

# Capítulo 1.

## Hacia la Tercera Generación en Sistemas de Comunicación Móvil.

Las comunicaciones inalámbricas han capturado la atención y la imaginación del público, siendo claro que se han convertido en el segmento de mayor y más rápido crecimiento dentro del área de las telecomunicaciones. Sus principales ingredientes han sido el deseo de movilidad en la comunicación y la ruptura de las conexiones físicas a la red. Por otra parte, la visión de los beneficios de los sistemas inalámbricos futuros se resume en escenarios que posibilitarán servicios múltiples que irán desde una simple conversación telefónica hasta la transferencia de archivos o videoconferencias sin restricciones de lugar y tiempo.

La telefonía móvil ha tenido distintos grados de evolución y a estas etapas se les ha denominado generaciones, así desde el comienzo de la era de la telefonía celular en 1979, [Ref. 1.1] las comunicaciones móviles sin duda alguna han experimentado un enorme crecimiento desarrollándose diversas tecnologías y sistemas para dar servicios de comunicación inalámbrica.

En general el desarrollo de los sistemas celulares en sus diferentes generaciones se ha dado como se indica en la Fig. 1.1.

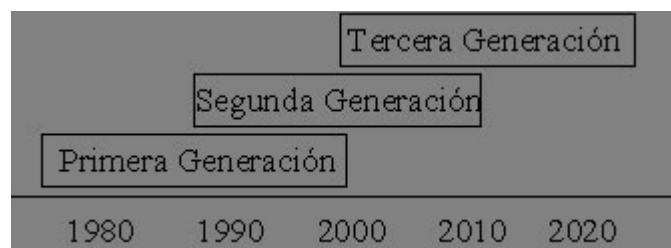


Fig. 1.1 Desarrollo de los Sistemas de Comunicaciones Móviles [Ref 1.1].

## **1.1 Primera Generación (1G).**

Los sistemas móviles de primera generación se caracterizaban por realizar la transmisión analógica de servicios de voz con baja calidad, con una velocidad de 2400 baudios y utilizando para su funcionamiento la técnica de Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA), lo que hacía a estos sistemas limitados en relación al número de usuarios a los que podía dar servicio, además de contar con una limitada capacidad de roaming [Ref. 1.2].

El primer sistema celular analógico comercial empezó a operar en Japón en 1979 desarrollado por la compañía de Telefonía y Telegrafía de Japón (NTT) [Ref.1.2]. En 1981 se introduce el sistema Nordic Mobile Telephone System o NMTS450 que empezó a operar en Dinamarca, Suecia, Finlandia y Noruega en la banda de 450 MHz [Ref. 1.3]. Por su parte en Estados Unidos a partir de 1983 comenzó a utilizarse el sistema AMPS (Advanced Mobile Phone Service) que operaba en la banda de los 800 MHz y ofrecía 666 canales divididos en 624 canales de voz y 42 canales de señalización con 30 Khz cada uno [Ref. 1.4]. En 1985 Gran Bretaña a partir de AMPS adoptó el sistema TACS (Total Access Communications System), el cual contaba con 1000 canales de 25 Khz cada uno y que operaba en la banda de 900 MHz [Ref. 1.3]. Durante la década de los 80's fueron apareciendo otros sistemas de primera generación como el estándar Alemán C-Netz y French Radiocom 2000 de Francia entre otros [Ref. 1.3].

La tabla 1.1 muestra los sistemas de telefonía celular analógicos de mayor relevancia, haciendo mención de la cantidad de canales con que contaban estos sistemas y el ancho de banda que requería cada uno de sus canales.

| Sistema         | País         | No. de Canales | Espaciado (kHz) |
|-----------------|--------------|----------------|-----------------|
| AMPS            | EE.UU.       | 832            | 30              |
| C - 450         | Alemania     | 573            | 10              |
| ETACS           | Reino Unido  | 1240           | 25              |
| JTACS           | Japón        | 800            | 12.5            |
| NMT - 900       | Escandinavia | 1999           | 12.5            |
| NMT - 450       | Escandinavia | 180            | 25              |
| NTT             | Japón        | 2400           | 6.25            |
| Radiocom - 2000 | Francia      | 560            | 12.5            |
| RTMS            | Italia       | 200            | 25              |
| TACS            | Reino Unido  | 1000           | 125             |

Tabla 1.1 Sistemas de Telefonía Celular Analógica [Ref. 1.5].

## 1.2 Segunda Generación (2G).

Ante la limitada cantidad de canales que se pueden tener en un ancho de banda con el método de Acceso Múltiple por División de Frecuencias (FDMA) empleado en la primera generación, se propusieron nuevas alternativas para incrementar la cantidad de usuarios simultáneos en los sistemas. Surge entonces TDMA (Time Division Multiple Access) y CDMA (Code Division Multiple Access) como tecnologías predominantes de esta segunda generación. Apareciendo en 1993 IS-95 (Interim Standard 95) como el primer sistema en usar CDMA [Ref. 1.6], mientras que un año después surge IS-136 (Interim Standard 136) como primer sistema con tecnología TDMA [Ref. 1.6].

