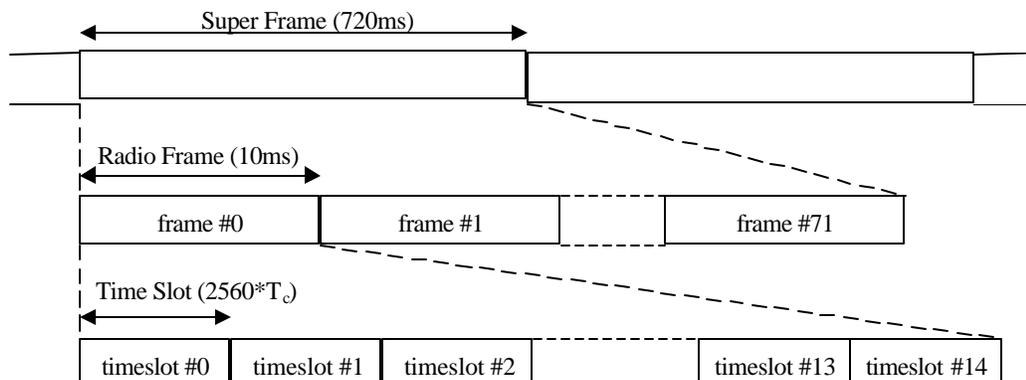


Figura 31. Formato de canal Físico TC-CDMA

La trama TDMA tiene una duración de 10 ms y está subdividida en 15 time-slots (TS) de $2560 \cdot T_c$ duración cada una. Un time-slot corresponde a 2560 chips. El contenido físico de los canales de un time-slot son las ráfagas correspondientes al tipo de ráfagas (1, 2 o 3) y al factor de ensanchamiento.

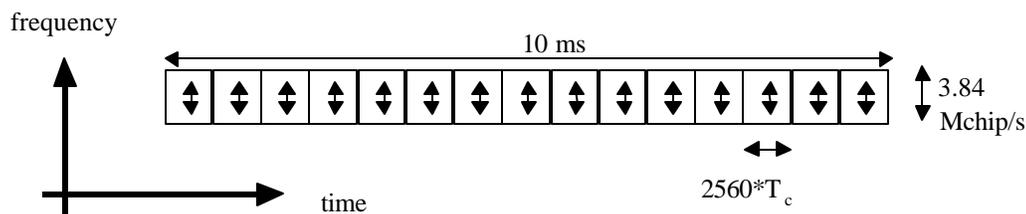


Figura 32. Estructura de trama TDD.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de configuración de múltiples o individuales puntos de conmutación así como asignación simétrica y asimétrica de uplink y downlink.

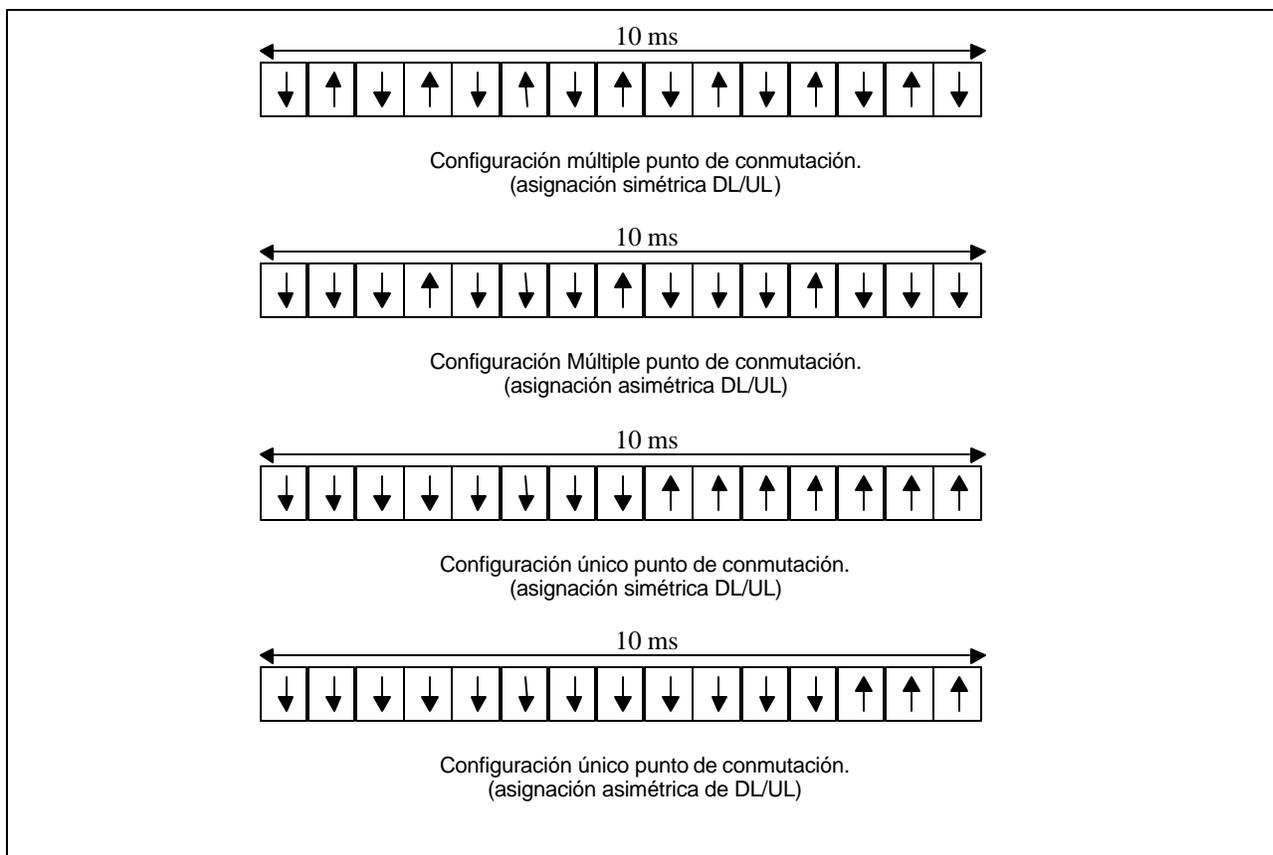


Figura 33. Ejemplos de estructura de trama TDD

5.1.4.2.1 Tipos de ráfagas

Como se mencionó anteriormente, el contenido de los canales TDD son ráfagas. Existen tres tipos de ráfagas para los canales físicos dedicados. Todos ellos consisten de dos campos de símbolos de datos, un periodo de midamble y uno de guardia, cuyas longitudes dependen de los distintos tipos de ráfagas. Así, el número de símbolos de datos depende del factor de ensanchamiento SF y del tipo de ráfagas, como se muestra en la tabla N° 13.

Factor de Spreading (SF)	Ráfaga tipo 1	Ráfaga tipo 2	Ráfaga tipo 3
1	1952	2208	1856
2	976	1104	928
4	488	552	464
8	244	276	232
16	122	138	116

Tabla 13 - Número de símbolos de datos (N) para ráfagas tipo 1, 2 y 3

El soporte de los distintos tipos de ráfagas depende de las características del terminal móvil. El uso de cada tipo de ráfaga está condicionado por el tipo de aplicación a utilizar.

5.1.4.2.1.1 Ráfaga tipo 1

Puede ser usada para el uplink y el downlink. Dado su extenso campo de midamble, esta ráfaga soporta la construcción de un gran número de secuencias de entrenamiento (training sequences). El número máximo de estas secuencias depende de la configuración de la celda. Puede ser de entre 4, 8, o 16. El tipo de ráfaga se muestra en la figura N° 34.

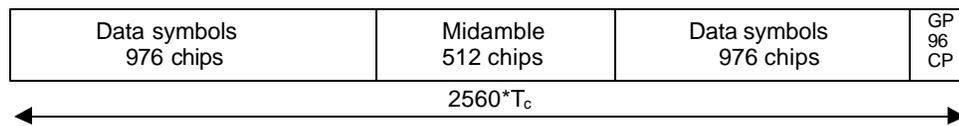


Figura 34. Ráfaga tipo 1. GP denota periodo de guardia y CP el periodo de chips

5.1.4.2.1.2 Ráfaga tipo 2

Puede ser usada en el uplink y en el downlink. Ofrece un campo de dato más extenso que le provisto por la ráfaga tipo 1, a costa de un midamble más corto. Este midamble más corto soporta un máximo de secuencias de training de 3 o 6 solamente, dependiendo de la configuración de la celda. La longitud de los campos se muestra en la figura N° 35.

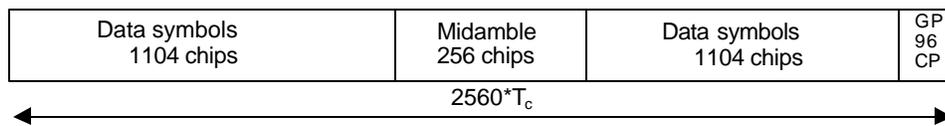


Figura 35. Ráfaga tipo 2. GP denota periodo de guardia y CP periodo de chips

El uso de cualquiera de las ráfagas 1 y/o 2 depende de la aplicación para el uplink o downlink y el número de usuarios asignados por time-slot. En ambos casos los bits de datos son modulados usando QPSK y los símbolos resultantes son ensanchados con un código de canalización de entre 1 a 16 de longitud. Debido a este factor de ensanchamiento variable, cada parte dato de una ráfaga proporciona el número de símbolos que se muestran en la tabla N° 14.

Factor de Ensamblamiento (Q)	Número de símbolos (N) por campo de dato en Ráfaga 1	Número de símbolos (N) por campo de dato en Ráfaga 2
1	976	1104
2	488	552
4	244	276
8	122	138
16	61	69

Tabla 14 - Número de símbolos de datos en ráfagas TDD

Así, el número de bits por ráfaga TDD es 4 veces el número mostrado en la tabla. Se puede aplicar el uso de multi-código o múltiples time-slot.

5.1.4.2.1.3 Ráfaga tipo 3

Se usa solo para el uplink. Dado su periodo de guardia más largo es adecuada para acceso inicial o acceso a una nueva celda después de un handover. Ofrece el mismo número de secuencias de training que la ráfaga tipo 1. La longitud de los campos se muestra en la figura N° 36.

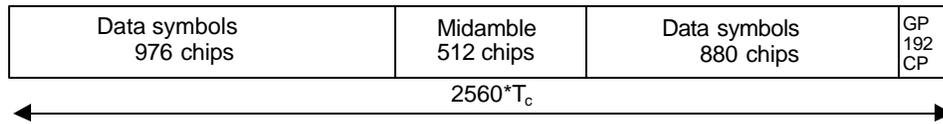


Figura 36. Ráfaga tipo 3. GP denota periodo de guardia y CP periodo de chips

5.1.4.3. Modulación y Spreading

Para TDD, el procedimiento de modulación y ensanchado es similar al modo FDD, existiendo solo algunas variaciones en cuanto a los valores de ciertos parámetros como son: factor de ensanchamiento, cantidad de códigos de scrambling, entre otros, todos limitados a la capa física.

La parte dato de una ráfaga es modulada y ensanchada con una combinación de códigos de canalización y de scrambling. El código de canalización es un código OVVSF, que tiene un factor de ensanchamiento de 1, 2, 4, 8, o 16, y que permiten mezclar en un mismo time-slot canales con diferentes factores de ensanchamiento mientras preservan su ortogonalidad. La tasa de datos de un canal físico depende del factor de ensanchamiento del código OVVSF usado. La parte midamble de una ráfaga puede contener dos tipos diferentes de códigos de midamble: uno corto de 256 chips, o uno largo de 512 chips. La velocidad de datos del canal físico depende de la longitud del código de midamble usado.

Así, un canal físico se define por una frecuencia, un time-slot, un código de canalización, tipo de ráfaga y asignación de la trama radio.

El procedimiento de scrambling es similar al modo FDD, pero debe notarse que la parte midamble en las ráfagas TDD no son ensanchadas. Los códigos de scrambling y de midamble básico deben ser constantes dentro de la celda. Se dispone de 128 códigos de scrambling diferentes. En el Uplink, el midamble aplicado es específica del usuario y derivado de una secuencia de midamble básica específica de la celda. En el downlink, el midamble aplicado es específica o común para la totalidad de las celdas. En cada caso se dispone de 128 diferentes secuencias midamble básicas. Después del ensanchamiento, se aplica el mismo pulse-shaping que en modo FDD, y los filtros son root-raised cosine con roll-off $\alpha=0.22$ en el dominio de la frecuencia. Cuando se establece un canal físico se inicia una trama. Los canales físicos pueden ser de duración infinita, o se puede definir una duración para la asignación.

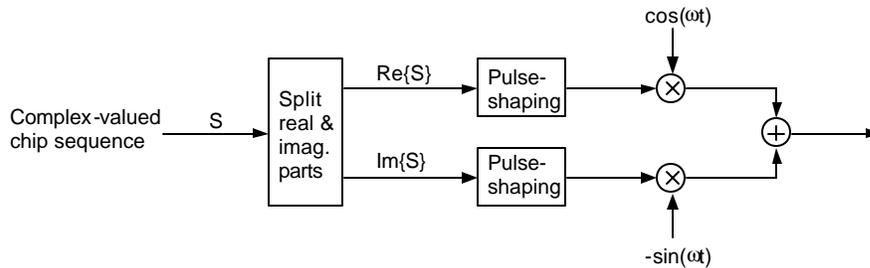


Figura 37. Secuencias de modulación de chips valuados complejos

Chip rate	Básico: 3.84 Mchip/s	Bajo: 1.28 Mchip/s
Modulación de Datos	QPSK	QPSK
Spreading	Ortogonal Q chips/symbol, donde $Q = 2^p, 0 \leq p \leq 4$	Ortogonal Q chips/symbol, donde $Q = 2^p, 0 \leq p \leq 4$

Tabla 15 - Parámetros básicos de modulación

Parámetros	Valor
Técnica de acceso múltiple y duplexión	Acceso múltiple: TDMA/CDMA Duplexión: TDD
Chip rate	3.84 Mcps
Longitud y estructura de trama	Longitud de trama: 10 ms 15 slots por trama, cada una de 666.666 μ s
Ancho de banda ocupado	Menos de 5 MHz
Mecanismo de acceso aleatorio	Ráfaga RACH en time slots de uplink dedicados
Estimación de canal	Midambles
Operación entre estaciones base	Operación sincrónica

Tabla 16 - Resumen datos técnicos de TD-CDMA

5.1.5. TD-SCDMA (TDD)

Para TD-SCDMA el modo de operación dúplex es TDD. Los requerimientos de ancho de banda mínimo para TD-SCDMA es 1 x 1,6 MHz (TDD). El esquema de acceso radio es Direct Sequence Code Division Multiple Access (DS-SS). En TD-SCDMA, también se agrega una componente TDMA, pero se requiere 1 x 1,6 MHz de ancho de banda (TDD) con información ensanchada usando 1.28 Mcps (3,84 Mcps/3).

La separación de frecuencias portadoras es de 1.6 MHz dependiendo del escenario de desarrollo con 200 KHz de carrier raster (la separación de portadora puede ser ajustada para optimizar la performance en un escenario particular de desarrollo, significa que la frecuencia portadora debe ser un múltiplo de 200 kHz).

5.1.5.1. Estructura de trama

El sistema de numeración de la trama es SFN (System Frame Numbering SFN).

La trama está dividida en dos sub-tramas de 5 ms cada una. Cada sub-trama tiene 7 time-slot principales y 3 time-slot especiales de 675 μ s de duración cada una: DwPTS (downlink pilot), G (guard period) y UpPTS (uplink pilot). El contenido físico del time-slot son las ráfagas correspondientes a cada factor de ensanchamiento. TD-SCDMA usa la estructura de super-trama de 72 tramas, como se sugiere para UTRA.

En cada sub-trama de 5 ms, el Ts0 siempre se asigna como downlink mientras que el Ts1 al uplink. Los time-slots para el uplink y el downlink están separados por puntos de conmutación (switching point). En cada sub-trama hay dos puntos de conmutación (uplink a downlink y vice versa).

El DwPTS está diseñado para Piloto de downlink y para propósitos de sincronización. La estación base podría transmitirla omnidireccionalmente o con un haz estacionario al nivel máximo de potencia. Porta el código de sincronización (SYNC_DL), que es usado para distinguir celdas cercanas con el propósito de sencillas mediciones de celdas. El UpPTS es usado para distinguir diferentes UE en el uplink para procedimientos de acceso.

El UpPTS en cada sub-trama está diseñado para sincronización inicial entre UE y la estación base durante un acceso aleatorio o un Handover (traspaso de una celda a otra).

La tasa de información de un canal varía con la tasa de símbolos siendo derivada de los 1.28 Mchips/s y el factor de ensanchamiento. Este último va desde 16 hasta 1 para uplink y downlink. Así, la respectiva tasa de modulación de símbolos varía 80.0 K símbolos/s a 1.28M símbolos/s.

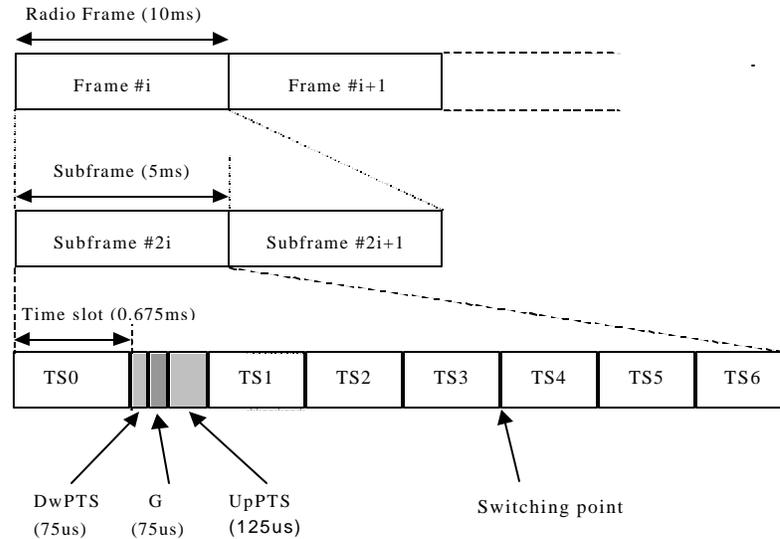


Figura 38. Formato de canal Físico

5.1.5.1.1 Codificación y entrelazado

Hay tres opciones que son soportadas:

- Códigos convolucionales** a tasas de 1 a 1/3 para paquetes de datos y servicios que requieran nivel de calidad de 10^{-3} o menor sobre la capa física con corrección de error directa, Forward Error Correction FEC.
- Turbo codificación:** para tasas superiores a 32 Kbit/s y servicios que requieran un nivel de calidad superior a 10^{-3} .
- Ninguna codificación de canal.

La selección del esquema de codificación es indicada por las capas superiores. En orden a aleatorizar la transmisión de errores, ulteriormente se realiza la operación de interleaving (entrelazado).

5.1.5.1.2 Modulación y ensanchamiento

Las secuencias de ensanchamiento de múltiples señales CDMA desde las UEs están sincronizadas con la BTS. Esta característica es importante en un sistema CDMA para garantizar la apropiada ortogonalidad de los códigos de ensanchamiento y para virtualmente remover la interferencia co-canal de otros códigos de canal. Otra característica es simplificar el hardware del receptor en la BTS la cual es adecuada para antenas inteligentes.

El esquema de modulación es QPSK (8PSK para servicios de 2 Mbps y más en ambientes de interior) con modelación de pulso, pulse shaping, de coseno cuadrado con un factor de roll-off de $\alpha = 0.22$.

En TD-SCDMA se usan diferentes familias de códigos de spreading:

- a) **Códigos de canalización**: se usan para separación de canal de la misma fuente.
- b) **Códigos Gold** en el piloto de downlink: usados para la separación de diferentes estaciones base.
- c) **Códigos de scrambling** de longitud 16: también usados para la separación de diferentes estaciones base.
- d) Códigos con periodo de 16 chips y secuencias midamble de 144 chips de longitud: usados para la separación de diferentes móviles.
- e) **Códigos Gold** en el piloto de uplink: usados también para la separación de diferentes móviles.

En la tabla N° 17 se detallan las características técnicas de TD-SCDMA

Parámetros	Valores
Acceso Múltiple	TD/CD/SDMA TDD
Chip rate	1.3542 Mcps
Ancho de banda mínimo	1,6 MHz – 5 MHz
Estructura de Trama	Número de time-slots en una trama: 10/ subtrama Longitud de subtrama: 5ms longitud de trama 10 ms
Factor de ensanchamiento	1-16
Operación de Sincronismo entre Estaciones Base	Sincrónico
Handover	<ul style="list-style-type: none"> · Hard handover · Inter- e intra-sistema handover (incluso entre 2G y 3G) · Baton handover
Codificación de canal y entrelazado (interleaving)	Codificación: Código Convolutacional Turbo código Interleaving: Intra-trama MIL (10 ms) Inter-trama interleaving (20/40/80 ms)
Acceso aleatorio	<ul style="list-style-type: none"> · Packet Random Access channel · Preamble + Message
Modulación (up-link down-link)	Modulación de datos UL y DL - QPSK, Modulación de Spreading UL and DL - QPSK,
Código de canalización (up-link down-link)	<ul style="list-style-type: none"> · Walsh code · Tipo de código: OVSF real longitud de código: 1-16 chips (1 símbolo)
Código de Scrambling (up-link y down-link)	Tbd
Estructura de Piloto	<ul style="list-style-type: none"> · Time-slot piloto dedicado multiplexado en el tiempo
Detección (up-link y down-link)	<ul style="list-style-type: none"> · Detección: Coherente · Detección conjunta
Control de potencial (up-link y down-link)	<ul style="list-style-type: none"> · loop cerrado (canales dedicados) · loop abierto (canal de acceso aleatorio)
Tasa de bit variable (up-link y down-link)	Soportado
Diversidad	<ul style="list-style-type: none"> · Diversidad de tiempo · Diversidad de frecuencia · Diversidad espacial (smart antenna) · Diversidad de código · Diversidad de antena con MRC · Diversidad de transmisión multi-portadora (opcional) · Diversidad de transmisión selectiva o diversidad de transmisión Paralela para modo TDD · Diversidad de Handover

Tabla 17 - Resumen de características de TD-SCDMA

5.2. MT-2000 MC-CDMA (cdma2000)

Esta modalidad CDMA de portadora múltiple es utilizada en cdma2000 como parte de la red de acceso radio en su componente de enlace descendente, o de downlink (desde la BTS hacia la estación móvil). Esta opción se ha elegido en virtud que mantiene la ortogonalidad entre las portadoras cdma2000 y IS-95B. Por lo tanto la transmisión de enlace descendente de portadora múltiple facilita la superposición de un sistema de tercera generación sobre uno de segunda generación, como es cdmaOne™.

Consiste de a lo menos tres portadoras CDMA de banda estrecha IS-95B de 1.25 MHz de ancho de banda cada una. Aquí los datos se convierten en vez de seriales a paralelo y se transmiten en varios portadores CDMA IS-95B de segunda generación.

El enlace ascendente del modo MC-CDMA es similar al DS-SS, o sea, usa una portadora de banda ancha. Sin embargo, comparando MC-CDMA con DS-SS, el enlace ascendente del primero usa una tasa de chip algo más bajo que el segundo, para corresponder con la tasa del enlace descendente de portador múltiple.

El ancho de banda de esta portadora múltiple es de 3.75 MHz, correspondiendo a una combinación de 3 portadoras de 1.25 MHz de IS-95B, o sea, 3X, siendo $X = 1.25$ MHz. Sin embargo, se pueden normalizar también otros modos (6X, 9X, 12X) con aumentos correspondientes en ancho de banda.

Debido a que cada portador del enlace descendente debe tener las mismas características que una portadora de enlace descendente IS-95B, se necesita una estrecha sincronización entre celdas, la que se obtiene típicamente por técnicas de recepción satelital GPS.

Las bandas de uplink y downlink están separadas mediante técnica FDD. En el caso de las bandas PCS, en cada uno de los bloques A, B, y C (15 MHz cada uno) se puede implementar una combinación de 3 portadoras múltiples 3X, mientras que en los bloques D, E, y F (5 MHz cada uno) se puede implementar una solo una combinación de portadora múltiple 3X.

5.2.1. Estructura de Protocolos

La estructura de protocolos de MC-CDMA, también llamada cdma2000, se muestra en la figura N° 39.

Uno de los objetivos de cdma2000, es la retrocompatibilidad con las interfaces IS-95 (A y B), de modo de facilitar la migración, tanto para los operadores como para los usuarios.

Esto queda reflejado en la figura anterior, donde cdma2000 agrega las entidades y funcionalidades marcadas con color rojo. Esto permite modificar las redes anteriores solamente agregando nuevo hardware y nuevo software en las respectivas unidades funcionales.

Al nivel más básico, cdma2000 proporciona protocolos y servicios que corresponden a las dos capas más bajas del modelo OSI (Capa 1 – Capa Física, y Capa 2 – Capa Enlace de Datos) acorde a la estructura general especificada en IMT-2000.

La capa 2 está dividida en la subcapa Link Access Control (LAC) y la subcapa Medium Access Control (MAC). Los protocolos de aplicaciones y de capa superior que corresponden a las Capas 3 a 7 del modelo de referencia OSI utilizan los servicios proporcionados por la subcapa LAC, por ejemplo servicios de señalización, servicios vocales, servicios de datos (datos por paquetes y datos por circuitos). Provee servicios a las aplicaciones y capas superiores (capa 3 a 7). Ejemplos incluyen servicios de señalización, servicios de voz, aplicaciones de datos en paquetes y circuitos.

Los bloques remarcados en la figura N° 39 proporcionan ancho de banda superior que el soportado por IS-95B y la posibilidad del manejo de una variedad de servicios.

En cdma2000 se especifica un modelo de servicio generalizado, que permite cualquier combinación de voz, dato, y circuitos de alta velocidad que los actuales (dentro de las limitaciones de la capacidad de la interfaz aire). cdma2000 también incluye un mecanismo de control de Calidad de Servicio (QoS) para balancear los diversos requerimientos de QoS de múltiples servicios.

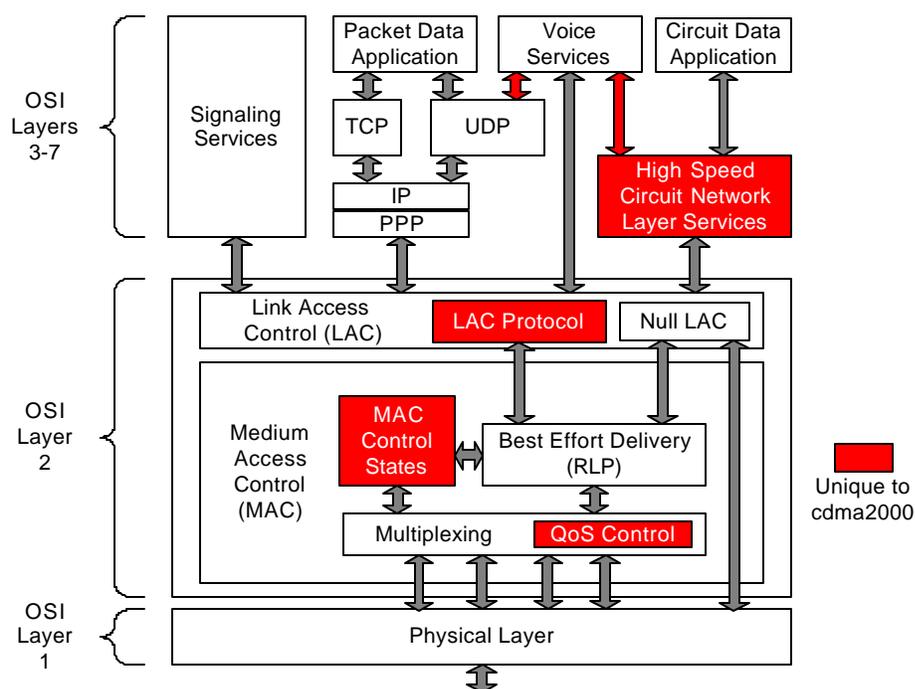


Figura 39. Estructura de capas de cdma2000 (MC-CDMA)

La subcapa MAC es una flexible y eficiente entidad que soporta múltiples servicios de datos. Junto con la entidad de control de QoS, la capa MAC realiza las capacidades multi-media y multi-servicio de la próxima generación de sistemas inalámbricos con capacidades de gestión de QoS para cada servicio.

La subcapa LAC soporta transmisiones confiables punto a punto sobre el aire para servicios de señalización y opcionalmente para servicios de circuitos de datos. Los servicios de la subcapa LAC pueden ser completados usando un adecuado protocolo ARQ (retransmisión) si fuera necesario. De otra forma, si las capas inferiores proporcionan un adecuado QoS, la subcapa LAC puede ser omitida (nula).

Como uno de los aspectos más importantes de la interfaz MC-CDMA, se describirá la capa física, mientras que las otras capas pueden ser consultadas en bibliografía relacionada que se indica en los anexos respectivos.

5.2.1.1. La capa física

MC-CDMA soporta canales RF de $N \times 1.25$ MHz ($N = 1, 3, 6, 9, 12$) de ancho de banda, donde N es la tasa de ensanchamiento del sistema (también indica el número de portadoras).

Cdma2000 especifica varios canales físicos en el enlace reverso y directo. La longitud de la trama MC-CDMA es de 5, 10, 20, 40, y 80 ms. La estructura de los canales depende del factor de ensanchamiento o del número de portadoras, las tasas de datos, esquema de codificación de canal, y parámetros de modulación. Estas variables se especifican en las configuraciones radioeléctricas, Radio Configurations, RCs.

Las señales transmitidas sobre los Canales de Tráfico son especificadas por las configuraciones radioeléctricas. Para factores de ensanchamiento de 1 a 3, hay 6 configuraciones para el enlace reverso (uplink) y 9 para el enlace directo (downlink). Las configuraciones radio 1 y 2 se especifican para proporcionar retrocompatibilidad con el sistema TIA/EIA-95-B, más conocido como IS-95B.

5.2.1.1.1 Enlace Reverso (Uplink)

En el uplink, hay cuatro diferentes canales dedicados. El canal fundamental y el canal suplementario transportan datos. Un canal de control dedicado, con una longitud de trama de 5 o 20 ms, transporta información de control de mediciones de datos. La estructura del canal ascendente cdma2000 se muestra en la figura N° 40.

Como se muestra en esta figura, el canal Reverse Pilot Channel (R-PICH) es una señal de espectro ensanchado no modulada usada para asistir a la estación base en la detección de la transmisión de la estación móvil. La estación móvil también inserta un subcanal llamado, Reverse Power Control Subchannel en el Reverse Pilot Channel. El Reverse Power Control Subchannel es usado para transmitir

comandos de control de potencia. El canal de acceso, Access Channel (R-ACH), es usado por la estación móvil para iniciar la comunicación con la estación base y para responder a mensajes del canal de búsqueda, los Paging Channel messages.

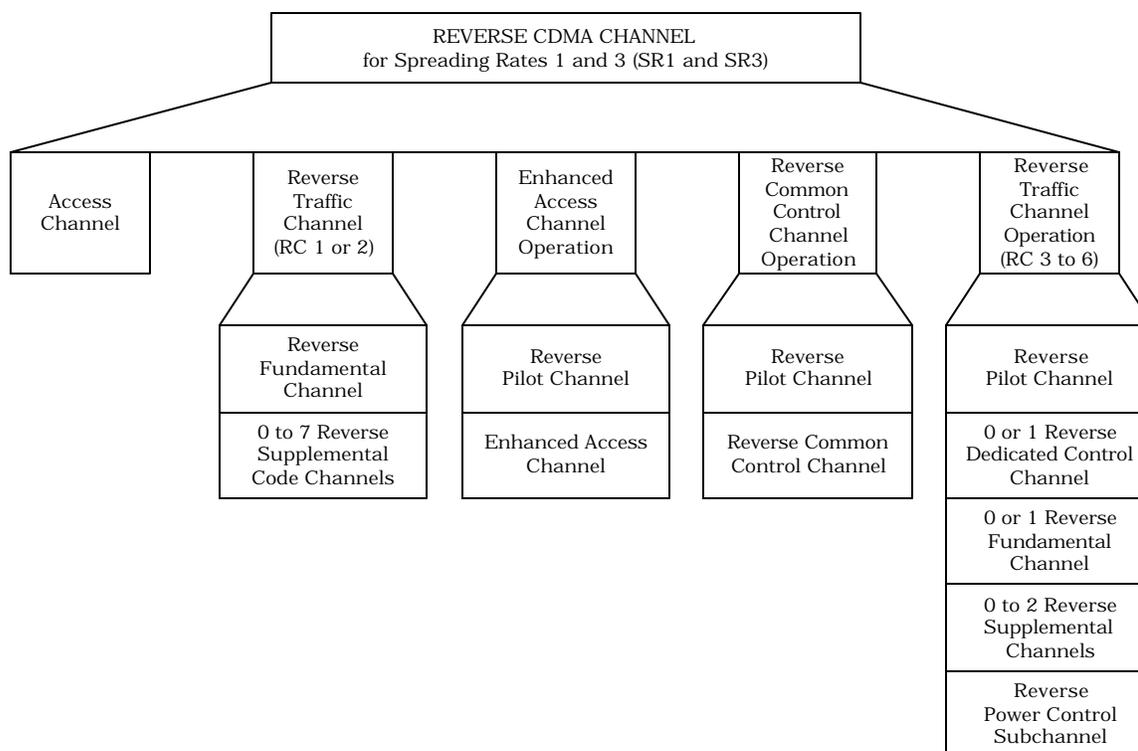


Figura 40. Canales CDMA reverso recibido en la estación base

El canal de acceso mejorado, R-EACH - Enhanced Access Channel, es usado por la estación móvil para iniciar comunicación con la estación base o para responder a un mensaje dirigido a la estación móvil. El R-EACH puede ser usado en tres modos posibles: modo de acceso básico, modo de acceso de potencia controlada y en modo de acceso de reservación. Los canales de acceso mejorado son identificados únicamente por sus códigos largos.

El Reverse Common Control Channel (R-CCCH) es usado para la transmisión de información de usuario y señalización hacia la estación base cuando los canales de tráfico reverso, Reverse Traffic Channels, no están en uso. El R-CCCH puede usarse en uno o dos modos posibles: modo de acceso reservado y modo de acceso designado. Los R-CCCH son identificados únicamente por sus códigos largos.

Los Reverse Traffic Channels, canales de tráfico reverso, con configuraciones radio 1 y 2 incluyen el Reverse Fundamental Channel (R-FCH) y el canal suplementario Reverse Supplemental Code Channel (R-SCCH). Este canal fundamental conlleva voz, señalización, y datos a baja velocidad (9,6 Kbit/seg y 14,4 Kbit/seg), operando básicamente a baja FER (cerca del 1%), mientras que el canal suplementario soporta altas velocidades de datos donde se usa un esquema de repetición para obtener tasas variables de datos.

Los canales de tráfico reverso con configuraciones radio 3 hasta 6 incluyen el Reverse Dedicated Control Channel (R-DCCH), Reverse Fundamental Channel, y Reverse Supplemental Channel (R-SCH). Los canales R-DCCH y R-FCH son usados para la transmisión de información de usuario y señalización hacia la estación base durante una llamada. Los canales R-SCH y R-SCCH son usados para transmisión de información de usuario hacia la estación base durante una llamada.

En el enlace reverso, los canales piloto, control, FCH y SCH son transmitidos multiplexados en código con independientes valores de ganancia para cada canal. Esta flexibilidad permite el soporte de múltiples servicios de una manera muy eficiente. Los requerimientos de QoS como la tasa de error de trama FER (Frame Error Rate) y la tasa de error de bits, BER (Bit Error Rate) sobre los canales de tráfico pueden ser seteados independientemente para una óptima ubicación de los recursos del enlace reverso.

5.2.1.1.1.1 *Ensanchamiento y modulación*

La modulación de símbolos es BPSK y son ensanchados previo a la transmisión. El chip rate del ensanchamiento es $N \times 1.2288$ Mcps ($N = 1, 3, 6, 9, 12$).

En el uplink, la separación de usuario es ejecutada a través de diferentes cambios de fase de las secuencias M (M -sequences) de longitud 2^{41} chips. La separación de canal es desarrollada usando secuencias Walsh de factor de ensanchamiento variable, las cuales son ortogonales unas con otras. Los canales fundamental y suplementario son transmitidos con un principio multicódigo. El esquema de factor de ensanchamiento variable se usa para lograr altas velocidades de datos en el canal suplementario con un turbo código (su función es reducir el valor de E_b/N_0 requerido para el nivel deseado de QoS con el costo de procesamiento adicional de modo de maximizar la performance del canal). Similarmente a DS-SS-SS, se usa un ensanchamiento complejo. Se usa una modulación de canal dual.

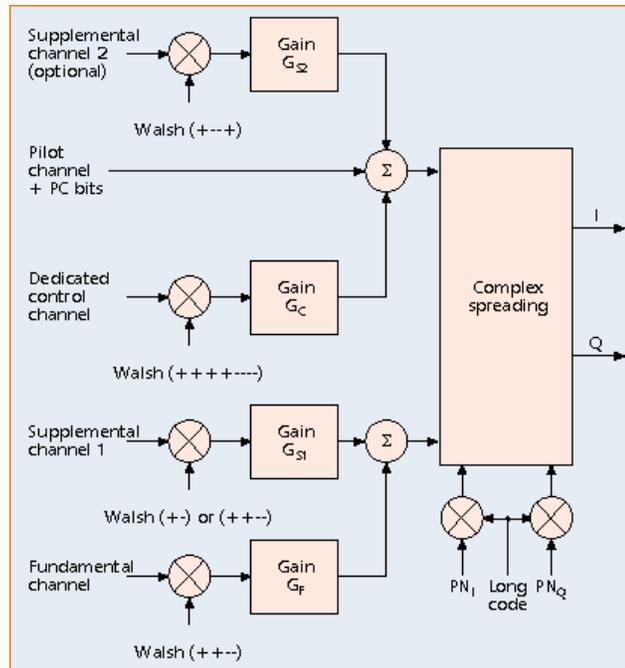


Figura 41. Estructura del canal dedicado de uplink

5.2.1.1.1.2 Control de Potencia

La incorporación de una señal piloto continua en el enlace reverso de cdma2000 mejora la performance. Este canal piloto provee una fase coherente para que la estación base demodule en forma coherente las señales de entrada, al tiempo que provee una señal de referencia para el control de potencia independiente de la tasa de datos del FCH. Así, el uso de una señal piloto continua facilita la reducción de E_b/N_t requerido, al tiempo que reduce el retardo del loop de control de potencia, el que puede desarrollarse sin una determinación explícita de tasa.

El canal piloto también transporta símbolos de control de potencia multiplexados en el tiempo.

La estación móvil soporta control de potencia inner loop (loop interior) y outer loop (loop exterior) para los canales de tráfico directo. El outer loop estima el valor fijo basado en la razón señal a interferencia, E_b/N_t , para alcanzar la tasa de error esperada (FER) sobre cada uno de los canales de tráfico asignados. El inner loop compara el E_b/N_t del canal de tráfico directo recibido con el correspondiente valor del punto outer loop para determinar el valor del bit de control de potencia que será enviado sobre el subcanal de control de potencia reverso cada 1.25 ms. La estación móvil transmite los Erasure Indicator Bits (EIB) sobre el subcanal de control de potencia reverso sobre el comando de la estación base.

5.2.1.1.2 Enlace Directo (Downlink)

Las mejoras en el canal directo de cdmaOne™ incluye el uso de la técnica de modulación QPSK, el cual dobla en número de códigos Walsh, así como un rápido control de potencia y diversidad de transmisión, los cuales mejoran significativamente la performance del enlace directo, particularmente en ambientes de baja movilidad.

Cdma2000 usa una secuencia corta de códigos PN ($n \times 2^{15}$) para funciones de scrambling. Los componente PN I y Q son comprimidos en dos códigos cortos diferentes. Todas las estaciones base usan el mismo par de códigos PN con un mínimo valor de off-set ($n \times 64 \times \text{Pilo_Inc}$) entre estaciones base.

La estructura de canal se muestra en la figura N° 42. El Forward Pilot Channel (F-PICH), el Transmit Diversity Pilot Channel (F-TDPICH), el Auxiliary Pilot Channel (F-APICH), y los Auxiliary Transmit Diversity Pilot Channels (F-ATDPICH) son señales de espectro ensanchado no moduladas usadas para sincronización por una estación móvil operando dentro de un área de cobertura de la estación base para proveer una señal de referencia para detección coherente, adquisición de celda y handover.

El F-PICH es transmitido todo el tiempo por la estación base sobre cada canal CDMA directo activo. F-APICH es transmitido en una aplicación de formación de haz. El F-APICH y el FATDPICH son transmitidos cuando la diversidad de transmisión es usada.

El canal Sync Channel (F-SYNCH) es usado por la estación móvil operando en un área de cobertura de la estación base para adquirir sincronización inicial de tiempo. El canal de búsqueda, Paging Channel (F-PCH), es usado por la estación base para transmitir información de encabezado de sistema y mensajes específicos de la estación móvil. El canal de difusión, Broadcast Channel (F-BCH), es usado por la estación base para transmitir información de encabezado de sistema.

El canal de búsqueda rápida, Quick Paging Channel (F-QPCH), es usado por la estación base para informar a las estaciones móviles, operando en un modo acanalado (slotted mode) durante el estado inactivo, si recibir o no el canal de control común directo, el Canal de Broadcast, o el Canal de Búsqueda.

El canal de control de potencia común, Common Power Control Channel (F-CPCCH), es usado por la estación base para transmitir subcanales de control de potencia común (un bit por canal) para el control de potencia de múltiples canales R-CCCH y R-EACH. Los subcanales de control de potencia común son multiplexados sobre el F-CPCCH. Cada subcanal de control de potencia común controla el R-CCCH o un R-EACH.

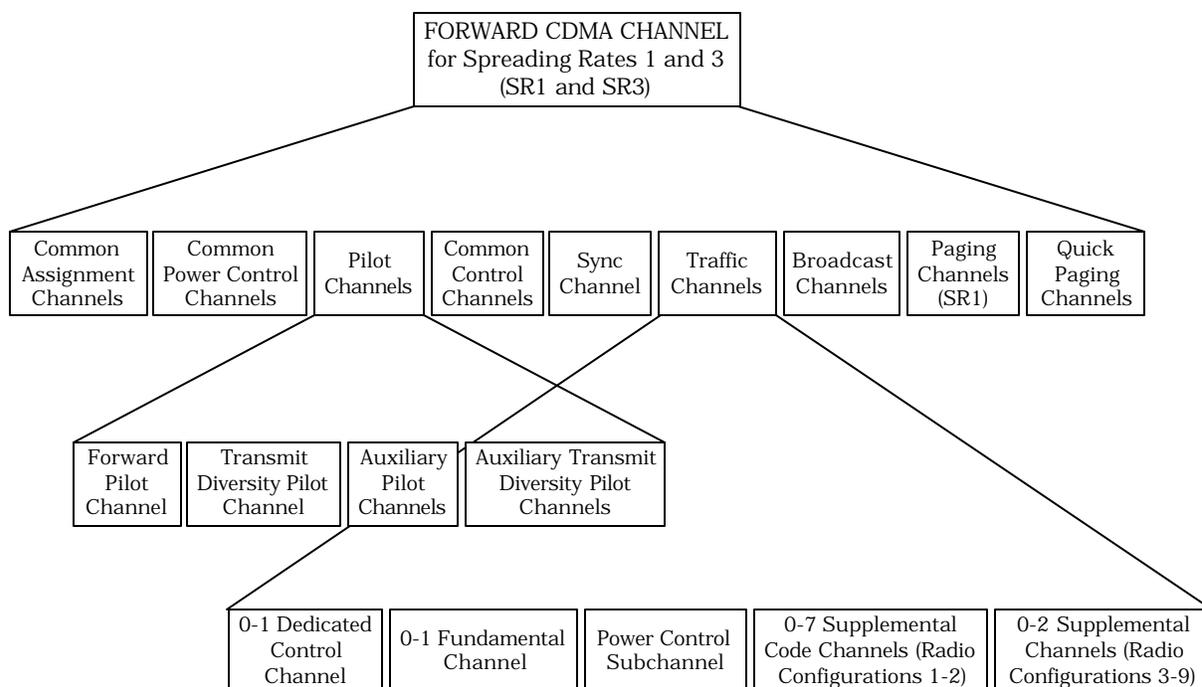


Figura 42. Estructura de canales de enlace directo (downlink)

El canal de asignación común, Common Assignment Channel (F-CACH), es usado por la estación base, para proporcionar asignación rápida de R-CCCH. El FCCCH es usado por la estación base para transmisión mensajes específicos de la estación móvil. Para configuraciones radio 1 y 2, los canales de tráfico directo incluyen el Forward Fundamental Channel (F-FCH) y el Forward Supplemental Code Channel (F-SCCH). Para configuraciones radio 3 hasta 9, los canales de tráfico directo incluyen el Forward Dedicated Control Channel (F-DCCH), Forward Fundamental Channel (F-FCH), y el Forward Supplemental Channel (F-SCH). Similar a los correspondientes canales de tráfico reverse, ellos son usados para transmisión de información de usuario y señalización hacia la estación móvil durante una llamada. Los canales de tráfico directo también incluyen el subcanal de control de potencia directo. Se usa para transmitir comandos de control de potencia reverse y es transmitido sobre el canal fundamental o dedicado directo.

5.2.1.1.2.1 Ensanchamiento y modulación

En operación de $N=1$, los símbolos de salida desde el bloque entrelazador son mapeados en pares de símbolos usando modulación en cuadratura. Cada símbolo de modulación es ensanchado por una apropiada función Walsh o una función cuasi-ortogonal y entonces ensanchada por un par de secuencias PN (pseudo ruido) en cuadratura a un chip rate fijo 1.2288 Mcps.

Cuando se usa diversidad de transmisión ortogonal, Orthogonal Transmit Diversity (OTD), los símbolos a la salida del bloque entrelazador son demultiplexados en dos pares de símbolos de modulación en cuadratura, con cada par siendo ensanchado por una apropiada función Walsh o una función cuasi-ortogonal y un par en cuadratura de secuencias PN, entonces transmitidas sobre dos antenas separadas.

Cuando en operación en modo multiportadora con $N=3, 6, 9,$ o $12,$ los símbolos a la salida de bloque entrelazador son demultiplexados en N pares de símbolos de modulación en cuadratura, con cada par ensanchado en 1.2288 Mcps y transmitidos sobre N portadoras adyacentes. El sistema cdma2000 Multi-Carrier puede ser desarrollado hasta con N portadoras de la familia TIA/EIA-95-B.

En el downlink, la separación de celda para cdma2000 se ejecuta a través de 2 secuencias M de longitud 2^{15} , uno para el canal I y otro para el canal Q, los cuales son desplazados en fase por PN-offset para diferentes celdas. Así, durante el proceso de búsqueda se necesitan buscar solo esas secuencias. Debido a que hay un número limitado de PN-offsets, ellos necesitan ser planeados para evitar la confusión.

5.2.1.1.2.2 Control de potencia

La estación base soporta los esquemas de control de potencia de inner loop y outer loop para el canal de tráfico reverso similar al usado para el canal de tráfico directo.

5.2.1.1.2.3 Soft Handoff

El Soft Handoff es soportado por el enlace directo, y es alcanzado desarrollando una combinación de diversidad en la estación móvil. Esta diversidad de transmisión se alcanza transmitiendo símbolos codificados alternos y entrelazados sobre antenas transmisoras separadas o transmitiendo portadoras separadas sobre antenas separadas (diversidad de transmisión multiportadoras).

Parámetro	Valoración
Ancho de banda del canal	1.25, 5, 10, 15, 20 MHz
Técnica de acceso múltiple y técnica dúplex	DS-CDMA (Uplink) FDD MC-CDMA (downlink) FDD (Portadora Múltiple)
Chip Rate	$n \times 1.2288 \text{ Mc/s}$ ($n = 1, 3, 6, 9, 12$) para Portadora Múltiple
Longitud de Trama	20 ms para dato y control - 5 ms para información de control sobre canal de control dedicado y canal fundamental
Modulación de ensanchamiento	QPSK Balanceado (downlink) Canal QPSK dual (uplink) Circuito de spreading complejo
Modulación de Datos	QPSK (downlink) BPSK (uplink)
Detección coherente	Piloto multiplexado en el tiempo PC y EIB (uplink) Canal piloto común y piloto auxiliar (downlink)
Multiplexación de canal en Uplink	Control, piloto, fundamental, y suplemental multiplexados en código Multiplexación I&Q para dato y control
Velocidad variable	Spreading variable y multicódigo variable
Factores de ensanchamiento	4-256
Control de Potencia	Open loop y fast closed loop
Ensanchamiento (downlink)	Secuencias Walsh de longitud variable para separación de canal, 2^{15} secuencias M (la misma secuencia con desplazamiento de tiempo utilizada en diferentes celdas, diferente secuencia en I & Q)
Ensanchamiento (Uplink)	Secuencias ortogonales de longitud variable para separación de canal, 2^{15} secuencias M (misma secuencia para todos los usuarios, diferentes secuencias en canal I&Q); $2^{41} - 1$ secuencias M para separación de usuario (diferentes desplazamiento en tiempo para diferentes usuarios)
Handover	Soft handover - Handover interfrecuencia

Tabla 18 - Características técnicas de cdma2000

5.3. Interfaz UWC-136

Las especificaciones de la interfaz radioeléctrica IMT-2000 para la tecnología de portadora única TDMA se elaboran en la TIA TR45.3 a partir de datos del Universal Wireless Communications Consortium. Esta interfaz radioeléctrica se denomina Universal Wireless Communication-136 (UWC-136), también conocida como EDGE, que especifica la American National Norma TIA/EIA-136.

UWC-136 ha sido pensada para proporcionar un camino evolutivo común hacia la 3G a las redes basadas en tecnologías TDMA, como son IS-136 y GSM, logrando un máximo de elementos comunes entre ambas tecnologías, permitiéndoles transmitir datos hasta 384 Kbps. Fue inicialmente desarrollado solo para el sistema GSM, por lo que fue llamado GSM384

En el caso de la tecnología TDMA IS-136, hay una estrategia de tres componentes para la evolución hacia la tercera generación.

- a) **136+**: consiste en mejorar las capacidades de voz y datos a través de nuevas técnicas de modulación de los canales de 30 kHz.
- b) **136HS exteriores** añade un componente de portadora de 200 kHz para los datos en alta velocidad (384 Kbit/s), aceptando una gran movilidad.
- c) **136HS interiores** añade una portadora de 1,6 MHz para datos de muy alta velocidad (2 Mbit/s) en aplicaciones de pequeña movilidad.

El resultado combinado constituye la especificación de esta interfaz radioeléctrica UWC-136.

El diseño del protocolo radio EDGE reutiliza parte de los protocolos de GSM y GPRS. Esto reduce al mínimo la necesidad de implementar nuevos protocolos. Sin embargo, y debido a las velocidades binarias más altas, se han modificado algunos protocolos para mejorar el comportamiento lo más posible. Muchos parámetros de la capa física de EDGE son idénticos a los de GSM. La separación de portadora de 200 KHz, y la estructura de trama de GSM permanece inalterada. Además el formato de ráfaga 8-PSK es similar: una ráfaga incluye una secuencia de training (entrenamiento) de 26 símbolos en el medio, tres símbolos de cola en cada extremo y 8,25 símbolos de guardia en un extremo. Cada ráfaga transporta 2,58 símbolos de datos, cada uno de los cuales está compuesto de tres bits.

El modelo EDGE incluye un modo de conmutación de paquetes conocido como E-GPRS (Enhanced GPRS) y un modo de conmutación de circuitos ECSD, Enhanced Circuit Switched Data.

E-GPRS ha sido construido sobre la interfaz GPRS, basada en GSM, y sobre las redes asociadas, utilizando un esquema de modulación más eficiente y un novedoso protocolo de enlace por radio que se adapta a un conjunto de esquemas de modulación y codificación para ofrecer a cada usuario un servicio de datos optimizado del tipo “el mejor esfuerzo”.

El esquema de modulación de E-GPRS responde a una de las principales características de los sistemas celulares de hoy. Es que, en términos de la razón Señal a Interferencia, SIR, distintos usuarios finales tienden a experimentar una calidad de canal distinta debido a diferencias en distancias a la estación base, desvanecimiento e interferencia. En ciertos servicios tradicionales como la telefonía, se requiere de un nivel de SIR adecuado para obtener una buena calidad: bajo ese objetivo, la calidad es inaceptable, mientras que sobre ese nivel la calidad es buena y casi independiente de la calidad del canal. Así, la planeación de la red radio debe asegurar que solamente una pequeña fracción de los usuarios esté bajo ese SIR objetivo.