Esta segunda generación se caracteriza por ser digital, en lugar de analógica como lo fue la primera. De esta forma la digitalización trajo consigo la reducción de tamaño, costo y consumo de potencia en los dispositivos móviles, así como nuevos servicios tales como identificador de llamadas, envío de mensajes cortos (SMS Short Message Service), mensajes de voz y conferencia tripartita entre otros.

Además dentro de los sistemas de telefonía celular de segunda generación se logró soportar una velocidad de información de 9.6 kbit/s, siendo esta velocidad más alta para voz con respecto a la primera generación pero muy limitada para la comunicación de datos. Otro punto a destacar de los sistemas de segunda generación es que se tuvo avances significativos en seguridad, calidad de voz y de roaming.

Dentro de los sistemas de telefonía celular de segunda generación destacan: GSM, TDMA IS-136, y CDMA IS-95.

### **1.2.1 GSM.**

Europa empezó la era de la telefonía celular con diferentes interfaces aéreas analógicas e incompatibles entre sí, surgiendo la necesidad de estandarizar todos los sistemas en uno sólo con un roaming transparente entre los países que contasen con este sistema. Ante este problema se impulsó el desarrollo de un nuevo estándar para las comunicaciones móviles. Así en 1982 la CEPT (*Conférence Européenne des Postes et Télécommunications*) tomó la iniciativa de poner en marcha un grupo de trabajo llamado *Groupe Spécial Mobile* (GSM), acrónimo que posteriormente cambió su significado por el de *Global System for Mobile Communications*, que se encargó de especificar un sistema de comunicaciones móviles común para Europa en las banda de 900 MHz, banda que había sido reservada por la World Administrative Radio Conference (WARC) en 1978 [Ref. 1.3].

En 1988, los países europeos firmaron un acuerdo de intenciones (*MOU: Memorandum of understanding*) en el que se comprometían a cumplir las especificaciones y adoptar el estándar GSM como único, esto después de haberse realizado pruebas de

campo al sistema GSM en Francia. Así en enero de 1992 empezó a operar el primer sistema comercial GSM desarrollado por la compañía Oy Radiolinja AB en Finlandia [Ref. 1.6].

Los sistemas GSM usan una combinación de las técnicas de acceso múltiple FDMA, TDMA y SFH (Slow Frequency Hopping) en un espectro total de 25 MHz. FDMA divide esos 25 MHz en 124 frecuencias portadoras de 200 KHz cada una. Cada canal de 200 KHz es entonces dividido en 8 ranuras de tiempo utilizando TDMA. Bajo este esquema los sistemas GSM soportan velocidades de hasta 9.6 kbit/s. Los sistemas basados en GSM operan en la banda de 900 MHz y 1.8 GHz excepto en Estados Unidos donde se opera en la banda de 1.9 GHz. Este sistema celular GSM 1900 ha operado en los EUA desde 1996.

### **1.2.2 TDMA IS-136.**

Este sistema fue introducido por la compañía AT&T, siendo el objetivo principal de este estándar digital el aumentar la capacidad dentro de la banda de los 800 MHz respecto al sistema AMPS. Por ello TDMA IS-136 es también conocido como Digital AMPS (DAMPS).

Un prerequisite para el sistema TDMA IS-136 era que los teléfonos móviles debían funcionar con los canales analógicos ya existentes y con los nuevos canales digitales, trabajando en un modo dual (*Dual Mode*) coexistiendo ambos sistemas. La especificación IS-36 es una evolución completamente digital de AMPS. Por tal motivo el ancho de banda de los canales en IS-136 fue de 30KHz y utiliza la técnica de acceso múltiple TDMA (Time Division Multiple Access); así en este sistema se transmiten tres canales por cada portadora de 30 KHz incrementando en 3 veces la capacidad con respecto al sistema

analógico AMPS. Además TDMA IS-136 permitió velocidades de hasta 9.6 Kbps para transferencia de información.

### **1.2.3 CDMA IS-95.**

A principios de la década de los 90's la compañía Qualcomm desarrolló un sistema celular basado en la técnica de acceso múltiple CDMA (Code Division Multiple Access). En 1993 el sistema creado por Qualcomm fue modificado y adoptado por la TIA bajo el nombre Interim Standard 95 (IS-95), conocido también como cdmaOne. En 1995 finalmente fue el lanzamiento del primer sistema comercial basado en CDMA IS-95A en Hong Kong por el operador Hutchison Telecom [Ref. 1.4]. Este estándar fue creado para trabajar en las bandas de 800 y 1900 MHz.

CDMA IS-95 es un sistema que soporta servicios de datos mediante conmutación de circuitos a velocidades entre 9.6 kbit/s y 14.4 kbit/s. Siguiendo la evolución del sistema IS-95 surge el protocolo IS-95B basándose en conmutación de paquetes. El sistema IS-95B es considerado de generación 2.5, ofreciendo una velocidad máxima de transferencia de datos de 64 kbit/s, manteniendo compatibilidad hacia atrás con los sistemas existentes de IS-95A.