Se debe notar que una gran parte de la población experimenta un SIR excesivo, es decir, una excelente calidad de canal de la cual no pueden obtener beneficios.

Esta deficiente gestión del enlace motiva el diseño de la interfaz radio EDGE, que emplea un esquema conocido como Control de Calidad de Enlace, que incluye una técnica de adaptación del enlace y redundancia incremental.

- **Adaptación del enlace:** Para mejorar el procesamiento de datos bajo condiciones dinámicas de canales, este mecanismo adapta la modulación de los datos a la calidad del canal, de modo que para todas las calidades de canal se obtenga una óptima velocidad binaria medida en bits por segundo, empleando un esquema de modulación flexible y adaptable a las condiciones del canal. Conforme vayan mejorándose las condiciones de canal, es aconsejable adaptar a velocidades más alta de codificación (es decir, enviar menos bits redundantes) y adaptar la modulación 8-PSK (más bits/símbolo) a fin de mejorar el procesamiento. Conforme vayan deteriorándose las condiciones de los canales, se vuelve necesario utilizar esquemas de modulación más potentes (es decir, con mayor capacidad de corrección de errores) y adaptar a una modulación más robusta, como por ejemplo el GMSK, a fin de maximizar el procesamiento. En definitiva, la meta de la adaptación del enlace es seleccionar el esquema de modulación y codificación (MSC) que maximicen el procesamiento con base a las actuales condiciones de los canales. La adaptación de enlace se realiza monitoreando los estimativos de la calidad de los canales, tales como la probabilidad de errores en la transferencia de bits BEP, bit error probability, hechos en la estación base y en las estaciones móviles. Los estimativos de la calidad de los canales móviles se reportan periódicamente en la radiobase.
- **Redundancia incremental IR:** En un esquema de redundancia incremental, la información es primero enviada con muy poca codificación, produciendo una alta tasa binaria si la decodificación es inmediatamente lograda. Si la decodificación falla, se envía bits codificados adicionales (redundancia), hasta que se logre la decodificación. En general, la idea tras la IR es la utilización de una muy baja velocidad de códigos en la etapa de codificación, a fin de generar un gran número de bits de redundancia, para luego enviar inicialmente solo un subconjunto de la información codificada, proceso conocido como "Puncturing". En el punto de recepción, si las

condiciones de canal son suficientemente buenas, el decodificador puede determinar toda la información que se pretendía transmitir mediante técnicas de corrección de error. Si las condiciones de los canales no son lo suficientemente buenas para que el decodificador logre eso utilizando el subconjunto inicial de la información codificada transmitida. El decodificador puede utilizar solo este segundo subconjunto para tratar de determinar la información original, o puede combinar el segundo subconjunto con el inicial para mejorar la posibilidad de decodificar el contenido. Se ha demostrado que la IR mejora el éxito del procesamiento en un 10-20 %.

Así, la interfaz radio EDGE, pensando en facilitar velocidades binarias más altas que las que se pueden alcanzar actualmente en los sistemas celulares de hoy, introduce una modulación lineal de alto nivel 8-PSK que fue elegido por sus altas tasas de datos, alta eficiencia espectral y moderada complejidad de implementación.

5.3.1. Estructura de protocolos

5.3.1.1. La Capa Física

La premisa básica de funcionamiento es la de espectro bajo demanda. La cantidad de espectro atribuido en un momento determinado es función de la combinación de servicios requerida. Permite asignar y liberar canales incrementales según se requiera. El ancho de banda asociado a cada servicio se ajusta a éste. Mediante una gestión dinámica del espectro se obtiene una gran eficacia espectral, así como células subyacentes que pueden robar espectro a la red común para dar mayor capacidad en una región geográfica determinada. UWC-136 define un Canal de Paquetes de Datos, ó Packet Data Channel (PDCH). Este se divide en dos tipos: Canal de Control de Paquete (PCCH), y el Canal de Tráfico de Paquetes (PTCH). La estructura total de un PDCH es mostrada en la figura N° 43.

5.3.1.1.1 136+

El portador 136+ puede dar servicios vocales y de datos en un canal de RF de 30 kHz.

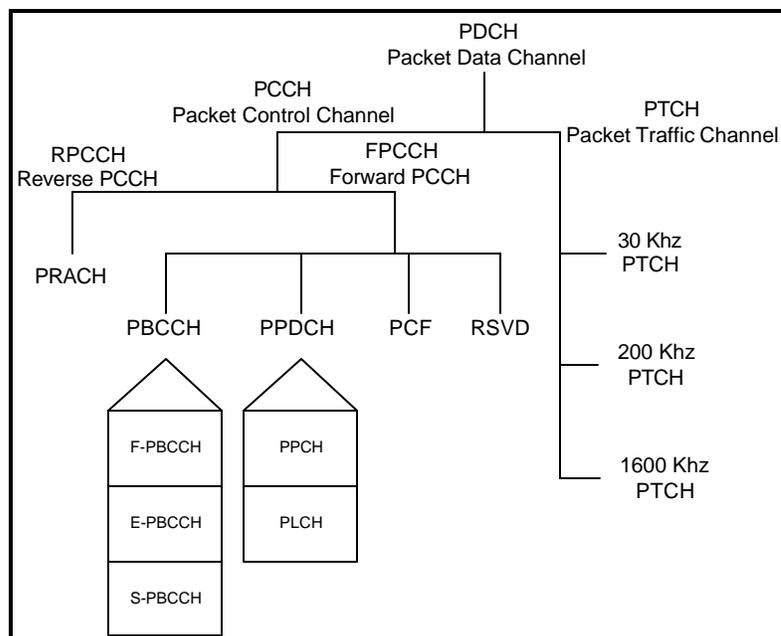


Figura 43. Estructura de un PDCH

Se especifican dos tipos de modulación: $\pi/4$ -DQPSK y 8-PSK opcional con una velocidad de símbolos común en el canal de 24,3 ksímbolos/s. Los canales están separados 30 kHz entre sus puntos centrales. Los servicios de voz y de datos pueden funcionar con cualquiera de las modulaciones, lo que permite diferenciar el servicio y dar robustez al canal.

En la tabla N° 19 se muestra el esquema de codificación y modulación de una canal de transporte.

Dirección	Modulación	Full Rate (Kbit/s)	Double Rate (Kbit/s)	Triple Rate (Kbit/s)
Uplink	$\pi/4$ -DQPSK	13.10	26.20	39.30
Downlink	$\pi/4$ -DQPSK	12.80	26.60	38.40
Uplink	8-PSK	17.85	35.70	53.55
Downlink	8-PSK	17.40	34.80	52.20

Tabla 19- Esquema de codificación y modulación de canal

5.3.1.1.2 136HS Exteriores

El esquema de acceso es TDMA con uno hasta ocho canales físicos básicos por portadora. El portador 136HS Exteriores utiliza una portadora de RF de 200 kHz que permite el despliegue de los servicios de datos en exteriores de alta velocidad. La velocidad máxima para este tipo de interfaz es de 384 Kbps a menos de 500 Km/h de velocidad de movimiento de la estación móvil. Especial para macro y micro celdas. La estructura de la trama se muestra a continuación.

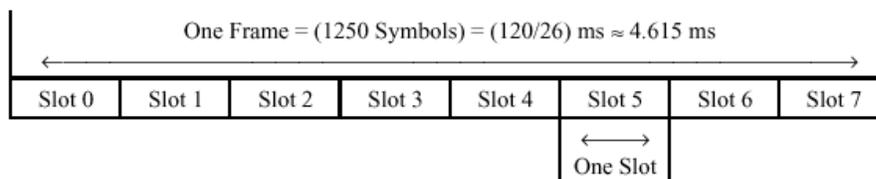


Figura 44. Formato de trama 136HS exteriores

La cantidad de bits de la trama depende de la modulación, GMSK: 1520 kbit/s, 8-PSK: 3750 bits. Un time-slot portador 136HS Exteriores es de $(15/26 \text{ ms}) = 576,92 \text{ us}$ y transmite información a una velocidad de modulación de $(1625/6) = 270,833 \text{ ksímbolos/s}$. Esto significa que la duración de un time-slot, incluyendo el tiempo de guardia, es de 156,25 símbolos de duración.

Los canales de tráfico de paquetes PTCH se agrupan en una multitrama, compuesta de 2 26-submultitramas consistentes de 26 tramas, designada como una 52-multitrama. Las 26-submultitrama consiste de 6 bloques radio y de 2 tramas libres o inactivas. La 52-multitrama será de 26-submultitramas.

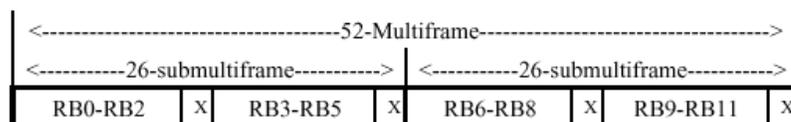


Figura 45. Subestructura de 26-submultitrama de PTCH

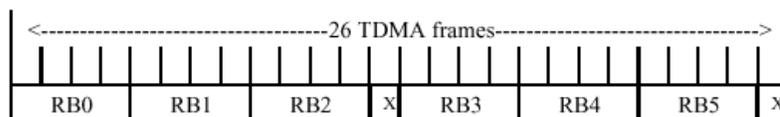


Figura 46. Estructura de 52-multitrama de PTC:

Donde: X = trama libre

RBn = Radio Bloque N° n

RBn – RBm = Radio Bloque n hasta m.

El PTCH sobre un portador 136HS exteriores no específicamente usa una estructura de supertrama. La siguiente figura muestra la estructura de un time-slot 136HS exteriores portador normal.

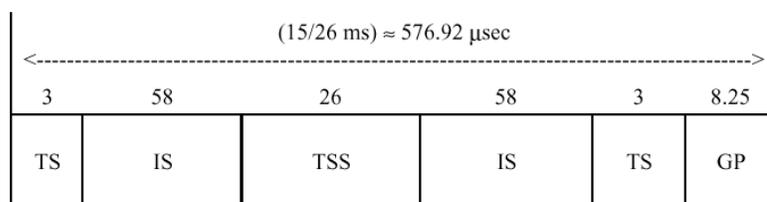


Figura 47 - formato normal de un time-slot GMSK y 8-PSK.. (todos los números indican símbolos)

Donde: TS = Símbolos de cola (Tail Symbols)

IS = Símbolos de información, información de usuario

TSS = Símbolos de secuencia de entrenamiento

GP = Periodo de Guardia

El Bloque RLC/MAC (también conocido como Radio Bloque) es un canal codificado y entrelazado a través de cuatro time-slot en cuatro tramas TDMA consecutivas sobre un portador 136 HS exteriores.

5.3.1.1.2.1 Codificación y modulación de canal

Se especifican dos modulaciones: GMSK y 8PSK. Como EDGE está construido sobre la base de protocolos de GSM/GPRS, incluye la modulación GMSK, Gaussian Minimun Shift Keying. Para aumentar la velocidad bruta de bits por medio de la interfaz radio, pero al mismo tiempo mantener la máscara del espectro GSM y la misma duración de estallidos, se introduce un formato de modulación 8-PSK, que fue elegido por sus altas tasas de datos, alta eficiencia espectral y modera complejidad de implementación. La forma del pulso 8-PSK es GMSK linealizada, lo que significa que 8-PSK encaja perfectamente en la máscara espectral de GSM.

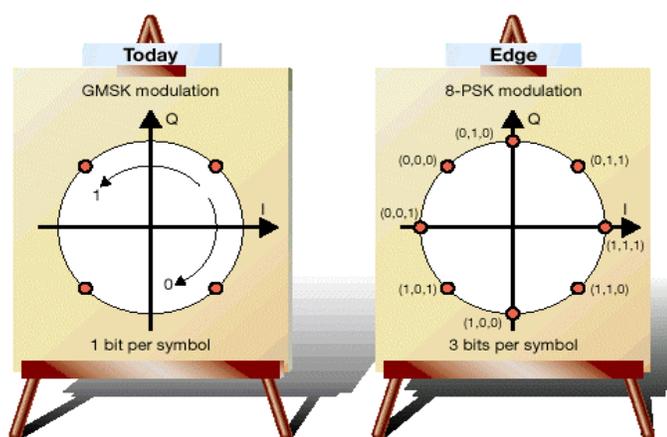


Figura 48. Mapeo de símbolos para 8-PSK y GMSK

En la figura anterior se muestra la constelación de símbolos para 8-PSK, los que son mapeados usando el código Gray; dos símbolos de 3 bits correspondientes a la fase de la señal adyacente difieren

solamente en 1 bit. Desde que los errores más probables debido al ruido resulta en la selección errónea de una fase adyacente, la mayoría de los errores de símbolos contienen solo un bit de error. Los símbolos son rotados continuamente en $3\pi/8$ radianes antes de la formación del pulso.

Cabe señalar, que para una determinada condición de canal, el rendimiento al nivel de tasa de bit errados no codificados, BER, del 8-PSK es siempre peor que el de GMSK. Sin embargo, los bit/símbolo adicionales con el 8-PSK se pueden utilizar para superar esta desventaja, particularmente en condiciones de canal moderadas a buenas.

Para GMSK, cada símbolo contiene 1 bit, mientras que para 8-PSK cada símbolo contiene 3 bits. La tasa total de bit por time-slot de 22,8 kbit/s y 69,2 kbit/s para GMSK y 8-PSK respectivamente. Así, la tasa gruesa de bit para GMSK será de 280,833 kbit/s y para 8-PSK será de 812,5 kbit/s. La codificación del canal y la modulación pueden variar a fin de lograr una adaptación óptima del caudal en función de la robustez del canal.

Nombre Servicio	Tasa efectiva de codificación	Modulación	Tasa Bruta (Kbit/s)	Tasa de interferencia Radio por time-slot (Kbit/s)
PCS-1	0.329	8-PSK	69.2	22.8
PCS-2	0.496	8-PSK	69.2	34.3
PCS-3	0.596	8-PSK	69.2	41.25
PCS-4	0.746	8-PSK	69.2	51.6
PCS-5	0.829	8-PSK	69.2	57.35
PCS-6	1.0	8-PSK	69.2	69.2
GCS-1	0.49	GMSK	22.8	11.2
GCS-2	0.64	GMSK	22.8	11.2
GCS-3	0.73	GMSK	22.8	16.7
GSC-4	1.0	GMSK	22.8	22.8

Tabla 20-Tasas de código y de información para 136HS exteriores

Para GMSK se especifican 4 esquemas de codificación, mientras que para 8-PSK se especifican 6. Los esquemas GMSK se designan como GSC y los 8-PSK como PCS, siendo SC el Coding Scheme. Para ambos casos, el número de esquema de codificación más bajo es también el más robusto, mientras que el más alto es el menos robusto y no es codificado. Los canales están separados 200 kHz entre sus puntos centrales. Las tasas resultantes de tasas de códigos y las correspondiente tasas de información se muestran la tabla N° 20.

5.3.1.1.3 136HS Interiores

Por último, el portador 136HS interiores utiliza una portadora de RF de 1,6 MHz que permite el despliegue de servicios de datos de interiores de poca o escasa movilidad, desde 384 Kbit/s hasta 2 Mbit/s, especial para las pico celdas, de hasta 75 metros de radio. Se especifican dos modulaciones obligatorias:

B-O-QAM y Q-O-QAM a una velocidad de símbolos de canal común de 2,6 Msímbolos/s. La modulación del canal puede variar para dar una adaptación óptima del caudal en función de la robustez del canal. Los canales están separados 1600 kHz entre sus puntos centrales. Además, el portador 136HS Interiores tiene un modo opcional TDD.

El esquema de acceso es TDMA con 16 hasta 24 canales físicos básicos por portadoras. El recurso radio básico es un time-slot largo (1/16 de una trama TDMA) o un time-slot corto (1/64 de una trama TDMA) de duración $15/52 \text{ ms} = 288,46 \text{ us}$ o de $15/208 = 72 \text{ us}$ y transmitiendo información a una tasa de modulación de 2,6 Msímbolos/s. Esto significa que la duración de un time-slot, incluyendo tiempo de guardia, es de 750 ó 187,5 símbolos de duración.

Se especifican 4 tipos de ráfagas:

- Wideband Short Burst (WSB)*: transporta información sobre canales de tráfico y canales de control asociados. La WSB contiene 144 símbolos y contiene un tiempo de guardia de 10,5 símbolos de duración (~4,04 us).
- Wideband Long Burts (WLB)*: transporta información sobre canales de tráfico. La WLB contiene 706 símbolos y un tiempo de guardia de 11 símbolos de duración (~4,23 us).
- Wideband Frequency Correction Burst (WFB)*: es usada para sincronización de frecuencia por la unidad móvil. Es equivalente a una portadora no modulada, desplazada en frecuencia, con el mismo tiempo de guardia que una ráfaga normal
- Wideband Synchronization Burst (WSYB)*: es usada para sincronización temporal por el móvil. Contiene una secuencia larga de entrenamiento y transporta el numero de trama reducido (RFN) y el código de identidad de la estación base. Es difundido junto con la ráfaga de corrección de frecuencia.

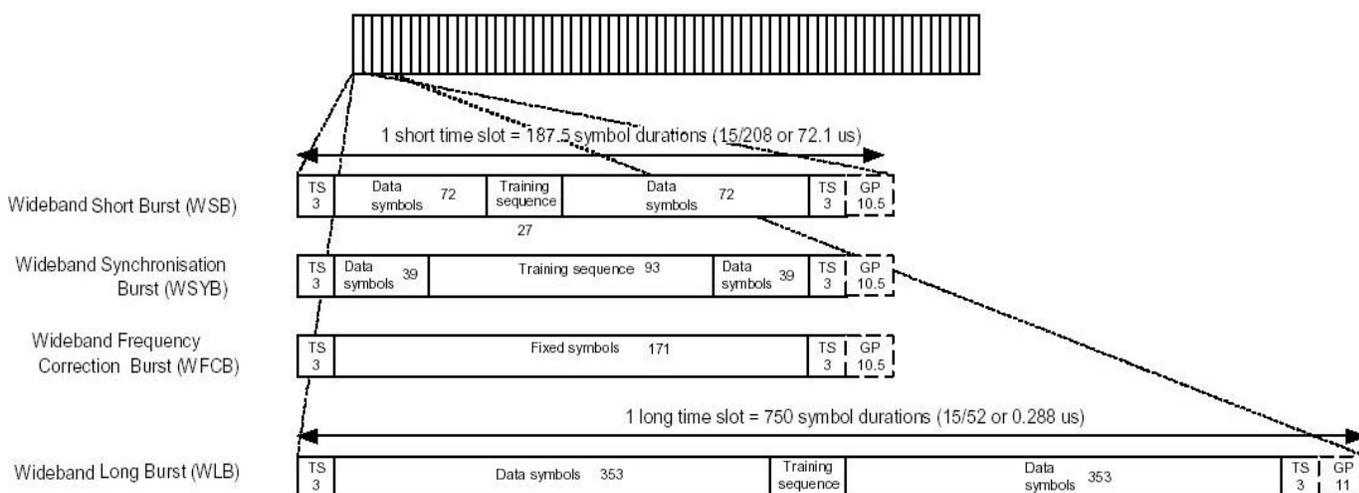


Figura 49. Tipos y estructura de ráfagas.

5.3.1.1.3.1 Codificación y modulación de canal

Se definen también 4 esquemas de codificación y modulación de canal, que se muestra en la tabla siguiente.

Nombre Servicio	Enlace	Ráfaga	Modulación	Tasa de código	Nueva tasa de bits (Kbit/s)
WMCS-1	Uplink	Corta	BOQAM	0.5	12.9
WMCS-1	Uplink	Larga	BOQAM	0.5	72.3
WMCS-1	Downlink	Corta	BOQAM	0.5	12.9
WMCS-1	Downlink	Larga	BOQAM	0.5	72.3
WMCS-2	Uplink	Corta	BOQAM	1.0	25.4
WMCS-2	Uplink	Larga	BOQAM	1.0	147.2
WMCS-2	Downlink	Corta	BOQAM	1.0	25.2
WMCS-2	Downlink	Larga	BOQAM	1.0	147.0
WMCS-3	Uplink	Corta	QQQAM	0.5	28.2
WMCS-3	Uplink	Larga	QQQAM	0.5	149.9
WMCS-3	Uplink	Corta	QQQAM	0.5	28.2
WMCS-3	Downlink	Larga	QQQAM	0.5	149.9
WMCS-4	Uplink	Corta	QQQAM	1.0	56.6
WMCS-4	Uplink	Larga	QQQAM	1.0	300.1
WMCS-4	Downlink	Corta	QQQAM	1.0	55.8
WMCS-4	Downlink	Larga	QQQAM	1.0	299.3

Tabla 21-. Esquema de codificación y modulación de canal de tráfico, donde BOQAM es Binary Offset QAM, y QQQAM es Quaternary Offset QAM

5.3.2. La capa 2

La capa 2 provee dos diferentes tipos de funcionalidades: aquellas para soportar operación en modo circuito y aquellas que soportan servicios en modo paquete.

5.3.2.1. Circuito

En UWC-136 la voz modulada/codificada es transportada sobre el canal Digital Traffic Channel (DTC). La conexión del canal de tráfico es supervisada por un código de colores de verificación de códigos digitales, Coded Digital Verification Color Code (CDVCC), sobre la capa 2. La estación móvil decodifica el CDVCC (explícitamente o implícitamente) recibido desde la estación base en cada time-slot DTC, y lo compara con el código de color revisado en el mensaje de conexión original o del mensaje de hand-off (DVCCs). La estación móvil transmite los DVCCs codificados hacia la estación base en cada una de las ráfagas. El DTC también contiene canales de control asociados rápidos y lentos, Fast and Slow Associated Control Channels (FACCH and SACCH), los cuales transportan mensajes de supervisión y control.

5.3.2.2. Paquetes

La capa 2 provee la realización de portadoras radio para la capa 3, considerando los objetivos de QoS solicitados. La capa dos esta estructurada en Logical Link Control (LLC), Radio Link Control (RLC), y Medium Access Control (MAC), (RLC y MAC deben ser combinados en una sola función referida como MAC). El LLC es independiente de la interfaz radio. El LLC provee transferencia de datos reconocida y no reconocida.

Tres entidades MAC se incluyen en una sola capa 2 MAC, una para soportar cada tipo de portador: 136+, 136HS exteriores y 136HS interiores. La principal tarea de la capa MAC es multiplexar dinámicamente los recursos radio así que cada portadora RF puede ser utilizada eficientemente entre múltiples usuarios con mínimas colisiones de paquetes.

La razón por la cual la RLC y MAC son considerados como perteneciente a la misma subcapa es que ambas entidades tienen acceso directo a la capa física y a la subcapa LLC. Más aun, el protocolo LLC no depende de la interfaz radio, mientras que la RLC/MAC es específica de la interfaz radio.

5.3.3. La capa 3

La capa 3 proporciona distintos tipos de funcionalidades de administración de los recursos y de la movilidad: aquellas para soportar operación en modo (136 Mobility and Resource Management) y aquellas que soportan operación en paquetes (GPRS-136 Mobility and Resource Management).

Las entidades 136 Mobility Management y Radio Resource Management en la capa 3 proveen servicios de conmutación de circuitos UWC-136. Los procedimientos de la capa 3 (conocidos como Roaming inteligente) son definidos para proveer acceso de usuario al optimo proveedor de servicios en modo circuito. Una vez que la selección de canal de control inicial ha sido completada, la reelección de celdas y algoritmos de handoff provee continuidad de servicio. El algoritmo de reelección de celda incluye varias condiciones de disparo y criterios de selección para proveer una capacidad de administración versátil.

La administración de la movilidad GPRS basada en GSM y la función de administración de movilidad 136, operando en paralelo, compromete el administrador de movilidad GPRS-136 (GPRS-136 Mobility Manager). Esta provee servicios en modo paquete, mientras que la función de movilidad 136 provee administración de movilidad de servicios en modo circuito. Juntas aseguran que la red conoce la actual ubicación de la estación móvil.

La entidad GPRS-136 Radio Resource Management (RRM) ubica dinámicamente los recursos radio entre múltiples usuarios. Esto se hará ensanchando la carga a través de múltiples canales de paquetes en una

celda dada. La continuidad de servicio es soportada vía la reelección de celda en la medida que un móvil atraviesa múltiples celdas.

5.3.4. La red UWC-136

Un sistema UWC-136 se realiza combinando la interfaz radio TIA/EIA-136 TDMA con una red de paquetes GPRS y una red de circuitos TIA/EIA-41. La siguiente figura presenta los elementos de red y los puntos asociados que comprenden una red UWC-136.

El primer nodo de red TIA/EIA-41 es visible hacia el SGSN es el Gateway MSC/VLR. La interfaz entre el TIA/EIA-41 Gateway MSC/VLR y el SGSN es la interfaz Gs', la cual permite el túnel de mensajes TIA/EIA-136 entre la estación móvil y el Gateway MSC/VLR.

La arquitectura de red UWC-136 se muestra en la figura N° 53.

El resumen con las características técnicas de UWC-1136 se muestra en la tabla N° 22.

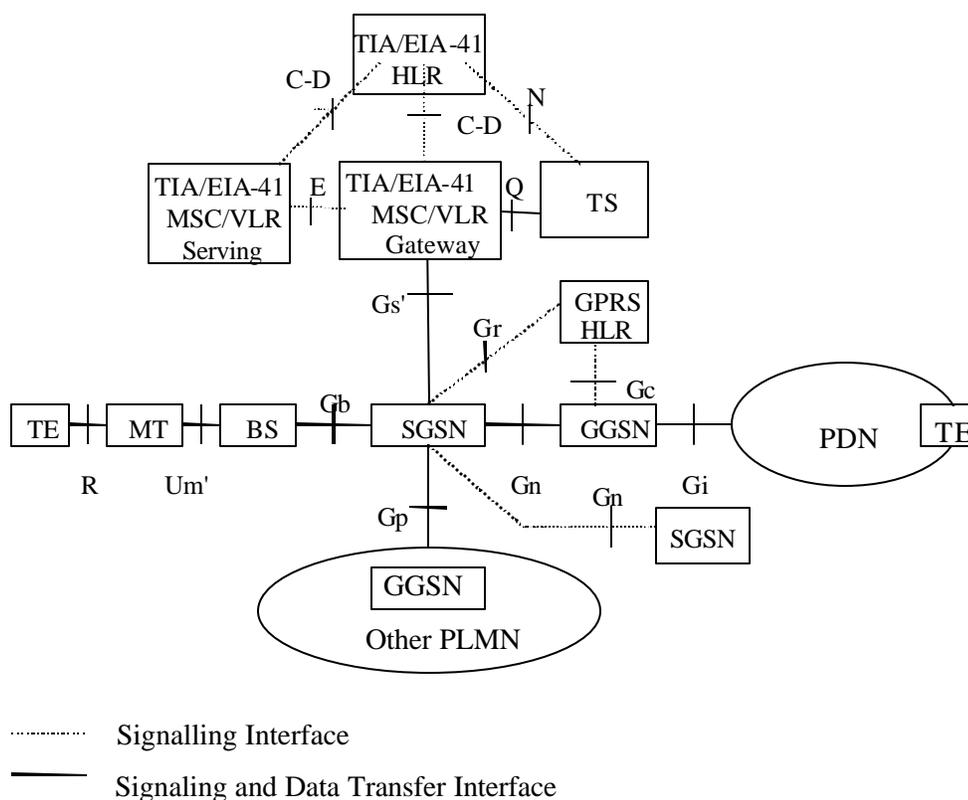


Figura 50. Arquitectura de red UWC-136

Parámetro	Valor
Técnica de acceso múltiple	TDMA
Espaciamiento frecuencia portadora	30 kHz (portador 136+)
	200 kHz (portador 136HS exteriores)
	1.6 MHz (portador 136HS interiores)
Tasa de símbolos por portadora	24.3 kSymbols/s (136+)
	270.833 kSymbols/s (136HS exteriores)
	2.6 MSymbols/s (136HS interiores)
Modulación de datos	$\pi/4$ DQPSK, 8-PSK (136+)
	GMSK, 8-PSK (136HS exteriores)
	Binary/ Quaternary Offset QAM
Codificación de canal	Códigos convolucionales pinchados (136+ y 136HS Outdoor) Códigos convolucionales, tipo II híbrido ARQ (136 HS Indoor)
Longitud de trama	40 ms (136+)
	4.615 (120/26) ms (136HS exteriores)
	4.615 (120/26) ms (136HS interiores)
Mínimo ancho de banda de operación	2 x 600 kHz (136+ - EDGE Compact)
	2 x 1.6 MHz FDD (136HS exteriores)
	1 x 1.6 MHz TDD (136HS interiores)
Control de Potencia	Por time-slot y por portadora
Tasa de datos variable	Por agregación de time-slot y adaptación de enlace
Ubicación dinámica de canales	Para incrementar la capacidad
Esquema dúplex	FDD, TDD (opcional para 136HS interiores)
Número de time-slot por trama	6 (136+)
	8 (136HS exteriores)
	16-64 (136HS interiores)

Tabla 22 - Resumen características técnica de UWC-136

CAPITULO VI. Evaluación del mercado móvil en Chile

En el presente capítulo se analizarán los aspectos relacionados con el mercado de comunicaciones móviles en Chile, desde el punto de vista regulatorio, tecnológico y de mercado.

- a) *Marco regulatorio*: En lo relacionado al marco regulatorio, es necesario saber cuales son las condiciones sobre las cuales se desarrolla el actual negocio de telefonía móvil y cómo evolucionará con la entrada de los nuevos servicios al mercado de 3G chileno. Primero, se debe identificar el segmento del espectro de frecuencias asignados para su utilización en las redes de 2G y 3G. La regulación tarifaria, entre otros.
- b) *Aspectos tecnológicos*: El aspecto tecnológico es muy importante, pues la decisión de optar por una u otra tecnología resultará gravitante a la hora de desarrollar servicios que sean atractivos para los usuarios y que a la vez permita crecer en el tiempo en forma escalonada y flexible cubriendo todos los segmentos de mercado logrando un nivel de ingreso por usuario ARPU aceptable. En este sentido es necesario identificar cuales son los tipos de redes 2G que utilizan los operadores chilenos y su posibilidad de emigrar hacia 3G.
- c) *Aspectos de mercado*: Por último, se debe analizar la realidad local y regional del mercado de las telecomunicaciones móviles indicando sus principales características.

6.1. Marco regulatorio chileno

El marco regulatorio chileno se rige por seis conceptos y/o aspectos principales. El primero de ellos es que desde 1992 en Chile no existe exclusividad en el otorgamiento de licencias de operación de servicios de telecomunicaciones, se le da al que pida, sin considerar de que si se trata de empresas nacionales o extranjeras. La excepción corresponde a la adjudicación de porciones del espectro radioeléctrico, las que se llevan a cabo a través de concurso público donde el ganador es el que obtiene la mejor puntuación. No confundir con licitación, esto permite no encarecer artificialmente un proyecto.

El segundo es que en Chile no se paga por ser concesionario, lo que redundo en un ahorro de costos por cuanto no existe una inversión inicial por ser licenciatario. En otras palabras, las licencias son gratuitas.

En tercer lugar, la regulación es simétrica en términos de que no pueden existir privilegios para ningún operador, y esto se basa en principios constitucionales en el sentido de que a nadie se le puede negar realizar actividades económicamente lícitas.

El cuarto punto es que en Chile las tarifas están reguladas, más aún sobre las empresas dominantes o que poseen algún tipo de monopolio, como es el caso de la empresa Telefónica CTC Chile, quien posee cerca del 89 % de las líneas telefónicas fijas en Chile.

El quinto punto es que la interconexión entre operadores es obligatoria y regulada.

El sexto punto importante es que existe el concepto conocido como integración vertical regulada, que consiste en que por ejemplo un operador de larga distancia puede tener participación en el mercado local, y viceversa, pero deben hacerlo a través de filiales con estatutos de sociedades anónimas para tener garantías de que no existan subsidios cruzados.

6.1.1. Normativa para servicios de telefonía móvil

En esta sección se describirá en forma genérica la normativa para servicios de comunicaciones móviles. Se darán las normas técnicas para los servicios más importantes. Especial tratamiento tendrá el servicio de telefonía móvil avanzado.

Los servicios de telefonía móvil corresponden a un servicio público de telecomunicaciones con interconexión al servicio público telefónico (fijo y móvil) y las del mismo tipo, según sean declaradas en ese estatus.

Todos los servicios públicos de telefonía móvil deben cumplir con la normativa específica del servicio. Las normas técnicas de cada uno de estos servicios se disponen vistos la Ley No. 18.168, Ley General de Telecomunicaciones; el Decreto Ley No. 1.762 de 1977, que creó la Subsecretaría de Telecomunicaciones; y el Decreto Supremo No. 15, de 1983, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, que aprueba el Plan General de Uso del Espectro Radioeléctrico.

Aparte de la norma específica del servicio, los operadores deben cumplir con lo siguiente:

- PTF³² de numeración, en cuanto a los prefijos, número nacional (para el caso celular y PCS).
- PTF de encaminamiento, en cuanto a la interconexión con las otras compañías locales, móviles y portadoras. Este último para el caso de comunicaciones internacionales. También respecto de la no discriminación de interconexión.
- PTF de señalización, esto es al nivel de interconexión de centrales con otras compañías, por ejemplo Señalización N° 7 o R2 para la interconexión con la red pública local.
- Reglamento de Multiportador, por cuanto las comunicaciones internacionales deben hacerse mediante un portador (concesionario de servicios intermedios) y debe haber multiportador discado.

³² PTF – Plan Telefónico

Para las compañías de telefonía móvil, no existe fijación de tarifa a público. Se les fija tarifas en cuanto a la interconexión y los servicios que pueden prestar por proveedores de servicios complementarios.

A diciembre de 2001, existían 7 concesionarias de servicio público telefónico móvil, situación que se mantiene inalterable actualmente, como se presenta en la tabla N° 23. De las 7 concesionarias de servicio público telefónico móvil, hay 6 operando, correspondiendo a las 5 concesionarias de telefonía móvil celular y digital y a TE.SAM, concesionaria de telefonía satelital. Durante el año 2001, se otorgó una nueva concesión de servicio público telefónico móvil satelital correspondiente a Teledesic de Chile Comunicaciones Ltda.

Telefonía Móvil Celular (Banda 800 MHz)	Telefonía Móvil Digital o PCS (Banda 1900 MHz)	Telefonía Móvil Satelital
Bellsouth Comunicaciones S.A	Entel PCS Telecomunicaciones S.A	TE.SAM. Chile S.A. (Banda 1600 MHz y 2400 MHz)
Telefónica Móvil de Chile S.A.	Entel Telefonía Móvil S.A.	Teledesic de Chile Comunicaciones Ltda. (Banda 1995 MHz – 2200 MHz)
	Smartcom S.A.	

Tabla 23 - Concesionarios de telefonía móvil en Chile

Los servicios de telefonía móvil se describen a través de normas técnicas, las principales se describen a continuación:

6.1.1.1. Servicio público de telefonía móvil digital 1900

Este servicio tubo su origen en el uso que U.S.A. dio a esta banda como una solución a la falta de espectro producto de la saturación de las redes AMPS. Primero, la FCC exigió la creación de nuevas tecnologías en la banda de 800 MHz. Posteriormente, en 1994 la FCC resolvió ubicar nuevo espectro específicamente para tecnología PCS en la banda de 1900 MHz.. Se desarrollaron varias tecnologías (GSM, CdmaOne™, IS-136) que significaron una mejora sustantiva en la calidad y cantidad de servicios al cliente. Este servicio es conocido más comúnmente como Servicio de Comunicaciones Personales o PCS.

En Chile, la norma técnica que define a este servicio fue establecida en la Resolución Exenta N° 1.117 del 25 de octubre de 1995 y publicada en el Diario Oficial del 28 de octubre de 1995. Se permiten tres concesiones por área geográfica. En su oportunidad se seleccionó a Entel PCS, Entel Telefonía Móvil y a SmartCom PCS (ex Chilesat PCS). Entel posee los bloques A y C. SmartCom posee la banda B. Cada bloque consiste de 2 x 15 MHz pareados. Es decir que Entel posee 60 MHz y SmartCom posee 30 MHz.

Las sub-bandas asignadas son las siguientes: 1.850 - 1.910 MHz y 1.930 - 1.990 MHz. Se distribuyen como sigue.

Bloques	Frecuencias de transmisión móviles	Frecuencias de transmisión bases
Bloque A	1.850 - 1.865 MHz	1.930 - 1.945 MHz
Bloque B	1.870 - 1.885 MHz	1.950 - 1.965 MHz
Bloque C	1.895 - 1.910 MHz	1.975 - 1.990 MHz

Tabla 24 - Atribución de bandas para servicios PCS

6.1.1.2. Servicio público de telefonía móvil celular en la banda de 800 MHz

La definición técnica para este servicio fue publicada con la Resolución Exenta N° 354 del 10 de agosto de 1988 en el Diario Oficial del 30 agosto de 1988. Posteriormente fue modificada con la Resolución Exenta N° 643 del 21 de abril de 1997 publicada en el Diario Oficial del 26 de abril de 1997.

Esta norma técnica atribuye las sub-bandas 824 - 849 MHz y 869 - 894 MHz para dicho servicio. Las frecuencias se distribuyen en dos bloques A y B, además de sub-bandas de reserva para futuras necesidades. En una misma zona geográfica podrán existir hasta dos concesionarios, empleando, respectivamente, los bloques de frecuencias A y B. La tecnología es de libre elección (actualmente se utiliza TDMA-IS-136).

Bloques	Frecuencias de transmisión Móviles	Frecuencias de transmisión Bases
Bloque A	825,030 - 834,990 MHz	870,030 - 879,990 MHz
Bloque B	835,020 - 844,980 MHz	880,020 - 889,980 MHz

Tabla 25 - Atribución de bandas para servicios de telefonía móvil celular

Se consideraron como ampliaciones para el sistema de Telefonía Móvil Celular, las sub-bandas que a continuación se indican, las cuales se asignaron de acuerdo a las necesidades de las empresas.

Sub-bandas de reserva	Frecuencias de transmisión Móviles	Frecuencias de transmisión Base
1	824,040 - 825,000 MHz	869,040 - 870,000 MHz
2	845,010 - 846,480 MHz	890,010 - 891,480 MHz
3	846,510 - 848,970 MHz	891,510 - 893,970 MHz

Tabla 26 - Sub-bandas de reserva para servicio de telefonía móvil celular

En la actualidad, el uso unificado de las bandas descritas anteriormente se muestra en la siguiente tabla.

Bloques	Frecuencias de transmisión Móviles	Frecuencias de transmisión Bases
Bloque A	824,040 - 834,990 MHz	869,040 - 879,990 MHz
Bloque A "	845,010 - 846,480 MHz	890,010 - 891,480 MHz
Bloque B	835,020 - 844,980 MHz	880,020 - 889,980 MHz
Bloque B "	846,510 - 848,970 MHz	891,510 - 893,970 MHz

Tabla 27 - Uso actual de las bandas de telefonía celular

En Chile, los bloques A y A" son utilizados por Telefónica Móvil, mientras que los bloques B y B" son utilizados por Bellsouth Chile. Son estas dos empresas las que postulan a la subasta por 30 MHz de espectro radio que Subtel pretende entregar este año.

6.1.1.3. Servicio público de telefonía móvil por satélite 1600

La norma técnica para este servicio fue fijada con la Resolución Exenta N° 228 del 7 de febrero de 1997 y publicada en el Diario Oficial del 11 de febrero de 1997. Las frecuencias a utilizar por las estaciones terminales móviles estarán comprendidas en la banda 1610 - 1626,5 MHz y corresponderán a las que se haya coordinado internacionalmente para la respectiva red de satélites. La zona de servicio de cada concesión podrá abarcar todo el territorio nacional.

Actualmente este servicio es proporcionado en Chile por GlobalStar desde junio de 2000 a través de la empresa TE.SA.M. Chile S.A.

6.1.1.4. Servicio público de telefonía móvil digital avanzado

Esta es la definición que la Subtel determinó para identificar a los servicios de 3G conocidos internacionalmente como servicios móviles de tercera generación o IMT-2000. La norma técnica fue definida en la Resolución Exenta N° 1.144 del 26 de septiembre de 2000 y publicada en el Diario Oficial del 28 de septiembre de 2000.

La norma técnica destina las sub-bandas 1.710 - 1.850 MHz y 2110 - 2170 MHz para el servicio público de telefonía móvil digital avanzado.

La distribución de bloques de frecuencias, para transmisiones dúplex por división de frecuencia (FDD) es la siguiente:

Bloques	Frecuencias de transmisión móviles	Frecuencias de transmisión bases
Bloque A	1.785 - 1.800 MHz	2.110 - 2.125 MHz
Bloque B	1.800 - 1.815 MHz	2.125 - 2.140 MHz
Bloque C	1.815 - 1.830 MHz	2.140 - 2.155 MHz
Bloque D	1.830 - 1.845 MHz	2.155 - 2.170 MHz

Tabla 28 - Distribución de bloques de frecuencia para IMT-2000 en Chile

Además, cada bloque tiene asociado el uso de los siguientes bloques para transmisiones dúplex por división temporal (TDD):

Bloques extras	Bandas de transmisión TDD
Bloque A"	1.765 - 1.770 MHz
Bloque B"	1.770 - 1.775 MHz
Bloque C"	1.775 - 1.780 MHz
Bloque D"	1.780 - 1.785 MHz

Tabla 29 - Bloques de frecuencias extras para transmisiones en régimen TDD

La presente distribución de frecuencias no impide el uso de las frecuencias de la banda 1850 - 1990 MHz para ofrecer el presente servicio. La distribución de frecuencias y cantidad de operadores para el servicio, en la banda 1710 - 2170 MHz, podrá modificarse o agregarse nuevas bandas, dependiendo de la evolución tecnológica y recomendaciones o acuerdos de organismos internacionales de Telecomunicaciones.

En una misma área geográfica el servicio podrá ser suministrado hasta por cuatro concesionarias. La zona de servicio de cada concesión podrá abarcar todo el territorio nacional. La zona de servicio se calcula de modo que en su interior la intensidad de campo permita, al menos, comunicaciones durante el 90% del tiempo, en el 90% de los emplazamientos. La tecnología será digital y de libre elección.

6.1.2. Licencias de operación de servicios móviles

Dentro del aspecto regulatorio, se debe considerar para el desarrollo de las IMT-2000 en Chile la modalidad de entrega de Licencias. Actualmente se utiliza el sistema de concurso público. Analicemos las dos alternativas que se han usado en el mundo.

La subasta consiste en adjudicar la licencia al mejor postor. Este tema es de suma importancia, pues este mecanismo permitió, en los países que la han aplicado, como Inglaterra y Alemania, percibir muy altos ingresos ya que la demanda por la adjudicación de las licencias fue bastante alta y obligó a las empresas a agruparse en grandes alianzas para poder competir por la adjudicación. Por lo tanto hay un beneficio

considerable para el Estado. No obstante, la subasta no es incompatible con la imposición de requisitos y obligaciones al adjudicatario. La principal inconveniencia de la subasta es que distrae recursos financieros, que se destinarían de otra manera a las inversiones en la red y que finalmente acaban influyendo en los precios de los servicios finales, lo que podría frenar el crecimiento de abonados.

En el procedimiento de Concurso Público, la autoridad publica los requisitos para obtener las licencias y los criterios de puntuación en función de la cobertura del territorio, el servicio general, el desarrollo del mercado y la innovación tecnológica, entre otras. Beneficia la libre competencia en la que estén en juego aspectos como, por ejemplo, el establecimiento de un sólido marco de competencia y de unos servicios de calidad, la defensa del beneficio país y la existencia de unos operadores con capacidad de competir a todos los niveles.

Un tema que queda pendiente, es que la entidad reguladora Subtel deje claras las reglas del juego en este negocio, pues ha levantado serias dudas en la industria tras las últimas determinaciones en cuanto a permitir a la empresa Nextel de ofrecer servicios de Trunking. Esto es clave por cuanto Nextel no estaría sometida a un proceso de concurso para operar servicios móviles y tendría los permisos para conectarse a las redes de los otros operadores. La autoridad debe velar también para que la rentabilidad del negocio camine junto con el desarrollo de los servicios y no provocar un descalabro por la sobrecompetencia que se produciría con la entrada de este operador.

6.2. Marco tecnológico

Las tecnologías que usan los operadores de telefonía móvil actualmente en Chile son una consecuencia de la evolución de la industria de las telecomunicaciones. En la banda de 800 MHz operan redes TDMA IS-136 /AMPS. En la banda de 1900 MHz operan sistemas PCS como son GSM (Entel PCS) y CdmaOne™ (SmartCom PCS). Estas dos últimas redes corresponden a las dos tecnologías más desarrolladas en el mundo, siendo GSM la que tiene más usuarios (cerca del 70 % del mercado mundial).

En la banda de 1600 MHz, la empresa TE.SAM Chile opera sistemas CDMA a través de GlobalStar.

6.3. Aspectos de mercado

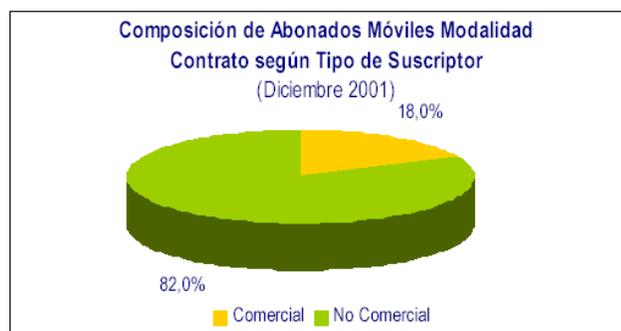
En Chile, el sector es altamente competitivo en todos sus segmentos, debido a que el marco regulatorio favorece la competencia y la transparencia entre los participantes de esta industria. Dos de los elementos que dan especial dinamismo al sector son que no hay exclusividad en el otorgamiento de concesiones y

que éstas son gratuitas. Ello facilita la entrada de nuevos competidores, y que los existentes amplíen y traslapen sus áreas de atención. Asimismo, estimula la inversión en este rubro y permite hacer crecer las tasas de penetración en los distintos segmentos del negocio.

1998 fue un año de importantes logros para el sector. En el negocio de la telefonía móvil digital, se incorporan dos nuevos operadores en la banda de 1900 MHz. Además, el regulador estableció el marco legal para la introducción del sistema Calling Party Pays ("El Que Llama Paga") para telefonía móvil, que comenzó a operar el 23 de Febrero de 1999. Este sistema significó un mayor desarrollo del mercado móvil en Chile. Por otra parte, se observó un explosivo crecimiento del tráfico Internet a través de las redes telefónicas, lo que se tradujo en que dicho tráfico fuera dos y media veces más alto que en 1997. Estos son nuevos elementos favorecen la expansión de la industria de telecomunicaciones en Chile.

Dentro de los nuevos temas relacionados tanto con el tema mercado y regulación, como es el servicio de *trunking*, ya se hicieron las modificaciones legales necesarias para su digitalización (sistema iDen de Motorola). Basta un paso, declararla del mismo tipo que las móviles, para que tengan numeración de telefonía móvil e interconexión con las otras compañías. Este es el caso de Nextel.

Actualmente, y desde mucho tiempo atrás, desde los inicios de la industria de la telefonía móvil, los operadores basaron su modelo de negocio en la cantidad de usuarios a los cuales sus redes podían servir. Esto porque debido a los altos costos de capital, los operadores debían capturar una cuota importante de mercado que les permita rentabilizar la inversión. Pero actualmente, y tras varios años de crecimientos extraordinarios en la penetración de telefonía móvil, este negocio llegó a una etapa de maduración, tras conseguir al cierre de 2001 cerca de 5,2 millones de clientes o un 34% de participación de mercado, según informe de Subtel. Dicha cifra implica la incorporación de más de un millón de nuevos usuarios en un período de doce meses, aunque ello no necesariamente se traduce en mejores resultados financieros para todos los actores. Esto significa que el negocio ya no crecerá a las tasas acostumbradas. Los tiempos cambiaron y para este año se proyecta un rendimiento de 20% o cerca de 900 mil nuevos clientes, lo que resulta bastante austero.



Fuente: SUBTEL.

Gráfico Nº 5. Composición de abonados móviles según modalidad de suscripción

Según el informe estadístico del sector de las Telecomunicaciones entregado en Mayo de 2002 por la Subtel, a fines de 2001 en Chile había 5.271.565 líneas móviles, de las cuales 3.936.057 líneas correspondían a subscriptores de prepago y las restantes 1.335.508 a usuarios comerciales. Esto queda mostrado en la gráfico N° 6. La telefonía móvil siguió mostrando durante 2001 un comportamiento expansivo, aumentando en un 28,3% durante el segundo semestre 2001 y en un 55% durante el período comprendido entre diciembre 2000 y diciembre 2001, lo que permitió elevar la penetración de 22,2 abonados móviles por cada 100 habitantes a 34 abonados por cada 100 habitantes en el mismo período. Chile encabeza la tasa de penetración de servicios de telefonía móvil en Latinoamérica.



Gráfico N° 6. Distribución de usuarios según modalidad de suscripción.

Se destaca en el informe que el segmento que más creció fue el de prepago, llegando al 74,7 % del total de suscripciones, al tiempo que bajó el número de minutos de llamadas salientes de los mismos. El segmento contrato es eminentemente generador de llamadas (66% tráfico de salida y 34 % de entrada), mientras que el de prepago es receptor de llamadas (35,1 % tráfico de salida y 64,9 % de entrada).

A este respecto, la tendencia mundial es que en cuanto más se avanza en la penetración de mercado, más se agudiza la pérdida de rentabilidad de las redes. La situación es tal, que la industria se encuentra en un estado en que ha comenzado a servir segmentos de mercado que no son comercialmente rentables, como lo son los usuarios con tarjetas de prepago, que aunque significan casi un 70 % de los usuarios totales, solo generan el 20 % de los ingresos. De este 30% de usuarios que generan el 80 % de los ingresos, de 50 al 80 % son corporativos o de negocios. A la vez, estos usuarios son más fieles y difíciles de conseguir y cuando dejan a un operador, recuperarlos suele ser una misión imposible.

Esta baja en la rentabilidad se aprecia en los niveles de deserción o de Churn. Chile, a fines del 2001 era el país con mayor índice de Churn en Latinoamérica con un 36 %, como producto de los niveles de

cobertura y servicios de Roaming y el prepago, por nombrar algunos ejemplos. SmartCom PCS es el operador que tiene más usuarios de prepago.

Si miramos a Europa, con niveles de penetración rondando el 60 % y con un alto nivel de competitividad, los operadores han optado por modificar su estrategia dándole prioridad a la retención de aquellos clientes que usan y gastan más en los servicios de telefonía móvil. Para ello, han implementado otros servicios como son GPRS y WAP. Hasta el momento, y según los datos de la industria a mayo de 2002, solo se han suscrito poco más de 2 millón de usuarios a servicios GPRS, defraudando a los operadores que buscaban aliviar los gastos acumulados en el despliegue de GSM, así como las inversiones comprometidas por la futura generación UMTS. Esto ha sido así porque estos servicios se han vendido a través de la promoción de esta tecnología, con estos términos técnicos que no incentivan el crecimiento de usuarios. De esta manera es necesario que los operadores chilenos afronten este tema con la mayor prontitud.

CAPITULO VII. IMT-2000 y su implementación en Chile

El presente capítulo tiene como objetivo mostrar ciertas luces de los aspectos a considerar para evaluar la entrada al mercado de los servicios y sistemas de 3G. Para ello se hará un análisis a la normativa para el servicio móvil digital avanzado y a los aspectos de mercado que parecen importantes para el autor.

7.1. Análisis de norma técnica para 3G vigente en Chile

Analizando la norma técnica del servicio telefónico digital avanzado observamos que se establecen 4 bloques de bandas pareadas (2x15 MHz cada una) para transmisiones FDD: 1785-1845 MHz y 2210-2170 MHz. A cada bloque se le asigna una banda adicional para transmisiones TDD, cada una de 5 MHz: 1765-1785 MHz. En total se asignan 280 MHz FDD más 20 MHz TDD, logrando un espectro de 300 MHz, quedando la fracción de 1710-1765 MHz (50 MHz) para modificaciones posteriores.