A diferencia del ancho de banda de los canales en los sistemas GSM y TDMA, en CDMA se utiliza un espectro de 1.25 MHz donde cada usuarios tiene acceso y él, contando cada usuario con un código para poderse diferenciar del resto de los usuarios y optimizando de esta forma el uso del espectro. Por lo anterior con CDMA se incrementa la capacidad del sistema de 10 a 15 veces comparado con AMPS, y más de tres veces comparado con los

sistemas basados en TDMA. CDMA además ofrece capacidades de seguridad y privacidad al incorporar un sistema criptográfico de autenticación ya que no sólo hace uso de códigos pseudoaleatorios sino que agrega una máscara mediante el proceso de scrambling para evitar la interceptación de las señales.

### **1.3 Segunda Generación y Media (2.5G).**

El auge que tuvo Internet durante la década de los 90's, ha influido grandemente en los sistemas de comunicación móviles. Esto se ha podido observar en la última etapa de la segunda generación llamada 2.5G, la cual ofrece servicios de navegación por internet (de manera muy limitada: sólo texto y sin formato) y de envío de mensajes (SMS). De esta forma muchos de los proveedores de servicios de telecomunicaciones han evolucionado hacia las redes 2.5G antes de entrar masivamente a la tercera generación tomando en consideración factores económicos más que por falta de disponibilidad tecnológica.

La generación 2.5G corresponde a mejoras tecnológicas en las redes 2G con tendencia a entregar capacidades 3G con una velocidad que puede llegar hasta los 384 kbit/s, ya adecuada para muchas aplicaciones en la transferencia de datos.

#### **1.3.1 Evolución de GSM Hacia 3G**

##### **1.3.1.1 HSCSD (High Speed Circuit-Switched Data)**

HSCSD aumenta la capacidad de transmisión de GSM agrupando hasta 8 time-slots de un canal con velocidades de  $N \times 9.6$  kbit/s con valores de N desde 1 hasta 8, pudiendo HSCSD transmitir hasta 57.6 kbit/s en modo circuito conmutado. Aquí el número de time-slots utilizado puede ser variable dependiendo de la saturación de la celda donde se

encuentre el móvil pero el ancho de banda no se utiliza eficientemente pues se trata de conmutación de circuitos.

## EVOLUCIÓN DESDE GSM HACIA IMT-2000

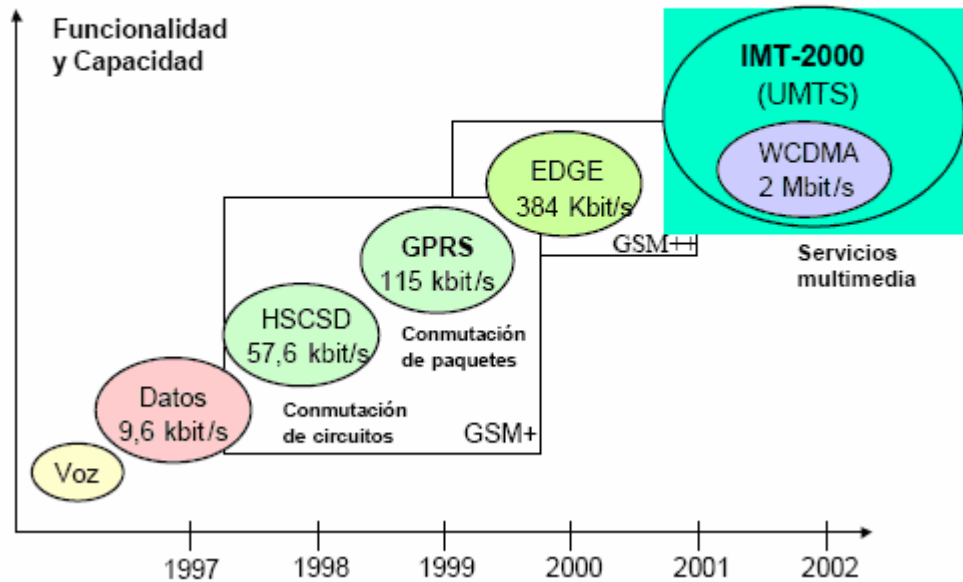


Fig. 1.2 Evolución de GSM hacia IMT-2000 [Ref.1.7].

### 1.3.1.2 GPRS (General Packet Radio Service).

GPRS añade conmutación de paquetes a la red GSM agregando nuevas entidades funcionales. Con GPRS 8 usuarios pueden compartir un único time-slot que antes se asignaba sólo a uno, además cada usuario puede utilizar hasta 8 time-slots logrando 115 kbit/s teóricos.