Esta atribución de bandas, en lo que respecta a la banda en que transmiten las estaciones base, se alinea perfectamente con las determinaciones de la ITU. Por otro lado, como en Chile la banda de 1900 MHz está siendo utilizada por servicios PCS, se hace imposible su uso para la transmisión de las estaciones móviles, como será el caso de UMTS en Europa. Ahora bien, en U.S.A está muy fuerte la idea de asignar el segmento de 1700 MHz en esta dirección, aunque la decisión final la entregará la FCC durante el segundo semestre de este año. Esto favorecería el Roaming con Estados Unidos y ciertos niveles de economías de escala para las redes CDMA por cuanto los principales fabricantes de estas redes tienen sus oficinas centrales en este país al igual que sus compradores también. En el caso del Roaming con países de Europa, los terminales deben ser capaces de tener una operación multibanda, lo que es casi un hecho.

Se permite además que los operadores 2G/PCS puedan ofrecer servicios 3G en sus actuales bandas, comprendidas entre 1850-1990 MHz. En este sentido, Entel PCS cuenta con 60 MHz de BW, con lo que puede dar servicio cómodamente a sus más de 2 millón de clientes³³, incluyendo servicios de datos como Internet Móvil. Para ello ha implementado GPRS para proporcionar conmutación de paquetes a 171 Kbps a usuarios móviles junto con terminales con capacidades WAP. Por otro lado, SmartCom PCS también puede dar este tipo de servicios pues también es concesionario en la banda de 1900 MHz y actualmente está en proceso de instalación y pruebas de una red cdma2000 1X-RTT.

³³ Dato entregado por la industrial en mayo de 2002

Se observa también que la autoridad no seleccionó la banda de 806 - 960 MHz dentro de esta norma, dejando fuera la posibilidad de evolución a los operadores TDMA/IS-136 como son Telefónica Móvil y BellSouth Chile.

De esta manera, existe la posibilidad cierta de que los operadores PCS chilenos tengan una oportunidad mayor que los operadores celulares de evolucionar a 3G usando su actual espectro. Desde este punto de vista, mayores oportunidades se presentan para SmartCom PCS por cuanto las redes basadas en CDMA (cdmaOne™ en este caso) tienen un factor de reutilización de frecuencias igual a 1, es decir, una frecuencia portadora puede ser utilizada en una celda adyacente sin tener problemas de interferencia. Además de lo anterior, utilizando este mismo espectro, las futuras redes CDMA usan más códigos, lo que permite que más usuarios sean servidos por cada celda (casi al doble con cdma2000 1X-RTT). Esta propiedad brinda enormes ventajas comparativas con respecto a las redes basadas en TDMA como GSM. Esta última red debe liberar parte de su espectro para implementar mejoras como EDGE, o bien aumentar la densidad de celdas para obtener una reutilización de frecuencias más estrecha.

Recordemos que EDGE utiliza técnicas de modulación avanzadas y la modalidad multi-slots para lograr altas velocidades de datos. Por su parte, cdma2000 1X-RTT también utiliza mejores métodos de modulación y multi-códigos para lograr altas velocidades, pero en la medida que cada usuario logra mayores rendimientos, más polución agrega al sistema, deteriorando los otros servicios (baja la cantidad de usuarios servidos, por ejemplo)³⁴. Para ambos casos, la solución es incorporar niveles de QoS aceptables a cada usuario de modo de establecer un buen desempeño de la red sin que se afecten los otros servicios, en especial los telefónicos que son los más importantes hoy en día, y sin duda también lo serán en el futuro.

Reiterando, GSM debe aumentar la densidad de celdas o bien aumentar el número de frecuencias portadoras por celda y así tener más canales liberando también parte de su espectro para dichos fines, cosa que en cdma2000 1X-RTT no ocurre. Un alivio a este problema es que Entel PCS posee bastante espectro no utilizado y que puede destinarlo para estos fines haciendo un adecuado plan de uso de frecuencia.

Por otro lado, como las bandas de 800 MHz se encuentran actualmente saturadas, la situación de los operadores celulares se ve bastante complicada para evolucionar hacia 3G. Su opción se limita a obtener una de las tres licencias que ofrece Subtel y que se detallan en el punto 6.1.1.1. De no prosperar esta opción, los operadores deben intentar adquirir a toda costa una banda de las destinadas para IMT-2000 según Subtel.

³⁴ De hecho, la capacidad de una celda cdmaOne™ no es fija

7.2. Visión de mercado para servicios de 3G

A medida que el proceso de adjudicación de licencias se ha ido desarrollando en Europa y Asia principalmente, han aparecido una serie de incógnitas e incertidumbres respecto del éxito que tendría el negocio de tercera generación sobre redes IMT-2000. Las dudas se generan por varias razones. Primero, las altas inversiones necesarias para implementar la red, el alto costo de las licencias las que repercutirían directamente en el precio de los servicios, la demanda de servicios que tiene un alto potencial pero que en la realidad es absolutamente desconocida, y lo que es más complicado, que no se sabe qué tipos de servicios serán los exitosos. Esto también ha provocado que en algunos casos, como las operadoras alemanas que se adjudicaron licencias 3G, se vean obligadas a la búsqueda de soluciones de financiamiento alternativas para amortiguar las pérdidas, como buscar alianzas estratégicas o salir a la Bolsa, claro que esta última tampoco ha sido tan exitosa como se esperaba. A esto se suma la discontinuidad temporal que existirá entre los primeros lanzamientos comerciales y la disponibilidad de terminales apropiados.

Ante esta realidad resulta imperioso determinar cuales son las necesidades más importantes para los usuarios móviles, para así poder desarrollar los servicios apropiados para el lanzamiento comercial y avanzar en su desarrollo de manera que estos estén maduros cuando sea implementada la red.

La importancia de esto se ve reforzada con la aparición de las redes 2G potenciadas con las así llamadas 2.5G, que adaptan la red GSM para prestar muchos servicios similares a los de las redes 3G sin ningún tipo de problema. Por lo tanto significan una amenaza competitiva al mercado 3G, lo que adiciona complejidad a la planeación del negocio. En Chile, ya se encuentran operando redes GPRS y cdma2000 1X-RTT.

Ahora, aunque Chile estará en un pie distinto al de Europa, Asia y USA, se deberá tomar como referencia lo ocurrido principalmente en Europa y Japón, tomar lecciones, y lo más importante, se debe determinar qué servicios son los que demandarán los chilenos y las estrategias que se deberán llevar a cabo para posicionarlos en el mercado.

En este capítulo, analizaré los desafíos que se deben manejar con la aparición el mercado de las redes 3G, tipos de servicios con posibilidades de ser comercializados y las implicancias que estos acarrearán en su desarrollo.

El negocio de las comunicaciones móviles pasará de estar dominado por los servicios de voz a un mundo donde convivirá el acceso rápido a servicios de datos como mensajería, Internet/Intranet, servicios de información personalizados y basados en la ubicación del móvil. Aparecerán aplicaciones de comercio electrónico móvil (Mobile Commerce), servicios de pagos, etc., que harán del negocio móvil una gran fuente de ingresos.

La forma de vender el producto pasa de una estrategia orientada en la tecnología, que fue usada por los operadores 2G, a una orientada en la cantidad, calidad, eficacia, lo atractivo y económico que resulten ser los servicios entregados.

Por lo tanto, los servicios son unos de los problemas más importantes a ser considerados a la hora de planificar el negocio.

7.2.1. Percepciones de Mercado Móvil

7.2.1.1. La oferta de servicios

El caso del negocio 3G es particularmente difícil de analizar pues representa una nueva era del modelo de negocio móvil, que en definitiva es radicalmente diferente al de 2G.

Esto es así, porque la introducción de la conmutación de paquetes en las nuevas redes abre un mundo con un abanico lleno de posibilidades para el desarrollo de nuevos e innovadores servicios. Aquellos relacionados con la provisión de comunicaciones de voz mejoradas y aquellos servicios basados en comunicaciones de datos.

Al mismo tiempo aparecen una serie de desafíos que deben ser superados o manejados en forma muy equilibrada de modo que la oferta de servicios tenga una buena aceptación en el mercado.

Los desafíos a los cuales se hace mención se refieren al método de cobro o facturación de servicios (existen muchas alternativas, cada una válida dentro de su contexto), la correcta segmentación de mercado objetivo, los niveles de costo asociados a la movilidad, calidad de servicio y ancho de banda requerido, los niveles de seguridad, la capacidad y disponibilidad de los terminales para soportar dichos servicios, etc.

Ahora bien, existe mucha bibliografía donde se augura que los ingresos vendrán principalmente de los servicios de datos como acceso a Internet, el correo electrónico, servicios de pago, etc. , pero se debe tener mucho cuidado en planificar el negocio en esos términos, pues el éxito de los sistemas actuales se basan en las comunicaciones de voz, que por largos años han sido el corazón de los ingresos de los operadores. El éxito que han tenido los SMS en el último tiempo vino después de muchos años siendo prácticamente desconocido para el usuario y en un período donde el mercado móvil está en una etapa de consolidación. Pasó un tiempo hasta que la gente aprendiera a usarlos. Ahora es un Boom.

Las nuevas tecnologías requieren cierto tiempo de aceptación, que la gente aprenda a manejarlas y encuentre su utilidad. En este sentido los terminales juegan un papel muy importante, pues su facilidad de uso permitirá generar todo tipo de tráfico que signifique ingresos.

La esperanza de la industria son los contenidos generados por el usuario. En primera instancia se debe educar al usuario para utilizar los nuevos servicios, y no se debe apostar por la velocidad ni por los contenidos genéricos.

La principal preocupación es que la demanda de los servicios 3G se desconoce, y el mercado es peligrosamente hipotético. Con el lanzamiento de las nuevas redes los entusiastas de hoy podrían desilusionarse con respecto a los servicios que esperaban obtener.

El éxito económico vendrá por tanto para aquellos operadores que sepan combinar en forma eficaz y conveniente los servicios que llenen genuinamente las necesidades de los usuarios.

A esto se suma la disponibilidad de terminales que sean capaces de soportar diversos formatos de aplicación, transmisión de datos y aplicaciones interactivas.

7.2.1.2. La demanda de servicios

El mundo de los consumidores es amplio y variado: hay quien considera su terminal como un simple dispositivo de comunicación vocal portátil, una extensión del teléfono de la casa, y hay quien se sentirá entusiasta por las posibilidades que encierra la Internet Móvil.

La facilidad de uso y sencillez para el usuario es un objetivo y un factor esencial en el desarrollo de los futuros terminales móviles.

Como se ha indicado anteriormente, existe una gran expectación por la llegada de los primeros servicios 3G y la forma en que estos impactarán al mercado móvil. No se sabe a ciencia cierta cuales serán los niveles de demanda y a qué servicios corresponderán. Las famosas " Killer Applications " aún no han sido desarrolladas ni probadas.

Ante toda esta incertidumbre, bien viene al caso analizar cuales son las tendencias de los usuarios, de manera de poder orientar el desarrollo de los futuros servicios.

Desde el punto de vista del consumidor, se pueden reconocer tres claras tendencias:

- Los usuarios tienen una gran necesidad de acceder a la información de una manera eficiente, rápida, personalizada y a niveles de costo aceptables, que permita un uso más prolongado del terminal.
- Los usuarios tienen necesidades de movilidad crecientes.
- El interés primordial se basa en calidad de servicio, independiente del tipo y calidad de la tecnología que la soporta.

Ahora bien, el espectro de servicios a implementar sobre las redes 3G es muy amplio, y muy complejo de determinar. Las proyecciones indican que la mayor parte de los ingresos vendrán de servicios basados en datos, como el acceso a Internet/Extranet, Correo Electrónico, acceso remoto a bases de datos, etc.

No obstante, el problema de fondo es que el mercado de los servicios de transmisión de datos está en un periodo de desarrollo embrionario (aún no hay redes operativas, menos aún servicios con características 3G) y este evolucionará en los próximos 2 a 3 años cuando los sistemas estén completamente desarrollados y maduros.

Actualmente, por lo tanto, solo es posible imaginar qué dirección tomará esta evolución e intentar adivinar las aplicaciones y los servicios que llegarán. Se trata sin duda alguna de un objetivo nada fácil.

Por otro lado, la mayoría de las proyecciones no consideran las comunicaciones de voz como un factor fuerte de ingresos. Por lo señalado anteriormente el servicio básico de las redes de hoy perfectamente pueden entregarse en las redes futuras con características mucho más avanzadas, de manera que permitan competir con los operadores ya establecidos e iniciar un proceso de educación del usuario para que utilice los servicios de datos.

Como las condiciones en las que se moverán los servicios 3G son un poco inciertas, creemos que es conveniente analizar la experiencia de algunos servicios, que aunque no son propiamente 3G, más bien 2.5G, pueden servir como base para futuros desarrollos, tanto de servicios como de estrategias de mercado.

7.2.2. Visiones de servicios

Existen a escala mundial algunas actividades que suponen un primer acercamiento a los servicios que en un futuro traerá la 3G. Los más significativos son los servicios I-Mode, de la japonesa NTT DoCoMo, y los diversos desarrollos sobre la plataforma WAP.

Hoy se habla mucho de las diferencias entre el servicio I-Mode, y el estándar WAP, promovido por la ETSI en Europa, y se discuten las razones del por qué del éxito del primero y la magra aceptación del segundo.

Estos son dos temas de mucha importancia, pues cada uno refleja una visión distinta del modelo inalámbrico móvil de nueva generación.

Antes de todo, se debe aclarar que I-Mode representa un completo conjunto de servicios inalámbricos soportado por la tecnología PDCP (Personal Digital Cellular Packet), mientras que WAP es un protocolo de comunicación inalámbrica que corre sobre cualquier plataforma de red móvil y que puede soportar diversas implementaciones de servicios.

Por lo tanto, se puede comparar WAP con PDCP y no WAP con I-Mode.

En esta sección analizaré el servicio I-Mode y lo compararemos con implementaciones WAP.

Sin perjuicio de lo anterior, cuando hablemos de WAP, nos referiremos a implementaciones de servicio sobre esa plataforma. Comenzaremos analizando el servicio I-Mode.

7.2.2.1. Servicio I-Mode

I-Mode es un sistema de acceso inalámbrico a Internet Móvil y a otros servicios, del cual es propietario la operadora japonesa NTT DoCoMo.

En sus inicios, cuando I-Mode se lanzó comercialmente, en febrero de 1999, alcanzó un ritmo de crecimiento de 4.500 abonados a la semana. Los nuevos proveedores de contenido, los nuevos terminales y las acciones puestas en marcha por la operadora NTT DoCoMo permitieron que esta tasa subiera a 150.000 abonados por semana, solamente 10 meses después. Ese mismo año, el total de usuarios era de 3.500.000 personas. A finales del 2000 el recurso explotó a 300.000 usuarios nuevos por semana. A finales de febrero de 2001 ya había alcanzando un total de 19,7 millones de usuarios.

I-Mode, entre otros, entrega los siguientes servicios:

- Transacciones (mobile banking, reservas, compras on-line).
- Entretenimiento (karaoke, juegos en red, información de radios FM).
- Acceso a Base de Datos (restaurantes, guía telefónica).
- Información (noticias, el tiempo, tráfico en carretera).
- Mensajería (SMS, E-Mail) y Acceso a Internet.

La mayoría de los usuarios I-Mode, un 41,8%, utiliza el servicio para leer su correo electrónico, y otro 24% accede a las más de 10.000 páginas desarrolladas al efecto. En cuanto al tráfico, más de un 60% se canaliza a través de la sección de entretenimiento de que dispone el portal.

La tecnología de I-Mode se basa en la variante japonesa del GSM, PDC, a la que se han agregado capacidades de conmutación de paquetes (PDCP). Esto permite la facturación por volumen de tráfico, número de operaciones/transacciones o consultas desarrolladas, en vez de cobrar por el tiempo de conexión. La velocidad del servicio es de 9,6 Kbps, que a juicio de muchos es suficiente para el tipo de servicios, pero que limita la entrega de servicios multimedia.

Respecto del formato de presentación de servicios, los WebSites para I-Mode se desarrollan en un lenguaje muy similar al HTML (común para paginas Web en Internet convencional), el CHTML.

Esta variante del HTML incluye imágenes a color, tanto fijas como animadas. (256 colores) y 10 líneas de texto o más, las que pueden percibirse sin ningún problema en terminales que poseen pantallas de tamaño apropiado para las aplicaciones.

Así, I-Mode acerca más fielmente lo que es Internet a un terminal móvil permitiendo que se creen fácilmente una gran cantidad de sitios basados en este lenguaje.

En cuanto al mercado objetivo, I-Mode está más orientado al segmento consumidor que al empresarial, resultando en un éxito de economía de escala. Este tipo de segmento objetivo se ha denominado Life-Styles o de Estilos de Vida (guía de restaurante, juegos, imágenes, reservas de viajes, etc.)

7.2.2.2. Implementaciones WAP

WAP es un protocolo de aplicaciones inalámbricas que funciona en las capas superiores del modelo OSI, por lo que puede trabajar sobre cualquier sistema de comunicación o protocolo de conmutación, ya sea de paquetes o de circuito.

En el caso de servicios WAP actuales, las redes sobre las cuales se han implementado, en su mayoría no poseen conmutación de paquetes, sino que conmutación de circuitos. Es el caso de las redes GSM europeas. De esta manera solo se puede facturar por tiempo de uso, el que generalmente tiene un valor similar al de una llamada telefónica móvil y que resulta más caro que en el modo paquete. Cabe notar que servicios WAP en modo paquete están operativos en algunos países asiáticos.

Las implementaciones WAP están siendo desarrolladas en todo el mundo, estando los mayores exponentes en Europa, Japón y Corea.

El lenguaje de descripción de página es el WML (Wireless Markup Language). Ahora muchas compañías utilizan WAP de diversas maneras. Por ejemplo, las implementaciones de servicios móviles WAP en Japón, los cuales compiten con I-Mode, proveen una experiencia muy diferente que los servicios europeos, demostrando la flexibilidad del protocolo. Mientras que en Japón se basan en conmutación de paquetes en Europa se basan en conmutación de circuito. Esto cambiará con la llegada del GPRS, la que además de agregar esta característica, permitirá el acceso a velocidades superiores, que en un principio y dada las limitaciones de los terminales serán de unos 40 Kbps. Teóricamente el máximo posible es de 171 Kbps.

El segmento de mercado objetivo generalmente son los usuarios Bussines o empresas.

En cuanto a los contenidos, estos son similares a los del I-Mode. A saber: mensajería, información, E-Mail, SMS, etc.

A pesar de la similitud con I-Mode, las implementaciones WAP no han tenido el éxito que todos esperaban. Al respecto existe concordancia en el medio, al nivel de operadores, analistas, proveedores de contenido y fabricantes de equipo, se han extendido a los menos tres factores que han influido en este fracaso.

a) *Altas expectativas creadas en los usuarios:*

Las aplicaciones y servicios móviles entregados a través de WAP difieren tangencialmente de un ambiente fijo basado en la utilización de un PC de escritorio. Los terminales son pequeños, con pantalla de escaso tamaño y de reducida resolución, a la vez que la interfaz de usuario es poco amigable. A esto se suma las bajas velocidades de conexión, que son soportadas por un solo time-slot de canal radio TDMA de 9,6 Kbps de la red GSM, en el caso europeo, o los 14 Kbps de la red CDMA.

Aunque HMode utiliza la misma velocidad, en WAP se tiene que realizar una llamada cada vez que se desea transferir algo, lo que significa en pérdida de tiempo. Así las cosas, como estrategia de marketing, se decía que los usuarios WAP podrían navegar en Internet libremente. Pero nunca se dijo cuales serían las características de esta navegación. Que no habría color, ni imágenes tanto fijas como móviles, que la experiencia de navegar sería dificultosa.

De esta manera, las expectativas que los usuarios e habían creado, pensando que podrían navegar en la Internet mediante su móvil al igual que como lo hacían desde su PC se perdieron con el uso.

b) Altos costos de conexión

Los costos de conexión aun son caros, y esto se ve agudizado dada la naturaleza de las redes GSM de hoy, que se basan en la conmutación de circuitos, razón por la cual se cobra por tiempo durante el cual el usuario estuvo conectado, sin importar si realizó o no algún tipo de tráfico a través de la red.

Esto provoca que el usuario esté muy poco tiempo conectado y utilice pobremente los servicios que se prestan, a la vez que obtiene muy poco provecho de ellos y le impide desarrollar al máximo las potencialidades que se le ofrecen.

El WAP utilizado en el ambiente Dial-Up actual del GSM es pesado, pueden pasar incluso 25-30 segundos desde el momento de inicio de la llamada hasta que aparecen las primeras letras en la pantalla del teléfono. La operación puede parecer lenta, dificultosa, sobre todo en la fase de descarga de la información solicitada por la red.

Con la llegada de sistemas 2.5G como GPRS y/o 3G como UMTS, los tiempos de conexión no significarán costo alguno para el usuario, ya que la naturaleza de la tecnología será de conmutación de paquetes, que permitirá a los operadores efectuar los cobros de acuerdo a los niveles de tráfico que se cursen a través de la red, a la vez que permitirá accesos más rápidos a la red.

c) Falta de contenidos

Este es un punto clave a la hora de analizar las razones del poco éxito de los servicios y aplicaciones basados en WAP que han sido lanzados al mercado.

El problema mayor es que nadie tiene claro aún qué es lo que quieren los usuarios, y el mercado de comunicaciones móviles de datos es aun incipiente.

Aparentemente, uno de los principales problemas es la falta de servicios atractivos y que presten una real utilidad al usuario.

Hoy los contenidos WAP no captan mucho interés, y han sido concebidos desde una perceptiva errada, pues los sitios o portales WAP fueron creados con estructuras similares a las de los sitios comunes de Internet, cuando lo correcto era crearlos bajo un concepto más directo.

Lo resultante de todo esto es que la relación valor del contenido con respecto al costo del servicio es alto.

Lo importante será, por lo tanto, crear servicios de valor agregado, bien definidos y puntuales, que atraigan la atención del consumidor final.

La realidad mostrada anteriormente, que básicamente ocurre en Europa – Chile tampoco ha estado aparte - se contradice con el éxito del servicio iMode prestado por NTT DoCoMo, que ha alcanzado más de 19 millones de usuarios en apenas 2 años de operación, con miles de empresas que aportan contenido. Sin duda esta situación escapa radicalmente al fracaso de implementaciones WAP.

De esta forma, se podría concluir que la diferencia entre iMode y las implementaciones WAP son la forma de marketing, modelo de negocio, método de facturación, tipo y calidad de los terminales (calidad del display, vida de la batería), etc.

Pero además hay que agregar una variable cultural, donde los japoneses son más dados a la tecnología.

7.3. Análisis de servicios 3G

Uno de los aspectos más importantes a considerar en el modelo de negocio 3G son los servicios que pueden entregarse al usuario final.

3G, es, después de todo, simplemente una tecnología que proporciona redes móviles con capacidad superior y velocidades más altas. La disponibilidad de estas características no garantiza la rentabilidad del negocio. Los servicios son la razón por la cual el usuario está dispuesto a pagar.

Existe mucha bibliografía donde se discuten los servicios y aplicaciones 3G como si se tratara de un mismo concepto. En tanto no se ha encontrado una definición clara de ambos términos. Los niveles de “servicio” y “aplicaciones” a menudo parecen ser intercambiables, incluso dentro del mismo documento. Esto lleva a muchas confusiones. Por esto daremos la definición de cada uno de estos términos para poder así tener bien claro las diferencias entre uno y otro.

- a) Servicios: Los servicios son la carpeta de opciones ofrecidas por proveedores de servicios a los usuarios. Los servicios son entidades que los proveedores de servicios pueden elegir por los cuales cobrar separadamente. Así, los usuarios pueden seleccionar a un proveedor de servicios basado en las opciones disponibles en su carpeta de servicios.

- b) Aplicaciones: Las aplicaciones son facilitadores de servicios, desarrollados por proveedores, fabricantes o usuarios. Las aplicaciones son invisibles al usuario. No aparecen sobre la cuenta del usuario. Un servicio de Banca, por ejemplo, podría requerir una aplicación segura de transacción para ser implementada por un proveedor de servicios. Un servicio de mensajería unificada podría requerir reconocimiento de voz y una aplicación texto a palabras, desarrollada sobre al red o en el dispositivo terminal. Así, las aplicaciones son el soporte de los servicios y en su conjunto hacen posible la entrega de los mismos. Las aplicaciones, generalmente se originan desde terceras partes o también pueden ser creadas por proveedores de servicios móviles.

7.3.1. Servicios 3G

El espectro de posibles servicios que serán entregados con las redes 3G es muy amplio, e incluso incierto en cuanto a su éxito.

De un mundo dominado por comunicaciones de voz, pasamos a uno donde coexistirán las comunicaciones de datos y de voz, lo que posibilita la entrega de servicios no vistos en las redes actuales 2G.

Las capacidades multimedia aparecen para ofrecer un amplio rango de servicios.

Ahora bien, en términos de su clasificación, según la bibliografía analizada, los servicios móviles 3G pueden agruparse en variados conjuntos. Esta clasificación permite determinar más claramente el segmento de mercado final, sus fortalezas y debilidades.

Comenzaremos por definir cada uno de ellos, y posteriormente se hará un análisis más detallado, indicando sus alcances y competencia con servicios prestados por redes 2.5G.

a) Servicios de Mensajería Multimedia

Comprende todos aquellos servicios que un individuo utiliza de forma personalizada para establecer comunicación con otras personas o máquinas. Se caracteriza por ofrecer mensajería en tiempo real instantánea con capacidades always-on (siempre en línea) con alto contenido audiovisual y de texto.

b) Servicios de Entretenimiento

Aquellos destinados a entretener al usuario final con alto contenido audiovisual. Aquí caen aplicaciones como audio y/o música, juegos en línea con otros usuarios, vídeo y fotos bajo demanda, entre otros.

c) Acceso móvil a redes IP

En este campo caen los servicios de acceso remoto a la Intranet Corporativa, a una Extranet, a Internet, o bien a VPNs (Redes Privadas Virtuales).

Las aplicaciones posibles dependen de las implementaciones particulares de la red a la que se acceda y a la utilidad que preste para el usuario.

d) Servicios de Información

Son utilizados para obtener información personalizada (tipo pull o push), como son las noticias, directorios telefónicos, resultados deportivos, estado del tiempo, información sobre carreteras, cotización de acciones, viajes, información de sorteos, etc.

e) Servicios Basados en la Ubicación

Son aquellos cuya utilidad está en la información precisa que se entregue respecto de la ubicación geográfica del usuario, como servicios de seguimiento, búsqueda, ubicación geográfica (GPS), guía de hoteles, farmacias, restaurantes, ruta y mapas carreteros, etc.

f) Servicios de Control Remoto

Son aquellos destinados a ofrecer una gestión sobre el dispositivo en movimiento, o quien está detrás de él. Se trata de un servicio cuyo segmento es las Empresas Corporativas y/o Pymes, que requieran, según su rubro de trabajo, controlar, supervisar, etc., los movimientos de los terminales. Algunas aplicaciones, según la ubicación de terminal, pueden ser el control de vehículos, flota de camiones, embarcaciones. Otras pueden ser la Telemetría, Telemática, etc.

g) Servicios de M-Commerce (Comercio Móvil)

Son aquellos servicios comerciales de venta y adquisición electrónica de bienes y servicios, utilizando el terminal móvil como medio de pago, siendo un sustituto de la tarjeta de crédito. Se pueden mencionar la banca, compra de entradas, subastas, apuestas de juegos de azar en línea, etc.