### 1.3.1.3 EDGE (Enhanced Data-rates for GSM Evolution)

EDGE, también llamado GSM384 alcanza una velocidad de transmisión de 384 kbit/s. EDGE tiene aplicación en ambientes urbanos con movimientos lentos o casi



estacionarios. Se acerca a las velocidades consideradas como de tercera generación particularmente en exteriores.

### **1.3.2 Evolución de cdmaOne hacia 3G.**

En el caso de las redes basadas en cdmaOne (IS-95A) de banda estrecha, la transición hacia la tercera generación consiste de dos pasos migratorios: IS-95B e IS-95C.

La norma IS-95B ofrece una velocidad de 64 kbit/s durante la operación (en ráfagas) del móvil. Esta velocidad de transferencia ya es adecuada para acceso a Internet y aplicaciones que requieran velocidades medias, particularmente en áreas de bajo tráfico (suburbano/rural).

IS-95C también conocida como 1XRTT o Cdma2000-fase-1 emplea un canal de 1.25 MHz de ancho de banda y ofrece una velocidad de 144 kbit/s para aplicaciones móviles y estacionarias.

### **1.4 Tercera Generación (3G).**

La primera y segunda generación de sistemas de comunicación móvil tuvieron como objetivo primordial dar soporte a comunicaciones de voz y aunque pueden ser usadas para transmitir datos a baja velocidad, no satisfacen los requerimientos de transmisión de grandes volúmenes de información a altas velocidades entre terminales inalámbricas y la red fija necesarios para aplicaciones como videoconferencia, conexión a internet, video y audio.

Ante el crecimiento de usuarios que buscan un servicio eficiente ya no sólo de telefonía celular sino además de acceso a servicios multimedia y transferencia de

información ha provocado la saturación en la capacidad de los sistemas, es decir la cantidad de usuarios que pueden compartir simultáneamente el ancho de banda es rebasada para mantener un nivel de calidad adecuado.

Fundamentalmente la manera de atacar el problema de capacidad en un sistema es el tener que hacer uso de otras bandas del espectro para alojar a un mayor número de usuarios, dividir las celdas existentes en otras más pequeñas y utilizar el recurso de reuso de frecuencias. Dado que el espectro de radio es un recurso limitado y la separación de celdas es muy cara por la infraestructura que se necesita, la única opción viable es el desarrollo de nuevas tecnologías.

De esta forma, los principales motivos que han llevado a la creación de una tercera generación surge de la necesidad de aumentar la *capacidad* de los sistemas respecto a las redes móviles actuales que permiten un número limitado de usuarios por la técnica de acceso múltiple a utilizar y que en cuanto se sobrepasa ese límite, la congestión no permite que más usuarios puedan establecer comunicación; además el *incremento de tráfico* ante la paulatina sustitución del tráfico fijo por el móvil al irse modificando los hábitos de los usuarios, necesitándose entonces mayor espectro y optimización del mismo para proveer de servicio a más usuarios y por último la aparición de *nuevos servicios* donde la convergencia con Internet y el aumento de aplicaciones multimedia generará un aumento significativo de tráfico.

Es tal el crecimiento de los sistemas de comunicaciones que el forum UMTS ha predicho que para el 2010 existirán 1.7 billones de usuarios a nivel mundial haciendo uso de servicios inalámbricos y que del total de usuarios móviles, el 45% estará inscrito a

servicios de alta velocidad; sin embargo es claro que no existe una predicción exacta para el mercado IMT-2000. [Ref.1.1]

Una vez revisada de manera rápida la evolución de los sistemas de telefonía celular, se muestran en la siguiente tabla diferentes sistemas, indicando la generación a la que pertenecen, así como su velocidad máxima de transmisión, siendo evidente el crecimiento en este último aspecto.

| <b>Tecnología</b> | <b>Generación</b> | <b>Tipo de transmisión</b> | <b>Velocidad máxima</b> |
|-------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------|
| TDMA IS-136       | 2G                | Conmutación de circuitos   | 9.6 Kbps                |
| GSM               | 2G                | Conmutación de circuitos   | 9.6 Kbps                |
| PDC               | 2G                | Conmutación de circuitos   | 9.6 Kbps                |
| CDMA IS-95A       | 2G                | Conmutación de circuitos   | 14.4 Kbps               |
| CDMA IS-95B       | 2G                | Conmutación de paquetes    | 64 Kbps                 |
| GPRS              | 2.5G              | Conmutación de paquetes    | 115 Kbps                |
| EDGE              | 2.5G              | Conmutación de paquetes    | 384 Kbps                |
| CDMA 2000 1X      | 2.5G              | Conmutación de paquetes    | 144 Kbps                |
| CDMA 2000         | 3G                | Conmutación de paquetes    | 2.0 Mbps                |
| WCDMA             | 3G                | Conmutación de paquetes    | 2.0 Mbps                |

Tabla 1.2 Comparación entre las Tecnologías Inalámbricas [Ref. 1.6].