7.3.1.1. Análisis de servicios 3G

7.3.1.1.1 Mensajería Móvil Multimedia

La asociación de un terminal con una persona también crea la oportunidad para servicios de mensajería entre grupos cerrados de usuarios o comunidades específicas de interés. El dramático crecimiento del tráfico de mensajes cortos SMS en las redes GSM ilustra la demanda por servicios de mensajería.

Servicios como Vídeo Chat, SMS, E-Mail son servicios que no necesariamente pueden ser provistos a través de Internet. Más bien pueden ser entregadas por las redes 2.5G y las 3G. No obstante, la Vídeo Conferencia solo puede ser provista por la red 3G.

Con los terminales adecuados, la potencialidad es alta. Los consumidores pueden ser desde usuarios convencionales (consumidor), que utilizan el terminal preferentemente para comunicarse vía voz, hasta

el segmento profesional corporativo que puede constituir un grupo cerrado de usuarios con intereses a fines. Este servicio tiene alta potencialidad en vista que los terminales 3G agregarán reconocimiento de voz, pantallas a color con capacidades de procesar imágenes, enriqueciendo así las comunicaciones telefónicas tradicionales voz. Esto quiere decir que el tamaño del teclado deja de contar en los dispositivos móviles, dado que la mayor parte de las instrucciones pueden darse con la voz, a la vez que se puede observar mediante la pantalla del dispositivo a la persona con quien se habla.

Ahora, las aplicaciones no se remiten solo a comunicaciones persona a persona, sino que se agregan comunicaciones persona a máquina. El segmento va desde usuarios del sector consumidor hasta el profesional corporativo. Tiene un espectro de penetración más alto que el acceso a Internet/Intranet. También varían las modalidades de suscripción a los servicios, siendo más favorables aquellos basados en un contrato que en tarjetas de prepago.

La característica de siempre en línea de las redes 3G habilitará mensajería al instante, y la disponibilidad de altas velocidades agregará capacidades de vídeo para crear servicios de mensajería multimedia. A esto se suma la gran aceptación de los e-mail, que constituyen la mayor aplicación de Internet, y que podrían reemplazar bajo algunas situaciones a las llamadas telefónicas, lo que resultaría en un ahorro para el usuario.

Las empresas de hoy utilizan el email como una herramienta de trabajo, y como un documento válido para los efectos pertinentes. Por lo tanto, el correo ya no está visto solo como un sistema de almacenamiento de entrega de información electrónica, sino más bien un mecanismo de comunicación casi en tiempo real.

Tal vez el aspecto más importante de los servicios de mensajería móvil es la interfaz de usuario. Su fácil uso será la característica determinante de aquellos servicios desde una perspectiva de usuario.

Aquí pueden entregarse servicios de Vídeo Chat, SMS, Correo electrónico, fotos, gráficos y videos.

La mensajería multimedia móvil crea la oportunidad de poner contenido específico a grupos de suscriptores. Se puede obtener combinando una base de datos de los perfiles de usuario y el conocimiento de la ubicación del suscriptor. Sería una buena oportunidad para entregar publicidad y obtener por ella ciertos niveles de ingresos.

7.3.1.1.2 Acceso a Redes IP

Este es un servicio que tiene alto potencial de ser comercializado, especialmente en el sector corporativo profesional.

Como en el caso de Internet fijo, el gran crecimiento experimentado en los últimos años de las redes IP, acompañado por el alto uso que el ambiente profesional ha dado a Internet como herramienta de trabajo, hace presagiar una gran aceptación de este servicio.

Se trata de una forma alternativa de acceder a los mismos contenidos que en la red fija, con el valor agregado importante que da la movilidad, incluso con velocidades aceptables y hasta comparables. Habilita al usuario para acceder a redes remotas, ya sean la Intranet Corporativa, una VPN o Internet. Este acceso permite hacer uso de correo electrónico con otros profesionales de la empresa, compartir archivos de interés, la transferencia de archivos, acceso a la base de datos de la compañía, entre otros.

Si consideramos que muchos profesionales trabajan en terreno, o viajan periódicamente, es posible que las empresas desarrollen o extiendan sus aplicaciones Intranet/Internet, de modo de permitir que sus profesionales accedan a ésta en forma rápida y oportuna y puedan consultar sus bases de datos y ejecutar aplicaciones corporativas, leer su agenda, lista de tareas pendientes, carpeta de clientes, descargar documentos, imágenes, hojas de cálculo, etc. Esto permitirá dar mayor eficiencia y eficacia a los negocios y/o tareas a fines.

Los terminales pueden ser del tipo PDA o bien utilizar un terminal móvil - como el teléfono por ejemplo – como módem o interfaz entre la red y su LapTop y/o Notebook. En definitiva se trata de un segmento principalmente Business, de profesionales en ventas, marketing, administración, etc., que son capaces de suscribir servicios Internet/Intranet de Banda Ancha y Media. En cambio, si se trata de terminales con capacidades WAP, por ejemplo, que de hecho son limitadas en cuanto a imagen, tamaño y calidad de pantallas, la experiencia cambia radicalmente, y el acceso se restringe a sitios habilitados especialmente para este tipo de terminal.

El segmento consumidor, por otro lado, quizá utilice terminales no muy sofisticados, pero lo suficientemente adecuados como para consultar servicios básicos como el E-Mail.

Así se podría establecer que el acceso a ciertos servicios de Internet estaría determinado por la condición económica del tipo de usuario, sus actividades cotidianas en el ámbito profesional – laboral, y la cantidad de ancho de banda demandada por la o las aplicaciones en cuestión.

Está claro que Internet Móvil no compite con Internet fijo por las limitantes de los terminales y el ancho de banda disponible, área en la que hoy ya existe una gran variedad de ofertas, con las nuevas redes de acceso de banda ancha como son ADSL y Cable Módem.

Un aspecto importante a considerar en las proyecciones de mercado de servicios móviles de Internet es la connotación que esta va a tener, o más bien la interpretación o percepción que tendrían los usuarios. Por un lado existe la tendencia europea de agregar Internet al dispositivo móvil. Esto significa que la experiencia móvil de acceso a Internet es muy distinta a la convencional dada las limitantes de los terminales, tanto en su tamaño, pantallas y manejo de software. Pero por otro lado está la tendencia de estados unidos, que consiste en agregar movilidad a Internet. Es decir, ellos ven a los terminales como un intermediario entre Internet y un Laptop, por ejemplo, o bien la utilización de dispositivos de manos más avanzados como son los PDA, que un futuro cercano agregaran capacidades de Web Browsing con pantallas a color.

Las capacidades de entregar servicios según estas concepciones y la disponibilidad de estos terminales a un nivel de costos aceptables marcarán un punto de inicio para servicios tipo IP.

El segmento consumidor va desde usuarios corporativos o profesionales hasta personas ávidas de conectarse a Internet y estar al día con los avances tecnológicos. Se trata de un segmento medio-alto.

7.3.1.1.3 Servicios de información

Es un servicio 3G que provee acceso independiente del dispositivo a contenido personalizado en cualquier lugar y en cualquier momento vía mecanismos de acceso estructurado basado en un Portal Móvil.

No requiere un terminal muy avanzado tecnológicamente hablando. La forma de entrega de información se limita principalmente a texto

Dentro de esta clasificación tenemos servicios de noticias, entre otros. El mercado objetivo puede orientarse desde profesionales hasta usuarios convencionales.

7.3.1.1.4 Servicios basados en la ubicación

Los servicios basados en la ubicación son servicios 3G para clientes de negocios y/o empresas que habilitan al usuario o máquinas para encontrar otras personas o máquinas, y/o habilitan a otros a encontrar usuarios, así como capacita a los usuarios a encontrar su propia ubicación. Aspectos claves de los servicios basados en la ubicación son la provisión de contenido localizado globalmente a través de la funcionalidad de portabilidad del servicio.

Estos servicios incluyen cualquier servicio de voz o de dato potenciado con información de ubicación de valor agregado, mantenida en una base de datos de cliente por un proveedor de servicios móviles. Esto podría incluir información como el estado del tiempo, noticias, información de hoteles y restaurantes, reporte de tráfico y viajes, servicios de navegación, telemática³⁵, y comercio móvil.

Estos servicios son exclusivos de las redes 3G ya que bajo una plataforma IP es compatibles con sistemas basados en Internet. Con estas capacidades, el proveedor puede ofrecer una percepción de cual es la ubicación de un usuario en cualquier momento punto y tiempo relativo y hacia donde quiere o puede ir. Así, estos servicios ofrecen el valor agregado al usuario final de obtener información que ellos quieren cuando la necesiten, más allá que poner banners fijos como en Internet fijo.

³⁵ Telemática – sistema de comunicación inalámbrica diseñado para la recolección y diseminación de datos. Aplicaciones como sistemas electrónicos en vehículo, rastreo y posicionamiento de vehículos, navegación en línea y servicios de información y asistencia de emergencia

Estos servicios podrían ser vistos como un elemento de la infraestructura de un paquete de contenido personalizado. Así, es probable que los ingresos de un proveedor de servicios móviles lleguen a través de una relación de negocios con un proveedor de contenido y no directamente con el usuario final. En otras palabras, el usuario puede bien no pagar por el uso de este servicio directamente con el operador de red para esta funcionalidad. Esto redundaría en un aumento de tráfico en la red.

Estos servicios son inherentemente locales, pero no necesariamente locales para el usuario en un momento dado. Los acuerdos de Roaming entre operadores son esenciales para la provisión de un real compendio de servicios basados en la ubicación.

7.3.1.1.5 Telefonía multimedia

La telefonía seguirá siendo en el futuro la aplicación más importante. Las llamadas enriquecidas, las conversaciones en audio apoyadas con un acceso concurrente a imágenes o datos y vídeo, potenciarán enormemente la comunicación personal. Este servicio ha tenido gran éxito en Japón

7.3.1.2. Alcances generales

Se han descrito algunos servicios que tendrían las mayores posibilidades de aceptación por parte del mercado local. Sin embargo, existe bastante bibliografía respecto a este tema, especialmente en Internet, donde se detallan más servicios.

La cantidad y tipo de servicios que un operador puede ofrecer son muy amplios, pero en definitiva lo importante es que se sepa detectar cuáles son las necesidades e intereses de los usuarios locales y cómo podemos crear las soluciones a esas necesidades. En este sentido la realidad cultural y económica de cada país influye fuertemente en la aceptación de los mismos.

Chile se encuentra en una situación económica que aunque no es mala, no favorece del todo la adquisición de terminales costosos, más aún si no se saben las ventajas y la utilidad que prestarán.

A esto se suma el hecho que más del 70 % de los usuarios totales son de pre-pago. Estos son esencialmente receptores de llamadas y generan solo el 20 % de los ingresos de los operadores. Pues bien, esta realidad tampoco favorece la rápida aceptación de nuevos servicios por los cuales exista una real intención de pagar. Por el momento conviene atacar fuertemente el segmento de profesionales, empresas y/o corporaciones, los cuales pueden observar como un real apoyo a sus actividades productivas la gama de servicios 3G que se ofrecerán. Aquí juega un papel muy importante los servicios de información y de acceso a redes IP para descargar correo electrónico, realizar consultas y transacciones en línea, etc. La gama de aplicaciones es muy extensa y compleja.

Actualmente las empresas que más están trabajando en el tema de las aplicaciones son ENTEL PCS y Telefónica Móvil, pero sólo en el área de mensajes de textos. El SMS no es el mejor medio para prestar servicios de una manera rápida, cómoda y eficaz, pues se requiere el uso del teclado que no es muy amigable. Las aplicaciones WAP son más cómodas pero hasta el momento son costosas y no han demostrado ser aceptadas por los usuarios. Con la llegada de GPRS y cdma2000 1X-RTT los costos debieran bajar.

Por tanto, es imperioso que se avance en el desarrollo de las plataformas flexibles de servicios que permitan una creación rápida y expedita de las aplicaciones que se demanden en un futuro próximo, de modo de estar preparados para cuando se otorguen las licencias de 3G.

Otro tema a considerar es que los terminales de 2.5G y 3G son bastante más caros que los 2G. Mientras estos terminales no estén disponibles a precios razonables será necesario un fuerte apoyo en cuanto a la subvención de los mismos. La elección de la red de 3G es importante pues los terminales van directamente asociados con ella. Los niveles de economías de escala que se alcance favorecerán la adquisición de los terminales con capacidades de 3G. Además, las terminales deberán tener distintas modalidades (DS-CDMA/TD-CDMA/MC-CDMA) y frecuencias de operación (800-1700-1800-1900-2100-2500 MHz) para favorecer la interoperabilidad con otras redes y la provisión de servicios de Roaming y VHE.

Otro tema importante son los niveles de precio que tendrán los servicios de 3G, lo que también influirá en la adopción de los mismos. Algunas variables que afectaría los niveles de precios pueden ser los siguientes.

1. **Costo de Redes** Las redes 3G son muy complejas y más costosas que las 2G. La incorporación de un nuevo estándar de interfaz radio [W-CDMA], la nueva distribución y densidad de las celdas, entre otros, implica costos de instalación, operación y mantenimiento sensiblemente mas caras.
2. **Costo de terminales** La tecnología superior y la complejidad inherente a la capacidad de soportar diversos servicios grabarán notablemente el costo de los terminales y pondrá en jake la capacidad de subsidio sin subir mucho los costos de servicios. Ahora bien, las redes 2.5G y 3G soportan aplicaciones tipo WAP y mejoran la velocidad con que estas se ejecutan. Esto significa que para la prestación de servicios no es estrictamente necesario el disponer de un terminal con características 3G. Esto implicará un factor importante para competir en el mercado.
3. **Métodos de tarificación de servicios** Las distintas modalidades de cobro favorecerán la adopción masiva de un servicio en desmedro de otro o bien favorecerán a ambos. Dados los altísimos costes iniciales, y lo sensible que son los usuarios a los precios, no se puede arriesgar equivocarse en un elemento tan esencial como es la tarificación de los servicios. Las modalidades son muchas debido a la amplitud de servicios que se podrán entregar al

usuario final. Por ejemplo, una de las opciones más aceptadas dicen relación con la tarifa plana con un máximo de contenidos, pero esta no puede aplicarse a todos los servicios. Otras modalidades como cobro por transacción y/o consulta realizada serán aplicadas a otros servicios como mensajería, e-banking, información personalizada, entre otros. Los cobros por tiempo son solo admisibles a las llamadas telefónicas. La otra opción que se maneja es el cobro por datos transferidos. Lo importante, y que resulta un gran desafío, es que las modalidades elegidas resulten en una relación alta del valor del contenido con respecto al costo del servicio y/o comunicación.

4. **Capacidades de economías de escala:** Las variables anteriores, junto con lo atractivo que resulten los servicios permitirán que ciertos servicios sean éxitos de economías de escala, ya sea con planes o con tarjetas de prepago. Evaluar esta capacidad permitirá proyectar los niveles de aceptación de estos servicios.
5. **Niveles de competencia:** La sola presencia de 4 concesionarias de sistemas 3G, sumado al quinto operador que aparecerá probablemente de la subasta de los 30 Mhz que ha dispuesto la Subtel, agrega una alta cuota de operadores competidores aun mercado relativamente pequeño. Esto debería favorecer a los usuarios en cuanto a recibir una mayor oferta de servicios con la consiguiente disminución de tarifas, significando también un factor detonante de un aumento en la penetración de servicios móviles y un aumento en los niveles de ingreso medio por usuario. Hasta cuanto podrá crecer este índice en un periodo de tiempo determinado es de suma importancia.

7.4. Alcances sobre la implementación de 3G en Chile

Vistos los puntos anteriores, se desprende que las compañías chilenas debieran tomar esta experiencia y enfocar las estrategias a promocionar servicios eficientes e imaginativos, no virtudes de esta u otra tecnología. La clave sea quizá crear una robusta plataforma de servicios de valor agregado que resulten atractivos y útiles y por los cuales los usuarios estén dispuestos a pagar. Desde esta perspectiva, y considerando que son los usuarios corporativos/empresas lo que generan mayores ingresos, la estrategia debe apuntar a la retención ampliando la oferta de servicio y mediante esta opción también captar más clientes. Estos servicios se basaran en aplicaciones del tipo acceso a Internet e Intranet corporativas, sistemas de acceso a la información, entre otros. En el segmento de usuarios profesionales pueden generarse plataformas de pago (transacciones), sistemas de información (banca, la bola de valores, etc.).

En materia de usuarios de prepago, serían opciones de servicios aquellos basados en entretenimiento, grupo de usuarios, de juegos de azar, etc. Por ejemplo, en Japón el éxito de FOMA e iMode son aparentemente más y más aplicaciones que garantizan una rica y entretenida experiencia en los usuarios

En fin, la capacidad de abarcar la mayor cantidad de segmentos de mercado atendiendo las necesidades particulares de cada uno con más y mejores servicios creados a partir de ahora, permitirán mantenerse en el negocio con aceptables tasas de ingresos y enfrentar la entrada de las redes 3G con una fortaleza adquirida anteriormente.

En este sentido, y en función de los objetivos que se planteen las empresas en términos de los mercados que deseen captar y mantener, la elección de la vía de evolución hacia 3G será crucial. Por una lado, si se persigue participar de un mercado global de casi 600 millones de abobados que posee GSM a través del Roaming automático de los usuarios locales y extranjeros en cualquier red basada en esta tecnología en todo el mundo, incrementará los ingresos por este concepto más allá de lo que puede hacer cdma2000, debido a su poca penetración en esta área.

En un estudio realizado por Strategis Group para la UWCC (hoy 3G-Americas), se determinó que tan solo en 8 países (Estados Unidos, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Venezuela y Hong Kong) el potencial de ingresos por viajes internacionales de negocios y placer podrían llegar a US\$ 482 millones. Se espera que esta cifra ascienda a US\$930 millones para el 2004. No olvidar que los principales operadores TDMA de USA (Cingular Wireless y AT&T Wireless), México (Telcel) y Argentina (Telecom Personal) han elegido evolucionar a 3G vía GSM. El principal destino de los viajeros chilenos es USA y el potencial de visitantes desde esa región hacia Chile es un elemento que debe considerarse.

En el mundo existen muchos acuerdos de Roaming GSM y los temas de cobro y seguridad están bien establecidos, los que a su vez serán trasladados a las redes de 3G. En cambio, CDMA2000 tiene pocas redes operando en el mundo si se le compara con GSM, por tanto el mercado es aún menor. Esto es importante por cuanto el Roaming automático entre redes UMTS y CDMA2000 está bastante lejos de producirse por temas de interoperabilidad, que en el papel están aparentemente claros, pero que en la práctica nadie ha desarrollado. La experiencia de otros mercados debe tomarse en cuenta y no desperdiciar esta oportunidad. Esto es válido para los operadores TDMA como son Bellsouth y Telefónica Móvil. Intel PCS tiene bien definida su opción al igual que SmartCom, ambos por razones obvias.

A este respecto, el mercado local se vería notablemente beneficiado con una elección de este tipo, pues ya resulta necesario y conveniente que los operadores locales salgan de la burbuja que los encierra con sus respectivas participaciones de mercado y busquen en conjunto, mediante la interconexión en la mayor cantidad de servicios posibles, una fuente de tráfico que les generen mayores ganancias. Una elección tecnológica convergente apunta en este sentido.

Se puede tomar el ejemplo de la ausencia de interoperabilidad en lo que se refiere a mensajes de texto SMS. La ausencia de un estándar que permita el envío de mensajes cortos entre operadores de distintas tecnologías, como es el caso de Chile donde conviven tres estándares diferentes, ha provocado una pérdida de ganancias que hasta el momento no ha sido calculada. Aunque en teoría las tecnologías de 3G poseen una estructura estratificada que permite generar servicios independientemente de la tecnología subyacente, el tema de la interoperabilidad es de vital importancia y no debe dejarse de lado.

Apostarlo todo por la tecnología que nadie sabe si logrará los objetivos que constantemente se promociona constituye un riesgo que debe estudiarse con detalle.

En cuanto a costos de infraestructura, el reciente acuerdo de libre comercio con Europa, y próximamente con Estados Unidos, facilitará la adquisición de la nueva tecnología a precios muy por debajo de lo que actualmente se conoce, lo que en definitiva, y según sea la estrategia de migración de cada operador, permitirá desplegar la red más rápidamente que lo pensado hasta antes de este tratado y también beneficiará la adquisición de terminales de gama alta y su rápida aceptación en el mercado local. Sin duda este tratado tiene beneficios inmediatos para los operadores chilenos.

Otro tema a considerar, es que en lo inmediato, y al parecer en toda Latinoamérica, las expectativas de 3G no son tan alentadoras a corto plazo, dada la coyuntura económica y política de la región. El caso de Argentina repercute de cierta forma en los mercados regionales. La situación política de Venezuela y Colombia también atentan en este sentido. Chile tiene la fortaleza de su estructura macroeconómica, pero el miedo a perder el empleo actualmente imperante en la sociedad chilena tampoco favorecen la adopción en masa de nuevos servicios, menos de terminales que son para el común de los chilenos un poco caros.

Sin embargo esto no resulta ser tan malo, porque bajo estas condiciones, el mercado local puede esperar y observar las experiencias de los operadores extranjeros y evitar los problemas que se puedan suscitar con el lanzamiento de estas redes. Por ejemplo, NTT DoCoMo de Japón tuvo serios problemas con sus terminales y en parte de su red³⁶. Esto nos indica que la tecnología puede estar aun inmadura y apurar su implementación puede traer aparejados problemas de este tipo. Así pues, se estima según la industria que dentro de 3 a 5 años las redes 3G estarán ampliamente desplegadas, pero en un principio la evolución sería tal que solo en las áreas donde exista una real demanda se desplegará la infraestructura necesaria para cubrir estas necesidades.

Desde el punto de vista técnico, Chile se ha alineado casi perfectamente con las bandas establecidas por la ITU como componentes de IMT-2000. Aunque la banda de 1900 MHz esta siendo utilizada por sistemas PCS, no se ha excluido la posibilidad que en esa banda se presten servicios de 3G. Esto beneficia ampliamente a ENTEL PCS y a SmartCom PCS. Lo más restringidos tecnológicamente son los celulares en 800 MHz, BellSouth y Telefónica Móvil, que no podrían evolucionar mucho por cuanto Subtel no incorporó la banda de 800 MHz en el reglamento para IMT-2000 en Chile y lo estrecho de esas bandas no les permite mejorar su capacidad. Un alivio a esto sería la adjudicación de los 30 MHz que esta ofreciendo Subtel en la banda de 1900 MHz.

³⁶ Recordar que NTT DoCoMo fue la primera empresa en ofrecer servicios de 3G a través de una red UMTS

7.5. Efecto de los operadores 3G sobre los 2G

En la actualidad existe una baja, por no decir nula demanda por servicios de tercera generación en el mercado local. A pesar de esto las empresas de 2G chilenas ya han empezado a incentivar el uso de servicios avanzados, pero no han tenido la aceptación que se esperaba.

Como se ha expresado anteriormente, el mercado ha llegado a un punto donde las tasas de crecimiento han comenzado a bajar y se observa una madurez del mercado para servicios de voz.

Para enfrentar la llegada de la 3G, desde el punto de vista del autor de este trabajo, los operadores 2G mas bien tiene fortalezas más que debilidades.

Primero, los nuevos operadores de 3G, debido a las altas inversiones en las redes necesitaran desplegar en forma progresiva y parcializada (más lenta que rápida) la red de servicios e infraestructura focalizando aquellas zonas que realmente demanden servicios de 3G, a la vez que deben captar suficiente mercado como para hacer rentable el negocio. En un mercado que se está acercando a un punto de saturación de su capacidad, el asunto es cómo lograr que los clientes de 2G se traspasen a 3G considerando los altos costos de los nuevos terminales. Así, esto sería factible en primera instancia para usuarios corporativos o empresas y/o profesionales.

Segundo, los actuales operadores de 2G ya están migrando hacia 3G mediante redes 2.5G, las que ya poseen la inteligencia y capacidades a nivel de Core Network de la red 3G³⁷ permitiendo desarrollar servicios del tipo 3G. Esto posibilita acceder a un nicho de mercado que está ansioso por conocer las posibilidades que se abren con las nuevas tecnologías.

Esto a la vez otorga la fortaleza y experiencia necesarias para afrontar los futuros desafíos relacionados con los nuevos servicios y las nuevas tecnologías. Recordemos que en cierta forma el tema del espectro radioeléctrico es manejable para los operadores PCS, tanto para ENTEL PCS como para SmartCom. El primero por la cantidad de espectro que posee, y el segundo por las propiedades inherentes a las tecnologías basadas en CDMA, principalmente por la retrocompatibilidad con sistemas previos a cdma2000 y por el manejo óptimo del espectro con factor de reutilización de frecuencia de 1 (las frecuencias pueden reutilizarse en celdas adyacentes) lo que proporciona una gran flexibilidad al despliegue de la red.

Tercero, se espera que en los primeros años de operación de las redes 3G (2 a 4 años), sean los usuarios del segmento corporativo/empresarial los que tendrán acceso a servicios de 3G debido a los altos costos de los terminales y de los servicios propiamente tales.

³⁷ Recordemos que para el caso de UMTS, GPRS constituye la base del núcleo de red, lugar donde radica la inteligencia de la red. La interfaz radio solo aumenta la capacidad y velocidad de las nuevas redes.

En resumen, los desafíos de 3G son los altos costos de las redes y la captación de mercado en un ambiente de saturación.

Mientras tanto, los 2G poseen una red ya desplegada (cerca del 70-80% de los costos vienen en la construcción de nuevos sitios), los costos se trasladan a los nodos de red y antenas. También poseen una considerable participación de mercado. A su favor se puede decir que la evolución de usuarios de 2G hacia 3G es más factible que la aparición de usuarios 3G totalmente nuevos. Los desafíos que se plantean son evitar la deserción o "Churn" con la incorporación de más y mejores servicios, puesto que nadie garantiza que un usuario 2G no se vaya hacia un operador de 3G distinto.

CONCLUSIONES

- Se ha descrito y detallado la situación actual de las comunicaciones móviles, tanto en el ámbito nacional como internacional. También se ha entregado una visión tecnológica de IMT-2000 analizando las interfaces radio que componen este estándar y las distintas vías de evolución que se plantean para los distintos operadores de redes móviles, ya sean de GSM y/o cdmaOne™ como de TDMA/IS-136. Se han visto las ventajas y desventajas de cada vía de evolución y los desafíos que incorpora la adopción de una u otra.
- La inminente llegada de las redes de 3G al mercado de comunicaciones móviles impone desafíos importantes al modelo de negocio actualmente utilizado. Primero, el advenimiento e incorporación de nueva tecnología basada en conmutación de paquetes e IP a todos los niveles de la red (terminales, acceso radio y núcleo de red) abre un abanico de modalidades de cobro que hasta ahora no se habían manejado. Una elección correcta en este sentido que preste los mayores beneficios tanto al consumidor como al operador supone un estudio acabado de las necesidades y gustos de los usuarios respecto de los nuevos servicios. Segundo, de un proveedor de transporte y de servicios telefónicos se pasa a ser un operador integral que entrega servicios multimedia avanzados y aquellos relacionados con Internet.
- Al ser la tecnología transparente para el usuario, el éxito de los servicios IMT-2000 dependerá de lo atractivo, novedoso e innovador que resulten los servicios, a la vez que tengan una buena relación costo/calidad. En este sentido será importante la cantidad de aplicaciones que puedan ofrecer a fin de integrar la Internet al terminal móvil.
- Los segmentos de mercado que deberán atacarse en lo inmediato serán las empresas y/o corporaciones y profesionales, los que demandarán servicios móviles avanzados que signifiquen un aporte a sus actividades comerciales. En este sentido, servicios como acceso a redes IP (Internet, Extranet, VPN) y aquellos basados en la información y localización jugarán un papel importante. Es imperioso que los operadores comiencen a desarrollar estos sistemas y adquirir la experiencia necesaria que signifique una diferenciación de la competencia.

No obstante lo anterior, es importante considerar que en Japón la mayor fuente de ingreso proviene de los servicios de entretenimiento y no de los usuarios corporativos. En este sentido cabe preguntarse por qué debiera darse el caso contrario en Chile.

- Se espera que la penetración sea muy baja en los primeros años de operación, dados los altos costos previstos tanto para los terminales como para los servicios. La disponibilidad y costo de los mismos apuntan en este sentido. Así, los operadores 2G tienen la oportunidad de incursionar en la

nueva era de servicios móviles fortaleciendo su posición de modo de enfrentar de mejor forma la aparición de los nuevos operadores de 3G.

- Las redes de 3G demandarán una gran inversión para los operadores de sistemas 2G, ya que estos tendrán que realizar inversiones en modificar su plataforma tecnológica: agregar capacidades de conmutación de paquetes y capacidades de conectividad IP a fin de proporcionar una red base con capacidades multimedia evolucionando sus redes actuales. En este sentido será importante dotar a las redes de tecnologías como SDH y/o ATM, para soportar los altos volúmenes de tráfico. Los posibles escenarios dependen entonces de la disponibilidad del espectro asignado. Así, los operadores 2G deberán analizar la disponibilidad de su espectro a fin de reformular las políticas y técnicas de utilización del mismo, o solicitar a Subtel la asignación de bandas extras.
- La obvia y necesaria evolución de los operadores 2G hacia 3G indica que coexistirán dos grandes grupos de tecnologías, aquellos basados en GSM como GPRS/EDGE y UMTS, y aquellos basados en cdmaOne™ como cdma2000 1X y todas sus variantes.
- Tecnológicamente hablando, la ruta de evolución de cdmaOne™ hacia 3G presenta mayores ventajas que la ruta de GSM, por cuanto esta vía se hace siempre sobre la base de CDMA. En tanto GSM se desliga de TDMA sólo cuando aparece UMTS. Esto implica terminales multi-modo (GSM/GPRS/EDGE/UMTS) y/o multi-banda, una planificación de uso de radiofrecuencias mucho más complejo (aumento densidad de celdas), etc. Mientras que sobre CDMA la evolución es más fácil puesto que se mantienen los parámetros básicos del sistema facilitando el aumento de la capacidad de voz y datos sin hacer cambios mayores en el uso del espectro, solo agregandose más canales y nueva modulación a los terminales y radiobases. Esto permite que un teléfono IS-95 funcione sobre una red cdma2000. Lo contrario ocurre con un terminal GSM sobre una red UMTS. En este sentido Entel PCS tiene desventajas respecto de SmartCom PCS.
- La opción de evolución de los operadores celulares de 800 MHz y 1900 MHz con redes TDMA/IS-136, como son Telefónica Móvil y Bellsouth, se ve enfrentada a problemas de índole tecnológico y comercial. El primero es en función de cuál vía es la que brinda mayores ventajas y menos costos. La segunda es que al optar por GSM y su evolución participa de un mercado creado de más del 70 % de todos los mercados del mundo, mientras que vía cdmaOne™ solo se incorpora a un mercado de poco más de 100 millones de usuarios y cuya tasa de penetración está muy por debajo de la que tiene GSM.

Esto es de particular importancia, puesto que un mundo globalizado la necesidad de un solo estándar se convierte en una condición vital a la hora de evaluar el negocio. Las oportunidades de retorno por Roaming no deben desecharse, y es aquí donde GSM tiene enormes ventajas. Se desprende que las ventajas de GSM sobre cdmaOne™ en su evolución hacia 3G se sustentan en aspectos comerciales que dicen relación con la cobertura y penetración del servicio y la masa crítica de futuros usuarios

3G. Entel PCS posee una red GSM lo que le permite participar de este enorme mercado potencial tanto internacional como nacional.

- Se debe considerar a la hora de evolucionar que no siempre son las mejores tecnologías las que triunfan, incluso pueden nunca llegar al mercado. Desde el punto de vista del autor, a Entel PCS le conviene evolucionar hacia 3G via GPRS más que pensar en cdma2000 pues necesita replantear totalmente el uso de su espectro radioeléctrico, cosa que es casi imposible debido a la disponibilidad necesaria para la red basada en CDMA (2 x 1,25 MHz libres mínimo), segundo porque no hay experiencias extranjeras donde se haya puesto en operación una red cdma2000 superpuesta a una GSM, lo que supondría un alto riesgo.

La estrategia consistiría en sacar el máximo de provecho a las capacidades de servicios que se presentan con GPRS y migrar directamente a W-CDMA en unos años más para no causar muchos trastornos a los usuarios (esto podría provocar niveles de deserción muy peligrosos). Recordar que los servicios cdma2000 1X ya están en el mercado asiático y han demostrado tener buena aceptación, incluso mayor a la que tiene FOMA (NTT DoCoMo). Entel debe mantener su status de líder en el sector y no provocar decepciones en los usuarios.

- Respecto de la norma técnica publicada por la Subtel, queda bien claro que la autoridad desea que las IMT-2000 se desarrollen ampliamente permitiendo a la vez que los operadores actuales puedan competir en el mercado de 3G haciendo uso de sus propias bandas, y dejando la puerta abierta para futuros cambios en la asignación de espectro.

En cuanto al BW establecido, la modalidad de 2x15 MHz FDD + 1x5 MHz TDD por concesión significa una cantidad importante para desarrollar el servicio 3G, y da la posibilidad cierta de implementar tanto UMTS (quien requiere a lo menos 2x15 MHz + 1x5 MHz para implementar las macro, micro y pico celdas) como cdma2000 con canalizaciones mínimas de 5 MHz.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

REVISTAS, escritas y electrónicas

- [1]. Anders Furuskär, Jonas Näslund and Håkan Olofsson, Edge—Enhanced data rates for GSM and TDMA/136 evolution, Ericsson Review No. 1, 1999.
http://www.ericsson.com/about/publications/review/1999_01/article22.shtml
- [2]. Anders Furuskär, Sara Mazur, Frank Müller and Håkan Olofsson, EDGE, enhanced data rates for GSM and TDMA/136 evolution, Ericsson Radio Systems, IEEE Personal Communications, June 1999.
- [3]. Alexandre Paquet, UMTS: the evolution of GSM toward IMT-2000, Wireless Communications Systems EECE 563, University of British Columbia, Department of Electrical Engineering - March 30, 2001.
http://www.ece.ubc.ca/~alexp/wireless_termpaper.pdf.
- [4]. Christofer Lindheimer, Sara Mazur, Johan Molnö y Magnus Waleij, TDMA de la tercera generación, Ericsson Review No. 2, 2000.
http://www.ericsson.com/about/publications/review/2000_02/article105.shtml
- [5]. Christian Bettstetter, Hans-Jörg Vögel, and Jörg Eberspächer, GSM phase 2+ General Packet Radio Service GPRS: architecture, protocols, and air interface, IEEE Communications Surveys - Third Quarter 1999, vol. 2 no. 3.
<http://www.comsoc.org/pubs/surveys>.
- [6]. Dejan M. Novakovic and Miroslav L. Dukic, Evolution of the power control techniques for DS-CDMA toward 3G wireless communication systems, IEEE Communications Surveys - Fourth Quarter 2000.
<http://www.comsoc.org/pubs/surveys>
- [7]. Francisco Javier Chamorro Pérez, Antonio Alberto de Mercado Cristóbal, José Luis Núñez Díaz, Alberto Gómez Vicente, Arquitectura de Internet Movil, Revista *Comunicaciones de Telefónica I+D* - Número 20 · Marzo 2001.
<http://www.tid.es/presencia/publicaciones/comsid/esp/articulos/home.html>
- [8]. Frank Müller, Joakim Sorelius and Dalibor Turina, Further evolution of the GSM/EDGE radio access Network, Ericsson Review No. 3, 2001.
- [9]. Gwenn Larsson, Evolución de cdmaOne a sistemas de tercera generación, Ericsson Review No. 2, 2000.
- [10]. Guillermo Fornaresio, CDMA en el 2000, Revista Frecuencia Latinoamérica, Año 5 – Edición 24 – Enero 2001, Páginas 14-20.

- [11]. Heino Hameleers and Christer Johansson, IP Technology in WCDMA/GSM core networks, Ericsson Review No. 1, 2002.
<http://www.ericsson.com/about/publications/review/archive.shtml>.
- [12]. Javier Huélamo Platas, "Visión arquitectural de UMTS, Revista Española de Electrónica – Octubre de 2000.
- [13]. Johan Langer and Gwenn Larsson, CDMA2000- A world view, Ericsson Review No. 3, 2001.
<http://www.ericsson.com/about/publications/review/archive.shtml>
- [14]. José Areste, Luis Campoy, Emilio Díaz, Lorenzo Camara, Coexistencia de sistemas 2G y 3G, Revista *Comunicaciones de Telefónica I+D* - Número 21, Junio 2001.
<http://www.tid.es/presencia/publicaciones/comsid/esp/articulos/home.html>
- [15]. Leo Van Biesen, UMTS: 3G Mobile Communication System, Synthesis of 4 FITCE Belgium & SITEL UMTS Lunch Sessions - Vrije Universiteit Brussel, Dept. ELEC - Pleinlaan 2, B-1050 Brussels, Belgium.
- [16]. Manjit Singh, Manoneet Singh, 3G wireless with respect to IMT-2000 and Beyond, ITU Telecomm 99 Review.
- [17]. María Victoria de Diego Bartolomé, UMTS: hacia una red todo IP, Revista *Comunicaciones de Telefónica I+D* - Número 24 · Enero 2002.
- [18]. Mats Nilsson, Normas de acceso radio de tercera generación, Ericsson Review Nº 3, 1999.
- [19]. Marc Goldberg, Adaptive Antenna Tutorial: Spectral Efficiency and Spatial Processing, FCC Office of Engineering and Technology - 7 September 2001.
- [20]. Per H. Lehne and Magne Pettersen, An overview of smart antenna technology for mobile communications systems, IEEE Communications Surveys - fourth quarter 1999, vol. 2 no. 4.
<http://www.comsoc.org/pubs/surveys>.
- [21]. P. Frêne, D. Rasseneur, P. Tournassoud, Evolución de la tecnología móvil hacia una multimedia toda IP, Revista de Telecomunicaciones de Alcatel - 1er Trimestre 2001.
- [22]. Rafael A. Junquera, GSM y su peregrinaje a la 3G, Revista Frecuencia Latinoamérica, Año 6 – Edición 37 – Abril 2002, Páginas 12-18.
- [23]. Rafael A. Junquera, Roaming Global, Revista Frecuencia Latinoamérica, Año 5 – Edición 30 – Agosto 2002, Páginas 32-36.
- [24]. Ramjee Prasad, Tero Ojanpera, An overview of cdma evolution toward wideband cdma, IEEE Communications Surveys - fourth quarter 1998 • vol. 1 no. 1.
<http://www.comsoc.org/pubs/surveys>
- [25]. Raúl L. Katz, María Cristina Duarte, Las telecomunicaciones en América Latina, Revista Frecuencia Latinoamérica, Año 6 – Edición 36 – Marzo 2002, páginas 16-24.
- [26]. Sören Andersson, Bengt Carlqvist, Bo Hagerman y Robert Lagerholm, Más capacidad con antenas adaptivas en las redes celulares, Ericsson Review No. 3, 1999.
- [27]. Tim Murphy, The cdma2000 packet core network, Ericsson Review No. 2, 2001.

- [28]. Torbjörn Nilsson, Hacia la comunicación multimedia móvil de tercera generación, Ericsson Review No. 3, 1999.
- [29]. V. Kumar, Comunicaciones inalámbricas más allá de la 3G, Revista de Telecomunicaciones de Alcatel - 1er Trimestre 2001.
- [30]. Werner Lessberg-Koeni, IP Móvil en 3G, Revista Frecuencia Latinoamérica, Año 6 – Edición 36 – Marzo 2002, Páginas 26-29.

WEB, artículos y white papers

- [31]. Alan Hadden, GSM Evolution: Migrating a World Standard to 3G.
<http://www.3gamericas.org>
- [32]. Adem Sehovic – GSMBOX - Mobile News - 28 Julio 2000, Hacia la tercera generación: el camino de la evolución.
http://es.gsmbox.com/news/mobile_news/all/8662.gsmbox
- [33]. All-IP 1XEV-DO Wireless Data Networks, Airvana™ Inc., a technical white papers.
<http://www.airvana.com>
- [34]. Andy Dornan – Network Magazine, GSM and TDMA Cellular Networks.
<http://www.networkmagazine.com/article/NMG20000517S0169>
- [35]. Blas Piñero Uribe, Los servicios de Tercera Los servicios de Tercera Generación.
- [36]. Cellular online, Cellular Technologies Of The World“ – Amplia información estadística sobre redes móviles.
<http://www.cellular.co.za/globalcellular.htm>
- [37]. Ericsson Inc., Datos a Alta velocidad.
http://www.3gamericas.org/pdfs/edge_data-rates_spanish_ericsson.pdf
- [38]. Ericsson Radio Systems AB, The TDMA operator path to GSM A successful transition to GSM & Evolution of TDMA.
http://www.3gamericas.org/pdfs/ericsson_tdma_gsm_white-paper-9-01.pdf
- [39]. Daniel Martín Mayorga, “Evolución de la telefonía móvil: diferencias entre Europa y América, AHCIENT on-line – Canal Inalámbricos.
<http://www.ahciet.net/ficheros/default.asp?fich=tecnologia/inalambricos/inalam01.pdf>
- [40]. David Roldan Martínez – José Manuel Huidobro, Más capacidad con antenas inteligentes.
<http://www.timagazine.com/magazine/0100/smart.cfm?id=0100/smart&clave=antenas%20OR%20smart%20OR%20telefon%EDa%20OR%20m%F3vil>
- [41]. James J. Steinbugl, Evolution Toward Third Generation Wireless Networks.
http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-99/3g_wireless/index.html

- [42]. John Scourias - University of Waterloo, Overview of the Global System for Mobile Communications, October 14, 1997.
<http://www.mdi-ng.org/es53061/overview.htm>
- [43]. José Antonio Sánchez Ortiz , Ingeniero de Telecomunicaciones, Comunicaciones Móviles.
<http://www.monografias.com/especiales/comunicamov/index.shtml>
- [44]. Juan Guillermo Lalinde, Multiplexación CDMA para Comunicaciones Móviles.
<http://www.eafit.edu.co/revista/111/lalinde.pdf>
- [45]. Judy Berck, Intel Corporation , A Brief History of PCS (Digital Cellular) Technology Development in the United States” - April, 1999.
<http://www.gsmdata.com/es53060/history.htm>
- [46]. Justin Chuang, Shailender Timiri, EDGE Compact and EDGE Classic Packet Data Performance.
www.3gamericas.org/pdfs/perf.pdf
- [47]. Niclas Wiberg - Ericsson Research, Cellular Mobile Communication Systems, March 23, 2001.
<http://www.ericsson.com>
- [48]. Nokia Whitepaper, Enhanced Data Rates for GSM Evolution EDGE - Nokia’s vision for a service platform supporting high-speed data applications.
<http://www.nokia.com>
- [49]. Nokia Whitepaper, Opening a New Road to 3G Evolution GSM in 800 MHz for TDMA and CDMA Migration.
<http://nds1.nokia.com/press/background/pdf/gsm800.pdf>
- [50]. Northstream™, White Paper on the Role of EDGE Technology.
http://www.3gamericas.org/English/Technology_Center/WhitePapers/
- [51]. Pedro Luis Chas Alonso, Evolución de UMTS, AHCIET inalámbricos.
<http://www.ahciet.net/ficheros/default.asp?fich=tecnologia/inalambricos/inalam12.pdf>
- [52]. Peter Rysavy, Rysavy Research, The evolution of cellular data: On the Road to 3G.
<http://www.gsmdata.com/es53061/3G.htm>
- [53]. Peter Rysavy, Rysavy Research, General Packet Radio Services, PCS Data Today online journal - September 30, 1998.
<http://www.gsmdata.com/es53060/paprysavv.htm>
- [54]. Report N° 9 – UMTS Forum, The UMTS Third Generation Market – Structuring the services Revenues Opportunities, UMTS Forum – September 2000.
- [55]. Richard Schmidt, Basic GSM and ANSI-136 Interoperability, SBC Technology Resources, Inc.
<http://www.3gamericas.org/pdfs/interop.pdf>
- [56]. Seong-Lyun Kim, CDMA in Wireless Networks: Introduction.
<http://forest.radio.kth.se>

- [57]. Telefónica Móviles España, S.A. – Servicios on-line Aula Datos, Introducción a las comunicaciones móviles”.
<http://www.auladatos.movistar.com/Aula-de-Datos/Tutoriales-y-Documentacion/Introduccion-a-las-comunicaciones-moviles>
- [58]. The Shosteck Group, GSM or CDMA: The commercial and technology challenges for tdma operatoprs, Published by the Cdma Development Group – CDG - June 2001.
<http://www.cdg.org>
- [59]. Wireless developer Network - *WirelessDevNet Online Training*, “Wireless Communications Today and tomorrow tutorial.
<http://www.wirelessdevnet.com/channels/wireless/training/>

Organismos internacionales

- [60]. Subsecretaría de Telecomunicaciones – Chile
<http://www.subtel.cl>
- [61]. UMTS Forum
<http://www.umts-forum.org>
- [62]. ITU – International Telecommunications Union
<http://www.itu.nt/imt/>
- [63]. GSM World Assocation
<http://www.gsmworld.org>
- [64]. 3GPP – 3G Partnership Proyect
<http://www.3gpp.org>
- [65]. 3GPP2 – 3G Partnership Proyect 2
<http://www.3gpp2.org>

ANEXOS

ANEXO 1. Tecnologías de redes celulares

Tecnologías analógicas

AMPS (Advanced Mobile Phone System)

Tecnología desarrollada por Bell Labs en la década de los 70, fue la primera en comercializarse en Estados Unidos en el año 1983. AMPS opera en la banda de los 800 MHz.

C-405

Conocido en la actualidad como Motorphone y comercializado por Vodacom SA, este estándar se instaló en Sudáfrica en la década de los 80. Opera en la banda de los 450 MHz, al igual que el C-Netz.

C-Netz

Es la tecnología celular más primitiva. Se utiliza principalmente en Alemania y Austria. Opera en la banda de los 450 MHz..

Comvik

Estándar lanzado en Suecia en agosto de 1981 por la red Comvik.

N-AMPS (Narrowband Advanced Mobile System)

Desarrollado por Motorola como una tecnología intermedia entre la analógica y la digital. Tiene una capacidad tres veces mayor que el AMPS y opera en la banda de los 800 MHz.

NMT450 (Nordic Mobile Telephones/450)

Desarrollado especialmente por Ericsson y Nokia para dar servicio en los terrenos escarpados característicos de los países nórdicos. Tiene un alcance de 25 km. y opera en los 450 MHz. Utiliza FDD FDMA.

NMT900 (Nordic Mobile Telephones/900)

Versión actualizada a 900 MHz del NMT 450, desarrollada por los países nórdicos para adaptarse a una mayor capacidad y a los portátiles. Tiene un alcance de 25 km. Utiliza tecnología FDD FDMA.

NMT-F Es la versión francesa del NMT900.

NTT (Nippon Telegraph and Telephone) Es el estándar análogo más primitivo de Japón. Existe una versión con mayor capacidad, denominada HICAP.

RC2000 (Radiocom 2000)

Sistema francés lanzado en noviembre de 1985.

TACS (Total Access Communications System)

Desarrollado por Motorola, es similar al AMPS. Se utilizó primero en el Reino Unido en 1985. En Japón se denomina JTAC. Opera en el rango de frecuencia de los 900 MHz.

Tecnologías digitales**A1-Net**

Es la denominación austriaca de las redes GSM 900.

CdmaOne

Primera generación de CDMA de banda estrecha (IS-95)

cdma2000

Nueva especificación de segunda generación CDMA MoU concebido para su inclusión en UMTS.

CT-2

Estándar para teléfonos inalámbricos digitales de segunda generación. Tiene 40 canales de voz.

CT-3

Estándar para teléfonos digitales inalámbricos de tercera generación, muy similar y precursor del DECT.

CTS

Sistema para teléfonos inalámbricos GSM. En los hogares, los teléfonos GSM-CTS se comunican con una CTS Home Base Station (HBS), que ofrece una perfecta cobertura de radio en el interior. El CTS-HBS se conecta a la red fija y ofrece lo mejor de ambas tecnologías la fija y la móvil, es decir un coste bajo, la calidad de la red telefónica pública de conmutación (PSTN), y los servicios y movilidad del GSM..

D-AMPS

El AMPS digital, es una variante del AMPS. Utiliza tres intervalos de tiempo a diferencia del TDMA. También se le conoce como IS-54. Es una actualización del estándar analógico AMPS. Diseñado para utilizar los canales existentes de una manera más eficiente, DAMPS (IS-54) emplea los mismos intervalos de canal de 30 KHz y las mismas bandas de frecuencia (824-849 y 869-894 MHz) que el AMPS. Usando TDMA en lugar de FDMA, IS-54 incrementa el número de usuarios de 1 a 3 por canal (pudiendo elevarse

a 10 con TDMA incrementado). La infraestructura AMPS/D-AMPS puede soportar la utilización de AMPS o digitales D-AMPS. Esto se debe al mandato de la FCC (Federal Communications Commission) por el que los celulares digitales en Estados Unidos deben tener capacidad dual. Ambos operan en la banda de los 800 MHz.

DCS 1800 (Digital Cordless Estandar)

Conocido en la actualidad como GSM 1800, opera en el rango de los 1.800 MHz. Es una versión de GSM a diferente frecuencia, en cuyo caso los teléfonos GSM (900 MHz) no pueden usarse en las redes DCS 1800 a menos que sean duales.

DECT (Digital European Cordless Telephone)

Comenzó como tecnología CT-3 de Ericsson pero desarrollada por la Digital European Cordless Estándar de la ETSI. Se ha concebido para que sea un estándar más flexible que el CT-2 y tenga más canales RF, alcanzando hasta 120 canales duplex de voz. Tiene además un mejor rendimiento multimedia ya que puede soportar 32Kbit/s concatenados. Usa 12 intervalos de tiempo TDMA. Ericsson ha desarrollado un móvil dual GSM/DECT.

EDGE (Enhanced Data rate for GSM Evolution)

UWC-136, próxima generación de datos dirigido a la tercera generación y a entornos multimedia construidos con GPRS. Permitirá a los operadores GSM utilizar las bandas de radio existentes para GSM y ofrecer servicios IP multimedia inalámbricos y aplicaciones a un máximo de velocidad teórica de 384 kbps con un rango de bits de 48 kbps por intervalo de tiempo y posibilidad de aumentar a 69.2 kbps en buenas condiciones de radio.

E-GPRS (Enhanced GPRS)

GPRS mejorado; otra forma de denominar a EDGE.

E-Netz

Denominación alemana de las redes GSM 1800.

GMSS (Geostationary Mobile Satellite Standard)

Estándar de interfaz de aire para satélites desarrollado a partir del GSM y creado por Ericsson, Lockheed Martin, Matra Marconi Space y los operadores de satélites Asia Cellular Satellite y Euro-African Satellite Telecommunications.

GSM (Global System for Mobile Communications)

Es el primer estándar digital europeo, desarrollado para establecer la compatibilidad móvil europea. Su éxito se ha extendido a todo el mundo y en la actualidad existen mas de 80 redes GSM en funcionamiento. Opera en la banda de los 900 MHz.

GPRS (General Packet Radio Service)

Servicio General de Radio por Paquetes. Mejora de la red central de GSM que introduce la transmisión de paquetes de datos. Utiliza muy eficazmente el espectro de radio disponible y los usuarios reciben un acceso con un ancho de banda mayor que con una conexión estándar. También se puede aplicar a las redes TDMA (ANSI-136).

IDEN (Integrated Digital Enhance Network)

Lanzado por Motorola en 1994, es un sistema de radio móvil privado para el Land Mobile Products Sector (LMPS) de Motorola que utiliza esta tecnología. Está disponible para las bandas 800 y 900 MHz y en los 1.5 GHz. Utiliza una variedad de tecnologías avanzadas como modulación M16QAM y TDMA. Permite a los operadores de Commercial Mobile Radio Service (CMRS) maximizar la capacidad de entrega y proporciona flexibilidad para añadir servicios opcionales tales como interconexión telefónica full duplex, paging alfanumérico y servicios de comunicación data/fax.