### 1.4.1 Arquitectura de los Sistemas de Tercera Generación.

En los sistemas de tercera generación el servicio en cualquier lugar y tiempo representa una parte fundamental de la funcionalidad. A ésta puede añadirse la necesidad de ampliar el área de servicio, unificar diversas tecnologías, integrar redes fijas y móviles etcétera. Entonces ante la diversidad de servicios que ofrecen los sistemas de tercera generación representa un desafío para la arquitectura de los sistemas regulados por ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) el poder converger.

En la Fig. 1.3 se simplifican los alcances de los sistemas de tercera generación, donde se pueden ver distintos sistemas operando simultáneamente desde un ambiente de alta capacidad en picoceldas y servicios de voz, hasta un ambiente de cobertura satelital y servicios multimedia. Donde el reto principal es la interconexión entre las diferentes redes.

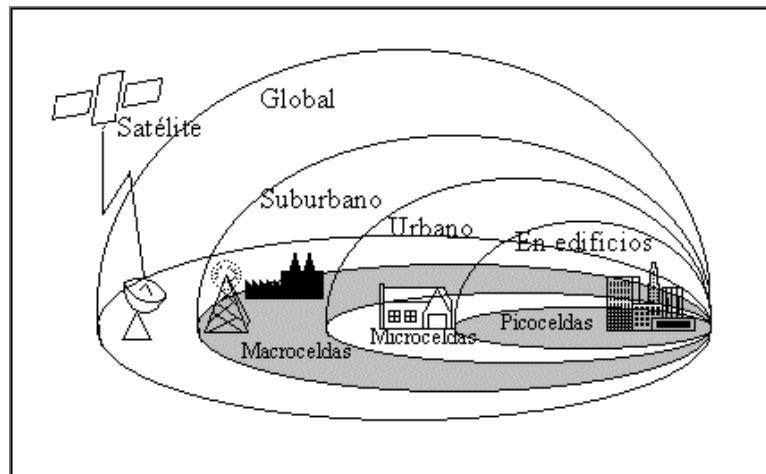


Fig. 1.3 Red Multifuncional [Ref. 1.1].

### **1.4.2 International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000).**

A finales de los años ochenta la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU Internacional Telecommunications Union) formó un grupo de trabajo con el objetivo de valorar y especificar los requisitos de las normas celulares del futuro para la prestación de servicios de datos y multimedia a alta velocidad. A dicha iniciativa se le dio originalmente el nombre de FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunications System). Posteriormente fue renombrada como IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000).

IMT-2000 (Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000) es la norma mundial para la tercera generación (3G) de comunicaciones inalámbricas, definida por un conjunto de recomendaciones de la ITU. La IMT-2000 constituye un marco para el acceso inalámbrico a escala mundial ya que permiten conectar diversos sistemas de redes terrenales y por satélite. La IMT-2000 aprovecha el potencial que representan las tecnologías y sistemas móviles digitales de telecomunicaciones en favor de los sistemas fijos y móviles de acceso inalámbrico (ver sección 1.4.2.3).

Las actividades que realiza la ITU en lo que concierne a la IMT-2000 abarcan la normalización internacional que incluye especificaciones sobre el espectro de radiofrecuencias de carácter técnico para las componentes radioeléctricas y de red, la asistencia técnica y los estudios sobre aspectos de reglamentación y política.

### **1.4.2.1 Recomendaciones para IMT-2000.**

Los siguientes puntos [Ref. 1.8] son aspectos que deben ser cubiertos para considerar a un sistema como de tercera generación y ser interfase IMT-2000:

- Calidad de voz comparable a la que ofrece una red telefónica pública (PSTN).
- Velocidades de transmisión de datos de 144kb/s para usuarios en vehículos en movimiento viajando a una velocidad de 120Km/h en ambientes exteriores.
- Velocidades de transmisión de datos de 384kb/s para peatones que se encuentren en un sólo lugar o bien moviéndose sobre áreas pequeñas.
- Soporte para operaciones de 2.048 Mbit/s en oficinas, es decir en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores.
- Soporte para ambos servicios de datos: conmutación por paquetes y conmutación por circuitos.
- Soporte IP para acceso a Internet (navegación www, comercio electrónico, vídeo y audio en tiempo real).
- Una interfaz adaptada para las comunicaciones móviles de Internet que permita un ancho de banda más grande para enviar información que para recibir, contando así con un ancho de banda dinámico en función de la aplicación y de esta manera optimizar el espectro de frecuencia con el que se dispone.
- Introducción suave de nuevos servicios y tecnologías.
- Capacidad de proveer servicios simultáneos a usuarios finales y terminales.
- Roaming internacional entre diferentes operadores y tipos de redes.

Así una vez establecidas las normas para los sistemas celulares de tercera generación, los diferentes organismos de comunicaciones se dedicaron a trabajar en desarrollar propuestas de sistemas que cumplieran con esas características.

#### **1.4.2.2 Asignación del Espectro para IMT-2000**

La asignación de espectro para IMT-2000 se realizó en la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones 1992 (WARC 92), asignando 230 MHz en las bandas de 1885-2025 MHz y 2110-2200 MHz. Sin embargo ante el crecimiento de Internet, Intranets, correo, comercio electrónico y servicios de transmisión de imágenes y sonido, se ha elevado la demanda de servicios de banda ancha y por eso se tuvo que incrementar el espectro para IMT-2000. Así en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones WRC-2000 celebrada en Estambul en el año 2000, se proporcionaron tres bandas de frecuencias extras 806-960 MHz, 1710-1885MHz y 2500-2690MHz. Quedando compuesto el espectro para IMT-2000 de la siguiente forma [Ref 1.7]:

#### **Componente Terrenal [3]:**

- 806-960 MHz. Asignado en la WRC 2000.
- 1710-1885 MHz. Asignado en la WRC 2000.
- 1885-1980 MHz. Asignado en la WARC 92.
- 2010-2025 MHz. Asignado en la WARC 92.
- 2110-2200 MHz. Asignado en la WARC 92.
- 2500-2690 MHz. Asignado en la WRC 2000.

IMT-2000 comprende también una componente satelital que facilitará los aspectos de roaming internacional, así como la obtención de comunicaciones en lugares donde no haya disponibilidad de sistemas terrestres, complementando las celdas Macro, micro y pico.

Así, para la componente satelital se asignaron dos primeras bandas en la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones 1992, WARC 92 y posteriormente durante la WARC 2000 le fueron asignadas otras dos.

Las bandas de frecuencia asignadas para la componente satelital de IMT-2000 son las siguientes.

### Componente Satelital [Ref. 1.3]:

- 1980-2010 MHz. Asignado en la WARC 92
- 2170-2200 MHz. Asignado en la WARC 92
- 2500-2520 MHz. Asignado en la WRC 2000
- 2670-2690 MHz. Asignado en la WRC 2000

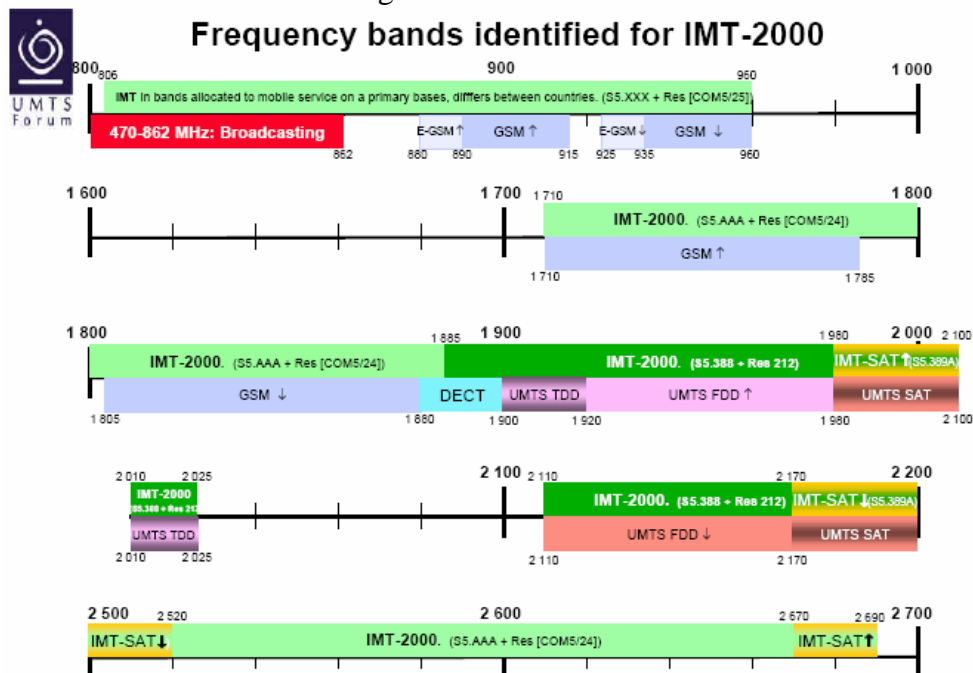


Fig. 1.4 Bandas de Frecuencias para IMT-2000 [Ref. 1.9].



### 1.4.2.3 Interfases Aéreas IMT-2000

Uno de los elementos más importantes para la definición de las características operativas del IMT-2000 es la selección de la Tecnología de Transmisión de Radio (RTT), también denominada interfase aérea entre la estación base y la terminación móvil del usuario.