IMTFT

Mas conocido como DECT.

IS-54

Tecnología basada en TDMA y utilizada en el sistema D-AMPS a 800 MHz.

IS-95

Tecnología basada en CDMA utilizada a 800 MHz.

IS-136

Tecnología basada en TDMA.

JS-008

Estándar basado en CDMA para 1.900 Mhz.

PACS-TDMA

Estándar basado en la tecnología TDMA de 8 intervalos de tiempo, concebido primariamente para uso personal. Soportado por Motorola, tiene su origen en la especificación para acceso inalámbrico de Bellcore para aplicaciones en bandas con licencia.

PCS (Personal Communications Service)

La banda de frecuencia del PCS es de 1.850 a 1,990 MHz, abarcando un amplio rango de nuevos estándares digitales móviles como el N-CDMA y el GSM 1900. Los teléfonos para una única banda de 900 MHz no pueden ser utilizados en las redes PCS. Este estándar se utiliza en Norteamérica y Latinoamérica.

PDC (Personal Digital Cellular)

Estándar japonés basado en TDMA que opera en la banda de los 800 y 1500 MHz.

PHS (Personal Handy System)

Adaptación japonesa del TDD TDMA que ofrece servicio de datos a alta velocidad y calidad de voz. En realidad es un sistema de bucle local inalámbrico (WLL) con una cobertura de 300 m. hasta 3 km solamente.

SDMA (Space Division Multiple Access)

Pensado como un componente de la tercera generación de telefonía móvil digital (UMTS).

TDMA (ANSI-136)

TDMA se ha adoptado como el nuevo nombre del estándar móvil "Digital AMPS" (D-AMPS), Actualmente denominado ANSI-136, que se utiliza en el continente americano, la costa asiática del Pacífico y otras áreas. Los servicios TDMA se pueden prestar en las bandas de frecuencia de 800 MHz y 1.900 MHz.

TETRA (Terrestrial Trunked Radio)

Estándar abierto de trunking con tecnología digital, definido por la European Telecommunications Standardisation Institute (ETSI) para cubrir la demanda de los usuarios profesionales de radio móvil.

UMTS (Universal Mobile Telephone Standard)

Estándar para la tercera generación de telefonía móvil. Ofrece una capacidad (velocidad) de datos de <2Mbps, usando una combinación de TDMA y W-CDMA. Opera en los 2GHz.

ANEXO 2. Glosario de términos

1X

Término utilizado en cdma2000 que deriva de 1XRTT. Representa a una portadora de 1 x 1.25 MHz de ancho de banda.

1xEV (1x Evolution)

1X evolucionado. Variante de cdma2000 1X.

1xEV-DO (1X Evolution-Data Only)

1xEV solo dato

1xEV-DV (1X Evolution-Data Voice)

1xEV voz y dato

3X

Término usado en cdma2000 derivado de 3XRTT, que significa una portadora de 3 x 1.25 MHz de ancho de banda

3GPP (Third-generation Partnership Project)

Proyecto de Alianza para la Tercera Generación (UMTS). Organismo encargado de estandarizar los sistemas GSM/GPRS/UMTS

3GPP2 (Third-Generation Partnership Project 2)

Proyecto de alianza 3G/2. Organismo encargado de estandarizar los sistemas basados en IS-95 y sus derivados

AAA (Authentication, authorization and accounting)

Simbología usada para representar servicios de autenticación, autorización y auditoría.

AC (Authentication center)

Centro de autenticación

AAL2: (ATM Adaptation Layer type-2)

Capa de Adaptación de ATM de Tipo-2.

Ancho de banda

La capacidad de información de un recurso de comunicaciones, que suele medirse en bits por segundo. Véase también Banda estrecha, Banda ancha (wideband) y Banda ancha (broadband).

ANSI (American National Standards Institute)

Instituto Nacional Americano de Estándares, organismo de normalización de Estados Unidos

API (Application program interface)

Interfaz de programa de aplicación

ARIB (Association of Radio Industry Businesses)

Asociación de Empresas del Sector de Radio, órgano de normalización japonés

ATM (Asynchronous Transfer Mode)

Modo de transferencia asíncrono

Tecnología de transmisión de banda ancha que constituye la base de la red de telecomunicaciones mundial. La ATM descompone los flujos de información en pequeñas células de longitud fija de 53 bytes. Las células de cualquier tipo de tráfico (voz, multimedia, datos o vídeo) pueden entremezclarse entre sí. El ATM opera a velocidades de 25,155 y 622 Mbps

Banda ancha (wideband)

Clasificación de la capacidad de información o ancho de banda de un canal de comunicación. Suele emplearse para anchos de banda entre 64 Kbit/s y 2 Mbit/s

Bluetooth

Nueva tecnología nacida por iniciativa internacional entre Ericsson, IBM, Intel, Nokia y Toshiba diseñada para su incorporación en dispositivos electrónicos a fin de proporcionar conexiones inalámbricas y sin discontinuidades en distancias cortas. La idea es proporcionar una alternativa más fácil de utilizar a las interfaces por cable utilizadas actualmente para enlazar los computadores y los periféricos. Otros dispositivos en los que podrían incorporarse los chips Bluetooth son los teléfonos móviles, los asistentes digitales personales, los microteléfonos y los relojes de pulsera. Utilizará enlaces de radio de corto alcance en la "banda libre" de Instrumentación Científica y Médica (ISM) de 2,45 GHz.

Bps (bits per second)

Unidad básica de medida para transmisiones de datos. Significa el número de piezas de información transmitidas por segundo.

CAMEL (Customized Application for Mobile Enhanced Logic).

Lógica Mejorada Móvil Personalizada. Tecnología utilizada en redes GSM

CDMA (Code Division Multiple Access)

Acceso múltiple por división de código. Técnica de acceso múltiple empleada por las interfaces de aire cdmaOne, cdma2000 y WCDMA. Tecnología a caballo entre la segunda generación y la tercera generación (3G) de los sistemas de Radiocomunicaciones Celulares móviles. En el CDMA los canales de comunicaciones se crean asignando un esquema de codificación especial a los flujos de información. Los sistemas de radiocomunicaciones celulares de segunda generación basados en el AMDC se utilizan en partes de Asia y de América del Norte y del Sur. Es probable que nuevas variaciones del AMDC constituyan la base de muchos sistemas celulares de la tercera generación.

Célula o celda

Unidad geográfica básica de un sistema de comunicación celular. La cobertura del servicio de un área determinada se basa en una red de células entrelazadas, cada una de las cuales tiene en el centro una estación base de radio (transmisor/receptor). El tamaño de cada célula depende del terreno y del número de usuarios.

Célula de radio

El área a la que sirve una estación base de radio en un sistema de comunicaciones celulares o inalámbricas. De aquí procede el término "celular". El tamaño de las células oscila entre unas pocas decenas de metros y varios kilómetros.

Conmutación de circuitos

La base de la gestión de las llamadas telefónicas, en la que se establece una conexión de circuito entre la persona que llama y la que recibe la llamada. Esta conexión se mantiene abierta durante toda la llamada, aun cuando no se esté transmitiendo ninguna información (voz, datos, imágenes o vídeo). Su alternativa es la conmutación de paquetes.

Conmutación de paquetes

Técnica de transmisión de red central con la que se divide la información en "paquetes" de datos que se encaminan de forma independiente a través de la red a lo largo de distintas rutas hasta su destino final. Resulta atractiva para el acceso móvil porque el espectro de radio sólo se utiliza cuando realmente se están transmitiendo datos. Su alternativa es la conmutación de circuitos. GPRS es una tecnología basada en paquetes diseñada para redes móviles digitales.

Comunicaciones asimétricas

Comunicaciones bidireccionales en las que los volúmenes de tráfico en ambas direcciones son significativamente distintos, como sucede con la televisión a la carta.

Comunicaciones simétricas

Comunicaciones bidireccionales en las que en ambas direcciones fluyen volúmenes iguales de información. Una llamada de videoconferencia sería simétrica, el vídeo a la carta, no.

Comunicaciones en tiempo real

Servicio de comunicaciones (generalmente bidireccional) en el que el destinatario recibe instantáneamente la información enviada en un flujo continuo. Las llamadas telefónicas y las videoconferencias se producen en tiempo real; el correo electrónico y el acceso a bases de datos, no.

Convergencia

En el contexto de las comunicaciones móviles, "convergencia" significa muchas cosas. Existe convergencia entre diversos sectores, como el de telecomunicaciones, el de información, el de medios de comunicación y el de ocio; también está la convergencia de tecnologías, por ejemplo, entre las comunicaciones fijas y móviles o entre las telecomunicaciones y la informática; asimismo, existe convergencia entre los propios estándares de comunicaciones móviles.

Core Network

Infraestructura de red física a la que se conecta la red de acceso por radio en las redes móviles.

EPOC

Sistema operativo para terminales móviles multimedia que está desarrollando Symbian.

ETSI (European Telecommunications Standards Institute)

Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones. Su finalidad consiste en establecer estándares que permitan al mercado internacional de las telecomunicaciones funcionar como uno solo.

Ethernet

La tecnología LAN más ampliamente instalada. Normalizada como IEEE 802.3, una LAN Ethernet utiliza protocolo de acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones (CSMA/CD, Carrier Sense Multiple Acces with Collision Detection) (originalmente desarrollado para gestionar comunicaciones de datos en una base radioeléctrica, de ahí el nombre Ethernet) que circula por un cable coaxial o por hilos de pares trenzados. Los sistemas Ethernet más comúnmente instalados se denominan 10BASE-T y proporcionan velocidades de transmisión de hasta 10 Mbps. Fast Ethernet, o el 100BASE-T10, proporciona velocidades de transmisión de hasta 100 Mbps, y suele utilizarse para los sistemas troncales

LAN, dando soporte a estaciones de trabajo con cartas 10BASE-T. Gigabit Ethernet proporciona un nivel aún mayor de soporte de enlaces troncales a 1 Gbps.

Frame Relay

Retransmisión de trama. Método de transmisión de alta velocidad, que conmuta paquetes o datos a través de su red hacia su destino. El acceso a la red se consigue mediante dispositivos de acceso con retransmisión de tramas (FRAD, Frame Relay Acces Device) que traducen los datos (por ejemplo, Ethernet, Token Ring) en paquetes con retransmisión de tramas. La red establece un circuito virtual que es un trayecto hacia el destino. La retransmisión de tramas es más popular en Estados Unidos que en Europa, pero los principales operadores europeos ofrecen servicio de retransmisión de tramas. La retransmisión de tramas puede operar a velocidades de hasta 45 Mbps, ya que es un sistema de poco peso sin corrección de errores, basado en la integridad de los medios físicos de fibra óptica.

FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunications Systems)

Futuro Sistema de Telecomunicaciones Móviles Terrestres. Término inicial para lo que ahora se denomina IMT-2000.

FWA (Fixed Wireless Access)

Acceso inalámbrico fijo. Término que describe un medio general de proporcionar la última "milla" de enlace a los abonados de la red de telecomunicaciones fija mediante tecnología radioeléctrica. El FWA suele instalarse en zonas rurales en las que el coste de los bucles locales cableados puede ser particularmente alto y en proyectos en los que resulta particularmente importante la rápida instalación de nuevas conexiones de abonados de telecomunicaciones.

Hand-over

Término consistente en el paso de una señal de llamada desde una estación base hacia la próxima en la medida que el terminal móvil se desplaza fuera del rango de la celda

HTML (Hypertext Markup Language)

Lenguaje de marcación de hipertexto. Lenguaje de descripción de página utilizado por los diseñadores de páginas Web para crear contenido de información para la malla mundial multimedios (World Wide Web)..

HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)

Datos con conmutación de circuitos a alta velocidad. Tecnología dedicada de comunicaciones de datos con Conmutación de circuitos para sistemas GSM, que eleva las velocidades de datos GSM desde la velocidad ordinaria de 9,6 kbps a 14,4 kbps en un único canal de tráfico y, utilizando técnicas de multiplexación, hasta 57,6 kbps. EDGE elevará aún más las velocidades HSCSD.

IMT-2000 (International Mobile Communications 2000)

Sistema de Comunicaciones Móviles Internacionales 2000. La iniciativa de la UIT para un servicio que proporcione acceso de radio a la infraestructura de telecomunicaciones de todo el mundo a través de sistemas terrestres y por satélite, atendiendo a las necesidades de usuarios fijos y móviles en redes públicas y privadas. En otras palabras, servicios de tercera generación.

ITU (International Telecommunication Union)

Unión Internacional de Telecomunicaciones. Órgano de las Naciones Unidas responsable de la coordinación de las actividades internacionales relacionadas con las telecomunicaciones, especialmente en las áreas de definición de estándares, asignación del espectro de radio y legislación.

Interfaz de aire

Interfaz de radio entre un equipo móvil de comunicaciones y la estación base.

Internet

Red mundial de redes informáticas en la que los usuarios en un computador pueden, si tienen permiso, obtener información de otro computador. La idea fue concebida por la Advanced Research Projects Agency (ARPA) del gobierno de EE.UU. en 1969 y se denominó primero Arpanet. Desde entonces se ha desmilitarizado y comercializado, y potenciado con una serie de invenciones e innovaciones, de las cuales no es la menor el hojeador Web inventado por un equipo dirigido por Tim Berners-Lee en 1991 en el CERN, el Laboratorio Europeo de Física de las Partículas. Es la base de la malla mundial multimedios (World Wide Web) que ha tenido tanto éxito que se confunde a menudo en la conversación popular con la propia Internet. Nombre dado al conjunto internacional de redes y pasarelas que utilizan el protocolo TCP/IP y que funciona como una sola red virtual.

ISDN (Integrated Services Digital Network)

Red Digital de Servicios Integrados. Red pública de telecomunicaciones digitales en la que se pueden ofrecer múltiples servicios (voz, datos, imágenes y vídeo) mediante interfaces de terminal estándar

ISP (Internet Service Provider)

Proveedor de servicios Internet. Punto de acceso a la Internet para pequeños comercios y usuarios individuales. El ISP proporciona a sus clientes acceso por marcación a su encaminador, que retransmite el tráfico a los servidores Web por la Internet.

LAN (Local Area Network)

Red de área local. Una LAN es un modo de interconectar computadores a velocidades relativamente altas en una zona geográfica relativamente pequeña. Las LAN inter pares asignan la misma categoría a todos los computadores a ellas conectados. Una LAN dotada de un servidor dirige aplicaciones y

almacena datos en un computador designado como el servidor con otros computadores que actúan como estaciones de trabajo. Una LAN puede servir a unos cuantos usuarios o a varios miles de ellos.

MODEM (MODulador/DEModulador)

Dispositivo que convierte las señales digitales procedentes de un computador en tonos analógicos compatibles con todas las redes telefónicas, y viceversa. Permite efectivamente a los conmutadores utilizar redes telefónicas para la comunicación con otros computadores. El término módem de la RDSI que se utiliza actualmente es incorrecto estrictamente hablando, ya que la señal en ambos extremos de un módem RDSI es en realidad digital. El término correcto debería ser adaptador de terminal RDSI.

IN (IN, Intelligent Network)

Red inteligente. Arquitectura de red telefónica en la que están separadas las funciones de conmutación y de servicio, lo cual añade gran flexibilidad al diseño de las redes telefónicas permitiendo añadir o cambiar servicios sin tener que rediseñar el equipo de conmutación. Una cierta parte del número marcado puede desencadenar una petición de un servicio específico que puede ser tratada por equipo distinto del propio conmutador telefónico.

IP (Internet Protocol)

Véase también TCP/IP

Multimedia

En el contexto de las comunicaciones móviles, servicio que puede combinar información de voz, datos, gráficos y vídeo.

Red fija inalámbrica (o fija celular)

Esta aparente contradicción terminológica hace referencia a una red celular creada para prestar servicio a abonados fijos en vez de móviles. Cada vez más utilizadas por su rapidez y economía a la hora de ofrecer nuevos servicios telefónicos, ya que evita tener que instalar grandes cableados.

Radiocomunicación Celulares

Las radiocomunicaciones celulares constituyen la tecnología que ha hecho posible la telefonía móvil en amplia escala (antes de las radiocomunicaciones celulares el problema de la telefonía móvil como concepto era saber cómo conseguir que grandes números de usuarios compartiesen pequeñas cantidades de espectro radioeléctrico). Las radiocomunicaciones celulares resolvieron este problema al permitir la reutilización de las mismas frecuencias radioeléctricas asignándolas a células que estaban suficientemente separadas para evitar una interferencia apreciable. El acceso múltiple por división de frecuencia (AMDF) (FDMA) fue la base de los sistemas de radiocomunicación celular de la primera generación. Los sistemas de radiocomunicación celular de la segunda generación (la generación actual)

utilizan técnicas digitales tales como el AMDT (TDMA) y el AMRC (CDMA) para dar soporte a comunicaciones de voz y de datos limitados a alta velocidad binaria. Los sistemas de la tercera generación 3G darán soporte a aplicaciones multimedios móviles de voz y de datos a alta velocidad (véase Banda estrecha, Banda amplia).

RTC

Red Telefónica Conmutada pública. Red telefónica ordinaria con cable.

RACE

Iniciativa europea de I+D que comenzó en la década de 1980. Fue el punto de partida de algunos de los avances de radio que se están empleando en la actualidad en los sistemas móviles para los servicios de la tercera generación.

Red de acceso por radio

Parte de una red móvil que se encarga del acceso de los abonados, incluyendo las estaciones de base de radio y el control de los nodos de concentración.

Roaming (itinerancia)

Posibilidad de que un usuario de teléfono móvil o inalámbrico viaje de red en red, con absoluta continuidad de comunicaciones. Técnicamente hablando, cuando el móvil se desplaza automáticamente establece procedimientos de comunicación con diferentes estaciones base.

Router (encaminador)

Dispositivo, o en algunos casos soporte informático de un computador, que determina el punto de red siguiente al que debe remitirse un paquete de camino a su destino. Normalmente un paquete viajará a través de cierto número de puntos de red con routers antes de llegar a su destino.

RLL/WLL (Radio in the Local Loop/Wireless Local Loop)

Radio en Bucle de Abonado/Bucle Local Inalámbrico. Uso de la tecnología de acceso por radio para enlazar a abonados en la red pública fija de telecomunicaciones. El enlace de radio sustituye al tradicional bucle local cableado, aunque el usuario posea lo que aparentemente es una conexión fija ordinaria.

Servicios 3G

Abreviatura de servicios de "tercera generación", aplicados generalmente a los servicios móviles de banda ancha.

SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

Jerarquía digital síncrona. Antes de la SDH, las redes eran sumamente rígidas y se tardaba mucho en crear un nuevo enlace entre dos puntos. Establecer nuevos servicios podía tardar meses. Al final de la década de los 80 los operadores y suministradores normalizaron primero la SONET y adoptaron luego normas SDH para la transmisión óptica. Utilizando multiplexores de adición / extracción, pueden añadirse o extraerse rápida y fácilmente de la red nuevas señales. La red puede entonces ser monitorizada centralmente, con lo cual gana en flexibilidad y fiabilidad. Cuando se produce una avería, el tráfico puede reencaminarse tan fácilmente que el usuario ni siquiera se da cuenta de que algo no va bien.

SMS (MSS Mobile-Satellite Service)

Servicio móvil por satélite

Sistema de comunicaciones por satélite diseñado principalmente para dar soporte a terminales móviles. Algunos SMS utilizan sistemas de satélite en órbita terrena baja (LEO) para su infraestructura. Los satélites LEO tienen la ventaja de ser más pequeño y más barato de construir y de lanzar que los satélites geoestacionarios. Además, al estar a altitudes menores, son más fáciles de acceder por los microteléfonos móviles. Pueden también cubrir partes del mundo en las que de otro modo sería antieconómico proporcionar una infraestructura de telecomunicaciones. Entre los operadores del SMS se hallan Globalstar, Inmarsat, ICO e Iridium.

Symbian

Trabajo conjunto con Motorola, Nokia y Psion enfocado a asumir un rol de liderazgo en la rápida expansión del mercado de dispositivos de información inalámbricos. Symbian está desarrollando el sistema operativo EPOC.

Sincrónico

Tipo de transmisión en la cual la transmisión y la recepción de los datos están sincronizadas por un reloj común y los datos son usualmente transmitidos en bloques más que en caracteres individuales.

Sistema Móvil

Consiste de una red de celdas. Cada una de las celdas es servida por una estación base desde donde las llamadas son enviadas/recividas hacia y desde un teléfono móvil vía una señal de radio

RTT (Radio Transmisión Technology)

Tecnología de Transmisión por Radio. Definición genérica dada a la interfaz de radio que enlaza a los terminales móviles con las estaciones base.

Telefonía IP

Se conoce también como telefonía Internet o voz por IP (VoIP). Utilización del protocolo Internet (IP, véase TCP/IP) para cursar y encaminar comunicaciones vocales bidireccionales: la telefonía IP puede dar soporte a enlaces teléfono a teléfono mediante adaptadores adecuados, pero también a comunicaciones de voz de teléfono a terminal IP (como un PC con tarjeta de sonido) o de terminal IP a terminal IP. La técnica promete reducir drásticamente los costos a los operadores y por ende los precios a los usuarios finales, pero aún presenta problemas de calidad.

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

Protocolo de control de transmisión/protocolo Internet

Nombre colectivo de conjuntos de protocolos en que se basa la Internet. TCP e IP son los más conocidos de ese conjunto, pero no son en modo alguno los únicos. TCP garantiza que cada byte enviado desde un puerto llega al otro en el mismo orden y sin duplicación ni pérdida. IP asigna direcciones IP locales a direcciones de red física, proporcionando una estructura que puede ser reconocida por los Encaminadores (Routers). Otros miembros de la familia TCP/IP son el protocolo Telnet, que permite a un terminal distante entrar en el sistema de otro anfitrión, el Sistema de nombre de dominios (DNS, Domain Name System), que permite a los usuarios designar a los anfitriones por su nombre en lugar de tener que saber sus direcciones IP numéricas, el Protocolo de transferencia de ficheros (FTP, File Transfer Protocol), que define un mecanismo para almacenar y recuperar ficheros, y el protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP, HyperText Transfer Protocol), que permite transferir información desde computadores centrales a computadores equipados con navegadores Web.

TDMA (Time Division Multiple Access)

Acceso Múltiple por División de Tiempo. Acceso múltiple por división en el tiempo. TDMA es un método general para crear sistemas de radiocomunicaciones celulares de la segunda generación, en el que los canales de comunicaciones se crean asignando intervalos de tiempo a flujos de información. TDMA es la tecnología de base para los sistemas de radiocomunicaciones celulares digitales D-AMPS, GSM y PDC.

Tercera generación

Tercera generación de Radiocomunicaciones Celulares para telefonía móvil. Proyectada para su puesta en circulación desde 2001, 3G será la primera tecnología de radiocomunicaciones celulares diseñada desde su inicio para dar soporte a las comunicaciones de datos de banda ancha, al igual que lo hace con las comunicaciones vocales. Constituirá la base de una sociedad de información inalámbrica en la que el acceso a la información y a servicios de información tales como el comercio electrónico estará disponible para todos en cualquier momento y lugar. El marco técnico de 3G está siendo definido por la UIT con su programa de telecomunicaciones móviles internacionales 2000 (IMT-2000).

TIA (Telecommunications Industry Association)

Asociación de Estados Unidos que agrupa a la industria de las telecomunicaciones.

UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network)

Red de Acceso Radio Terrestre de UMTS.

UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access)

Acceso por Radio Terrestre UMTS. Denominación del ETSI para el WCDMA.

USIM (User Service Identity Module)

Modulo de Identidad de Servicios de Usuario.

UWC (Universal Wireless Consortium)

Agrupación sectorial que representa los intereses de los distribuidores, los operadores y los usuarios de las redes móviles AMPS y TDMA (ANSI-136).

VoIP

Véase telefonía IP

VPN (Virtual Private Network)

Red privada virtual. Persigue todos los fines y objetivos de una red privada, pero en realidad es simplemente el acceso a una red compartida. Una gestión cuidadosa y la garantía de la calidad de los niveles de servicio aseguran que los clientes empresariales consigan la privacidad y las facilidades que desean, pero a un coste inferior.

WAP (Wireless Applications Protocol)

Protocolo de Aplicaciones Inalámbrico. Estándar internacional abierto para el acceso a servicios en línea desde teléfonos móviles de pantalla reducida.

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access)

Acceso múltiple por división de código de banda amplia

Modo de acceso propuesto para la interfaz radioeléctrica de los sistemas de Radiocomunicaciones celulares, 3G o de la tercera generación. Divide el espectro radioeléctrico disponible en portadoras de información de gran eficacia basadas en un esquema de codificación especial. Se caracteriza por su alta capacidad, pequeño radio de las células y transmisión radioeléctrica de espectro ensanchado. Tecnología de interfaz de radio seleccionada por los principales operadores de comunicaciones móviles de Japón y -- desde enero de 1998-- por el ETSI, para el acceso de banda ancha por radio con el fin de prestar

servicios de tercera generación. Esta tecnología ha sido perfeccionada para admitir servicios multimedia de muy alta velocidad, como vídeo de animación, acceso a Internet y videoconferencias.

WDM (Wave Length Division Multiplexing)

Multiplexación por división de longitud de onda. Modo de obtener más información de un cable de fibra óptica utilizando diferentes longitudes de onda de la luz (es decir, diferentes colores dentro del espectro de frecuencias luminosas) para actuar como múltiples portadoras. Números típicos de longitudes de ondas utilizados son 4, 8 y 16, aunque en los laboratorios el láser se ha dividido en 32 e incluso 100 canales. Teóricamente, la WDM podría permitir cursar todo el tráfico de datos de EE.UU. simplemente por un par de fibra óptica.

XML (EXtensible Mark-up Language)

Lenguaje de marcación ampliable. Nueva forma de crear contenido de información para la malla mundial multimedios (World Wide Web). Complemento del HTML, el XML no sólo describe la apariencia de los elementos de una página Web, sino también la función. El XML debe permitir aplicaciones interactivas avanzadas en telebanca, comercio electrónico y muchas otras áreas por crear de manera más fácil y efectiva, y debe mejorar drásticamente los tiempos de acceso a la Web, especialmente de los usuarios profesionales y residenciales.

WIN (Wireless intelligent network)

Red inalámbrica inteligentes.

World Wide Web (WWW)

Nombre que suele aplicarse a la Internet pública internacional