Para junio de 1998 la ITU había recibido 15 propuestas (10 terrestres y 5 satelitales), siendo evaluadas por grupos independientes, presentando sus informes en septiembre del mismo año [Ref. 1.7]. Estas propuestas son mencionadas en las siguientes tablas.

| Organismo         | Propuesta  | Descripción                                     |
|-------------------|------------|---|
| ARIB Japón        | WCDMA      | CDMA de Banda Ancha                             |
| TIA TR45.5        | Cdma 2000  | CDMA de Banda Ancha (IS-95)                     |
| EE.UU.            |            |   |
| ETSI SMG2         | UTRA       | Acceso Radio Terrestre UMTS                     |
| Europa            |            |   |
| TIA TR 45.3       | UWC - 136  | Comunicaciones Universales Inalámbricas         |
| EE.UU.            |            |   |
| ETSI Europa       | DECT       | Comunicaciones Inalámbricas Digitales Mejoradas |
| CATT China        | TD - SCDMA | CDMA Síncrono por División Temporal             |
| TIA TR46.1        | WIMS       | CDMA Inalámbrico Banda Ancha para Multimedia    |
| EE.UU.            | WCDMA      |   |
| T1P1-ATIS         | NA:        | CDMA Norteamericano de Banda Ancha              |
| EE.UU.            | WCDMA      |   |
| TTA Corea del Sur | CDMA I     | DS - CDMA Síncrono Multibanda                   |
| TTA Corea del Sur | CDMA -II   | DS - CDMA Asíncrono                             |

Tabla 1.3 Propuestas Terrestres para Sistemas IMT-2000 [Ref. 1.7].

|                   |           |                                       |
|-------------------|-----------|---------------------------------------|
| TTA Corea del Sur | SAT CDMA  | 49 Satélites LEO a 2.000 km           |
| ESA Europa        | SW - CDMA | CDMA de Banda Ancha por Satélite      |
| ESA Europa        | SW-CTDMA  | CDMA/TDMA de Banda Ancha por Satélite |
| ICO Global        |           |                                       |
| Comm.             | ICO RTT   | 10 Satélites MEO a 10.000 km          |
| Inmarsat          | Horizon   | 10 satélites Horizons                 |

Tabla 1.4 Propuestas Satelitales para Sistemas IMT-2000 [Ref. 1.7].

De las 10 propuestas presentadas sólo fueron aceptadas 5 de ellas. Las especificaciones técnicas de las tecnologías de radiotransmisión terrestres que fueron aprobadas en la WRC-2000 (World Radiocommunications Conference-2000) y que son consideradas interfaces IMT-2000 son las siguientes:

- IMT-2000 CDMA Direct Spread (UTRA W-CDMA)
- IMT-2000 CDMA Multi-Carrier (CDMA-2000)
- IMT-2000 CDMA TDD (UTRA TD-CDMA)
- IMT-2000 TDMA Single-Carrier (UWC-136)
- IMT-2000 FDMA/TDMA (DECT).

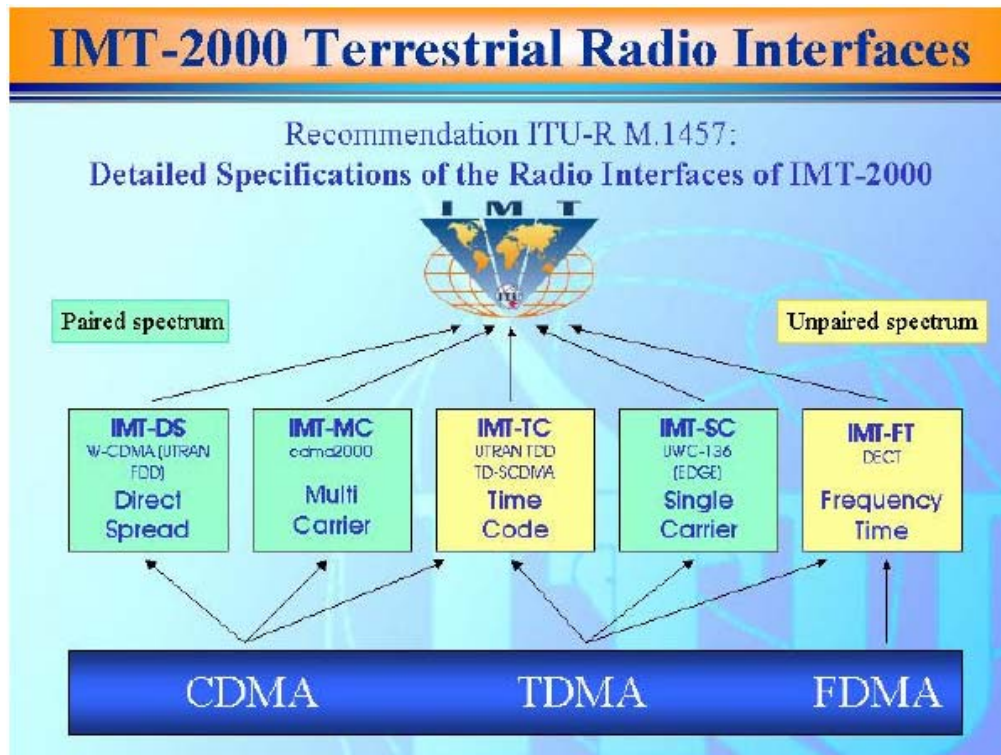


Fig. 1.5 Interfaces Radioeléctricas del IMT-2000 [Ref. 1.10].

Por su parte en Europa se ha desarrollado la estandarización del sistema UMTS (Universal Mobile Telephone Service), el cual considera una evolución de GSM (Global

System for Mobile Communications) y la red de servicios integrados con la idea de soportar los nuevos servicios y los provistos por GSM.

En Estados Unidos se busca la evolución de IS-95 mediante el estándar cdma2000 basada en la utilización de tecnología de banda ancha para garantizar los requerimientos impuestos por IMT-2000, produciendo una transición suave de los sistemas de segunda generación hacia los de tercera.

En Japón la Asociación de Industrias de la Radio y Radiodifusión (ARIB) ha trabajado en CDMA para la elaboración de normas de tercera generación.

#### **1.4.2.3.1 UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).**

UMTS constituye la visión europea de sistemas con capacidades 3G como parte de la familia de estándares IMT-2000. UMTS es la evolución lógica de la comunidad GSM a la tercera generación, por lo que está siendo mayoritariamente adoptada en la Unión Europea.

En enero de 1998, el European Telecommunications Standards Institute (ETSI) adoptó la tecnología W-CDMA (Wideband CDMA) en modo FDD (Frequency Division Duplex) con provisión para TDD (Time Division Duplex) como la tecnología apropiada para UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA), cada una diferente pero basada en tecnologías similares.

UMTS en la componente terrestre tiene una estructura jerárquica compuesta por tres tipos de celdas: Macro Celda, Micro Celda y Pico Celda con un mínimo de 5 MHz de ancho de banda por Celda.

La Macro Celda tiene radios desde 1km hasta 35km y se usan para ofrecer cobertura rural y para vehículos u otros objetos que se mueven a alta velocidad (transmisión de datos de 114 kbit/s).

La Micro Celda tiene radios desde 50m hasta 1km que ofrecen servicio a usuarios fijos o que se muevan lentamente con elevada densidad de tráfico (urbana) con velocidades de 384 kbit/s.

Las Pico Celdas tienen radios de hasta 50m, las cuales ofrecen coberturas localizadas en interiores con velocidades del orden de los 2 Mbit/s.

La evolución de GSM hacia UMTS 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 posteriormente sería usado para transportar el tráfico de datos de EDGE (Enhanced Data Rate for Global Evolution), tecnología que aumenta las tasas de datos a 384 kb/s, para luego implementar W-CDMA.

#### **1.4.2.2 CDMA-2000.**

CDMA-2000 es la evolución de tercera generación de los sistemas basados en IS-95 y protocolo ANSI-45 (redes cdmaOne). Esta norma fue desarrollada para cumplir con IMT-2000 y está pensada para ser implantada en dos fases: CDMA 1x y CDMA 3x.

La primera fase CDMA 1x (usa una portadora de 1.25 MHz que es la misma de IS-95), proporciona una tasa de entrega de datos promedio de 144 kbit/s y es compatible hacia atrás con otras redes y terminales cdmaOne. CDMA 3x (3x porque usa portadora 3.75

MHz, o tres veces 1.25MHz) ofrecerá mayor capacidad que 1x, con una tasa de datos de 2 Mbit/s y será compatible hacia atrás con redes cdmaOne.

Así pues CDMA-2000 explota al máximo la capacidad del sistema de segunda generación actual de CDMA para validar algunas características de la tercera generación. De hecho los sistemas actuales conocidos como cdmaOne se pueden ver como versiones de banda estrecha de sistemas completamente desarrollados para la tercera generación CDMA-2000. Así un sistema cdmaOne puede desplegar algunas características de la nueva generación sin ampliar el ancho de banda del canal a condición de que ciertos aspectos de señalización y recursos lógicos dentro del canal de 1.25MHz se tengan que modificar para resolver las necesidades del paquete de la radio y de servicios.

Sin embargo CDMA-2000 incluye numerosas mejoras sobre cdmaOne, incluyendo control de potencia más sofisticado y métodos de codificación mejorados siendo el resultado una capacidad significativamente superior [ver capítulo 4].

Por su parte el trabajo de la industria respecto CDMA-2000 se ha concentrado en potenciar aún más las capacidades de CDMA 1x normalizando los sistemas HDR (High Data Rate) más que desarrollar 3x por razones de reutilización de espectro y de esa manera eliminar la principal restricción hacia la evolución 3G para los operadores cdmaOne. 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 que incluye el servicio de voz en paquetes [ver capítulo 4].

Así pues, en este capítulo se ha dado una breve revisión de la evolución que han sufrido los sistemas de telefonía celular y su búsqueda por una integración sin importar el estándar a utilizar; teniendo como objetivo primordial una convergencia entre los diferentes

sistemas alámbricos e inalámbricos, para poder disponer de información en cualquier momento y lugar, reto que sin duda alguna irá generando la evolución de los sistemas actuales y la generación de nuevos.

En el siguiente capítulo se plantean características generales y beneficios obtenidos al hacer uso de la tecnología CDMA, tecnología a la que se ha estado migrando para el desarrollo de los sistemas de tercera generación.